

IPC 2025



2-4
OCTOBER/EKİM
2025

6th INTERNATIONAL POLYMERIC COMPOSITES SYMPOSIUM AND WORKSHOPS

VI. ULUSLARARASI POLİMERİK KOMPOZİTLER SEMPOZYUMU VE ÇALIŞTAYLARI



ABSTRACTS BOOK BİLDİRİ ÖZETLERİ KİTABI



TMMOB
KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI
UCTEA CHAMBER OF CHEMICAL ENGINEERS



KOMPOZİT SANAYİCİLERİ DERNEĞİ
TURKISH COMPOSITES MANUFACTURERS ASSOCIATION

İZMİR-TÜRKİYE
www.polymericcomposites.org

Polkima supplies interior and exterior cosmetic trim parts to the automotive sector with a wide range of production processes.

Prioritizing customer demands and aiming for sustainable quality, Polkima aspires to be a pioneer in the industry with innovative products and processes. With the Ford Q1 certification, Polkima has strengthened its long-standing commitment to quality and achieved an important milestone

Our export-oriented company seeks to contribute to the Turkish economy and develop the workforce of the future through its Training Academy.



Reinforced Plastics

- Hand Lamintaion
- Infusion
- SMC
- RTM



Thermoplastics

- Vacuum Thermo-forming
- Vacuum Thermocoating



Polyurethane

- Rigid polyurethane moulding
- Flexible polyurethane moulding



This book is published by
UCTEA Chamber of Chemical Engineers

Bu kitap
TMMOB Kimya Mühendisleri Odası
tarafından yayınlanmıştır.

2-4 October 2025

2-4 Ekim 2025

Preparation / Hazırlama
Hüsnü Onur ERTÜRK
Onur AŞKAROĞLU

Editors / Editörler
Dr. Yahya Kara
Prof. Dr. Metin Tanoğlu
Prof. Dr. Özgür Seydibeyoğlu

UCTEA Chamber of Chemical Engineers Aegean Branch TMMOB
TMMOB Kimya Mühendisleri Odası Ege Bölge Şubesi

ISBN 978-605-01-1683-0

Baskı : CAN FOTOKOPİ KIRTASIYE DİJİTAL BASKI MATBAA TASARIM
REKLAM GIDA İNŞAAT TURİZM SANAYİ TİCARET A. Ş.
ŞEHİTLER CADDESİ 141/1 ALSANCAK-İZMİR KONAK / İZMİR
Basım Tarihi: 16.09.2025
Bu yayından 500 adet basılmıştır.

ACKNOWLEDGMENT

We would like to extend our deepest gratitude to all those who contributed to the successful organization and realization of IPC 2025.

First and foremost, we express our sincere appreciation to **Prof. Dr. Gürel Nişli**, who chaired the first five editions of our symposium with great dedication and played a leading role in institutionalizing this event.

We are also grateful to **Mr. İbrahim Köse**, our symposium coordinator, for his crucial role in ensuring the smooth progress of the organization; to our esteemed co-chairs, **Prof. Dr. Metin Tanoğlu** and **Prof. Dr. Özgür Seydibeyoğlu**, for their invaluable contributions to the scientific foundation of the symposium and for serving as editors of this book; to **Dr. Yahya Kara** for his devoted efforts within the organizing committee and editorial team; and to **Prof. Dr. Mustafa Demircioğlu** for his valuable support throughout the process.

We also express our sincere gratitude to the Turkish Composites Manufacturers Association, which, with its cooperation and support, stood by us in the realization of the sixth edition of this symposium of great importance to our country and the Turkish industry, and to its representative and our executive committee member **Mr. Serhat Karabağ**. Special thanks also go to our Aegean Branch Executive Committee members **Ms. Sezen Çingir** and **Mr. Cem Aynalı** for their contributions to the implementation of the event, to all supporting institutions, sponsoring companies, and to all members of the Executive, Organizing, and Scientific Committees who are integral parts of the symposium.

Finally, we would like to give special thanks to **Onur Aşkaroğlu, Hüsnü Onur Ertürk, and Sümeyra Göçemen** for their devoted work in managing the symposium secretariat.

UCTEA Chamber of Chemical Engineers

TEŞEKKÜR

IPC 2025'in başarıyla düzenlenip gerçekleştirilmesinde emeği geçen tüm değerli katkı sahiplerine en içten teşekkürlerimizi sunarız.

Öncelikle, başkanlığını büyük bir özveriyle üstlenerek etkinliğimizin kurumsallaşmasına öncülük eden **Prof. Dr. Gürel Nişli**'ye şükranlarımızı sunarız.

Sempozyumun koordinasyonunu üstlenerek sürecin sağlıklı ilerlemesinde büyük rol oynayan **Sayın İbrahim Köse**'ye, sempozyumun bilimsel altyapısının oluşturulmasına katkıda bulunan ve bu kitabın editörlüğünü üstlenen değerli sempozyum eş başkanlarımız **Prof. Dr. Metin Tanoğlu** ve **Prof. Dr. Özgür Seydibeyoğlu**'na, yürütme kurulu ve kitap editörlüğündeki özverili çalışmaları için **Dr. Yahya Kara**'ya, ayrıca süreç boyunca sağladığı değerli destekleri için **Prof. Dr. Mustafa Demircioğlu**'na teşekkür ederiz.

Ülkemiz ve Türk sanayisi için büyük önem taşıyan bu sempozyumun altıncısının gerçekleştirilmesinde iş birliği ve destekleriyle yanımızda olan **Kompozit Sanayicileri Derneği**'ne ve temsilcisi, yürütme kurulu üyemiz sayın **Serhat Karabağ**'a, ayrıca etkinliğin hayata geçirilmesinde görev alan Ege Bölge Şube Yürütme Kurulu Üyelerimiz sayın **Sezen Çingir** ve sayın **Cem Aynalı**'ya , katkıda bulunan tüm destekleyici kurumlara, sponsor firmalara ve sempozyumun tüm bileşenleri olan Yürütme, Düzenleme ve Bilim Kurulu üyelerine gönülden teşekkür ederiz.

Son olarak, sempozyum sekreteryasını büyük bir özveriyle yürüten **Onur Aşkaroğlu, Hüsnü Onur Ertürk ve Sümeyra Göçemen**'e özel teşekkürlerimizi sunarız.

TMMOB Kimya Mühendisleri Odası

FORWORD

Dear Colleagues,

The International Polymeric Composites Symposium and Workshops (IPC 2025) was held for the sixth time between October 2–4, 2025, at the İzmir Tepekule Convention and Exhibition Center. We are proud that this IPC edition was organized for the first time in collaboration with the Chamber of Chemical Engineers and the Composites Manufacturers Association.

We are delighted that you attended and made valuable contributions to the event to explore innovations in the production, development, and industrial applications of composite materials.

We are pleased to receive a significant number of abstracts and participants from numerous national and international universities, research centers, and public and private institutions at the IPC 2025, one of the largest organizations in its field in our country.

This year, IPC 2025, with its main theme of "***The Future of Composite Materials: Sustainable, High-Performance, and Digitally Driven Applications***," offered a unique platform for the scientific and technological developments in the field of polymeric composites, strengthening the connection between academia and industry, exchanging ideas with experts in the field, showcasing composite products, and developing collaboration opportunities.

Bringing together researchers, engineers, academics, manufacturers, and industry stakeholders at IPC 2025 to shape the future of polymeric composites has also made a valuable contribution to our country and to the international composite society.

In addition to the IPC 2025 Abstract Book, we provided a distinct value to the IPC 2025 through our efforts to publish selected papers in a book titled "***Future in Composite Materials: Sustainable, High-Performance, Digitally-Driven Applications***" in the Springer Proceedings in Materials series.

We hope that IPC 2025 was a beneficial symposium in scientific, technical, and social terms. We extend our gratitude to you for strengthening and honoring us with your participation.

We sincerely thank all members of the Symposium Committees, including the Executive and Organizing Committees, as well as our supporting institutions, sponsors, and working teams.

Sincerely, on behalf of the IPC 2025 Executive Committee...

Symposium Chairs and Book Editors

Prof. Dr. Metin Tanoğlu
Izmir Institute of Technology

Prof. Dr. Özgür Seydibeyoğlu
Izmir Katip Çelebi University

Dr. Yahya Kara (Book Editor)
Luxembourg Institute of Science and Technology

İbrahim Köse
Symposium Coordinator

ÖNSÖZ

Değerli Meslektaşlarımız,

Uluslararası Polimerik Kompozitler Sempozyumu ve Çalıştayları (IPC 2025), 2 – 4 Ekim 2025 tarihleri arasında İzmir Tepekule Kongre ve Sergi Merkezi'nde altıncı kez gerçekleşiyor. Bu yıl ise ilk kez Kimya Mühendisleri Odası ile Kompozit Sanayicileri Derneği'nin iş birliğiyle düzenleniyor olmasından ayrıca büyük bir gurur duyuyoruz.

Kompozit malzemelerin üretimi, geliştirilmesi ve endüstriyel uygulamalarındaki yenilikleri keşfetmek üzere etkinliğe sizlerin de katılıyor ve değerli katkılar veriyor olmanızdan büyük mutluluk duyuyoruz.

Ülkemizde alanındaki en büyük organizasyonlardan biri olan sempozyumda ulusal ve uluslararası birçok üniversite, araştırma merkezi, resmi ve özel kuruluşlardan önemli sayıda Bildiri Özeti ve Katılım Başvurusu almış olmaktan da oldukça memnunuz.

Bu yıl “**Kompozit Malzemelerde Gelecek: Sürdürülebilir, Yüksek Performanslı ve Dijital Odaklı Uygulamalar**” ana teması ile gerçekleşmekte olan IPC 2025; kompozit alanında bilimsel ve teknolojik gelişmeleri takip edebilmek, akademi ve sanayi arasındaki bağı güçlendirmek, alanında uzmanlar ile fikir alışverişinde bulunmak, kompozit alanında ürünleri sergilemek ve iş birliği fırsatlarını geliştirmek için eşsiz bir platform sunduğunu düşünüyoruz.

Polimerik kompozitlerin geleceğini şekillendirmek için araştırmacılar, mühendisler, akademisyenler, imalatçılar ve sektör paydaşlarını IPC 2025 de buluşturmuş olmak için ülkemiz adına da değerli bir katkı oluşturmıştır.

Bildiri Özetleri Kitabı, Bildiriler Kitabına ilave olarak seçilmiş bildirilerin **Springer Proceedings in Materials** serisinde ‘**Future in Composite Materials: Sustainable, High-Performance, Digitally-Driven Applications**’ başlıklı bir kitap olarak da yayınlanması gayret sarf etmemiz neticesinde ayrı bir değer oluşturabildiğimizi düşünüyoruz.

IPC 2025’in bilimsel, teknik ve sosyal anlamda etkin ve yararlı bir sempozyum olmasını arzu eder, katılımınızla bizi güçlendirdiğiniz ve onurlandırdığınız için teşekkürlerimizi sunarız.

Bu etkinliğin hayata geçirilmesi için emeğini esirgemeyen, özveri ve gayretle desteğini her zaman sunan başta Yürütme ve Düzenleme Kurulu olmak üzere tüm Sempozyum Kurul Üyelerine, Destekleyen Kurum ve Sponsorlarımız ile çalışma ekiplerine gönülden teşekkür ederiz.

Saygılarımızla

IPC 2025 Düzenleme Kurulu adına...

Sempozyum Başkanları ve Kitap Editörleri

Prof. Dr. Metin Tanoğlu
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Prof. Dr. Özgür Seydibeyoğlu
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

Dr. Yahya Kara (Kitap Editörü)
Lüksemburg Bilim ve Teknoloji Enstitüsü

İbrahim Köse
Sempozyum Koordinatörü

SUPPORTING INSTITUTIONS / *DESTEK VEREN KURULUŞLAR*

Official Institutions / *Resmi Kuruluşlar*

Aegean Region of Industry / Ege Bölge Sanayi Odası

Izmir Chamber of Commerce / İzmir Ticaret Odası

Izmir Katip Çelebi University / Katip Çelebi Üniversitesi

Izmir Institute of Technology / İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Ege University / Ege Üniversitesi

Union Of Chambers Of Turkish Engineers and Architects / TMMOB

Uctea Chamber Of Mechanical Engineers / Makina Mühendisleri Odası

ESİAD Aegean Industry and Business Association / Ege Sanayi İş İnsanları Derneği

ENSİA Energy Industrialists and Business Association / Enerji Sanayicileri ve

İş İnsanları Derneği

BUTEKOM Bursa Technology and Coordination R&D Center /Bursa Teknoloji

Koordinasyon ve AR&GE Merkezi

HUKD Aerospace Cluster Association / Havacılık ve Uzay Kümelenmesi Derneği

COMMERCIAL SPONSORS / *TİCARİ SPONSORLAR*

Company Name / <i>Firma Adı</i>	Sponsorship Type / <i>Sponsorluk Türü</i>
Polkima Grup Şirketler Polyester Kimya ve Makina San. ve Tic. A.Ş. Polmar Kompozit A.Ş.	Gold Sponsor / <i>Altın Sponsor</i>
Poliya Poliester San. ve Tic. A.Ş.	Gold Sponsor / <i>Altın Sponsor</i>
Akpa Kimya San. ve Tic. A.Ş.	Silver Sponsor / <i>Gümüş Sponsor</i>
Boytek Reçine Boya ve Kimya San. Tic. A.Ş.	Silver Sponsor / <i>Gümüş Sponsor</i>
Fiberr Fiber Reinforced Resins A.Ş.	Silver Sponsor / <i>Gümüş Sponsor</i>
Polütek Polyester Poliüretan Ltd. Şti.	Silver Sponsor / <i>Gümüş Sponsor</i>
Turkuaz Polyester Reçine Kimya San. Tic. A.Ş.	Silver Sponsor / <i>Gümüş Sponsor</i>
Duratek Koruyucu Malzemeler San. ve Tic. A.Ş	Bronze Sponsor / <i>Bronz Sponsor</i>
Kosse Kompozit Pazarlama ve Müh. San. Tic. Ltd. Şti.	Bag Sponsorship / <i>Çanta Sponsorluğu</i>
Literatur Kimya Elek. İnş. Taah. Turz. ve Oto İth. İhr. San. Tic. Ltd. Şti.	Name Badge Sponsorship / <i>Yaka Kartı Sponsorluğu</i>
Omnis Kompozit San. Ve Tic. Ltd. Sti.	Bronze Sponsor / <i>Bronz Sponsor</i>
Polmod Makine Model Kalıp Plastik Ürünler San. Tic. A.Ş.	Invited Speaker Sponsorship / <i>Çağrılı Konuşmacı Sponsorluğu</i>
Senko Sanayi Ürünleri Ltd. Şti.	Bronze Sponsor / <i>Bronz Sponsor</i>

Tezkom Kompozit Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş.	Bronze Sponsor / <i>Bronz Sponsor</i>
Yücel Kompozit Malzemeleri Pazarlama ve Ticaret A.Ş.	Bronze Sponsor / <i>Bronz Sponsor</i>
Anamed Analitik ve Medikal Sistemler A.Ş.	Abstract Booklet Sponsorship / <i>Özet Kitapçığı Sponsorluğu</i>
Bilge Çiftliği Gıda Ürünleri San. ve Tic Ltd. Şti.	Coffee Break Sponsor / <i>Çay-Kahve Arası Sponsorluğu</i>
Nanopol Kimya Kompozit ve Boya San. Tic. Ltd. Şti.	Notebook and Pen Sponsorship / <i>Bloknot ve Kalem Sponsorluğu</i>
Pul-tech FRP Kompozit Yapı Teknolojileri İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Abstract Booklet Sponsorship / <i>Özet Kitapçığı Sponsorluğu</i>
Tila Composite Representation Domestic and Foreign Trade Ltd. Şti.	Invited Speaker Sponsorship / <i>Çağrılı Konuşmacı Sponsorluğu</i>

EXECUTIVE COMMITTEE / YÜRÜTME KURULU

İbrahim Köse, Chemist	Kosse Composite Marketing - General Coordinator
Metin Tanoğlu, Prof. Dr.	Izmir Institute of Technology – Symposium Co-Chair
Özgür Seydibeyoğlu, Prof. Dr	Izmir Katip Celebi University – Symposium Co-Chair
Sezen Çingir, Chemical Engineer	UCTEA Chamber of Chemical Engineers – Executive Committee Member
Serhat Karabağ, Civil Engineer	Turkish Composites Manufacturers Association – Executive Committee Member
Yahya Kara, Dr.	Luxembourg Institute of Science and Technology – Executive Committee Member
Cem Aynalı, Chemical Engineer	UCTEA Chamber of Chemical Engineers – Executive Committee Member

SECRETARIAT / *SEKRETERYA*

Onur Aşkaroglu	UCTEA Chamber of Chemical Engineers
Sümeysra Göçemen	Kosse Composite Marketing
Hüsnü Onur Ertürk	Izmir Katip Celebi University

INVITED SPEAKERS / DAVETLİ KONUŞMACILAR

Salim Belouettar, Dr.	Luxembourg Institute of Science and Technology
Marino Quaresimin, Prof. Dr.	University of Padova
Micheal Wisnom, Prof. Dr.	University of Bristol
Jozsef Gabor Kovacs, Assoc. Prof.	Budapest University of Technology and Economics
Mete Bakır, Dr.	Turkish Aerospace Industries

ORGANIZING COMMITTEE / *DÜZENLEME KURULU*

Ahmet Ünal, Prof. Dr.	Yıldız Technical University
Ali Birtan Erdoğan	ERCO- ECE Paint Chemistry Industry and Trade Inc.
Alper Kalaycı	ENSİA (Energy Industrialists & Businessmen Association) - Chairman of the Board
Alperen Doğru, Dr.	Ege University
Aref Cevahir, Dr.	Izmir Institute of Technology.
Aslı Ilgaz	Metyx Composites - Telateks Inc.
Ayhan Ezdeşir	Petkim Petrochemical Holding Inc.
Aylin Ziylan, Prof. Dr.	Dokuz Eylül University
Ayşen Ömer	Herkim Polymer Chemistry Industry and Trade Inc.
Banu Bilge	Fibrosan CTP Industry and Trade Inc.
Beril Darcan	Boytek Resin Paint and Chemistry Industry Trade Inc.

Beyhan Erdoğan	DYO Paint Factories Industry and Trade Inc.
Burak Darcan	Tila Composite Representation Domestic and Foreign Trade Ltd. Co.
Cem Gürkan	Poliya Polyester Industry and Trade Ltd. Co.
Cihangir Cebeci	Fiberr Fiber Reinforced Resins Inc.
Devrim Özaydın	Sabancı University
Erkan Ersöz	Ege University
Erkan Günindi	Olgun Çelik Industry and Trade Inc.
Göksenin Çömlekçi	Türkiye Şişe ve Cam Factories Inc.
İbrahim Akyürek	UCTEA Chamber of Chemical Engineers
Kadir Uçar	ESAS Aegean Defense Industry Aviation and Space Clustering Association
Levent Arslan	KOSGEB İzmir Provincial Directorate
Levent Aydın, Assoc. Prof.	Izmir Katip Çelebi University
M. Cengiz Altan, Prof. Dr.	University of Oklahoma - United States of America
Mehmet Güneş	TUBITAK Marmara Research Center
Mehmet Karahan, Prof. Dr.	Bursa Uludag University
Mehmet Sarıkanat, Assoc. Prof.	Ege University
Mertcan Aslıtürk	Polkima Polyester Chemistry and Machinery Industry and Trade Inc.
Mustafa Demircioğlu, Prof. Dr.	Ege University
Nurseli Uyanık, Prof. Dr.	Istanbul Technical University
Özgür Sönmez	Literatür Chemistry Electrical Construction Contracting Tourism and Automotive Import Export Industry Trade Ltd. Co.
Semih Yiğit	Ostim Defense and Aviation Cluster
Sevim Özgül, Dr.	Bahçeşehir University

Şekib Avdagiç	Istanbul Chamber of Commerce
Ummuhan Topal	DowAksa Advanced Composite Materials Industry Ltd. Co.
Ülkü Yılmaz, Prof. Dr.	Middle East Technical University
Volkan Eskizeybek	18 March University
Yalçın Yılmazkaya	HUKD Aviation and Space Clustering Association
Zeynep Yılmaz Serçinoğlu Dr.	Marmara University

SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE/ BİLİMSEL ve TEKNİK DANIŞMA KURULU

Ali Gizli, Dr.	DYO Paint Factories Industry and Trade Inc.
Alperen Doğru, Dr.	Ege University
Barış Çağlar, Dr.	Delft University of Technology - Netherlands
Bedriye Üçpınar Durmaz, Dr.	Ege University
Burcu Saner Okan, Assoc. Prof.	Sabancı University
Cem Gök, Prof. Dr.	Bakırca University
Cemal Basaran, Prof. Dr.	University at Buffalo - United States of America
Cevdet Kaynak, Prof. Dr.	Middle East Technical University
Çağrı Ayrancı, Prof. Dr	University of Alberta - Canada
Devrim Balköse, Prof. Dr.	Izmir Institute of Technology
Dipa Roy, Prof. Dr.	The University of Edinburgh - Scotland
Elif Alyamaç Seydibeyoğlu, Assoc. Prof.	Ege University
Erdem Yücel	Fibrosan CTP Industry and Trade Inc.

Ersan Kalafatoğlu, Prof. Dr.	Marmara University
Ferrie Van Hattum , Prof.Dr.	Saxion University of Applied Sciences - Netherlands
Figen Aynalı, Dr.	Chamber of Chemical Engineers
Funda Tihminlioğlu, Prof. Dr.	Izmir Institute of Technology
Hasan Ömer	Herkim Polymer Chemistry Industry and Trade Inc.
He Haijun, Dr.	College of Textile Science and Engineering, Jiangnan University - China
Holger Seidlitz, Prof. Dr.	Brandenburg University of Technology Cottbus - Germany
Hülya Cebeci, Assoc. Prof.	Istanbul Technical University
İbrahim Köse	Kosse Composite Marketing
İsmail Darcan	Boytek Resin Paint and Chemistry Industry Trade Inc.
Jozsef Gabor Kovacs, Assoc. Prof.	The Budapest University of Technology and Economics - Hungary
Kristiina Oksman, Prof. Dr.	Luleå University of Technology - Sweden
M. Cengiz Altan, Prof. Dr.	The University of Oklahoma - United States of America
Maya John, Dr.	Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) - South Africa
Mehmet Sarıkanat, Assoc. Prof.	Ege University
Mehmet Yıldız, Prof. Dr.	Sabancı University
Metin Tanoğlu, Prof. Dr.	Izmir Institute of Technology
Mustafa M. Demir, Prof. Dr.	Izmir Institute of Technology
Nikhil Verghese, Dr.	Sabic - United States of America
Nilay Gizli, Assoc. Prof.	Ege University

Özgür Seydibeyoğlu, Prof. Dr.	Izmir Katip Celebi University
Sadık Aslıtürk	Polkima Polyester Chemistry and Machinery Industry and Trade Inc.
Salim Belouettar, Dr.	Luxembourg Institute of Science and Technology - Luxembourg
Selim Küsefoğlu, Prof. Dr.	Bogazici University
Serkan Dehneliler	Turkish Aerospace Industries (TUSAŞ)
Sevim Özgül, Dr.	Bahcesehir University
Shahid Ur Rahman	Beşler Glassfiber Industry and Trade Inc.
Steve Nutt, Prof. Dr.	University of Southern California - United States of America
Tülay Bal Demirci, Prof. Dr.	Istanbul University - Cerrahpaşa University
Ülkü Yılmaz, Prof. Dr.	Middle East Technical University
Ümit Halis ERDOĞAN, Prof. Dr.	Dokuz Eylul University
Veli Deniz, Prof. Dr.	UCTEA Chamber of Chemical Engineers
Volkan Acar, Dr.	Atatürk University
Yusuf Menciloğlu, Prof. Dr.	Sabancı University
Engin Aktaş, Prof. Dr	Izmir Institute of Technology
Rasim İpek, Prof. Dr.	Ege University

HONORARY COMMITTEE/ ONUR KURULU

Gürel Nişli, Prof. Dr.	Ege University, UCTEA Chamber of Chemical Engineers
İsmail Darcan	Boytek Resin Paint and Chemical Industry Trade Inc.
Hasan Ömer	Herkim Polymer Chemical Industry and Trade Inc.
Fikret Tacar	Tacar Boat
Fersen Kınayyigit	Glass Fiber Industry Inc.

TABLE OF CONTENTS

ACKNOWLEDGMENT	I
TEŞEKKÜR.....	II
FORWORD	III
ÖNSÖZ	IV
EXECUTIVE COMMITTEE / <i>YÜRÜTME KURULU</i>	VII
SECRETARIAT / <i>SEKRETERYA</i>	VIII
INVITED SPEAKERS / DAVETLİ KONUŞMACILAR	VIII
ORGANIZING COMMITTEE / <i>DÜZENLEME KURULU</i>	VIII
SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE/ BİLİMSEL ve TEKNİK DANIŞMA KURULU.....	X
HONORARY COMMITTEE/ ONUR KURULU.....	XII
TABLE OF ABSTRACTS	XIV
<i>ABSTRACTS</i>	XXVIII
PRACTICAL WORKSHOP / UYGULAMALI ÇALIŞTAY.....	XXIX

TABLE OF ABSTRACTS

AN INNOVATIVE STRATEGY TO DESIGN AND MONITOR SAFE, RELIABLE AND LIGHTEWEIGHT COMPOSITE STRUCTURES UNDER IN-SERVICE LOADING.....	1
SIMULATING COMPOSITES MANUFACTURING PROCESSES	3
ADVANCED LIGHTWEIGHT INJECTION-MOLDED POLYMER COMPOSITES: RECYCLING, HYBRID MANUFACTURING, AND INTEGRATION OF INDUSTRY 4.0	7
DIGITAL PRODUCT PASSPORTS FOR COMPOSITES IN THE CIRCULAR ECONOMY: CHALLENGES AND EMERGING OPPORTUNITIES	10
HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES: ENGINEERING THE FUTURE OF SUSTAINABLE FLIGHT.....	13
A COMPARATIVE STUDY BETWEEN CALCIUM CARBONATE AND TALC FILLERS ON THE PROPERTIES OF EPDM COMPOSITES.....	15
A STRATEGIC STEP FOR INTERNATIONAL COMPETITIVENESS IN THE PLASTICS, RUBBER AND COMPOSITES INDUSTRIES	18
ADVANCED CARBON FIBER COMPOSITES SOLUTIONS TO AVIATION AND ENERGY SECTORS	21
ADDITIVE MANUFACTURING WITH SUSTAINABLE MATERIALS: EFFECT OF TEA WASTE ADDITIVE ON EPOXY COMPOSITES.....	22
ADVANCED HDPE-BASED COMPOSITES FOR NEUTRON SHIELDING: A THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY	25

ADVANCING THERMAL MANAGEMENT WITH HEXAGONAL BORON NITRIDE DOPED HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES FOR EFFICIENT HEAT DISSIPATION IN ELECTRONICS	30
AN EXPERIMENTAL-ANALYTICAL APPROACH FOR THE EFFECT OF INTRA-PLY DISCONTINUITIES ON THE MECHANICAL PERFORMANCE OF GLASS FIBER REINFORCED POLYMER (GFRP) LEAF SPRINGS	33
APPLICATION AND CHARACTERISATION OF CHITOSAN- GELATIN BASED THYME OIL MICROSPHERES WITH ANTIBACTERIAL EFFECT ON TITANIUM PLATE	39
BIO-BASED RESINS	42
CELLULOSE NANOCRYSTALS AND THEIR NANOCOMPOSITES: PROGRESSES AND FUTURE PERSPECTIVES	45
CHARACTERIZATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER/TALC REINFORCED HYBRID POLYPROPYLENE COMPOSITES.....	46
CONTROLLING METAL POWDER / THERMOPLASTIC COMPOSITE FEEDSTOCK PRODUCTION TO OPTIMIZE METAL PART MANUFACTURING	49
COMPARATIVE EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF ZNO-REINFORCED VIRGIN AND RECYCLED LDPE FILMS.....	51
COMPARATIVE STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF 0/90 ORIENTATION GLASS FIBER REINFORCED COMPOSITE SURFACE PLATES WITH DIFFERENT NUMBERS OF LAYERS PRODUCED BY DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP) METHOD	54

COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF VARIOUS CALCIUM CARBONATES ON THE PROPERTIES OF SOLVENT-BASED COATINGS.....	58
COMPETITIVE ADVANTAGE THROUGH COMPREHENSIVE DPPS: FROM AN ADMINISTRATIVE BURDEN TO STRATEGIC EDGE.....	60
CONTRIBUTION OF AMINE AND ISOCYANATE-RICH INTERLAYER TO FIBER-MATRIX ADHESION FOR CARBON FIBER-REINFORCED ELASTOMERIC POLYURETHANE-BASED COMPOSITES.....	62
CRASHWORTHINESS OPTIMIZATION OF CRUSH PLUGS APPLIED ON CFRP COMPOSITE TUBES SUBJECTED TO AXIAL CRUSHING..	65
DESIGN, SIMULATION, AND OPTIMIZATION OF HIGH-PRESSURE TYPE-IV COPVS REINFORCED WITH GRAPHENE NANOPATELETS VIA FINITE ELEMENT ANALYSIS	71
DEVELOPMENT OF FLUORINATED GELMA HYDROGEL FOR CANCER TREATMENT.....	74
DEVELOPMENT OF FRAGMENT-RESISTANT WALL AGAINST EXPLOSION EFFECTS USING COMPOSITE TECHNOLOGY BY RECYCLING PLASTIC WASTE	77
DEVELOPMENT OF GLASS FIBRE REINFORCED BIO-PET MATRIX COMPOSITES AND EVALUATION OF THEIR MECHANICAL PERFORMANCE	80
DEVELOPMENT OF MODIFIED NATURAL ZEOLITE ADDED PVC SURFACE COATING	83
DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL GELMA- BASED BIOCOMPOSITE HYDROGELS FUNCTIONALIZED WITH EDTA CONTAINING CITPMOF-E NANOPARTICLES	87

DEVELOPMENT OF NATURAL FIBER-REINFORCED BMC COMPOSITE MATERIALS	90
DEVELOPMENT OF SILVER-DOPED PLA COMPOSITES VIA STEREOLITHOGRAPHY (SLA) METHOD	93
DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION MATERIALS	96
DRIVING SUSTAINABILITY THROUGH ADVANCED WASTE UPCYCLING: LIGHTWEIGHT THERMOPLASTIC MANUFACTURING REINFORCED WITH GREEN GRAPHENE	99
EFFECT OF COBALT-FREE ACCELERATORS ON THE CURING PROCESS AND MECHANICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER REINFORCED POLYESTER COMPOSITES.....	101
EFFECT OF DIFFERENT SIZING TYPES IN PPS COMPOSITES ON THE INTERFACIAL STRENGTH OF GLASS FIBER.....	103
EFFECT OF ENVIRONMENTAL AGING ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF CARBON FIBER AND GLASS FIBER REINFORCED HDPE MATRIX COMPOSITES	107
EFFECT OF HEATING RATE DURING CURING ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS	110
EFFECT OF MICROWAVE CURING ON GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE PRODUCTION	113
EFFECT OF RECYCLING GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES.....	115
ENERGY HARVESTING APPLICATIONS FOR NANOMATERIAL BASED TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS	117

ENHANCING THERMAL RESISTANCE OF QD BASED SENSORS VIA CVD POLYMER ENCAPSULATION	120
EPOXY PREPREGS WITH ADJUSTABLE PROCESSABILITY AND CURING CHARACTERISTICS WITH AMBIENT- TEMPERATURE-STABILITY: LINKING PREPREG ARCHITECTURE TO COMPOSITE PERFORMANCE.....	123
EPOXY-CURED SUSTAINABLE RUBBER COMPOSITES REINFORCED WITH LIGNIN	125
ESTIMATION OF CURE KINETICS PARAMETERS USING DSC DATA IN CARBON/EPOXY PREPREGS INCORPORATING FUNCTIONALIZED SINGLE-WALL CARBON NANOTUBES.....	127
EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMOPLASTIC COMPOSITE BASED SANDWICH PANELS UNDER STATIC AND IMPACT LOADING	130
FATIGUE DAMAGE ANALYSIS OF GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE MATERIALS	132
FUNGAL BIOCOMPOSITE PRODUCTION AND CHARACTERIZATION	134
HIGH-PERFORMANCE ANTI-CORROSIVE POLYMER COATINGS ON ZINC SURFACES VIA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION.....	136
INTEROPERABILITY FOR DIGITAL PRODUCT PASSPORTS AND CIRCULARITY	139
INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY PROPERTIES OF BORON ADDITIVED FIBER REINFORCED COMPOSITES.....	142

INVESTIGATION OF FOAMING PROCESSES IN RIGID POLYMER COMPOSITES FOR LIGHTWEIGHTING AND CARBON FOOTPRINT REDUCTION IN AUTOMOTIVE APPLICATIONS	144
INVESTIGATION OF POST-IMPACT ELECTROMAGNETIC SHIELDING EFFECTIVENESS (EMSE) PERFORMANCE OF HYBRID 3D COMPOSITES.....	148
INVESTIGATION OF THE IMPACT OF CERAMIC FIBER ADDITION ON THE FRICTION PERFORMANCE OF BRAKE PAD COMPOSITIONS.....	155
INVESTIGATION OF THE LOW-VELOCITY IMPACT PERFORMANCE OF ELECTROSPUN POLYVINYL ALCOHOL (PVA) NANOFIBER INTERLEAVED CARBON FIBER/EPOXY COMPOSITES FOR AEROSPACE APPLICATIONS.....	159
INVESTIGATION OF THE USABILITY OF PHASE CHANGE MATERIAL (PCM) FILLED 3D COMPOSITES FOR PASSIVE THERMAL MANAGEMENT	164
INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF EPOXY BASED COMPOSITES REINFORCED WITH SiO_2, GO AND HBN NANOPARTICLES.....	171
INVESTIGATION THE EFFECTS OF MANUAL AND WATERJET CUTTING METHODS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CARBON FIBER COMPOSITE MATERIALS.....	174
KNOW YOUR PRODUCTS TO FORGE A SECURE AND PROSPEROUS FUTURE: DIGIPASS CSA APPROACH	180
LAP-SHEAR STRENGTHS OF GLASS, BASALT AND HYBRID COMPOSITES.....	183

LAYER THICKNESS EFFECT ON HYDROGEN PERMEATION PATHWAYS OF THIN-PLY THERMOPLASTIC COMPOSITES	187
LIFE CYCLE-BASED CARBON FOOTPRINT ANALYSIS OF FIBER AND MATRIX SELECTION IN POLYMER MATRIX COMPOSITE MATERIALS	190
LOADING AND CHARACTERIZATION OF COLCHICUM MICRANTHUM EXTRACT ON 3D PRINTED SCAFFOLDS AND INVESTIGATION OF ANTICANCER EFFECTS ON BREAST CANCER CELLS	196
MANUFACTURING AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF GRAPHENE-REINFORCED TYPE IV COPVS FOR HIGH-PRESSURE HYDROGEN STORAGE	199
MASTERING THE DPP REGULATION JUNGLE ON A DIGITAL PLATFORM: AN OPPORTUNITY FOR ACCELERATED COMPOSITE INNOVATIONS.....	202
MICROALGAE PRODUCTION FOR SUSTAINABLE, NATURAL BIOBASED COMPOSITES WITH PHARMACEUTICAL POTENTIAL	204
MODELING THE EXTENSION BEHAVIOUR OF INTRA-PLY HYBRID FLAX/ E-GLASS WOVEN COMPOSITES WITH THE FINITE ELEMENT METHOD	209
NANOPARTICLE-INFUSED ELECTROSPUN FIBROUS SCAFFOLD PRODUCTION FOR SPINAL CORD INJURY.....	212
OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS IN CHITOSAN NANOPARTICLES PRODUCED FOR HYDROPHOBIC COATINGS REDUCING BACTERIAL ADHESION.....	216
POLYMER COMPOSITE MATERIALS: TOWARDS FUNCTIONAL INTERFACES	219

PRELIMINARY PERFORMANCE EVALUATION OF HYDROGELS MODIFIED WITH NATURAL AND NANO-SCALE ADDITIVES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	221
PREPARATION AND CHARACTERISATION OF BORON CARBIDE FILLED ELECTORRHEOLOGICAL THERMOPLASTIC POLYURETHANE	226
PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLY-L-LACTIDE- NATURAL SILICA COMPOSITES.....	229
PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF FULLY BIODEGRADABLE BIOCOMPOSITE PLANT GROW PLUG ALTERNATIVES FOR SOILLESS AGRICULTURE	232
PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF THERMOPLASTIC COMPOSITES BY HOT PRESS METHOD USING RECYCLED GLASS FIBER/POLYPROPYLENE TAPES	236
PRODUCTION OF HYBRID THERMOPLASTIC COMPOSITES REINFORCED WITH HEMP AND BASALT/CARBON FABRICS FOR AUTOMOTIVE INTERIOR TRIM PANELS AND DETERMINATION OF THEIR MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES	239
PVC-BASED COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH NATURAL HEMP FIBERS	243
RECYCLING OF CARBON FIBERS IN STRUCTURAL COMPOSITES HAVING DEBONDING ON DEMAND CHARACTERISTICS	247
RECYCLING OF PET FOAM AND GLASS FIBER WASTE FOR HIGH- PERFORMANCE CORE APPLICATIONS	251

REINFORCING EFFECT OF ESTERIFIED CELLULOSE NANOFIBRILS FOR POLYLACTIC ACID	253
SEISMIC DESIGN AND DAMAGE ASSESSMENT OF COMPOSITE PIPE JOINT	256
STATISTICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DUST CONTAMINATION AND SURFACE PREPARATION ON THE BOND STRENGTH OF COMPOSITES	260
SUPERHYDROPHOBIC AND OLEOHOBIC PGMA/COLEMANITE COMPOSITE FILMS FUNCTIONLIZED WITH PERFLUORO POLYETHER ACID	263
SUSTAINABLE AND FUNCTIONAL ENCAPSULATION: FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF THYME OIL MICROCAPSULES USING WASTE TEXTILE-DERIVED NANOCRYSTALLINE CELLULOSE REINFORCED ALGINATE-GELATIN MATRIX	265
SUSTAINABLE FUNCTIONALIZED PVA HYDROGEL COMPOSITES VIA UV CURING.....	269
SUSTAINABLE HIGH-PERFORMANCE COMPOSITES USING RECYCLED THERMOPLASTICS REINFORCED WITH FIBERS AND MINERALS.....	273
SUSTAINABLE INNOVATION IN SOLAR ENERGY INFRASTRUCTURE: DEVELOPMENT OF BORON-INFUSED ALUMINUM SOLAR CABLES.....	276
SUSTAINABLE PACKAGING MATERIALS: FABRICATION AND ANALYSIS OF LUFFA CYLINDRICA– POLYVINYLPIRROLIDONE (PVP) BIO-COMPOSITES	279

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF RECYCABLE BIO-BASED POLYMERS USING CHEMICALLY MODIFIED SODIUM LIGNOSULFONATE	282
SYNTHESIS OF VINYL ESTER RESIN FOR THE COMPOSITE SECTOR	285
PRODUCTION AND OPTIMIZATION OF SUSTAINABLE COMPOSITE MATERIALS FROM TEXTILE WASTES	287
TENSILE CHARACTERISTICS DETERMINATION OF GNP/PLA COMPOSITES FABRICATED VIA FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) METHOD	291
THE EFFECT OF DIFFERENT FILLERS ON THE PERFORMANCE OF DECORATIVE COMPOSITE PANELS	295
THE EFFECT OF GLASS FIBRE POWDER REINFORCEMENT ON THE INTERFACIAL BOND STRENGTH PROPERTIES OF POLYPROPYLENES PRODUCED BY FUSED FILAMENT DEPOSITION	299
THE EFFECT OF MAGNESIUM HYDROXIDE AND SODIUM HYDROXIDE APPLICATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER-REINFORCED COMPOSITES	303
THE EFFECT OF STACKING SEQUENCE OPTIMIZATION ON THE OPEN-HOLE TENSILE STRENGTH OF CARBON/EPOXY COMPOSITE LAMINATES.....	306
THE PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF WOOD - PLASTIC COMPOSITES FROM RECYCLED PLASTICS, WOOD AND LUFFA FIBER.....	309
THERMOPLASTIC MATERIALS FOR MARINE APPLICATIONS: PA COMPOSITES.....	311

**USE OF FIBER-REINFORCED POLYMERIC COMPOSITES IN SOLAR
ENERGY SYSTEMS AND INTEGRATION OF PHOTOVOLTAIC CELLS
INTO MOBILE PLATFORMS314**

**USE OF WASTE-DERIVED ZNFE2O4 AS A FUNCTIONAL ADDITIVE
IN RECYCLED POLYETHYLENE COMPOSITES318**

**VITRIMER BASED COMPOSITES: PREPREG APPLICATION FOR
AEROSPACE.....320**

ABSTRACTS

AN INNOVATIVE STRATEGY TO DESIGN AND MONITOR SAFE, RELIABLE AND LIGHTEWEIGHT COMPOSITE STRUCTURES UNDER IN-SERVICE LOADING

Marino Quaresimin, Paolo Andrea Carraro, Lucio Maragoni, Michele Zappalorto

University of Padova, Department of Management and Engineering, Stradella
San Nicola 3, 36100 Vicenza, Italy

marino.quaresimin@unipd.it

Abstract

Fatigue failure and in-service loss of stiffness of composite parts are due to a multi- mechanisms damage evolution which mainly includes cracks, delamination and fibre failures [1-3]. The talk presents an innovative, comprehensive framework for the fatigue design of composite parts, based on the actual physics of damage evolution. The initiation and growth of each mechanism, its interaction with the others and the effects on the strength and stiffness of the parts are described by suitable models and experimentally validated [4-6]. The combination of all these models into a single design framework already represents a significant step forward with respect to the design tools available on the market, resulting in an enormous increase in the safeness and reliability of the structural applications made with these materials. The in-service reliability and safety of the composite parts can be further improved by using a new structural health monitoring methodology [7]. This methodology, based on the exploitation of the self-sensing capabilities of conductive laminates, allows the continuous assessment of the damage state and the correlation of its evolution with the residual elastic and strength properties of the composite parts. Damage induced by unexpected events can be also monitored. The basis behind the approach will be briefly outlined leaving space to the discussion of the application procedure, with examples of implementation on parts of industrial interest.

Keywords: [Composite, Damage Mechanics, Fatigue, Stiffness loss, Health monitoring]

References

- [1] Quaresimin M., Susmel L., Talreja R., Fatigue behaviour and life assessment of composite laminates under multiaxial loadings, *International Journal of Fatigue*, 32 (1) 2–16 (2010)
- [2] Quaresimin M., Carraro P.A., Pilgaard Mikkelsen L., Lucato N., Vivian L., Brøndsted P., Sørensen B. F., Varna J., Talreja R. Damage evolution under internal and external multiaxial cyclic stress state: a comparative analysis, *Composites Part B*, 61, 282-290 (2014).
- [3] Quaresimin M. , Carraro P.A., Maragoni L., Early-stage damage in off-axis plies under fatigue loading, *Composites Science and Technology* 128, 147-154 (2016).
- [4] Carraro P. A., Maragoni L., Quaresimin M., Prediction of crack density evolution in multidirectional laminates under fatigue loading, *Composites Science and Technology*, 145, 24-39 (2017).
- [5] Maragoni, L., Carraro, P.A., Simonetto, M., Quaresimin, M., A novel method to include crack-induced delamination in a fatigue damage predictive procedure for composite laminates. *Composites Science and Technology* 238, 110011 (2023)
- [6] Carraro, P.A., Maragoni, L., Quaresimin, M., Stiffness degradation of symmetric laminates with off-axis cracks and delamination: an analytical model, *International Journal of Solids and Structures* 213, 50–62, (2021).
- [7] Quaresimin M., Schulte K., Todoroki A., Zappalorto M., Fiedler B., Structural health monitoring of fatigue degradation in fibre reinforced polymers in *Fatigue in Composites- Science, Damage Mechanics, and Design Applications*, M. Quaresimin editor, Elsevier (2025)

SIMULATING COMPOSITES MANUFACTURING PROCESSES

Michael R. Wisnom, Stephen R. Hallett

Bristol Composites Institute, University Walk, Bristol BS8 1TR, UK.

M.Wisnom@bristol.ac.uk

Abstract

Finite element structural analysis of composites is relatively mature and widely used in industry. Simulations are able to represent overall structural behaviour well, and high-fidelity models can capture detailed failure mechanisms. Simulation of manufacturing processes is much less mature and has not yet been taken up as widely by industry, but substantial advances have been made in recent years. This paper presents state of the art simulations and shows that they are able to represent important processes in composites manufacturing, offering great potential to reduce costly and time-consuming physical trials and demonstrators.

Defects which occur during composites' manufacturing can have a profound effect on mechanical performance, and so have to be taken account of in design. Process simulation can be applied to many different aspects of composites manufacturing, with scope to reduce defects by better understanding the behaviour, leading to more manufacturable parts. There are still challenges due to the complexity and inherent variability, together with the significant computational requirements for carrying out large scale simulations. However, current tools can already be used to troubleshoot problematic cases, and the continuing improvements in computer hardware and growing capabilities of artificial intelligence mean simulation is likely to become more and more important in the future.

This paper presents examples of successful simulations of prepreg and textile manufacturing processes. Through-thickness consolidation can lead to variability and defects such as wrinkles. The process has been effectively simulated in lab coupons [1-3] and scaled up to more realistic parts [4]. Simulation of Automated Fibre Placement (AFP) has also demonstrated the ability to predict and reduce wrinkles [5-7].

Residual stresses and distortion during cure can be modelled [8,9] and the workflows automated to make application to components easier [10]. Manufacturing simulations can be linked to structural analysis to improve strength predictions by accounting for the differences between as-manufactured and as-designed parts [11]. These approaches can be applied at the structural scale to reduce the size of the pyramid of testing required for certification [12].

The as-manufactured yarn geometry is important in analysis of 3D textile parts, and simulations can capture the deformations during consolidation, leading to better predictions of stiffness and strength [13-16]. Forming simulations can also be used to reduce defects such as wrinkles [17-20]. Simulations of resin infusion processes can reduce the risk of problems such as race-tracking or dry spots and help in tooling design [21-24].

A range of examples of state-of-the-art composites manufacturing simulation techniques are presented, addressing some of the many challenges and proposing solutions which can be used to help produce better parts.

Keywords: [Manufacturing, Simulation, Defects]

References

- [1] Belnoue JP-H, Nixon-Pearson OJ, Thompson AJ, Ivanov DS, Potter KD, and Hallett SR, Consolidation-driven defect generation in thick composite parts, *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 2018, 140(7) <https://doi.org/10.1115/1.4039555>
- [2] Nixon-Pearson OJ, Belnoue JP-H, Ivanov DS, Potter KD and Hallett SR, An Experimental Investigation of the Compaction Behaviour of Un-cured Prepregs under Processing Conditions, *Journal of Composite Materials*, 2017, 51 (13), pp 1911-1924 <https://doi.org/10.1177/0021998316665681>
- [3] Belnoue JP-H, Nixon-Pearson OJ, Ivanov D and Hallett SR, A Novel Hyper-Viscoelastic Model for Consolidation of Toughened Prepregs under Processing Conditions, *Mechanics of Materials*, 2016, 97, pp 118–134 <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2016.02.019>
- [4] Belnoue JP-H, Hallett SR, A rapid multi-scale design tool for the prediction of wrinkle defect formation in composite components, *Materials and Design*, 2020, 187, 108388 <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108388>
- [5] Wang Y, Mahapatra S, Ivanov D, Hallett SR, Belnoue JP-H, Simulating Steering-Induced Defects in Composites Additive Manufacturing, 15th

World Congress on Computational Mechanics & the 8th Asian Pacific Congress on Computational Mechanics (WCCM-APCOM 2022), Yokohama, Japan

- [6] Wang Y, Belnoue JP-H, Ivanov DS, Hallett SR, Hypo-viscoelastic modelling of in-plane shear in UD thermoset preregs, Composites Part A 2021, 146, 106400 <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2021.106400>
- [7] Wang Y, Mahapatra S, Belnoue JP-H, Ivanov DS, Hallett SR, Understanding tack behaviour during prepreg-based composites' processing, Composites Part A, 2022, 164, 107284 <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2022.107284>
- [8] Mesogitis TS, Skordos AA, Long AC, Stochastic simulation of the influence of cure kinetics uncertainty on composites cure, Composites Science and Technology, 2015, 110, 145-151 <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2015.02.009>
- [9] Çınar K and Ersoy N, 3D finite element model for predicting manufacturing distortions of composite parts, Journal of Composite Materials, 2016, 50 (27), Pages 3791-3807 <https://doi.org/10.1177/0021998315625789>
- [10] Wang Y, Hallett SR and Belnoue JP-H, SIMPROCS project close out meeting, May 2023, <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/composites/documents/simprocs/wang.pdf>
- [11] Varkonyi B, Belnoue JP-H, Kratz J, Hallett SR, Predicting consolidation-induced wrinkles and their effects on composites structural performance, Int J Mater Form, 2019, 347 <https://doi.org/10.1007/s12289-019-01514-2>
- [12] EPSRC Programme Grant: Certification For Design: Reshaping The Testing Pyramid (CerTest), <https://www.composites-certtest.com>
- [13] Green SD, Matveev MY, Long AC, Ivanov D and Hallett SR, Mechanical modelling of 3D woven composites considering realistic unit cell geometry Voxel models, Composite Structures, 2014, 118, 284-293 <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2014.07.005>
- [14] Durville D, Ibrahim Baydoun, Hélène Moustacas, Périé G, Wielhorski Y, Determining the initial configuration and characterizing the mechanical properties of 3D angle-interlock fabrics using finite element simulation <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2017.06.026>
- [15] Thompson A, Belnoue JP-H, and Hallett SR, A meso-scale modelling approach for virtual characterisation of dry textile preforms, Euromech Colloquium 569 – Multiscale Modeling of Fibrous and Textile Materials, Châtenay-Malabry, 2016

- [16] Daelemans L, Tomme B, Caglar B, Michaud V, Van Stappen J, Cnudde V, Boone M, Van Paepegem W, Kinematic and mechanical response of dry woven fabrics in through-thickness compression: Virtual fiber modeling with mesh overlay technique and experimental validation, *Composites Science and Technology*, 2021, 207, 108706
<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.108706>
- [17] Thompson AJ, Belnoue JP-H, Hallett SR, Modelling defect formation in textiles during the double diaphragm forming process, *Composites Part B: Engineering* 2020, 202, 108357
<https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108357>
- [18] Boisse P, Hamila N, Vidal-Sallé E, Dumont F, Simulation of wrinkling during textile composite reinforcement forming. Influence of tensile, in-plane shear and bending stiffnesses, *Composites Science and Technology*, 2011, 71 (5), Pages 683-692 <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2011.01.011>
- [19] Thompson AJ, El Said B, Belnoue J.P.-H and Hallett SR, Modelling process induced deformations in 0/90 non-crimp fabrics at the meso-scale, *Composites Science and Technology*, 2018, 168, 104-110
<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2018.08.029>
- [20] Chen S, McGregor OPL, Harper LT, Endruweit A, Warrior N. Defect formation during preforming of a bi-axial non-crimp fabric with a pillar stitch pattern, *Composites Part A*, 2016, 91 (1), Pages 156-167
<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2016.09.016>
- [21] Gommer F, Endruweit A, and Long AC, Influence of the micro-structure on saturated transverse flow in fibre arrays, *Journal of Composite Materials*, 2018, 52 (18) <https://doi.org/10.1177/0021998317747954>
- [22] Bancora S, Binetruy C, Advani S, Comas-Cardona S, Leygue A, Efficient dual-scale flow simulation for Resin Transfer Molding process based on domains skeletonization *Composites Part A*, 2023, 165, 107319
<https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2022.107319>
- [23] Dereims A, Drapier S, Bergheau J-M, De Luca P, Industrial simulation of liquid resin infusion by the finite element method, *ICCM International Conferences on Composite Materials*, 2013, pp. 1318-1328 <https://iccm-central.org/Proceedings/ICCM19proceedings/papers/DER81379.pdf>
- [24] Pierce RS, Falzon B, Thompson M, A multi-physics process model for simulating the manufacture of resin-infused composite aerostructures. *Composites Science and Technology*, 2017, 149, Pg 269-279.
<https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2017.07.003>



Polmar Composites, supplies interior and exterior cosmetic trim parts to the automotive sector and slide parts for water parks using RTM, infusion, and hand lay-up methods.

Prioritizing customer demands and aiming for sustainable quality, Polmar aspires to be a pioneer in the industry with innovative products and processes.

Our export-oriented company seeks to contribute to the Turkish economy and develop the workforce of the future through its Training Academy.



Design

Design support and co-design activities



Production

Choice of production methods and materials



Scheduling

Prototyping and short lead times

Tooling

In-house tool production



Assembly

Sub-assembly for ready-to-use parts



Delivery

Reliable logistic support



AKPA

**ORGANIC PEROXIDES, INITIATORS
PAINT DRIERS**



Organic Peroxides

Initiators

Accelerators

Paint Driers

akpakimya.com

ADVANCED LIGHTWEIGHT INJECTION-MOLDED POLYMER COMPOSITES: RECYCLING, HYBRID MANUFACTURING, AND INTEGRATION OF INDUSTRY 4.0

József Gábor Kovács^{1,2}

¹Department of Polymer Engineering, Faculty of Mechanical Engineering,
Budapest University of Technology and Economics,
Műegyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary

²MTA-BME Lendület Lightweight Polymer Composites Research Group,
Muegyetem rkp. 3., H-1111, Budapest, Hungary

kovacs@pt.bme.hu

Abstract

As global industries seek to minimize environmental impact while maintaining high production efficiency at the same time, there is a growing demand for advanced plastic-forming technologies capable of producing recyclable, lightweight, and structurally optimized polymer composites. Our research addresses this demand by developing hybrid manufacturing processes, advanced simulation tools, and tailored material systems, which enable more sustainable and energy-efficient production [1].

The foundation of our work lies in integrating injection molding, thermoplastic resin transfer molding (T-RTM), 3D printing, and now injection-compression molding into unified hybrid manufacturing platforms. When used individually or in combination, these technologies allow the design and production of warp-free, high-performance components, even with recycled, highly filled, or fiber-reinforced materials. Recognizing the limited geometric versatility of traditional T-RTM, our research group pioneered the combination of flat T-RTM plates with overmolded reinforcements and 3D-printed fiber preforms to create structurally efficient and geometrically complex parts. We developed a custom continuous fiber 3D printer capable of placing fiber bundles with controlled orientation, enabling the fabrication of directed reinforcement elements compatible with injection molding and T-RTM [2].

Our team established computational models to support these processes, which

couple filling simulation including preform infiltration, and crystallization kinetics. We also introduced a novel method to predict interfacial bonding strength in overmolded polymers. This calculation model has been partially integrated into Moldex3D simulation software [3-5].

A critical bottleneck in sustainable manufacturing is the limited understanding and predictability of the behavior of recycled materials. Our research investigates how fiber fragmentation affects mechanical and rheological properties during recycling. We have developed material models that capture the deviation from the ideal mixing laws when recycled content is blended with virgin material, which is essential for accurate simulation and robust design. We demonstrate that fiber degradation reduces mechanical properties and impacts the environmental footprint, emphasizing the trade-offs involved in designing for recyclability [1].

The transition toward Industry 4.0 has increased attention to real-time data acquisition and closed-loop control in injection molding. In this context, integrating in-mold sensors is a key to enhancing process transparency and ensuring product quality. Our earlier studies have demonstrated how pressure and temperature sensors embedded directly in the mold cavity can provide high-resolution data for monitoring critical stages such as filling, packing, and cooling [6]. Recent advancements extended this approach to multi-sensor systems capable of correlating locally measured information process phenomena with part quality and material behavior [7]. Beyond monitoring, machine learning techniques have also been applied to these sensor datasets, enabling predictive quality control and adaptive process optimization, thus fulfilling key principles of smart manufacturing [8]. These sensor-driven developments are essential to bridge the gap between material science, processing, and digitalization in producing fiber-reinforced polymer composites.

To demonstrate our hybrid technology, we designed and produced lightweight bipolar plates for open-cathode proton exchange membrane fuel cells (PEMFCs). This application set demanding requirements regarding dimensional precision, gas flow management, and electrical conductivity. We produced bipolar plates from heat-conducting material and optimized them using computational fluid dynamics and injection molding simulations. The result is a fully polymeric bipolar plate geometry suited for portable fuel cell applications such as drones and small electric vehicles, offering substantial weight reduction and recyclability compared to metal-based counterparts.

Our work bridges materials science, process engineering, simulation, and sustainability, and addresses the systemic challenge of transitioning to a circular polymer economy. By integrating AI, real-time monitoring, and LCA into manufacturing development, we aim to establish robust, scalable methods that

empower the use of recycled materials without compromising product performance or design freedom. Our long-term vision is to enable the autonomous optimization of polymer processing, turning recycling from a liability into a reliable engineering asset.

Keywords: [injection molding, hybrid composites, thermoplastic resin transfer molding, recycling, simulation]

References

- [1] Csapó M., Kovács J. G.: Impact of fiber fragmentation on mechanical performance and environmental footprint of recycled glass fiber-reinforced polyamide composites. *Journal of Cleaner Production*, 511, 145678/1-145678/14 (2025)
- [2] Boros R., Sibikin I., Ageyeva T., Kovács J. G.: Development and validation of a test mold for thermoplastic resin transfer molding of reactive PA-6. *Polymers*, 12, 976/1-976/13 (2020)
- [3] Szuchács A., Ageyeva T., Boros R., Kovács J. G.: Bonding strength calculation in multicomponent plastic processing technologies. *Materials And Manufacturing Processes*, 36, 151-159 (2021)
- [4] Szuchács A., Ageyeva T., Kovács J. G.: Modeling and measuring the bonding strength of overmolded polymer parts. *Polymer Testing*, 125, 108133/1-108133/15 (2023)
- [5] Szuchács A., Kovács J. G.: Calculation of the bonding strength of semi-crystalline polymers during overmolding. *Polymer Testing*, 139, 1-6 (2024)
- [6] Ageyeva T., Horváth Sz., Kovács J. G.: In-Mold Sensors for Injection Molding: On the Way to Industry 4.0. *Sensors*, 19, 3551/1-3551/21 (2019)
- [7] Párizs R. D., Török D., Ageyeva T., Kovács J. G.: Multiple in-mold sensors for quality and process control in injection molding. *Sensors*, 23, 1735/1-1735/18 (2023)
- [8] Párizs R. D., Török D., Ageyeva T., Kovács J. G.: Machine learning in injection molding: An industry 4.0 method of quality prediction. *Sensors*, 22, 2704/1-2704/16 (2022)

DIGITAL PRODUCT PASSPORTS FOR COMPOSITES IN THE CIRCULAR ECONOMY: CHALLENGES AND EMERGING OPPORTUNITIES

Salim Belouettar¹, Heinz A. Preisig², Peter Klein³, Franz Pirker⁴, Natalia Konchakova⁵

¹Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), 5, Avenue des Hauts-Fourneaux, Esch-sur-Alzette, 4362, Luxembourg

²Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway

³Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Germany

⁴AC2T Research GmbH, Austria

⁵Helmholtz-Zentrum Hereon, Germany

salim.belouettar@list.lu

Abstract

The shift from a linear to a circular economy has elevated Digital Product Passports (DPPs) as vital instruments for transparency, traceability, and sustainability across product lifecycles [1]. This is particularly relevant for composite materials and structures, which pose specific challenges in recycling, material recovery, and regulatory compliance [2, 3]. By consolidating essential product information such as composition, origin, environmental footprint, and compliance requirements. DPPs support material tracking, facilitate reuse and recycling, and enhance data governance across supply chains. Despite their potential, several challenges hinder the widespread adoption of DPPs, including interoperability issues, the lack of standardised frameworks, and fragmented regulatory landscapes [4]. This study, conducted by the DigiPass CSA consortium, examines the primary barriers to implementation and proposes actionable strategies to foster adoption within the composite materials sector.

DPPs are built around two essential pillars: (1) Data and Information

Management, and (2) Data Analytics. The data management component encompasses the secure collection, storage, retrieval, and distribution of product data throughout the lifecycle. This includes key details such as fibre composition, resin types, manufacturing processes, and certification records. Metadata plays a key role in enabling quick and reliable access to this information, embedding attributes such as product identifiers, batch numbers, sustainability labels, and end-of-life instructions [5]. The second pillar, Data Analytics, focuses on extracting value from the accumulated data. Techniques such as predictive modelling, machine learning, and lifecycle assessment help identify trends in product performance, durability, and environmental impact [6]. These insights empower manufacturers, policymakers, and recyclers to make informed decisions, enhance resource efficiency, and minimise waste—particularly in high-impact sectors like aerospace, automotive, and construction [7]. A significant recent advancement is the emergence of Collaborative Digital Ecosystems (CDEs), which act as platforms for cross-sector collaboration. These ecosystems connect manufacturers, suppliers, regulators, and consumers, enabling real-time data exchange and collective decision-making [8].

This keynote presentation will explore the role of DPPs in enabling circular business models, with a focus on composite materials and complex products. It will highlight the need for standardised frameworks, the integration of emerging digital technologies to ensure data integrity, and the policy instruments necessary to scale adoption.

Keywords: [Digital Product Passports, Circular Economy, Supply Chain Transparency, Composite Materials.]

Acknowledgment

DigiPass is funded by the EC in Horizon Europe under HORIZON- CL4-2023-RESILIENCE-01, GA no. 101138510; the UK partner WIKKI Ltd is supported by UKRI under grant no. 10100819: DigiPass.

References

[1] European Commission. *Ecodesign for Sustainable Products Regulation*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2013. 2022.

- [2] Georgia Chatziparaskeva et al. “End-of-life of composite materials in the framework of the circular economy”. In: *Microplastics* 1.3 (2022), pp. 377–392.
- [3] SR Naqvi et al. “A critical review on recycling of end-of-life carbon fibre/glass fibre reinforced composites waste using pyrolysis towards a circular economy”. In: *Resources, conservation and recycling* 136 (2018), pp. 118–129.
- [4] Joerg Walden, Angelika Steinbrecher, and Maroye Marinkovic. “Digital product passports as enabler of the circular economy”. In: *Chemie Ingenieur Technik* 93.11 (2021), pp. 1717–1727.
- [5] Thomas D Hedberg Jr, Manas Bajaj, and Jaime A Camelio. “Using graphs to link data across the product lifecycle for enabling smart manufacturing digital threads”. In: *Journal of computing and information science in engineering* 20.1 (2020), p. 011011.
- [6] Shivam Gupta et al. “Circular economy and big data analytics: A stakeholder perspective”. In: *Technological Forecasting and Social Change* 144 (2019), pp. 466–474.
- [7] Abraham Zhang and Stefan Seuring. “Digital product passport for sustainable and circular supply chain management: a structured review of use cases”. In: *International Journal of Logistics Research and Applications* 27.12 (2024), pp. 2513–2540.
- [8] Francesco Nachira, Paolo Dini, and Andrea Nicolai. “A network of digital business ecosystems for Europe: roots, processes and perspectives”. In: *European Commission, Bruxelles, Introductory Paper* 106 (2007), pp. 1–20.

HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES: ENGINEERING THE FUTURE OF SUSTAINABLE FLIGHT

Mete Bakır^{1,2}

¹Turkish Aerospace Industries, Inc., Fethiye Mah., Havacilik Bulvari, Kahramankazan, Ankara 06980, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Takdir Cad Ayvalı Mahallesi Etlik, Ankara 06010, Türkiye

mete.bakir@aybu.edu.tr

Abstract

When we see an aircraft flying high in the sky, we often admire its size, its speed, or its beauty. But inside that aircraft, there is another story—a story about the materials that make it possible. Every wing, every fuselage, every joint is the result of years of research, testing, and innovation in materials science.

I am Dr. Mete Bakır, Materials Engineering Manager at Turkish Aerospace and Associate Professor at Ankara Yıldırım Beyazıt University. For more than ten years, my work has focused on one goal: taking new material technologies from the laboratory and putting them into real aircraft.

Today, the aerospace industry is at a turning point. Demand: Air traffic is expected to double in the next 20 years. Responsibility: We must meet strict environmental regulations and reduce our carbon footprint. To meet both goals, we cannot rely only on small improvements. We need a new generation of materials.

This is why high-performance polymer composites are so important. They are not only lighter than metals; they can be designed at the molecular level for the exact performance we need. Lower weight means lower fuel use, fewer emissions, and better aircraft performance.

In my research, including thermoplastic composite processing, environmentally friendly coating solutions, and studies on how materials behave under extreme conditions, I have seen how changes in resin chemistry, fiber structure, and hybrid material design can transform the capabilities of aerospace components.

At Turkish Aerospace, we have put this into practice. We replaced several metallic parts with thermoplastic composite and fast-curing parts. The results are weight reduction, faster manufacturing through thermoforming, no need for heavy fasteners through thermoplastic welding, and on-site repairs without removing the part from the aircraft. These are not small steps—they are big changes in how we design, build, and maintain aircraft.

The road to net-zero aviation will not be reached only through new fuels or engines. Materials will play a key role. We must focus on: 1. Circular materials where components that can be recycled and used again. 2. Energy-efficient manufacturing to reduce the autoclave use and apply additive manufacturing. 3. Multifunctional materials to combine structure with heat management, electromagnetic shielding, and damage monitoring. These are not just research ideas. They are urgent needs for the aerospace industry in the next decade.

The challenge is big, but the opportunity is bigger. The journey from research to certified flight parts is long, but by working together as scientists, engineers, and industry, we can create aircraft that are safer, lighter, and more sustainable.

I invite you all to collaborate across fields and countries. The composites we design today will carry the aircraft of tomorrow.

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN CALCIUM CARBONATE AND TALC FILLERS ON THE PROPERTIES OF EPDM COMPOSITES

Gürhan DENİZLİ¹, Merve TEMEL¹, Figen AYNALI¹

¹Efachem Kimya Ürünleri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi, Keçiliköy OSB, Yunusemre/Manisa, 45030, Türkiye

gurhan.denizli@efachem.com

Abstract

Ethylene-propylene-diene monomer (EPDM) rubber is produced by the copolymerization of ethylene and propylene in the presence of non-conjugated diene and is highly saturated. The saturated backbone of EPDM results in high mechanical, dynamic and electrical properties, good resistance to aging, heat and oxidation and low temperature flexibility, with high chemical and swelling resistance. These inherent properties make EPDM the preferred elastomer for outdoor applications such as automotive sealing systems, wire and cable insulation, building profiles, roofing sheets and under-the-bonnet applications. However, it is needed to use mineral fillers, such as calcium carbonate, basalt, talc, mica and montmorillonite to improve the mechanical properties, dynamic characteristics, wear resistance and processability of rubber composites [1,2]. Calcium carbonate is an inorganic mineral filler with a wide range of sources; it can be filled in large quantities in rubber to reduce cost, and improve the hardness, rigidity or dimensional stability of the material. CaCO_3 is treated as a non-petrochemicals-based filler with a low CO_2 footprint. It can also improve the mechanical properties of the material and provide some special properties, such as corrosion resistance, weather resistance, flame retardancy and insulation to the material. But it is not possible to obtain the desired properties with CaCO_3 [3,4]. For such situations, talc has been intensively studied by many researchers in recent years due to the high degree of anisotropy of its crystal structure. As fillers, talc is used in composite materials to improve the strength, hardness and abrasive resistance of rubber composites [5].

The aim of this work was to study and compare the effect of CaCO_3 and talc as fillers in EPDM composites on curing, tensile properties, morphological and

dynamic mechanical properties. In addition, aging and tear tests were performed for both composites. For this purpose, EPDM compounds were mixed in laboratory type 4 L internal mixer banbury. EPDM rubber types, silica, kaolin, talc, CaCO_3 , antioxidant and accelerator packages mixed step by step. Vulcanization characteristics were determined using a Moving Die Rheometer MDR2000 at 180 °C for 2,5 minutes and 180 °C for 10 minutes according to ASTM D 2084-95. The tensile test was carried out according to the ISO-37 standard with dumb-bell type 2 test piece using a universal testing machine from Instron Co. at a speed of 500 mm/min. The tear sample was tested using a universal testing machine at room temperature with a crosshead speed of 50 mm/min in accordance with ISO 34 type B. The resistance of rubbers to abrasion by means of a rotating cylindrical drum device was measured by the Gibitre abrasion test machine according to ISO 4649. For the determination of the compression set characteristics of rubbers cylindrical test specimens (diameter 16 mm, thickness 6 mm) were prepared according to ISO 815 type B and with %75 compression set value; specimens are conditioned for 72 hours at 100 °C. With ASTM D2240 standard by using shore A durometer, hardness values are measured with 6 mm hardness specimens. Dynamic material properties of vulcanized rubber compounds were carried out using a DMA dynamic mechanic analyzer instrument with Payne effect studies. In conclusion, rubber with the white filler package including talc has more effective tensile and tear values than the other rubber prepared with white filler package including CaCO_3 . There are huge value gaps in the dynamic functions and mechanical values (abrasion and comp. set) between these two filler packages. The comparative physical and mechanical results were given in Table 1.

<u>Results</u>	<u>CaCo3</u>	<u>Talc</u>
<u>ml</u>	0,88	0,73
<u>mh</u>	5,86	5,41
<u>ts2</u>	0,78	0,89
<u>t90</u>	1,63	1,78
<u>Hardness</u>	40,10	38,57
<u>Tensile</u>	9,5	10,02
<u>Elongation</u>	923,73	973,85
<u>Tear</u>	17,76	21,81
<u>Abrasion</u>	232,81	259,96
<u>Comp Set. (<50%)</u>	36,5	22,4
<u>Density</u>	1,10	1,12

Table 1. The physical and mechanical results of rubber composite.

References

- [1] Ahmadi S. J., Huang Y., Li W. (2005). Fabrication and physical properties of EPDM–organoclay nanocomposites. *Composites Science and Technology* 65, 1069–1076.
- [2] Chang Y.W., Yang Y., Ryu S., Nah C. (2002). Preparation and properties of EPDM/organo montmorillonite hybrid nanocomposites. *Polymer International* 51, 319–24.
- [3] Bi W., Goegelein C., Hoch M., Joerg K. and Zhao S. (2022). Effect of Silane Coupling Agents on the Rheology, Dynamic and Mechanical Properties of Ethylene Propylene Diene Rubber/Calcium Carbonate Composites. *Polymers* 14, 3393.
- [4] Ismail H., Mathialagan M. (2012). Comparative study on the effect of partial replacement of silica or calcium carbonate by bentonite on the properties of EPDM composites. *Polymer Testing* 31, 199.
- [5] Ismail H., Ishak S, and Hamid Z.A.A. (2013). Comparison Effect of Mica and Talc as Filler in EPDM Composites on Curing, Tensile and Thermal Properties. *Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology*, 29, 109-122.

PLASTİK, KAÜÇÜK VE KOMPOZİT SEKTÖRLERİNDE ULUSLARARASI REKABET GÜCÜ İÇİN STRATEJİK BİR ADIM

A STRATEGIC STEP FOR INTERNATIONAL COMPETITIVENESS IN THE PLASTICS, RUBBER AND COMPOSITES INDUSTRIES

Erol Türker¹

¹Chemistry Technology Center, Muallimköy Mahallesi, Deniz Caddesi,
No:143/14 2A Blok Bilişim Vadisi, Gebze 41400, Türkiye

erol.turker@katim.com.tr

Abstract

The Chemistry Technology Center was established to serve the sub-sectors of the chemical industry, providing comprehensive support for companies operating in plastics, rubber, and composites in their research, product development, and innovation processes. Located in Kocaeli's Technology Development Zone, Bilişim Vadisi, the Center offers the sector a modern infrastructure and an interdisciplinary approach.

The primary objective of our Center is to help industrial companies make their products more reliable, more value-added, and in compliance with international standards. In this context, we provide advanced testing and analysis services in many fields such as material characterization, mechanical and environmental durability testing, chemical analyses, and aging studies. Our service portfolio includes thermal analyses (TGA, DSC), mechanical tests (tensile, impact, bending), spectroscopic methods for surface and structural analysis (FTIR, UV-Vis), and chromatographic techniques such as GC-MS and HPLC. This infrastructure provides the critical data needed by sector companies both in quality assurance and in new product development processes.

In addition to technical services, our Center also adds value to the sector with training programs and consultancy activities. We organize training programs in a wide range of areas, from composite production processes to recycling applications in polymeric materials, from sustainability to digitalization, while also providing project-based consultancy tailored to company needs. In this way, the collaboration between industry and academia is strengthened, bringing together theoretical knowledge and practical requirements.

This ecosystem approach offered by the Chemistry Technology Center serves Türkiye's goal of increasing the international competitiveness of its plastics, rubber, and composites industries. With our testing and analysis infrastructure supporting value-added production, our qualified training activities, and our project-based consultancy services, we aim to help companies turn to export markets and position themselves strongly in global arenas.

The presentation will highlight the rationale behind the establishment of our Center, the services provided, the collaboration models developed with the sector, and our vision for the future. In particular, our roadmap focusing on regulatory compliance, sustainability, high performance, and digitalization will be presented as a strategic step to enhance international competitiveness in the plastics, rubber, and composites industries.

Özet

Kimya Teknoloji Merkezi, kimya sanayiinin alt sektörlerine hizmet vermek üzere kurulmuş, plastik, kauçuk ve kompozit alanlarında faaliyet gösteren firmaların araştırma-geliştirme, ürün geliştirme ve inovasyon süreçlerine destek sağlayan bütünsel bir yapıdır. Kocaeli'de bulunan Teknoloji Geliştirme Bölgesi olan Bilişim Vadisi'nde yer alan Kimya Teknoloji Merkezi sektöre modern altyapı ve disiplinler arası bir yaklaşım sunmaktadır.

Merkezimizin temel amacı, sanayicilerimizin ürünlerini daha güvenilir, daha katma değerli ve uluslararası standartlara uygun hale getirmelerine katkıda bulunmaktır. Bu doğrultuda, malzeme karakterizasyonu, mekanik ve çevresel dayanım testleri, kimyasal analizler ve yaşlandırma çalışmaları gibi pek çok alanda ileri test ve analiz hizmetleri sunuyoruz. Termal analiz (TGA, DSC), mekanik testler (çekme, darbe, eğilme), yüzey ve yapı tayininde FTIR, UV-Vis gibi spektroskopik yöntemler, GC-MS ve HPLC gibi kromatografik teknikler merkezimizin hizmet yelpazesi içinde yer almaktadır. Bu alt yapı hem kalite

güvencesi hem de yeni ürün geliştirme süreçlerinde sektör firmalarının ihtiyaç duyduğu kritik verileri sağlamaktadır.

Teknik hizmetlerin yanı sıra, merkezimiz eğitim programları ve danışmanlık faaliyetleri ile de sektöre değer katmaktadır. Kompozit üretim süreçlerinden polimer malzemelerde geri dönüşüm uygulamalarına, sürdürülebilirlikten dijitalleşmeye kadar geniş bir yelpazede eğitimler düzenlenmekte, ayrıca firmalara özel proje danışmanlığı sağlanmaktadır. Bu sayede sanayi–akademi iş birliği güçlendirilmekte, teorik bilgi ile pratik ihtiyaç bir araya getirilmektedir.

Kimya Teknoloji Merkezi’nin sunduğu bu ekosistem yaklaşımı, Türkiye’nin plastik, kauçuk ve kompozit sektörlerinin uluslararası rekabet gücünü artırma hedefine hizmet etmektedir. Katma değerli üretimi destekleyen test ve analiz altyapımız, nitelikli eğitim faaliyetlerimiz ve proje odaklı danışmanlık hizmetlerimiz sayesinde firmalarımızın ihracata yönelmeleri ve global pazarlarda güçlü bir şekilde konumlanmaları hedeflenmektedir.

Sunumda, merkezimizin kuruluş gerekçesi, sağladığı hizmetler, sektörle buluşturduğu iş birliği modelleri ve geleceğe yönelik vizyonu paylaşılacaktır. Özellikle geleceğin regülasyonlarına uyumluluk, sürdürülebilirlik, yüksek performans ve dijitalleşme odaklı yol haritamız, plastik, kauçuk ve kompozit sektörlerinde uluslararası rekabet gücünü artırmak için stratejik bir adım olarak ele alınacaktır.

ADVANCED CARBON FIBER COMPOSITES SOLUTIONS TO AVIATION AND ENERGY SECTORS

Ümmühan Eker¹

Aksa Carbon, Akasya Cd. No:3, 77600, Çiftlikköy Yalova 77600, Türkiye

ummihan.eker@dowaksa.com

Abstract

DowAksa, Türkiye's only carbon fiber manufacturer formed in 2012 between Dow Europe and Aksa Akrilik (a subsidiary of Akkök Holding) will continue carbon fiber operations under new name, Aksa Carbon as of Aug 2025 through the completed acquisition of Dow Europe Holding B.V.'s 50% stake. Bringing the benefits of carbon fiber to the industrial marketplace, Aksa Carbon offers this enabling technology for transportation, energy, defense, aerospace and infrastructure markets with a product portfolio covering a wide range of solutions. Aksa Carbon is among the few fully integrated solution providers in the industry with a product range extending from precursor to carbon fiber, and from carbon fiber to prepreg, laminated plates, and fabrics, along with engineering solutions, technology, and know-how. The company's state-of-the-art production facility, equipped with advanced technology, is located in Yalova. Very strong and lightweight, carbon-fiber-based materials are used in a variety of applications where weight savings, emissions reduction, durability, and energy efficiency are key performance factors. The composite industry is poised for growth driven and is driven by sustainability initiatives, technological developments and new material innovations. The future of composites is focussing towards sustainability including bio-based composites, recycling and repurposing the existing composite parts. Innovations in composite manufacturing technologies and materials developments through nanotechnology and advanced matrix systems are expanding the application of composites in many fields.

SÜRDÜRÜLEBİLİR MALZEMELERLE EKLEMELİ ÜRETİM: ÇAY ATIĞI KATKISININ EPOKSİ KOMPOZİTLERE ETKİSİ

ADDITIVE MANUFACTURING WITH SUSTAINABLE MATERIALS: EFFECT OF TEA WASTE ADDITIVE ON EPOXY COMPOSITES

Berk ÖZLER¹, Saadet GÜLER¹, Şevval AYHAN¹

¹Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Izmir Katip Celebi University, Izmir, 35620, Türkiye

berk.ozler@ikcu.edu.tr

Abstract

Additive manufacturing technologies, which enable the precise and efficient production of complex geometric structures, are becoming increasingly widespread in aerospace, automotive, biomedical, and other engineering fields. Among these technologies, resin-based 3D printing methods such as digital light processing (DLP) and stereolithography (SLA), which are based on the layered curing of photopolymer resins with ultraviolet (UV) light, stand out. Various inorganic or organic fillers are used to enhance the mechanical, thermal, and physical properties of these resins [1, 2]. In this context, the use of tea waste, an organic biowaste, as a reinforcement material for epoxy matrix composites offers a low-cost and environmentally friendly approach that enhances sustainability [3]. This type of biowaste has the potential to increase the mechanical strength and thermal stability of composites, while enabling the recycling of waste materials, enabling the development of more economical and durable materials for industrial applications [4]. In this research, the effect of the reinforcement on the viscoelastic and mechanical properties of ground tea waste powder-reinforced epoxy composites produced through additive manufacturing was investigated. To determine this effect, composite samples were subjected to dynamic mechanical analysis (DMA), three-point bending, tensile, and hardness tests to analyze their viscoelastic and mechanical behavior. The findings revealed that the addition of tea waste powder demonstrated successful compatibility with the epoxy matrix, resulting in increased storage modulus, flexural modulus, and elastic modulus.

This study demonstrates that the addition of organic tea waste powder can offer significant improvements in the material engineering properties of 3D-printed composites.

Keywords: [Additive Manufacturing, Composite Materials, Tea Waste, Mechanical Properties, Dynamic Mechanical Analysis]

Özet

Karmaşık geometrili yapıların hassas ve verimli üretimine olanak tanıyan eklemeli üretim teknolojileri; havacılık, otomotiv, biyomedikal ve mühendisliğin diğer alanlarında giderek yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojiler arasında, fotopolimer reçinelerin ultraviyole (UV) ışıkla katmanlı olarak sertleştirilmesi prensibine dayanan dijital ışık işleme (DLP) ve stereolitografi (SLA) gibi reçine esaslı 3B baskı yöntemleri öne çıkmaktadır. Söz konusu reçinelerin performansını artırmak amacıyla mekanik, termal ve fiziksel özelliklerini geliştiren çeşitli inorganik veya organik dolgu maddeleri kullanılmaktadır [1, 2]. Bu bağlamda, organik bir biyo-atık olan çay atığının epoksi matrisli kompozitler için bir takviye malzemesi olarak kullanılması, sürdürülebilirliği artıran düşük maliyetli ve çevre dostu bir yaklaşım sunmaktadır [3]. Bu tür biyo-atıklar, kompozitlerin mekanik dayanımını ve termal kararlılığını artırma potansiyeli taşıırken, atıkların geri kazanımını sağlayarak endüstriyel uygulamalar için daha ekonomik ve dayanıklı malzemelerin geliştirilmesine imkan tanır [4]. Bu araştırma kapsamında ise, eklemeli imalat yöntemiyle üretilen öğütülmüş çay atığı tozu takviyeli epoksi kompozitlerde, takviye malzemesinin viskoelastik ve mekanik özellikler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu etkinin tespiti amacıyla kompozit numunelere sırasıyla dinamik mekanik analiz (DMA), üç noktalı eğme, çekme ve sertlik testleri uygulanarak viskoelastik ve mekanik davranışları analiz edilmiştir. Ulaşılan bulgular, çay atığı tozu katkısının epoksi matris ile başarılı bir uyum sergilediğini ve sonucunda depolama modülünü, eğme modülünü ve elastiklik modülünü artırdığını ortaya koymuştur. Bu çalışma, organik çay atığı tozu ilavesinin, 3B baskı ile üretilen kompozitlerin malzeme mühendisliği bakımından kayda değer iyileştirmeler sunabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: [Eklemeli İmalat, Kompozit Malzemeler, Çay Atığı, Mekanik Özellikler, Dinamik Mekanik Analiz]

References

[1] S. Guler, Z. B. Y. Cevik, U. Firat, S. B. Demirgunes and B. Ozler, "Investigation of titanium-reinforced polymer matrix nanocomposites fabricated by stereolithography for mechanical properties and activity in L929 cells," Rapid Prototyping Journal, 2025, doi: 10.1108/RPJ-09-2024-0410.

- [2] S. Güler and B. Özler, "Fabrication and analysis of $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{ZnO}$ /epoxy composites via stereolithography: Structural and photocatalytic properties," *Polymer Composites*, 2025, doi: 10.1002/pc.29621.
- [3] N. Sienkiewicz, M. Dominic, & J. Parameswaranpillai, "Natural fillers as potential modifying agents for epoxy composition: a review", *Polymers*, vol. 14, no. 2, p. 265, 2022. <https://doi.org/10.3390/polym14020265>
- [4] L. Prabhu, V. Krishnaraj, S. Sathish, S. Gokulkumar and N. Karthi, "Mechanical, chemical and acoustical behavior of sisal - tea waste - glass fiber reinforced epoxy based hybrid polymer composites," *Materials Today: Proceedings*, vol 16, no. 2, pp. 653-660, 2019, doi: 10.1016/j.matpr.2019.05.142.

GELİŞMİŞ YYPE TABANLI KOMPOZİTLERİN NÖTRON KALKANLAMASINA YÖNELİK TEORİK VE DENEYSEL İNCELENMESİ

ADVANCED HDPE-BASED COMPOSITES FOR NEUTRON SHIELDING: A THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY

Zeliha Bengisu Yakisik^{1,3}, Cennet Yildirim^{1,4}, Fatma Cetinkaya¹, Halil Furkan Kimkak², Mehmet Erdem⁵

¹Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency – Boron Research Institute, Dumlupinar Bulvari, No:166 D-Blok, Ankara 06510, Türkiye

² Turkish Energy, Nuclear and Mineral Research Agency – Nuclear Energy Research Institute, Saray Mahallesi Atom Caddesi, No:27, Ankara 06980, Türkiye

³ Gazi University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Eti Yukselis Sk. No:5, Ankara 06570, Türkiye

⁴ Istanbul Technical University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, ITU Ayazaga Campus, Istanbul 34469, Türkiye

⁵ Hacettepe University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Hacettepe Beytepe Campus, Ankara 06800, Türkiye

bengisu.yakisik@tenmak.gov.tr

Abstract

Safety and protection from ionising radiation are paramount in today's world, particularly in sectors such as nuclear power, healthcare, and aerospace. Neutron radiation, in particular, poses significant challenges in nuclear environments due to its high penetration ability and potential to activate materials, thereby necessitating advanced shielding strategies to safeguard both human life and equipment [1]. Traditionally, concrete and metallic substances like aluminum have been employed for neutron attenuation because of their affordability and ease of use. However, their high density and bulk limit their applicability in

aerospace environments and wearable protective equipment. This has driven the demand for novel, efficient neutron shielding materials characterized by flexibility and low density. [2]

Polymer composite materials, which integrate a polymer matrix with lightweight elements, offer a promising alternative. Neutron shielding relies on attenuation—the reduction of radiation impact by obstructing or reflecting it—primarily through absorption and scattering. In this context, hydrogen's high electron density renders it particularly effective for neutron shielding. [3] Polymers composed of low-atomic-number elements, such as carbon, hydrogen, nitrogen, and oxygen, produce minimal secondary particles upon neutron impact. Polyethylene (PE), with its high concentration of hydrogen atoms, has been demonstrated both theoretically and experimentally to effectively slow down and absorb neutrons, making it a widely adopted material in nuclear radiation protection due to its efficient neutron moderation, light weight, chemical stability, and compact size. Furthermore, neutron absorbers that incorporate small atomic number elements—such as hydrogen, lithium, carbon, boron—are particularly effective. [4,5,6] The addition of inorganic functional fillers with radiation shielding properties, such as boron carbide (B_4C), boron nanopowder, and hexagonal boron nitride (h-BN), to the PE matrix further enhances both the shielding effectiveness and the mechanical properties of the composite, with boron exhibiting a large absorption cross section of approximately 760 b—significantly surpassing that of conventional materials. [7]

In this study, high-density polyethylene (HDPE) composites containing 10 wt% of B_4C , h-BN, and a mixture of both were prepared, characterized, and evaluated for their ability to shield against fast and thermal neutrons. The composites were homogenized using a twin-screw extruder operating at 145°C and 80 rpm, and their neutron radiation shielding properties were investigated via theoretical modeling using MCNP6.2 software and experimental testing with an Am-Be neutron source. The bonding network and crystalline microstructure of boron-doped HDPE polymer composites were analysed before and after irradiation using X-ray diffraction (XRD) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR). Thermal properties were assessed through thermal conductivity measurements, differential thermal analysis (DTA), thermogravimetric analysis (TGA), and flammability tests (LOI and UL94), while mechanical properties were determined by tensile tests, shore hardness measurements and bending tests. This multifaceted approach provides valuable insights into the effectiveness of these novel shielding materials, contributing to the optimization of radiation shielding strategies across diverse applications.

Keywords: [Neutron Shielding, Boron Carbide, Boron Nitride, HDPE]

Özet

İyonize radyasyondan korunma ve güvenlik, günümüz dünyasında; nükleer enerji, sağlık ve uzay sanayii gibi sektörlerde büyük önem arz etmektedir. Özellikle nötron radyasyonu, yüksek nüfuz yeteneği ve malzemeleri aktive etme potansiyeli nedeniyle nükleer ortamlarda zorluklar ortaya koyarak, insan hayatını ve ekipmanı korumak için gelişmiş kalkanlama özelliklerinin uygulanmasını gerekli hale getirmektedir [1].

Geleneksel olarak, ekonomik olmaları ve kullanım kolaylıkları sebebiyle beton ve alüminyum gibi metalik malzemelerden nötron zayıflatmada yararlanılmıştır. Ancak bu malzemelerin yüksek yoğunluk ve hacimleri, uzay ortamları ve giyilebilir koruyucu ekipmanlarda uygulanabilirliklerini sınırlandırmaktadır. Bu durum, esneklik ve düşük yoğunluk gibi özelliklere sahip yenilikçi ve etkili nötron kalkanlama malzemelerine duyulan ihtiyacı artırmıştır [2].

Polimer matrise düşük atom numarasına sahip elementlerin katkılındığı polimer kompozit malzemeler, bu alanda umut vaat eden bir alternatif sunmaktadır. Nötron kalkanlaması, radyasyon etkisini engelleme veya yansıtma yoluyla azaltmaya dayalı sönümleme prensibine dayanmakta olup, bu etki temel olarak absorpsiyon ve saçılım mekanizmalarıyla sağlanmaktadır. Bu bağlamda, hidrojenin yüksek elektron yoğunluğu, nötron kalkanlamasında özellikle etkili olmasını sağlamaktadır [3].

Düşük atom numaralı elementlerden oluşan (örneğin; karbon, hidrojen, azot ve oksijen) polimerler, nötron etkisi altında ikincil parçacık üretmektedir. Yüksek hidrojen atom yoğunluğuna sahip olan polietilen (PE), nötronları yavaşlatıp absorplamada etkinliği hem teorik hem de deneysel çalışmalarda kanıtlanmıştır. Etkili nötron moderasyonu, hafifliği, kimyasal stabilitesi ve yoğun yapısı nedeniyle nükleer radyasyon korumasında geniş çapta tercih edilmektedir. Ayrıca, hidrojen, lityum, karbon ve bor gibi düşük atom numaralı elementleri içeren nötron absorbanları da oldukça etkilidir [4,5,6].

PE matrisine, bor karbür (B_4C), bor nanotozu ve bor nitrür (h-BN) gibi radyasyon kalkanı özelliklerine sahip inorganik fonksiyonel dolgu maddelerinin katkılanmasıyla, malzemenin hem kalkan etkinliğini hem de mekanik özellikleri gelişmektedir. Ayrıca borun yaklaşık 760 b'lik yüksek absorpsiyon kesiti, geleneksel malzemelerin performansını önemli ölçüde aşmaktadır [7].

Bu çalışmada, ağırlıkça %10 B_4C , h-BN ve her iki dolgu maddesinin karışımını içeren yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) kompozit malzemeler hazırlanmış, karakterize edilmiş, hızlı ve termal nötronlara karşı koruma sağlama özellikleri

incelenmiştir. Kompozitler, 145 °C ve 80 rpm’de çalışan çift vidalı ekstrüder kullanılarak homojenleştirilmiştir. Nötron radyasyonu kalkanlama özellikleri MCNP6.2 yazılımı ile gerçekleştirilen teorik modelleme ve Am-Be nötron kaynağı kullanılarak yapılan deneysel testler yoluyla incelenmiştir. Bor katkılı YYPE polimer kompozitlerinin bağ yapıları ve kristalin mikro yapısı, ışınlama öncesi ve sonrası X-ışını kırınımı (XRD) ile Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FT-IR) teknikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Termal özellikler; termal iletkenlik ölçümleri, diferansiyel termal analiz (DTA), termogravimetrik analiz (TGA) ve yanmazlık testleri (LOI ve UL94) aracılığıyla, mekanik özellikler ise çekme testleri, Shore sertlik ölçümleri ve eğme testleri ile ölçülmüştür.

Bu çok yönlü yaklaşım, yeni zırh malzemelerinin etkinliği hakkında bilgiler sunmakta ve çeşitli uygulamalarda radyasyon zırhlama stratejilerinin optimize edilmesine önemli katkılar sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Nötron Zırhlama, Bor Karbür, Bor Nitrür, YYPE

References

- [1] Cherkashina, N. I., Pavlenko, V. I., Rudnev, P. I., Cheshigin, I. V., Romanyuk, D. S., & Ruchiy, A. Y. (2025). Study of radiation-protective characteristics of polyethylene composites with B4C and Bi2O3 to neutron and gamma radiation. *Nuclear Engineering and Design*, 432, 113732.
- [2] Zhang, W., Feng, Y., Althakafy, J. T., Liu, Y., Abo-Dief, H. M., Huang, M., ... & Shen, C. (2022). Ultrahigh molecular weight polyethylene fiber/boron nitride composites with high neutron shielding efficiency and mechanical performance. *Advanced Composites and Hybrid Materials*, 5(3), 2012-2020.
- [3] Mansouri, E., Mesbahi, A., Malekzadeh, R., Janghjoo, A. G., & Okutan, M. U. R. A. T. (2020). A review on neutron shielding performance of nanocomposite materials. *International Journal of Radiation Research*, 18(4), 611-622.
- [4] Shang, Y., Yang, G., Su, F., Feng, Y., Ji, Y., Liu, D., ... & Shen, C. (2020). Multilayer polyethylene/hexagonal boron nitride composites showing high neutron shielding efficiency and thermal conductivity. *Composites Communications*, 19, 147-153.
- [5] Huo, Z., Zhao, S., Zhong, G., Zhang, H., & Hu, L. (2021). Surface modified-gadolinium/boron/polyethylene composite with high shielding performance for neutron and gamma-ray. *Nuclear Materials and Energy*, 29, 101095.

- [6] Huang, Y., Zhang, W., Liang, L., Xu, J., & Chen, Z. (2013). A “Sandwich” type of neutron shielding composite filled with boron carbide reinforced by carbon fiber. *Chemical engineering journal*, 220, 143-150.
- [7] Uddin, Z., Yasin, T., Shafiq, M., Raza, A., & Zahur, A. (2020). On the physical, chemical, and neutron shielding properties of polyethylene/boron carbide composites. *Radiation Physics and Chemistry*, 166, 108450.

ELEKTRONİK CİHAZLARDA VERİMLİ ISI DAĞITIMI İÇİN HEXAGONAL BOR NİTRÜR KATKILI YÜKSEK PERFORMANSLI POLİMER KOMPOZİTLERLE ISI YÖNETİMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ADVANCING THERMAL MANAGEMENT WITH HEXAGONAL BORON NITRIDE DOPED HIGH-PERFORMANCE POLYMER COMPOSITES FOR EFFICIENT HEAT DISSIPATION IN ELECTRONICS

Kardelen YILDIZ¹, Özgenç EBİL¹

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, İzmir Institute of Technology, Gulbahce Campus, İzmir 35433, Türkiye

kardelenyildiz@iyte.edu.tr

Abstract

The performance of electronic devices drops off by 10% with every increase in temperature by 2 °C due to the miniaturization, integration, and performance enhancement of electronic devices [1]. These actions cause significant heat accumulation through electronics and require improvements in thermal management. In light of this, advanced thermal management materials with a high thermal conductivity, low weight, ease of fabrication and also compatible with the more compact devices are increasingly being sought after. Efficient electronic packaging capable of successfully removing generated heat is a key factor for a reliable and long-lived operation and the high-level functioning of upcoming electronic systems. Composite systems incorporating a polymer based matrix fulfill these needs, particularly for military and aerospace applications [2]. These composites combine the high adhesion capability, processability and low weight of the polymer with the unique properties of the chosen filler incorporated [3]. On the context of designing a composite system, the selections of polymer matrix, additive, method are ought to be regarded for enhancing

performance of the composite. Behind these manners, the major aim is to improve phonon movement through the polymer matrix since the heat is conducted by the phonons in polymers due to the lack of free electrons. Regarding all these points, polysulfone (PSU) was selected as the polymer matrix in this study due to its exceptional mechanical strength, chemical resistance, flame retardancy, thermal stability, and radiation resistance—all of which are critical attributes for defense applications. With its broad bandgap (~ 5.97 eV) and high intrinsic thermal conductivity (~ 400 W/mK), PSU matrix doped with the filler of hexagonal boron nitride (h-BN) which provides hBN optically transparent and electrically insulating. Using a Dr. Blade applicator, the PSU-hBN composite films have been produced utilizing the solution mixing process. Four hBN concentrations (5wt%, 10wt%, 15wt%, and 25wt%) and three distinct PSU concentrations (15wt%, 20wt%, and 25wt%) were examined for each PSU concentration. Among these samples, the highest thermal conductivity belongs to the 10wt% hBN doped 25wt% PSU film which is 0.66 W/mK with 230% enhancement compared to pristine PSU whose thermal conductivity is 0.21 W/mK.

Keywords: [thermal management, polysulfone (PSU), hexagonal boron nitride (hBN), solution mixing, electronics]

Özet

Elektronik cihazların performansı, elektronik cihazların minyatürleştirilmesi, entegrasyonu ve performans artışı nedeniyle sıcaklıktaki her 2°C artışla %10 düşmektedir [1]. Bu faaliyetler elektronik cihazlarda önemli ölçüde ısı birikimine neden olmakta ve termal yönetimde iyileştirmeler gerektirmektedir. Bunun doğrultusunda, yüksek termal iletkenliğe, hafifliğe, üretim kolaylığına sahip ve aynı zamanda daha kompakt cihazlarla uyumlu gelişmiş termal yönetim malzemelere giderek daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Üretilen ısıyı başarılı bir şekilde uzaklaştırabilen verimli elektronik paketleme, güvenilir ve uzun ömürlü bir çalışma ve gelecekteki elektronik sistemlerin üst düzey işleyişi için kilit bir faktördür. Polimer bazlı bir matris içeren kompozit sistemler, özellikle askeri ve havacılık uygulamaları için bu ihtiyaçları karşılamaktadır [2]. Bu kompozitler, polimerin yüksek yapışma kabiliyetini, işlenebilirliğini ve düşük ağırlığını, seçilen dolgu maddesinin özgün özellikleriyle birleştirmektedir [3]. Bir kompozit sistemin tasarlanması kapsamında, kompozitin performansının artırılması için polimer matris, katkı maddesi ve yöntem seçimlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu yöntemlerin ardındaki temel amaç, polimer matrisi boyunca fonon hareketini iyileştirmektir, çünkü serbest elektron eksikliği nedeniyle

polimerlerde ısı fononlar tarafından iletilir. Tüm bu noktalarla ilgili olarak, polisülfon (PSU), üstün mekanik mukavemeti, kimyasal direnci, alev geciktiriciliği, termal stabilitesi ve radyasyon direnci nedeniyle bu çalışmada polimer matrisi olarak seçilmiştir - bunların tümü savunma uygulamaları için kritik özelliklerdir. Geniş bant aralığı ($\sim 5,97$ eV) ve yüksek içsel termal iletkenliği (~ 400 W/mK) ile PSU matrisi, hBN'ye optik olarak şeffaf ve elektriksel olarak yalıtkanlık sağlayan hegzagonal bor nitrür (h-BN) dolgu maddesi ile katkılanmıştır. Dr. Blade aplikatörü kullanılarak, PSU-hBN kompozit filmler çözelti karıştırma işlemi uygulanarak üretilmiştir. Her PSU konsantrasyonu için dört hBN konsantrasyonu (%5wt, %10wt, %15wt ve %25wt) ve üç farklı PSU konsantrasyonu (%15wt, %20wt ve %25wt) incelenmiştir. Bu numuneler arasında en yüksek termal iletkenlik, termal iletkenliği $0,21$ W/mK olan bozulmamış PSU'ya kıyasla %230 artışla $0,66$ W/mK olan %10 ağırlıkça hBN katkılı %25 ağırlıkça PSU filmine ait olarak gözlenlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: termal yönetim, polisülfon (PSU), hegzagonal bor nitrür (hBN), çözelti karıştırma, elektronik cihaz

Referanslar

- [1] Meng, Y., Yang, D., Jiang, X., Bando, Y., & Wang, X. (2024). Thermal conductivity enhancement of polymeric composites using hexagonal boron nitride: design strategies and challenges. *Nanomaterials*, 14(4), 331.
- [2] Tong, X. C. (2011). *Advanced materials for thermal management of electronic packaging* (Vol. 30). Springer Science & Business Media.
- [3] Jeong, S. J., & Lim, H. S. (2025). Advanced strategies for thermal conductivity enhancement in polymer composites for application as thermal management materials. *Macromolecular Research*, 1-16.



TÜRKİYE’NİN LİDER POLYESTER REÇİNE ÜRETİCİSİ

POLYESTER REÇİNELER • VİNİLESTER REÇİNELER • PİGMENT PASTALAR
JELKOTLAR • KALIP AYIRICI VAKSLAR



BIO
ÜRÜNLER

GERİ
DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ
ÜRÜNLER

YENİLENEBİLİR
ENERJİ



POLÜTEK

POLYESTER VE POLİÜRETAN ÜRETİM

SAN. TİC. LTD. ŞTİ.



Otomotiv

- Tampon,
- Çamurluk,
- Spoiler,
- Ön ve arka maske gibi dış parçaların yanında;
- Komple Dashboard,
- Paspas,
- Koltuk vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



İş Makinaları

- İç ve Dış Kabin Parçaları,
- Çamurluk,
- Tavan,
- Motor Kaputu,
- Paspas,
- Koltuk,
- Gösterge Paneli,
- Torpido vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



Tarım Makinaları

- İç ve Dış Kabin Parçaları,
- Paspas,
- Koltuk,
- Gösterge Paneli,
- Torpido vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



Raylı Taşıtlar

- Tavan kaplama,
- Duvar kaplama,
- Yan paneller,
- Dış üniteleri,
- WC üniteleri,
- Kanopi vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



Elektrikli Araçlar

- Tampon,
- Ön ve arka maske,
- Çamurluk,
- Komple Dashboard
- Spoiler,
- Paspas,
- Koltuk vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



Kiosk, Makina ve Özel Üretimler

- İstasyonu panelleri,
- Eğlence parkı parçaları,
- Özel tasarım Kiosk büfeler,
- Marina yakıt panelleri,
- ATM kabinleri,
- Endüstriyel gövde kabinleri vb. ürünlerinde üretimi yapılmaktadır



Üretim Teknik ve Teknolojilerimiz

- El Yatırması,
- RTM,
- SMC,
- Poliüretan
- Thermoforming/ABS
- Thermoforming Kaplama
- Mühendislik,
- Kalıp Tasarım ve Üretimi
- Trim Robotu
- Boyahane
- Yüksek Kompozit Teknolojisi
- Özel Polyester
- BMC



Polütek olarak gelişen teknolojileri takip ediyor ve bu doğrultuda üretim teknolojilerimizde kullandığımız makinalarımızın kalite ve sayısını her geçen gün artırmayı hedefliyoruz. Ayrıca ihtiyaç durumunda kendi makinalarımıza yapabiliyoruz. Mevcutta 45 adete yaklaşan makine parkımızla müşterilerimize kaliteli hizmet vermeye özen göstermekteyiz.

POLÜTEK

CAM ELYAF TAKVİYELİ POLİMER (GFRP) YAPRAK YAYLARDA İNTRA-KATMAN SÜREKSİZLİKLERİNİN MEKANİK PERFORMANSA ETKİSİ ÜZERİNE DENEYSEL- ANALİTİK BİR YAKLAŞIM

AN EXPERIMENTAL-ANALYTICAL APPROACH FOR THE EFFECT OF INTRA-PLY DISCONTINUITIES ON THE MECHANICAL PERFORMANCE OF GLASS FIBER REINFORCED POLYMER (GFRP) LEAF SPRINGS

Ahmet Süha KILIÇOĞLU¹, Metin TANOĞLU¹

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, İzmir Institute of Technology, Gulbahce Campus, İzmir 35433, Türkiye

ahmetsuhakilicoglu@gmail.com

Abstract

Glass-fibre-reinforced polymer (GFRP) leaf springs are being progressively utilised in automotive suspension systems, attributed to their exceptional specific strength, lightweight properties, and resistance to corrosion [1–3]. Nonetheless, intra-ply discontinuities—specifically, resin-rich pockets and localised fibre dislocations and discontinuities within individual plies—represent a significant challenge to structural integrity and service life [4–7].

Defects may arise during manual and automated layup processes and throughout the exothermic curing cycle, leading to localised areas with irregular resin concentrations and insufficient fibre reinforcement⁸. Although previous studies have underscored the harmful impacts of interlaminar voids and delaminations, a significant gap persists in characterising and mitigating intra-ply flaws at both coupon and full-scale levels [6,9,10].

This research introduces a comprehensive experimental-analytical framework to clarify the mechanisms through which intraply discontinuities affect the bending performance, fatigue endurance, and ultimate load capacity of GFRP leaf springs [11,12]. Baseline material properties were initially established through a thorough series of coupon-level tests, which included uniaxial tensile, three-point flexural, and interlaminar shear assessments, conducted in accordance with ASTM D3039[13], D790 [14], and D2344 [15] standards, respectively. Prepreg tapes derived from a commercial epoxy-based glass fibre reinforced polymer (GFRP) system were processed under regulated temperature and pressure conditions to guarantee uniformity. Test data were utilised to calibrate a finite- element (FE) constitutive model that incorporates sectional fibre volume fraction, resin viscoelasticity, and cure-induced residual stresses. The validation of the model against coupon tests resulted in discrepancies of less than 5% for both stiffness and strength metrics.

Leveraging coupon-level insights, full-scale composite beams replicating OEM leaf spring geometries were constructed with intentionally designed intra-ply defects [16]. Controlled fibre drops were incorporated into specific prepreg layers using high-precision computer numerical control (CNC) cutting. The intrusions, measuring up to 20 mm in length, produced resin-rich zones that accurately replicate realistic manufacturing anomalies. Specimens were subjected to quasi-static three-point bending under displacement utilising a servo-hydraulic testing frame.

Experimental results indicated that intra-ply discontinuities lead to significant reductions in local fibre volume fraction, resulting in a decrease in flexural stiffness and a reduction in bending strength compared to pristine beams. The heat-affected zones served as preferential locations for initiating microcracks under bending loads, as evidenced by the evolution of the strain field.

Complementary finite element analyses integrating cure kinetics and thermal-mechanical coupling effectively predicted stiffness degradation and stress concentration factors. The findings underscore the significance of in-process cure control in conjunction with rigorous quality assurance during layup to reduce resin-rich intrusions.

This study highlights the necessity of proactive management of intra-ply defects in the design of composite suspensions. The validated multi-scale modelling framework provides an effective instrument for virtual process optimisation and tolerance analysis. By integrating disciplined layup protocols, thermal control strategies, and advanced nondestructive evaluation, manufacturers can improve the structural reliability, fatigue performance, and overall service life of glass fibre reinforced polymer leaf springs. Ultimately, the effective management of

intra-ply discontinuities is a crucial facilitator for the broader implementation of composite suspension components in high-performance and mass-market vehicles.

Keywords: [GFRF, Leaf Springs, Full Scale Model, CAE]

Özet

Cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) yaprak yaylar, olağanüstü özgül mukavemetleri, hafif yapıları ve korozyon direnci gibi avantajları sayesinde otomotiv süspansiyon sistemlerinde giderek daha fazla kullanılmaktadır [1–3]. Bununla birlikte, özellikle reçine açısından zengin bölgeler ile tekil katmanlar içinde yerel elyaf kaymaları ve süreksizlikleri şeklinde görülen intra-katman süreksizlikler, yapısal bütünlük ve hizmet ömrü açısından önemli bir zorluk teşkil etmektedir [4–7]. Bu tür kusurlar, hem manuel hem de otomatik serme işlemleri sırasında ve ekzotermik kürlenme döngüsü süresince oluşabilmekte; bu da yerel reçine yoğunluklarında düzensizliklere ve yetersiz elyaf takviyesine yol açmaktadır⁸. Önceki çalışmalar interlaminar boşlukların ve delaminasyonların zararlı etkilerini vurgulamış olsa da, intra-katman kusurlarının hem kupon seviyesinde hem de tam ölçekli yapılar düzeyinde karakterizasyonu ve azaltılması konusunda önemli bir boşluk bulunmaktadır [6,9,10].

Bu çalışma, intra-katman süreksizliklerin GFRP yaprak yayların eğilme performansı, yorulma dayanımı ve nihai yük taşıma kapasitesi üzerindeki etkilerini aydınlatmaya yönelik kapsamlı bir deneysel-analitik çerçeve sunmaktadır [11,12]. Malzemenin başlangıç özellikleri, ASTM D3039 [13], D790 [14], ve D2344 [15] standartlarına uygun olarak gerçekleştirilen tek eksenli çekme, üç nokta eğilme ve interlaminar kayma testlerini içeren kapsamlı bir kupon seviyesi test dizisi ile belirlenmiştir. Ticari bir epoksi esaslı cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) sisteminden elde edilen prepreg şeritler, homojenliği sağlamak amacıyla kontrollü sıcaklık ve basınç altında işlenmiştir. Elde edilen test verileri, kesit elyaf hacim oranı, reçine viskoelastisitesi ve kürlenme kaynaklı artık gerilmeleri içeren bir sonlu eleman (FE) yapı modeli kalibrasyonunda kullanılmıştır. Modelin kupon testleriyle doğrulanması sonucunda, hem rijitlik hem de mukavemet açısından %5'ten düşük sapmalar elde edilmiştir.

Kupon seviyesindeki bulgular temel alınarak, orijinal ekipman üreticisi (OEM) yaprak yay geometrilerini taklit eden tam ölçekli kompozit kirişler, tasarlanmış intra-katman kusurları içerecek şekilde imal edilmiştir [16]. Belirli prepreg katmanlarına kontrollü elyaf boşlukları, yüksek hassasiyetli bilgisayar sayısal kontrol (CNC) kesimiyle yerleştirilmiştir. Uzunluğu 20 mm'ye kadar çıkan bu

kusurlar, gerçek üretim hatalarını doğru şekilde temsil eden reçine açısından zengin bölgeler oluşturmuştur. Numuneler, yer değiştirme kontrollü servo-hidrolik test düzeneği kullanılarak yarı-statik üç nokta eğilme testine tabi tutulmuştur.

Deneyisel sonuçlar, intra-katman süreksizliklerin yerel elyaf hacim oranında önemli azalmaya yol açtığını ve bunun da eğilme rijitliğinde düşüşe ve mukavemet kaybına neden olduğunu ortaya koymuştur. Isıdan etkilenen bölgeler, eğilme yükleri altında mikro çatlakların başlama noktaları olarak işlev görmüş; bu durum, gerinim alanının evrimiyle doğrulanmıştır.

Tamamlayıcı sonlu eleman analizleri, kürlenme kinetiği ve termal-mekanik etkileşimi entegre ederek rijitlik bozulmalarını ve gerilme yığılma faktörlerini etkin bir şekilde tahmin etmiştir. Bulgular, reçine açısından zengin süreksizliklerin azaltılması için, serme süreci sırasında kür kontrolünün ve sıkı kalite güvencesinin önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışma, kompozit süspansiyon tasarımlarında intra-katman kusurların proaktif şekilde yönetilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Doğrulanmış çok ölçekli modelleme çerçevesi, sanal proses optimizasyonu ve tolerans analizine yönelik etkili bir araç sunmaktadır. Disiplinli serme protokolleri, termal kontrol stratejileri ve gelişmiş tahribatsız değerlendirme tekniklerinin entegrasyonu sayesinde, üreticiler cam elyaf takviyeli polimer yaprak yayların yapısal güvenilirliğini, yorulma performansını ve genel hizmet ömrünü artırabilirler. Nihayetinde, intra-katman süreksizliklerin etkin yönetimi, yüksek performanslı ve kitlesel pazara yönelik araçlarda kompozit süspansiyon bileşenlerinin daha geniş çapta uygulanmasının önünü açan kritik bir etkidir.

Anahtar Kelimeler: [CFDK, Yaprak Yay, Tam Boyutlu Model, Bilgisayar Destekli Mühendislik]

References

- [1] Series production of composite leaf springs, <https://www.henkel.com/press-and-media/press-releases-and-kits/2013-03-08-press-release-series-production-of-composite-leaf-springs-144034> (accessed 1 September 2021).
- [2] Ke J, Wu Z yu, Chen X ying, et al. A review on material selection, design method and performance investigation of composite leaf springs. *Compos Struct* 2019; 226: 111277.

- [3] Rajesh S, Bhaskar GB, Venkatachalam J, et al. Performance of leaf springs made of composite material subjected to low frequency impact loading. *Journal of Mechanical Science and Technology* 2016; 30: 4291–4298.
- [4] Zhao C, Donough MJ, Prusty BG, et al. Influences of ply waviness and discontinuity on automated fibre placement manufactured grid stiffeners. *Compos Struct* 2021; 256: 113106.
- [5] Going discontinuous, for continuous improvement | CompositesWorld, <https://www.compositesworld.com/articles/going-discontinuous-for-continuous-improvement> (accessed 31 August 2021).
- [6] Fikry MJM, Vinogradov V, Ogiwara S. Experimental observation and modeling of resin pocket cracking in unidirectional laminates with ply discontinuity. *Compos Sci Technol* 2022; 218: 109175.
- [7] Perremans D, Trujillo E, Ivens J, et al. Effect of discontinuities in bamboo fibre reinforced epoxy composites. *Compos Sci Technol* 2018; 155: 50–57.
- [8] Controlling Exotherm - Epoxyworks, <https://www.epoxyworks.com/index.php/controlling-exotherm/> (accessed 28 May 2023).
- [9] Longana ML, Ong N, Yu HN, et al. Multiple closed loop recycling of carbon fibre composites with the HiPerDiF (High Performance Discontinuous Fibre) method. *Compos Struct* 2016; 153: 271–277.
- [10] Zhao C, Donough MJ, Prusty BG, et al. Influences of ply waviness and discontinuity on automated fibre placement manufactured grid stiffeners. *Compos Struct* 2021; 256: 113106.
- [11] Tang et al. - 2018 - Discontinuities as a way to influence the failure mechanisms and tensile performance of hybrid carbon fiber self-reinforced.pdf.
- [12] Tang J, Aslani A, Swolfs Y, et al. Staggered ply discontinuities for tailoring the tensile behavior of hybrid carbon fiber/self-reinforced polypropylene composites: A study of pattern parameters. *Compos Part A Appl Sci Manuf* 2019; 125: 105551.
- [13] ASTM D3039 / D3039M - 17 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials, <https://www.astm.org/Standards/D3039> (accessed 1 September 2021).
- [14] ASTM D790 - 17 Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials, <https://www.astm.org/Standards/D790> (accessed 1 September 2021).

- [15] ASTM D2344 - Short-Beam Strength Testing of Polymer Matrix Composite Materials (Interlaminar Shear) - TRL, https://www.trl.com/astm_d2344_short_beam_strength_testing_of_polymer_matrix_composite_materials_interlaminar_shear/ (accessed 1 September 2021).
- [16] OlgunCelik | Home, <http://olguncelik.com.tr/EN/index.php> (accessed 22 May 2022).

**TİTANYUM PLAKA ÜZERİNDE ANTİBAKTERİYEL ETKİYE
SAHİP KİTOSAN-JELATİN ESASLI KEKİK YAĞI
MİKROKÜRELERİN UYGULANMASI VE
KARAKTERİZASYONU**

**APPLICATION AND CHARACTERISATION OF CHITOSAN-
GELATIN BASED THYME OIL MICROSPHERES WITH
ANTIBACTERIAL EFFECT ON TITANIUM PLATE**

Göksel Kepenek¹, Buğra Sökmen¹, Naime Nur Bozbeyoğlu Kart² Amine Hafis Abdelalam³, Yusuf Özcan¹, Cem Gök⁴, Nazime Mercan Doğan³, Şevki Arslan³

¹Department of Biomedical Engineering, Faculty of Technology, Pamukkale University, 20070, Denizli, Türkiye

²Department of Plant and Animal Production, Tavas Vocational High School, Pamukkale University, 20500, Denizli, Türkiye

³Department of Biology, Faculty of Science, Pamukkale University, 20160, Denizli, Türkiye

⁴Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, İzmir Bakırçay University, 35665, İzmir, Türkiye

gkepenek@pau.edu.tr

Abstract

The production of chitosan-based microspheres can be carried out by various methods such as spray drying, sieving, precipitation, emulsion crosslinking and ionic gelation [1]. In this study, microspheres containing thyme oil in a chitosan-gelatin based matrix were synthesised using emulsification and chemical crosslinking methods and characterised by different analysis techniques. The emulsion crosslinking technique is based on the interaction between the reactive amino groups of chitosan and the reactive groups of crosslinking agents. In this method,

a ‘water-in-oil (W/O)’ type system is prepared by emulsifying the chitosan solution dispersed in water in an oil phase [2]. The developed microsphere systems provide advantages in terms of biocompatibility and controlled release by using a combination of natural polymers, and the use of thyme oil also provides antibacterial properties in microspheres.

Microspheres were obtained by emulsifying the chitosan and gelatin solution added by syringe in thyme oil and then cross-linked with glutaraldehyde. The microspheres obtained at the end of the production process were immobilised on titanium plates silanised with APTES (3-Triethoxysilylpropylamine) using the free amino groups of chitosan for the formation of amino groups (-NH₂) required for cross-linking on the surfaces. As a result of this process, it was observed that the microspheres formed a strong and stable bond with the surface.

Optical microscopy and scanning electron microscopy (SEM) analyses revealed that the microspheres had spherical shape, smooth surface and homogeneous distribution. EDS analyses confirmed the elements of chitosan, gelatin and thyme oil in the system also showed that the microspheres were successfully bonded to the surface.

In conclusion, in the antibacterial tests performed, it was determined that the microspheres attached to the surface showed high efficiency in inhibiting bacterial proliferation, especially with the effect of thyme oil. Biocompatibility analyses with cell culture revealed that the system was compatible with living cells. In conclusion, the application of this natural polymer-based microsphere system to APTES-functionalized titanium surfaces offers an environmentally friendly and effective approach for biomedical surface modifications.

Keywords: [Microsphere, Antibacterial Activity, Thyme Oil, Biopolymers]

Özet

Kitosan bazlı mikrokürelerin üretimi; püskürterek kurutma, eleme, çöktürme, emülsiyon yoluyla çapraz bağlama ve iyonik jelleştirme gibi çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilmektedir [1]. Bu çalışmada, kitosan-jelatin esaslı bir matriste kekik yağı içeren mikroküreler, emülsifikasyon ve kimyasal çapraz bağlama yöntemleri kullanılarak sentezlenmiş ve farklı analiz teknikleriyle karakterize edilmiştir. Emülsiyon çapraz bağlama tekniği, kitosanın reaktif amino grupları ile çapraz bağlayıcı ajanların reaktif grupları arasındaki etkileşime dayanır. Bu yöntemde, su içinde dağılmış kitosan çözeltisinin bir yağ fazında emülsiyon oluşturmasıyla “su-içinde yağ (W/O)” tipi bir sistem hazırlanır [2]. Geliştirilen mikroküre sistemleri, doğal polimerlerin bir arada kullanılmasıyla biyouyumluluk ve kontrollü salım açısından avantaj sağlamakla beraber kekik

yağının kullanımı ile mikrokürelerde aynı zamanda antibakteriyel özellik de kazandırılmıştır.

Mikroküreler, kekik yağı içerisinde şırınga ile eklenen kitosan ve jelatin çözeltisinin emülsifiye edilmesi ve ardından glutaraldehit ile çapraz bağlanmasıyla elde edilmiştir. Üretim süreci sonunda elde edilen mikroküreler, yüzeylerde çapraz bağlanma için gerekli olan amino gruplarının (-NH₂) oluşması için APTES (3-Trietoksisililpropilamin) ile silanize edilen titanyum plakalar üzerine, kitosanın serbest amino grupları kullanılarak immobilize edilmiştir. Bu işlem sonucunda, mikrokürelerin yüzeyle güçlü ve dengeli bir bağ kurduğu gözlemlenmiştir.

Optik mikroskopi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri, mikrokürelerin küresel şekilli, düzgün yüzeyli ve homojen dağılım gösteren yapılar olduğunu ortaya koymuştur. EDS analizleriyle sistemde yer alan kitosan, jelatin ve kekik yağına ait elementler doğrulanmış; ayrıca mikrokürelerin yüzeye başarılı şekilde bağlandığına dair bulgular elde edilmiştir.

Sonuç olarak gerçekleştirilen antibakteriyel testlerde, yüzeye tutturulmuş mikrokürelerin özellikle kekik yağının etkisiyle bakteriyel çoğalmayı engelleme konusunda yüksek etkinlik gösterdiği belirlenmiştir. Hücre kültürü ile yapılan biyouyumluluk analizleri ise sistemin canlı hücrelerle uyumlu olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak, doğal polimer bazlı bu mikroküre sisteminin APTES ile işlevlendirilmiş titanyum yüzeylere uygulanması, biyomedikal yüzey modifikasyonları için çevreci ve etkili bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Mikroküre, Antibakteriyel Etki, Kekik Yağı, Biyopolimerler]

References

- [1] Agnihotri, S. A., Mallikarjuna, N.N., Aminabhavi T. M. “Recent advances on chitosan-based micro- and nanoparticles in drug delivery”, Journal of Controlled Release, 100(1), 5–28, (2004).
- [2] Akbuğa, J., Durmaz G. “Preparation and evaluation of cross-linked chitosan microspheres containing furosemide”, International Journal of Pharmaceutics, 111(3), 217–22, (1994).

BİYO-BAZLI REÇİNELER

BIO-BASED RESINS

Mehmet Erdi Onan¹, Ali Birtan Erdoğan¹

¹Ece Boya Kimya San. Ve Tic. A.Ş., AR-GE Merkezi, Kocaeli 41455, Türkiye

mehmet.onan@eceboya.com

Abstract

The environmental impacts of fossil fuels have increased interest in sustainable bio-based chemicals. In particular, the use of renewable resources in thermoset resins is of significant importance in line with circular economy and environmentally friendly production goals (European Parliament, 2020; IEA, 2023). The Circular Economy Action Plan, supported by the European Parliament, aims to promote more efficient use of resources, increase recycling rates, and reduce environmental impacts (European Parliament, 2020). In the context of sustainable chemistry practices, the widespread adoption of bio-based resins is an important step towards achieving these goals.

Thermoset resins play a vital role in the production of fiber-reinforced polymers used in automotive, construction, aerospace, maritime, and energy sectors. However, toxic components such as styrene used in these resins and petroleum-based raw materials pose environmental and health risks. Therefore, various formulation studies are being conducted to use bio-based or less harmful reactive diluents or bio-based glycol acids instead of styrene in unsaturated polyester resins (UPR) (Pilla et al., 2020). Dicarboxylic acids, dihydroxy alcohols, and vinyl group-containing bio-based monomers derived from renewable resources have been successfully used in UPR production (Zhao et al., 2018). Raw materials obtained from plant and industrial waste not only provide environmental benefits but also possess attributes such as biocompatibility, recyclability, and economic

sustainability (Alonso et al., 2021). Ece Boya Kimya aims to reduce environmental impacts with its new resin formulations, which have 75% bio-content, in line with its sustainable production vision.

Keywords: [Sustainability, Bio-based resins, Circular economy, Thermoset polymers, Environmentally friendly materials]

Özet

Fosil yakıtların çevresel etkileri, sürdürülebilir biyo-bazlı kimyasallara ilgiyi artırmıştır. Özellikle termoset reçinelerde yenilenebilir kaynak kullanımı, döngüsel ekonomi ve çevre dostu üretim hedefleri doğrultusunda önem taşımaktadır (European Parliament, 2020; IEA, 2023). Avrupa Parlamentosu tarafından desteklenen Döngüsel Ekonomi Eylem Planı, kaynakların daha verimli kullanılması, geri dönüşüm oranlarının artırılması ve çevresel etkilerin azaltılması hedeflerini içermektedir (European Parliament, 2020). Sürdürülebilir kimya uygulamaları çerçevesinde biyo-bazlı reçinelerin yaygınlaştırılması, bu hedeflerin gerçekleştirilmesine katkı sağlayacak önemli bir adımdır.

Termoset reçineler, otomotiv, inşaat, havacılık, denizcilik ve enerji sektörlerinde kullanılan fiber takviyeli polimerlerin üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, bu reçinelerde kullanılan stiren gibi toksik bileşenler, petrol türevli ham maddeler çevresel ve sağlık açısından risk teşkil etmektedir. Bu sebeple, doymamış polyester reçinelerde (UPR), stiren yerine biyobazlı veya daha az zararlı reaktif seyrelticilerin veya bio kaynaktan elde edilen glikol-asitlerin kullanılması için çeşitli formülasyon çalışmaları yapılmaktadır (Pilla et al., 2020). Yenilenebilir kaynaklardan türetilen dikarboksilik asitler, dihidroksil alkoller ve vinil grubu içeren biyo-bazlı monomerler UPR üretiminde başarıyla kullanılmaktadır (Zhao et al., 2018). Bitkisel ve endüstriyel atıklardan elde edilen hammaddeler, çevresel avantajlar sağlamakla kalmayıp aynı zamanda biyoyuymululuk, geri dönüştürülebilirlik ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi özellikler taşımaktadır (Alonso et al., 2021).

Ece Boya Kimya, sürdürülebilir üretim anlayışıyla, %75 biyo-içeriğe sahip yeni reçine formülasyonları ile çevresel etkileri azaltmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Sürdürülebilirlik, Biyo-bazlı reçineler, Döngüsel ekonomi, Termoset polimerler, Çevre dostu malzemeler]

References

- [1] European Parliament. (2020). *Circular Economy Action Plan*.
- [2] International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook*.
- [3] Alonso, M. V., et al. (2021). *Bio-based resins for sustainable composites*. Journal of Cleaner Production, 293, 125841.
- [4] Pilla, S., et al. (2020). *Sustainable and eco-friendly resin systems in composite materials*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 137, 105953.
- [5] Zhao, S., et al. (2018). *Renewable bio-based monomers for polyester resin formulations*. Green Chemistry, 20(16), 3580-359

CELLULOSE NANOCRYSTALS AND THEIR NANOCOMPOSITES: PROGRESSES AND FUTURE PERSPECTIVES

M. Reza Nofar

¹Sustainable & Green Plastics Laboratory, Metallurgical & Materials Engineering Department, Faculty of Chemical and Metallurgical Engineering, Istanbul Technical University, Istanbul, 34469, Türkiye

nofar@itu.edu.tr

Abstract

Cellulose nanocrystals are low-density, strong, and stiff natural nanoparticles that are abundant in nature and have significantly lower density compared to synthetic alternatives such as nanosilica or nanoclay. However, the highly hydrophilic nature of nanocellulose limits its incorporation in the development of fully green biocomposites, as it cannot be properly dispersed in most thermoplastic bioplastics, which are predominantly hydrophobic. In this presentation, the efforts to disperse and develop biocomposites of cellulose nanocrystals within bioplastics such as polylactide (PLA), polybutylene adipate terephthalate (PBAT), and poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyhexanoate) (PHBH) will be discussed. Methods such as solution casting and melt mixing have been employed to disperse various types of unmodified and chemically modified cellulose nanocrystals. These approaches have led to significant performance improvements—particularly in melt rheology—which will be presented.

Keywords: [Cellulose nanocrystals, Biocomposites, Nanocomposites]

CAMELYAF/TALK KATKILI HİBRİT POLİPROPİLEN KOMPOZİTLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

CHARACTERIZATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER/TALC REINFORCED HYBRID POLYPROPYLENE COMPOSITES

Batuhan Yetişir¹, Emre Döşeyici¹ Mücahit Osman Türkan¹, Mustafa Öncül¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Architecture and Engineering, İzmir Katip Çelebi University, Balatçık Mahallesi Havaalanı Şosesi No:33/2 Balatçık, İzmir 35620, Türkiye

emre.doseyici@hotmail.com

Abstract

Mineral additive composites have found a wide range of use in both scientific research and industrial applications in recent years due to the insufficiency of traditional materials in terms of performance and increasing production costs. Mineral additives, which offer properties such as, good wear resistance, high thermal resistance and dimensional stability, provide significant advantages especially in polymer matrix composites. In addition to improving the mechanical and thermal properties of polymers, these additives also increase the economy of production processes. Common mineral additives such as silica, calcium carbonate, talc, glass fiber and kaolin provide extra strength and durability to composite materials, enabling these materials to be used more efficiently in various industrial areas.

In this study, 40% talc filled polypropylene blend (TF40) and 40% glass fiber filled polypropylene (GF40) blend were supplied by TİSAN Engineering Plastics. Firstly, hybrid composite samples containing TF40 and GF40 blend were prepared at four different ratios (25%, 50%, 75% and 100%) using a high speed thermokinetic mixer (Gülınar Makine, Türkiye). The mechanical performances of the produced samples were carried out in a Universal testing machine (Schimadzu

AGS-X 5kN, Japan) in accordance with ASTM D638 standards. As a result of the comparative analysis, the hybrid composite sample containing 50% GF40 and 50% TF40 (50GF40-50TF40) showed the highest tensile strength with a value of 39.1 MPa, and this value increased the tensile strength by up to 65% compared to the TF40 sample and by up to 40% compared to the GF40 sample. This increase can be associated with the homogeneous distribution of the matrix components. In conclusion, it was determined that the combination of GF40 and TF40 positively affected the mechanical properties of the composite material.

Keywords: [Hybrid composites, Talc, Glass fiber, Thermoplastic, Mechanical properties]

Acknowledgement

This work was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) under the 2209-A University Students Research Projects Support Program 2024/1 (Project Number: 1919B012419735).

Özet

Mineral katkılı kompozit malzemeler, geleneksel malzemelerin performans açısından yetersiz kalması ve artan üretim maliyetleri nedeniyle, son yıllarda hem bilimsel araştırmalarda hem de endüstriyel uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. İyi aşınma direnci, yüksek ısıl dayanım ve boyutsal kararlılık gibi özellikler sunan mineral katkıları, özellikle polimer matrisli kompozitlerde önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu katkıları, polimerlerin mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmenin yanı sıra üretim süreçlerinin ekonomikliğini de artırmaktadır. Silika, kalsiyum karbonat, talk, cam elyaf ve kaolin gibi yaygın mineral katkıları, kompozit malzemelere ekstra mukavemet ve dayanıklılık kazandırarak, bu malzemelerin çeşitli endüstriyel alanlarda daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, %40 talk dolgulu polipropilen karışımı (TF40) ve %40 cam elyaf dolgulu polipropilen (GF40) karışımı TİSAN Mühendislik Plastikleri firmasından temin edilmiştir. İlk olarak TF40 ve GF40 karışımı içeren hibrit kompozit numuneler, yüksek hızlı termokinetik mikser (Gülner Makine, Türkiye) kullanılarak dört farklı oranlarda (%25, %50, %75 ve %100) hazırlanmıştır. Üretilen numunelerin mekanik performansları, Universal bir test cihazında

(Schimadzu AGS-X 5kN, Japan), ASTM D638 standartlarında gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırmalı analiz sonucunda, %50 oranında GF40 ve

%50 oranında TF40 içeren hibrit kompozit numune (50GF40-50TF40) 39.1 MPa değerle en yüksek çekme dayanımını göstermiş ve bu değer TF40 numunesine kıyasla %65'e varan, GF40 numunesine kıyasla %40'a varan bir çekme dayanımı artışı gözlemlenmiştir. Bu artış, matris bileşenlerinin homojen dağılımıyla ilişkilendirilebilir. Sonuç olarak, GF40 ve TF40 kombinasyonunun, kompozit malzemenin mekanik özelliklerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Hibrit kompozitler, Talk, Cam elyaf, Termoplastik, Mekanik özellikler]

Teşekkür

Bu çalışma, 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı 2024/1 (Proje No: 1919B012419735) kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

CONTROLLING METAL POWDER / THERMOPLASTIC COMPOSITE FEEDSTOCK PRODUCTION TO OPTIMIZE METAL PART MANUFACTURING

Sven Fleischmann¹, Alinda Öykü Akar², Thilo Diesterweg¹

¹BASF SE, Carl-Bosch-Strasse 38, 67056 Ludwigshafen, Germany

²BASF Türk Kimya, Barbaros Mah. Begonya Sok. Nidakule Atasehir Bati No. 1, 34746 Istanbul, Türkiye

sven.fleischmann@basf.com

Abstract

Metalpowders dispersed in a thermoplastic material with a high degree of loading can be regarded as feedstocks to facilitate the production of metal parts. The technology is called “metal injection molding (MIM)” and has been serving many industry segments as reliable tool for over three decades [1]. MIM feedstocks are in fact multicomponent composite materials comprising metal powder(s), the thermoplastic binder material (polyoxy methylene, POM), additives, processing agents and many more. It is not unusual the MIM feedstock consist of >6 single components. Metal parts are produced via classic injection molding into any complex mold geometry and subsequent post processing steps. In order to achieve constant feedstock quality to provide for a reliable part production process it is crucial to maintain ultimate control over raw material analytics, feedstock production process parameters and stringent QC data crunching. Abnormal quality deviations for one of the raw materials may result in unwanted quality variations. The understanding of structure-property-relations of the complex system “feedstock” is decisive to constantly improve the product quality. Recently, BASF has accomplished a major milestone to incorporate big data analysis and artificial intelligence tools to better maintain the feedstock quality and reveal unknow structure-property-relations which were unknown before. The presented publication gives an overview on recent advances in MIM feedstock production and its applications.

Keywords: Metalpowder, Thermoplastic, metal part production, big data, artificial in

References

[1] Randall M. German, “Metal Injection Molding - A Comprehensive MIM Design Guide” MPIF (2011)

ZnO TAKVİYELİ ORJİNAL VE GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ LDPE FİLMLERİN ANTİBAKTERİYEL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARATIVE EVALUATION OF THE ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF ZNO-REINFORCED VIRGIN AND RECYCLED LDPE FILMS

Gözde Koçak Mutlu¹, Elif Gamze Taskin¹, Mehmet Karahan²

¹BUTEKOM Bursa Technology Coordination and R&D Center, Demirtaş
Dumlupınar OSB, Çiğdem 2. Sk. No:1/4, 16245, Bursa 16245, Türkiye

²Bursa Uludag University Vocational School of Technical Sciences, Görükle-
Bursa, Türkiye

gozdekocak@butekom.org

Abstract

Packaging materials that protect food from external factors must be non-toxic, resistant to micro-organisms, chemically inert and mechanically durable to ensure product safety and quality [1]. In antimicrobial packaging applications, metal-based nanoparticles are widely preferred due to their superior barrier properties, enhanced mechanical strength, high biocompatibility and effective antimicrobial activity, attracting considerable interest in the field of food technology. Metal-based nanoparticles such as gold (Au), silver (Ag), zinc oxide (ZnO), copper oxide (CuO) and titanium dioxide (TiO₂) are characterised by strong antimicrobial and antioxidant properties [2].

Zinc oxide (ZnO) nanoparticles in particular have emerged as prominent materials in food packaging technologies due to their antimicrobial efficacy, high resistance to ultraviolet (UV) radiation, low toxicity and cost effectiveness. Thanks to these advantageous properties, ZnO nanoparticles offer a safer and more economical alternative to other metal oxides in antimicrobial packaging systems and processed food components, especially for the prevention of pathogenic contamination. In addition, ZnO-based nanocomposite films are used

in active packaging applications to prevent photo-oxidative degradation, reduce microbial contamination and thereby extend product shelf-life while improving food safety [3, 4]. In addition, the approval of ZnO nanoparticles by the US Food and Drug Administration (FDA) further enhances their reliability and potential for use in food packaging applications [5].

In this study, masterbatches were prepared by incorporating different concentrations of ZnO into linear low-density polyethylene (LLDPE) by extrusion, and these masterbatches were blended with low density polyethylene (LDPE) to produce composite films containing both virgin and recycled polymer matrices (with 0.5%, 1%, 1.5% and 2% ZnO content). The resulting films were subjected to XRD analysis and antibacterial tests. The antibacterial tests showed that in recycled film samples, ZnO concentrations of 1% and above provided more than 99.77% inhibition against *Staphylococcus aureus*, with complete elimination achieved at 2% ZnO content. In contrast, antibacterial activity against *Escherichia coli* remained more limited in both sample types, although the presence of ZnO was found to enhance the antibacterial effect in recycled samples.

Keywords: [Antibacterial film, Nanocomposite film, ZnO doping, Extrusion]

Özet

Gıdaları dış etkenlere karşı koruyan ambalajlar, toksik olmayan, mikroorganizmalara dayanıklı, kimyasal olarak inert ve mekanik açıdan dirençli olmalı, böylece ürünün güvenliğini ve kalitesini sağlamalıdır [1]. Antimikrobiyal ambalajlama uygulamalarında yaygın olarak tercih edilen metal bazlı nanopartiküller, üstün bariyer özellikleri, gelişmiş mekanik dayanımları, yüksek biyouyumlulukları ve etkili antimikrobiyal aktiviteleri sayesinde gıda teknolojisi alanında büyük ilgi görmektedir. Altın (Au), gümüş (Ag), çinko oksit (ZnO), bakır oksit (CuO) ve titanyum dioksit (TiO₂) gibi metal esaslı nanopartiküller, güçlü antimikrobiyal ve antioksidan özellikleriyle dikkat çekmektedir [2]. Çinko oksit (ZnO) nanopartikülleri, antimikrobiyal etkinliklerinin yanı sıra ultraviyole (UV) ışınlarına karşı yüksek direnç, düşük toksisite ve ekonomik avantajlar sunmaları nedeniyle gıda ambalaj teknolojilerinde öne çıkan malzemeler arasında yer almaktadır. Sahip oldukları bu üstün özellikler sayesinde, ZnO nanopartikülleri patojen kontaminasyonunu önlemeye yönelik ambalaj sistemleri ve işlenmiş gıda bileşenleri için diğer metal oksitlere kıyasla daha güvenli ve maliyet açısından daha avantajlı bir alternatif oluşturmaktadır. Ayrıca, ZnO bazlı nanokompozit filmler, aktif ambalaj uygulamalarında fotooksidatif bozulmayı önlemek, mikrobiyal kontaminasyonu azaltmak ve böylece ürünlerin raf ömrünü uzatarak gıda güvenliğini artırmak amacıyla kullanılabilir [3, 4]. Bununla birlikte, ZnO nanopartiküllerinin ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından

onaylanmış olması, bu materyallerin güvenilirliğini artırmakta ve gıda ambalajı uygulamalarında kullanım potansiyellerini daha da güçlendirmektedir [5].

Bu çalışmada, Lineer düşük yoğunluklu polietilene farklı oranlarda ZnO katkısı yapılarak ekstrüzyon yöntemiyle masterbatchler hazırlanmış ve bu masterbatchler düşük yoğunluklu polietilene katkılanarak hem orijinal hem de geri dönüştürülmüş polimer matrisli kompozit filmler (%0,5, 1, 1,5 ve 2 ZnO katkılı filmler) elde edilmiştir. Elde edilen bu filmlere XRD analizleri ve antibakteriyellik testleri uygulanmıştır. Antibakteriyellik testlerinde, geri dönüştürülmüş film numunelerde özellikle %1 ZnO oranından itibaren *Staphylococcus aureus* karşısında %99,77 ve üzeri etkinlik elde edilirken, %2 katkı oranında tam eliminasyon sağlanmıştır. Öte yandan, her iki numune türünde de *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel etkinlik daha sınırlı kalmış olup, ZnO katkısının geri dönüştürülmüş numunelerde etkinliği artırdığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: [Antibakteriyel film, Nanokompozit film, ZnO katkısı, Ekstrüzyon]

References

- [1] Sung, S.-Y., Sin, L. T., Tee, T.-T., Bee, S.-T., Rahmat, A. R., Rahman, W. A. W. A., Tan, A.-C., & Vikhraman, M. (2013). Antimicrobial agents for food packaging applications. *Trends in Food Science & Technology*, 33(2), 110–123. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.08.001>
- [2] Adeyemi, J. O., & Fawole, O. A. (2023). Metal-Based Nanoparticles in Food Packaging and Coating Technologies: A Review. *Biomolecules*, 13(7), 1092. <https://doi.org/10.3390/biom13071092>
- [3] Zhou, X.-Q., Hayat, Z., Zhang, D.-D., Li, M.-Y., Hu, S., Wu, Q., Cao, Y.-F., & Yuan, Y. (2023). Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization, Modification, and Applications in Food and Agriculture. *Processes*, 11(4), 1193. <https://doi.org/10.3390/pr11041193>
- [4] Mokammel, M. A., Islam, M. J., Hasanuzzaman, M., & Hashmi, S. (2019). Nanoscale materials for self-cleaning and antibacterial applications. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.11585-1>
- [5] Sharma, P., Urfan, M., Anand, R. *et al.* Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Eucalyptus lanceolata* leaf litter: characterization, antimicrobial and agricultural efficacy in maize. *Physiol Mol Biol Plants* 28, 363–381 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12298-022-01136-0>

DİJİTAL IŞIK İŞLEME (DLP) YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN FARKLI KATMAN SAYILARINA SAHİP 0/90 YÖNELİMLİ CAM ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİT YÜZEY PLAKALARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI OLARAK İNCELENMESİ

COMPARATIVE STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF 0/90 ORIENTATION GLASS FIBER REINFORCED COMPOSITE SURFACE PLATES WITH DIFFERENT NUMBERS OF LAYERS PRODUCED BY DIGITAL LIGHT PROCESSING (DLP) METHOD

Utku USLU¹, Kutay ÇAVA², Altuğ UŞ², , Hüseyin İPEK², Recep GÜMRÜK¹,
Mustafa ASLAN²

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, Üniversite, Milli Egemenlik Cd., 61080 Ortahisar, Trabzon 61080, Türkiye

² Medical Device Design and Production Application and Research Center, Karadeniz Technical University, Kanuni Campus Central Research Laboratory, Floor :1 61080 Ortahisar, Trabzon 61080, Türkiye

utkuuslu@ktu.edu.tr

Abstract

In recent years, the use of composite panels and innovative manufacturing techniques for their production has been rapidly increasing in the aerospace, defense, and automotive sectors, where requirements such as high specific strength, light weight, energy efficiency, and design flexibility have come to the forefront. Composite structures offer solutions that enhance structural efficiency through their low weight and high load-bearing capacity, and for this reason, they are widely preferred in lightweight and functional systems such as UAVs (1,2). Traditional manufacturing methods in composite production face certain

geometric and quality limitations; therefore, additive manufacturing methods based on the philosophy of layered production have come to the forefront, enabling the fabrication of complex geometries (3,4).

In this context, the vat photopolymerization (VAT) method, which is based on UV light curing of photopolymer-based resins, and its sub-method Digital Light Processing (DLP), have become notable alternatives in the production of functional composites such as glass fiber-reinforced structures, thanks to their high resolution and reproducible manufacturing capabilities (5,6).

In this study, the mechanical performance of 0/90-oriented glass fiber-reinforced composite surface plates produced by the Digital Light Processing (DLP) method will be comparatively evaluated under the influence of varying layer numbers (5, 10, and 15 layers). The composite plates will be prepared based on lamination sequences formed by stacking woven glass fiber fabrics in specific orientations and will be manufactured layer-by-layer using an acrylic resin with a photopolymer base in a DLP-type 3D printer, followed by UV light curing. Each laminate structure will be cured under a fixed UV light wavelength (405 nm) and controlled load-temperature conditions during the manufacturing process to ensure homogeneous and repeatable production parameters. Owing to their advantages such as high specific strength, light weight, and design flexibility, such composite structures are suitable for use in fields like aerospace, defense industry, automotive, and UAV technologies.

Standard mechanical tests will be applied to the obtained specimens, and the effect of the number of layers on the mechanical behavior of the composite structures will be analyzed. In this context, the role of increasing layer count on the load-bearing capacity, ductility, stiffness, and energy absorption characteristics of the plates will be evaluated, and the findings will be compared in terms of structural performance. In addition, the capability of DLP technology to precisely and reproducibly manufacture multilayered and fiber-oriented structures based on an additive manufacturing approach will be demonstrated as an alternative to conventional composite production methods.

The findings of this study are expected to make significant contributions both to the advancement of DLP-based composite manufacturing technologies and to the optimization of mechanical properties in relation to the number of layers for advanced material design purposes.

Keywords: Digital Light Processing (DLP), Additive Manufacturing, Glass Fiber-Reinforced Composite Plate, Mechanical Tests, Mechanical Properties

Özet

Son yıllarda, yüksek özgül mukavemet, hafiflik, enerji verimliliği ve tasarım esnekliği gibi gereksinimlerin ön plana çıktığı havacılık, savunma sanayi ve otomotiv sektörlerinde, kompozit panellerin ve bunların üretiminde kullanılan yenilikçi yöntemlerin kullanımı hızla artmaktadır. Kompozit yapılar düşük ağırlıkları ve yüksek taşıma kapasiteleri ile yapısal verimliliği artıran çözümler sunmakta, bu yönüyle İHA'lar gibi hafif ve fonksiyonel sistemlerde yaygın olarak tercih edilmektedir (1,2). Kompozitlerin üretiminde geleneksel yöntemler bazı geometrik ve kalite sınırlamalarıyla karşılaşmakta, bu nedenle karmaşık şekillerin üretimine olanak tanıyan ve katmanlı üretim felsefesine dayanan eklemeli imalat yöntemleri ön plana çıkmaktadır (3,4).

Bu bağlamda, fotopolimer esaslı reçinelerin UV ışık ile kürlenmesine dayanan vat fotopolimerizasyon (VAT) yöntemi ve onun alt grubu olan Dijital Işık İşleme (DLP), yüksek çözünürlüklü ve tekrarlanabilir üretim imkânı sunması nedeniyle cam elyaf takviyeli yapılar gibi fonksiyonel kompozitlerin üretiminde dikkate değer bir alternatif haline gelmiştir (5,6).

Bu çalışma kapsamında, dijital ışık işleme (Digital Light Processing, DLP) yöntemi kullanılarak üretilen 0/90 yönelimli cam elyaf takviyeli kompozit yüzey plakalarının mekanik performansları, katman sayısının (5, 10 ve 15 katman) etkisi altında karşılaştırmalı olarak değerlendirilecektir. Kompozit plakalar, örgülü cam elyaf kumaşların belirli yönelimlerde istiflenmesiyle oluşturulmuş laminasyon düzenlerine göre hazırlanacak ve fotopolimer esaslı akrilik reçine ile DLP tipi 3 boyutlu yazıcıda katman katman üretilerek UV ışık altında kürlenecektir. Her bir laminat yapı, üretim sürecinde sabit UV ışık dalga boyu (405 nm) ve kontrollü yük-sıcaklık koşulları altında sertleştirilerek, homojen ve tekrarlanabilir üretim parametreleri sağlanacaktır. Yüksek özgül mukavemet, hafiflik ve tasarım esnekliği gibi avantajları sayesinde bu tür kompozit yapılar; havacılık, savunma sanayi, otomotiv ve İHA teknolojileri gibi alanlarda kullanılmaya uygundur.

Elde edilen numunelere temel mekanik testler uygulanarak, katman sayısının kompozit yapıların mekanik davranışlarına olan etkisi analiz edilecektir. Bu kapsamda, katman sayısının artmasının plakaların taşıma kapasitesi, süneklik, rijitlik ve enerji sönümleme özellikleri üzerindeki rolü değerlendirilecek; elde edilen bulgular yapısal performans açısından karşılaştırılacaktır. Ayrıca, DLP teknolojisinin katmanlı üretime dayalı yaklaşımı ile geleneksel kompozit üretim yöntemlerine alternatif olarak çok katmanlı ve yönlendirilmiş lifli yapıların hassas ve tekrarlanabilir şekilde üretilbilirliği ortaya konulacaktır.

Bu çalışmanın bulguları, hem DLP tabanlı kompozit üretim teknolojilerinin geliştirilmesine hem de katman sayısına bağlı mekanik özellik optimizasyonuna yönelik ileri malzeme tasarımında önemli katkılar sunmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijital ışık işleme (DLP), Eklemeli imalat, Cam elyaf takviyeli kompozit plaka, Mekanik testler, Mekanik özellikler

References

- [1] Krzyzak, Aneta & Kosicka, Ewelina & Borowiec, Marek & Szczepaniak, Robert. (2020). Selected Tribological Properties and Vibrations in the Base Resonance Zone of the Polymer Composite Used in the Aviation Industry. *Materials*. 13. 1364. 10.3390/ma13061364.
- [2] Singh, V., Sharma, S.K. Fuel consumption optimization in air transport: a review, classification, critique, simple meta-analysis, and future research implications. *Eur. Transp. Res. Rev.* 7, 12 (2015). <https://doi.org/10.1007/s12544-015-0160-x>
- [3] Castanié, Bruno & Bouvet, Christophe & Ginot, Malo. (2020). Review of Composite Sandwich Structure in Aeronautic Applications. *Composites Part C: Open Access*. 1. 100004. 10.1016/j.jcomc.2020.100004.
- [4] Du J, Hao P, Liu M, Xue R, Li L. Energy absorbed ability and damage analysis for honeycomb sandwich material of bio-inspired micro aerial vehicle under low velocity impact. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*. 2020;237(18):4175-4186. doi:[10.1177/0954406220975427](https://doi.org/10.1177/0954406220975427)
- [5] Doherty, R. P., Varkevisser, T., Teunisse, M., Hoecht, J., Ketzetzi, S., Ouhajji, S., Kraft, D. J. (2020). Catalytically propelled 3D printed colloidal microswimmers *Soft Matter*, 16(46), 10463–10469.
- [6] Manapat, J. Z., Chen, Q., Ye, P., Advincula, R. C. (2017). 3D Printing of Polymer Nanocomposites via Stereolithography. *Macromolecular Materials and Engineering*, 302(9), 1–13.

COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF VARIOUS CALCIUM CARBONATES ON THE PROPERTIES OF SOLVENT-BASED COATINGS

Dursun AYDIN¹, Nilay GİZLİ²

¹Kansai Altan, Quality Operation Department, Kemalpaşa, Izmir 35170, Türkiye

²Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Erzene, Ege Ün. No:172, Izmir 35100, Türkiye

dursun.aydin@kansai.altan.com.tr

Abstract

One of the most prevalent minerals, calcium carbonate (CaCO_3) makes up around 4% of the earth's crust and comes in three different forms: aragonite, vaterite, and calcite [1]. Calcite is one of the main raw materials for paint production and is used for purposes such as adding viscosity to paint and optimizing costs. Calcite is a rhombic-structured limestone that is ground to create this mineral powder, which is a common filler in the paint industry (Tunçgenç, 2004). It is known that calcite morphology may have an effect on the desired crushing fineness in paint production processes, on the non-homogeneous "dispersibility" in the paint due to water absorption (formation of agglomeration structures) and on unwanted particle problems in the paint. Several properties, including dispersion, morphology, structure, and particle size, are related to the use of calcite particles [2].

In this study, the effects of calcites with different morphologies and particle size distributions on the rheological properties and overall performance of a solvent-based primer paint were investigated. Paint formulation was prepared using resin, fillers (calcite and other fillers), pigment, solvent and additives.

Paint production was conducted under laboratory conditions using nine different calcite samples obtained from six calcite types and three different sources. The

experimental study was conducted through three main approaches and plans were established. Firstly, the effect of different calcites on the performance and behavior of the paint was investigated. In the second test plan, different wetting agent was incorporated into the paint formulation to examine their influence on the dispersion quality and overall performance of the paint. Lastly, the amount of wetting agent chosen was increased to assess the impact of the amount of wetting agent on the overall paint system. Two different types of wetting agents were employed in the paint formulations. The first type acts as a bridge between the pigment and the binder by absorbing onto the pigment surface thereby preventing the pigments settling. Its mechanism of action resembles that of a rheological modifier although its steric effect is lower compared to polymeric dispersing agents. The second wetting agent provides uniform equal electrical charge to pigment particles preventing the co-flocculation of pigments that are differently charged.

A series of tests were conducted on prepared paint samples including solid matter determination, viscosity measurement, glass surface control, hardness control, gloss measurements and wood surface spray application tests. In the first test plan, it was observed that calcite samples with different morphologies led to significant differences in the paint properties such as hardness, viscosity and the rate of increase in viscosity depending on time. In contrast parameters such as grinding fineness and density were found to be relatively similar across all formulations. The second and third test plans also revealed internal variations consisting with the first test plan. In summary, differences in calcites particle sizes and morphology can considerably influence the hardness of the paint, viscosity and the rate of viscosity increase.

References

- [1]. Liu, Q., Wang, Q., & Xiang, L. (2008). Influence of poly acrylic acid on the dispersion of calcite nanoparticles. *Applied surface science*, 254(21), 7104-7108.
- [2]. Tunçgenç, M. (2004). *Boya Teknolojisine Giriş*. Akzo Nobel Kemipol AŞ.

COMPETITIVE ADVANTAGE THROUGH COMPREHENSIVE DPPS: FROM AN ADMINISTRATIVE BURDEN TO STRATEGIC EDGE

Franz Pirker¹, Natalia Konchakova², Salim Belouettar³, Heinz A. Preisig⁴, Peter Klein⁵

¹AC2T Research GmbH, Austria

²Helmholtz-Zentrum Hereon, Germany

³Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), 5, Avenue des Hauts-Fourneaux, Esch-sur-Alzette, 4362, Luxembourg

⁴Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway

⁵Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Germany

franz.pirker@ac2t.at

Abstract

Digital Product Passports (DPPs) are often perceived as an administrative burden, particularly for Small and Medium Enterprises (SMEs), due to limited human and IT resources required for implementation. However, this perspective overlooks the significant strategic opportunities that DPPs offer for enhancing competitiveness in the transition toward a circular and sustainable economy.

A DPP provides a comprehensive digital record of a product's lifecycle, including origin, materials, manufacturing processes, and environmental impact. It fosters supply chain transparency and builds trust among consumers, business partners, and regulatory bodies, an increasingly critical factor as sustainability becomes a market differentiator [1]. By adopting DPPs, SMEs can demonstrate compliance with emerging regulatory frameworks, such as the Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR), while reducing risks associated with non-compliance and reputational damage. Additionally, DPPs enable streamlined and data-driven supply chain operations by offering real-time tracking capabilities that improve efficiency and inform decision-making. The structured data environment established through DPPs facilitates better coordination across the

value chain, improving resilience and adaptability to market and regulatory changes [2]. Participation in the circular economy is another critical benefit. By documenting product composition, repairability, and recycling instructions, DPPs enable effective product reuse, refurbishment, and recycling. This not only minimizes waste but also creates new value streams through circular business models. Enhanced transparency and sustainability credentials can also boost customer satisfaction and brand loyalty. Furthermore, DPPs catalyze sustainable product innovation by offering data-driven insights that support the development of safer, more environmentally conscious products. This innovation is further reinforced through collaborative digital platforms, such as the DigiPass initiative, which fosters partnerships and digital ecosystems that benefit SMEs by enhancing their market reach and technological capabilities.

In this presentation, we will demonstrate how the DigiPass EU project and platform [3] supports SMEs in leveraging DPPs not only for compliance, but also as a strategic tool for product innovation, market differentiation, and long-term competitive advantage in a digital and circular economy.

Keywords: [Digital Product Passports, SMEs, Sustainable Product Innovation, Circular Economy, Supply Chain Transparency, Competitive Advantage.]

Acknowledgment

DigiPass is funded by the EC in Horizon Europe under HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01, Grant Agreement no. 101138510; the UK partner WIKKI Ltd is supported by UKRI under grant no. 10100819: DigiPass.

References

- [1] European Commission. *Digital Product Passports: Supporting Sustainability and Circular Economy*. https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/banking-and-finance/financial-services-consumers/fintech/digital-product-passports_en. Accessed: 2025-04-20. 2022.
- [2] European Commission. *Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR)*. https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/sustainable-products/ecodesign-sustainable-products-regulation_en. Accessed: 2025-04-20. 2023.
- [3] DigiPass Consortium. *DigiPass CSA: A Collaborative Digital Platform for Circular Economy*. <https://ms.hereon.de/digipass/>. Accessed: 2025-04-20. 2025.

KARBON ELYAF TAKVİYELİ ELASTOMERİK POLİÜRETAN ESASLI KOMPOZİTLERDE AMİN VE İZOSİYANAT AÇISINDAN ZENGİN ARA YÜZEYİN LİF-MATRİS YAPIŞMASINA KATKISI

CONTRIBUTION OF AMINE AND ISOCYANATE-RICH INTERLAYER TO FIBER-MATRIX ADHESION FOR CARBON FIBER-REINFORCED ELASTOMERIC POLYURETHANE-BASED COMPOSITES

Alinda Öykü Akar¹, Ali Sinan Dike², Mehmet Doğan³, Ümit Tayfun⁴

¹BASF Türk Kimya, İstanbul, 34746, Türkiye

²Department of Materials Engineering, Faculty of Engineering, Adana Alparslan Türkeş Science & Technology University, Adana 01250, Türkiye

³Department of Textile Engineering, Faculty of Engineering, Yenidoğan, Turhan Baytop Sokak No:1, Talas, Kayseri 38280, Türkiye

⁴Department of Basic Sciences, Faculty of Engineering, Architecture, and Design, Bartın University, Kutlubeyyazıcılar, Bartın 74110, Türkiye

alinda-oyku.akar@basf.com

Abstract

In the present research, the short carbon fiber (CF) surface was coated with polyamide (PA), polyetheramine-jeffamine (JA), polymeric MDI (MD), and cured-polymeric MDI (CM). Short carbon fibers had been used before (unsized) and after sizing procedures such as versamide, jeffamine, isocyanate, and cured-isocyanate for comparison. Surface characteristics of CF samples 2 were evaluated using Fourier transform infrared (FTIR), atomic force microscopy (AFM), and energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX) approaches. Tensile, shore hardness, dynamic mechanical analysis (DMA) and melt flow index (MFI)

test were applied to CF reinforced TPU composites which were prepared with 5, 10, 15, and 20 wt % loading ratios by using lab-scale micro-compounder. Scanning electron microscopy (SEM) micro-images of selected composites were used to investigate CF dispersions into TPU matrix. Sizing routes applied to the CF surface resulted in a considerable improvement in tensile strength and modulus of composites compared to unsized CF. On the contrary, substantial declines in elongation of TPU were reported. The sized CF inclusions increased the shore hardness and storage modulus of unfilled TPU. The glass transition temperature (T_g) of TPU elevated according to the $\tan \delta$ curves generated by DMA investigation. SEM micro-images show that sized CFs dispersed homogeneously in the TPU matrix and possessed their surfaces fully coated via polymer; debonding was detected in unsized CF-containing composites. Among the surface modification methods used, isocyanate-sized CF composites yielded the best results and were identified as the most appropriate for the TPU/CF composite system.

Keywords: [Carbon fiber reinforced composites, Fiber sizing, Thermoplastic polyurethane, Interface adhesion]

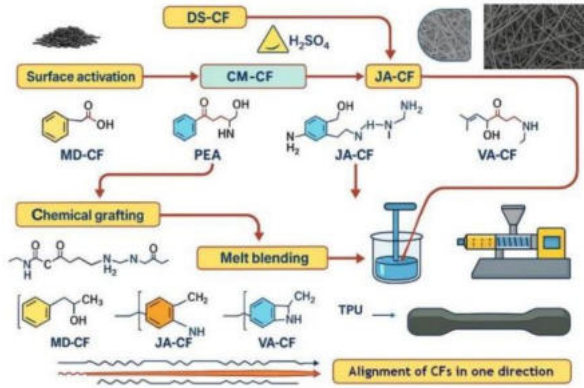
Özet

Bu araştırmada, kısa karbon elyaf (CF) yüzeyi poliamid (PA), polieteraminjeffamin (JA), polimerik MDI (MD) ve kürlenmiş polimerik MDI (CM) ile kaplanmıştır. Kısa karbon elyaflar, karşılaştırma amacıyla versamid, jeffamin, izosiyanat ve kürlenmiş izosiyanat gibi kaplama prosedürlerinden önce (kaplanmamış) ve sonra kullanılmıştır. CF numunelerinin yüzey özellikleri, Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR), atomik kuvvet mikroskopisi (AFM) ve enerji dağıtıcı X-ışını spektroskopisi (EDX) yaklaşımları kullanılarak değerlendirilmiştir. Laboratuvar ölçekli mikro-karıştırıcı kullanılarak %5, 10, 15 ve 20 ağırlıkça yükleme oranlarında hazırlanan CF takviyeli TPU kompozitlere çekme, shore sertlik, dinamik mekanik analiz (DMA) ve eriyik akış indeksi (MFI) testleri uygulanmıştır. Seçilen kompozitlerin taramalı elektron mikroskobu (SEM) mikro görüntüleri, TPU matrisindeki CF dağılımını incelemek için kullanılmıştır. CF yüzeyine uygulanan kaplama işlemleri, kaplanmamış CF'ye kıyasla kompozitlerin çekme dayanımı ve modülünde önemli bir iyileştirme sağlamıştır. Bunun 4 aksine, CF takviyesi TPU'nun uzamasında önemli düşüşlere sebebiyet vermiştir. Kaplanmış CF eklemeleri, TPU'nun shore sertliğini ve depolama modülünü artırmıştır. DMA datası ile oluşturulan $\tan \delta$ eğrisine göre TPU'nun camsı geçiş sıcaklığı (T_g) yükselmiştir. SEM mikro-görüntüleri,

kaplanmış CF liflerin TPU matrisinde homojen bir şekilde dağıldığını ve yüzeylerinin tamamen polimerle kaplandığını göstermektedir. Kaplanmamış CF içeren kompozitlerde bağ ayrışması tespit edilmiştir. Kullanılan yüzey modifikasyonu teknikleri arasında, izosiyanat kaplanmış CF içeren kompozitler en iyi sonuçları vermiştir ve TPU/CF kompozit sistemi için en uygun numune olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Karbon elyaf takviyeli kompozitler, Elyaf kaplama, Termoplastik poliüretan, Arayüz yapışması]

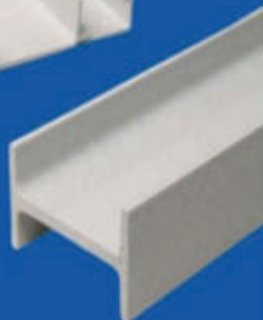
Graphical abstract



FIBERR

FIBER REINFORCED RESINS

'Complete Composite Solutions'





boytek®

İHTİYACINIZ OLAN TÜM KOMPOZİT ÜRÜNLER TEK BİR NOKTADA

- ▶ **Yüksek Kalite Doymamış Polyester Reçineleri:** BRE Serisi, T-Poly Serisi
- ▶ **Üstün Mekanik Özellikler için Vinil Esterler:** BVE Serisi
- ▶ **Kusursuz Yüzeyler için Jelkotlar:** BRE Serisi, T-Gel Serisi
- ▶ **Pigment Pastalar:** RAL/NCS
- ▶ **SMC-BMC Reçineleri ve Katkıları**
- ▶ **Peroksit Çeşitleri:** Boyteroks, T-Mek
- ▶ **Kalıp Ayırıcılar:** A Vaks, PVA, W Wax
- ▶ **Mümessillik Ürünleri:**
 - Owens Corning Takviye Tabakaları
 - Ineos Composites Vinil Ester Reçineleri
- ▶ **Yardımcı Malzemeler:** Stiren, Aseton, Kalıp Ayırıcılar, Model Macunu, SMC-BMC için Çekme Azaltıcı Ajanlar



INEOS
Composites

ALL YOUR COMPOSITE NEEDS IN ONE PLACE

- ▶ **High Quality Polyester Resins:** BRE Range, T-Poly Range
- ▶ **Vinyl Esters for Stronger and Resilient Products:** BVE Range
- ▶ **Gelcoats for Better Surface Quality:** BRE Range, T-Gel Range
- ▶ **Pigment Paste:** RAL/NCS
- ▶ **SMC-BMC Resins and Additives**
- ▶ **Peroxides:** Boyteroks, T-Mek
- ▶ **Mold Release Agents:** A Vaks, PVA, W Wax
- ▶ **Distribution Products:**
 - Owens Corning Reinforcements (since 1992)
 - Ineos Composites Vinyl Ester Resins (since 2004)
- ▶ **Auxiliary Products:** Styrene, Acetone, Peroxides, Modeling Putty, Low Shrink and Low Profile Agents for SMC-BMC

MARKALARIMIZ
BRANDS



boyteroks®



PVA



Kompozit

GRUP ŞİRKETLERİMİZ
GROUP COMPANIES



GORRION
HOTEL İSTANBUL



1978

www.boytek.com.tr



Boytek Reçine Boya ve Kimya San Tic A.Ş.



Boytek Resins



boytekresine



kompozitdunyasi

EKSENEL EZİLMEYE MARUZ BIRAKILAN CFRP KOMPOZİT TÜPLERE UYGULANAN EZİLME KAPAKLARININ ÇARPIŞMA GÜVENLİĞİ AÇISINDAN OPTİMİZASYONU

CRASHWORTHINESS OPTIMIZATION OF CRUSH PLUGS APPLIED ON CFRP COMPOSITE TUBES SUBJECTED TO AXIAL CRUSHING

Serdar Demir^{1, 2}, Nuri Ersoy¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Bogazici University, Bebek, 34342, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Mechanical Engineering, Yıldız Technical University, Yıldız, Barbaros Blv Beşiktaş, Istanbul 34349, Türkiye

serdar.demir1@std.bogazici.edu.tr

Abstract

Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) composite structures are increasingly being adopted across various industries, gradually replacing their counterpart traditional metallic structures. Their superior mechanical properties compared to metallic parts, along with high strength-to-weight ratios and excellent energy absorption capabilities, make CFRP composites highly suitable to be used as crashworthy structures in vehicles. A high-performance CFRP composite crashworthy structure is characterized by a high specific energy absorption (SEA) capacity. SEA, can be described as the energy absorption of a crashworthy structures unit weight. Additionally, crashworthy structures must exhibit stable and progressive crushing behavior during a collision to provide an efficient damage absorption process. The performance of a composite crashworthy structure is influenced by various design parameters, including the microstructure

of the composite, crash conditions, structural geometry, and trigger mechanisms [1, 2]. Thus it is crucial to understand the effects of these parameters to design an efficient crashworthy structure. Trigger mechanisms play a critical role on crushing characteristics of crashworthy structures as they influence both the energy absorption rate and progressive damage behavior directly. They can be classified as conventional trigger mechanisms and external trigger mechanisms. Conventional trigger mechanisms refer to the trigger mechanisms applied to composite structures by shaping their tip end generally to form a chamfer or steeple. They provide damage initiation at the tip and promote progressive failure, thereby preventing catastrophic collapse and avoiding low energy absorption that may result from sudden failure.

External trigger mechanisms involve an external structure that guides the composite during crushing, facilitating progressive crushing behavior. Typically applied to tubular composite structures, their geometry affects the crushing behavior and can enhance energy absorption characteristics. There are several studies in the literature about the effects of the crush plugs [3-5]. In authors previous researches, the effects of outwards and inwards crush plugs and novel crush plugs with channels are examined numerically and it is found out that novel crush plugs with channels could enhance the crash performance of the structure significantly [6, 7].

This study aims to optimize the dimensions of novel crush plugs suggested in the previous study [7] to achieve maximum efficiency for their application on crushing of composite tubes. The composite tubes are manufactured from woven fabric (WF) preregs with roll wrapping method [6, 7]. The optimization study will be carried out by simulating the quasi-static crushing of the tubes on Abaqus/Explicit software by modelling the tubes with stacked shell modelling approach. The dimensions set as optimization parameters are the radiuses in two curve sections and the channel length. The effects of novel crush plugs on load-displacement and SEA curves compared with the basic crush plugs are illustrated in Figure 1 along with the dimensions [7]. A genetic algorithm is planned to be developed to optimize the curve radii and channel lengths of the 2-curved channeled crush plugs, aiming to achieve the best crushing performance of the composite tubes.

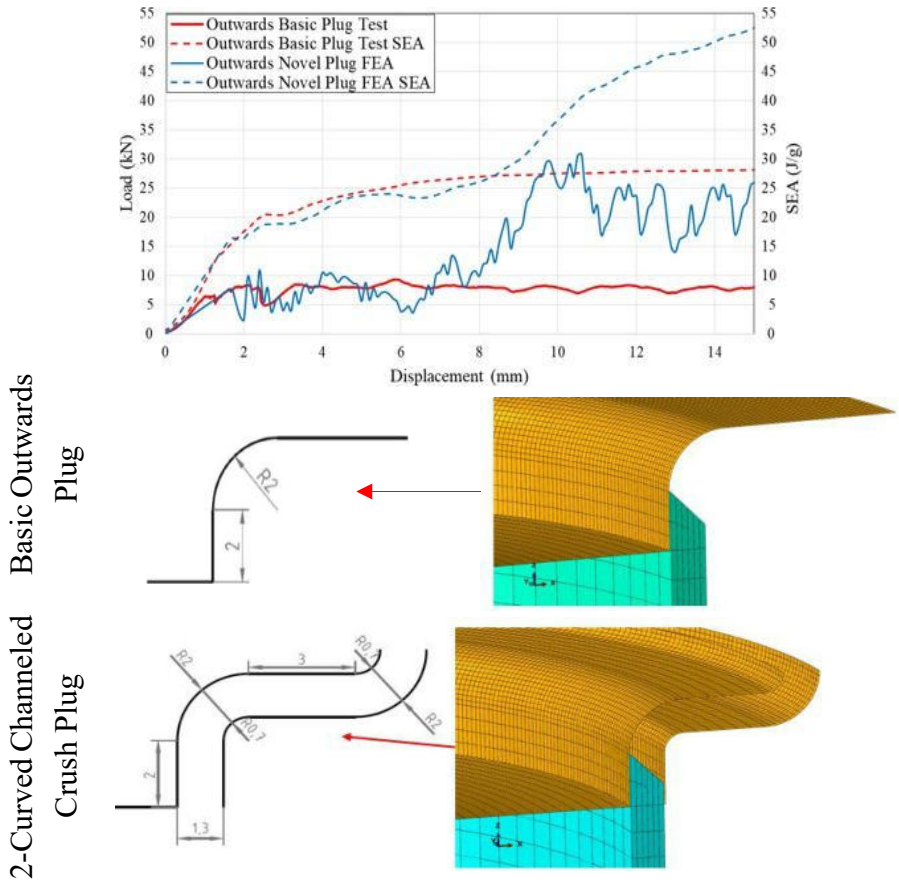


Figure 1. Load-displacement and SEA curves of Outwards Basic Plug crushing and Outwards Novel Plug crushing and the plug geometries [7].

Keywords: [CFRP composites, Woven fabric structures, Crush plug optimization, Finite element analysis, Genetic algorithm]

Özet

Karbon elyaf takviyeli polimer (CFRP) kompozit yapılar, çeşitli endüstrilerde giderek daha fazla benimsenmekte ve geleneksel metal yapılarının yerini almaya başlamaktadır. Metal parçalara kıyasla üstün mekanik özellikleri, yüksek dayanım/ağırlık oranları ve mükemmel enerji soğurma kapasiteleri, CFRP kompozitleri araçlarda çarpışma yapıları olarak kullanılması açısından son derece

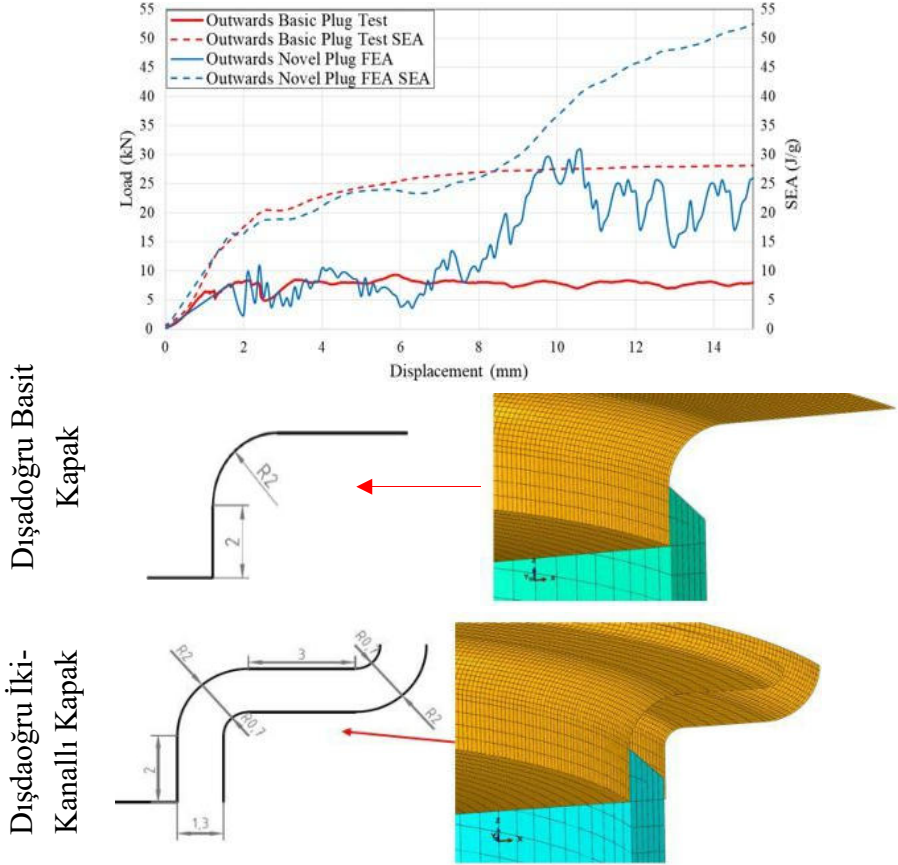
uygun kılmaktadır. Yüksek performanslı bir CFRP kompozit çarpışma yapısı, yüksek özgül enerji soğurma (SEA) kapasitesi ile tanımlanır. SEA, çarpışma yapısının birim ağırlığının soğurduğu enerji olarak tanımlanabilir. Ayrıca, çarpışma yapılarının bir kaza sırasında kararlı ve ilerleyici bir ezilme davranışı sergilemesi, etkin bir hasar soğurma süreci için gereklidir. Bir kompozit çarpışma yapısının performansı; kompozitin mikro yapısı, çarpışma koşulları, yapının geometrisi ve hasar başlatıcı mekanizmalar gibi çeşitli tasarım parametrelerinden etkilenmektedir [1, 2]. Bu nedenle, verimli bir çarpma güvenlik yapısı tasarlamak için bu parametrelerin etkilerinin iyi anlaşılması büyük önem taşımaktadır.

Hasar başlatıcı mekanizmalar, enerji soğurma oranını ve ilerleyici hasar davranışını doğrudan etkiledikleri için çarpışma yapılarının ezilme özellikleri üzerinde kritik bir rol oynar. Bu mekanizmalar, geleneksel hasar başlatıcı mekanizmalar ve harici hasar başlatıcı mekanizmalar olarak sınıflandırılabilir. Geleneksel hasar başlatıcı mekanizmalar, kompozit yapıların uç kısımlarının genellikle pah (chamfer) ya da sivri uç (steep) şekilde biçimlendirilmesiyle uygulanan mekanizmalardır. Bu mekanizmalar, hasarın uç noktada başlamasını sağlar ve ilerleyici bir hasar sürecini teşvik eder; böylece ani kırılmadan kaynaklanabilecek düşük enerji soğurmasını önleyerek yapının ani ve yıkıcı şekilde çökmesini engeller.

Harici hasar başlatıcı mekanizmalar, ezilme sırasında kompozit yapıyı yönlendiren harici bir yapı içerir ve bu sayede dengeli ezilme davranışı sağlanır. Genellikle tübüler (boru şeklindeki) kompozit yapılar için uygulanan bu mekanizmaların geometrisi, ezilme davranışı üzerinde önemli etkiye sahiptir ve enerji soğurma kapasitesini artırabilir. Literatürde ezilme kapaklarının etkilerine dair çeşitli çalışmalar mevcuttur [3–5]. Yazarların önceki çalışmalarında, dışa doğru ve içe doğru yerleştirilen ezilme kapaklarının yanı sıra kanallı ezilme kapaklarının etkileri nümerik olarak incelenmiş ve kanallı yeni tasarım ezilme kapaklarının yapının çarpma performansını önemli ölçüde artırabileceği bulunmuştur [6, 7].

Bu çalışma, önceki çalışmada önerilen yenilikçi ezilme kapaklarının [7] boyutlarının optimize ederek, kompozit tüplerin ezilmesi sırasında maksimum verimliliği sağlamayı amaçlamaktadır. Çalışmada incelenen kompozit tüpler, dokuma kumaş (WF) prepreglerden roll wrapping yöntemiyle üretilmiştir [6, 7]. Bu çalışmada planlanan optimizasyon çalışması, tüplerin yarı-statik ezilmesinin Abaqus/Explicit yazılımında simüle edilmesiyle gerçekleştirilecektir. Çalışmadaki tüpler yığılmış kabuk (stacked shell) modelleme yaklaşımı ile modellenecektir. Optimizasyon parametreleri olarak belirlenen ölçü parametreleri, iki eğrisel bölümdaki yarıçaplar ve kanal uzunluğudur. İncelenen yenilikçi ezilme kapaklarının yük-deplasman ve özgül enerji soğurma (SEA) eğrileri üzerindeki etkileri, basit ezilme kapaklarıyla

karşılaştırmalı olarak Şekil 1’de kapak ölçüleriyle birlikte gösterilmiştir [7]. Kompozit tüplerin ezilme performansını en üst düzeye çıkarmak amacıyla, çift eğrilikli ve kanallı ezilme kapaklarının kıvrılan bölgelerdeki yarıçapları ve kanal uzunluklarını optimize edecek bir genetik algoritma geliştirilmesi planlanmaktadır.



Figür 1. Dışadoğru basit kapaklardaki kırılma davranışı ve Dışadoğru iki kanallı kapaklardaki kırılma davranışının yük-deplasman ve özgül enerji absorpsiyonu (SEA) eğrileri ve kapak geometrileri [7].

Anahtar Kelimeler: Karbon elyaf takviyeli polimer (CFRP) kompozitler, Dokuma kumaş kompozit yapılar, Ezilme kapakları, Optimizasyon, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Genetik Algoritma

References

- [1] Hull Derek. “A unified approach to progressive crushing of fibre-reinforced composite tubes.” *Composites Science and Technology*, 40:377-421, (1991).
- [2] Ramakrishna Seeram Anantha. “Microstructural design of composite materials for crashworthy structural applications.” *Materials & Design*, 18(3):167-173, (1997).
- [3] Siromani Deepak, Henderson Gary, Mikita Doug, Mirarchi Kevin, Park Ryan, Smolko John, Awerburch Jonathan, Tan Tein-Min. “An experimental study on the effect of failure trigger mechanisms on the energy absorption capability of CFRP tubes under axial compression.” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 64:25-35, (2014).
- [4] Tong Tan, Xu Yuanming. “Improvement of crash energy absorption of 2D braided composite tubes through an innovative chamfer external triggers.” *International Journal of Impact Engineering*, 111:11-20, (2017).
- [5] Jiang Hongyong, Ren Yiru, Gao Binhua, Xiang Jinwu, Yuan Fuh-Gwo. “Design of novel plug-type triggers for composite square tubes: enhancement of energy-absorption capacity and inducing failure mechanisms.” *International Journal of Mechanical Sciences*, 131-132:113-136, (2017).
- [6] Demir Serdar, Ersoy Nuri, Engül Mehmet Can. “Axial quasi-static crushing of composite tubes: An investigation on the influence of the modeling techniques.” *Journal of Reinforced Plastics & Composites*, 44(1-2):17-35, (2025).
- [7] Demir Serdar, Ersoy Nuri. “The Influence Of The Crush Plugs On The Energy Absorption Of Carbon/Epoxy Composite Circular Tubes Under Axial Crushing” *Proceedings of the 21st European Conference on Composite Materials ECCM21*, 3:675-682, (2024).

GRAFEN NANOPLETELE İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ YÜKSEK BASINÇLI TİP-IV COPV'LERİN TASARIMI VE SONLU ELEMENLAR ANALİZİ İLE SİMÜLASYON VE OPTİMİZASYONU

DESIGN, SIMULATION, AND OPTIMIZATION OF HIGH-PRESSURE TYPE-IV COPVS REINFORCED WITH GRAPHENE NANOPLETELETS VIA FINITE ELEMENT ANALYSIS

Onur Özcan¹, Metin Tanoğlu¹, Engin Aktaş², Muhammed Erdal Ulaşlı¹, Erdin Yılmaz¹, Eren Tekin¹, Beril Akin³

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gulbahce Campus, 35430 Urla/Izmir, Türkiye

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gulbahce Campus, Izmir 35430, Türkiye

³IZOREEL Composites, Kemalpaşa Organized Industrial Zone, 35730 Kemalpaşa/Izmir Türkiye

onurozcan3@gmail.com

Abstract

With the increasing momentum toward renewable energy, hydrogen has emerged as a promising alternative energy carrier. Its use, especially as fuel in transportation vehicles, has attracted significant attention. This rising interest is largely due to hydrogen's environmental friendliness, high energy efficiency, and abundance. However, to effectively utilize hydrogen in transportation systems, it must be stored in pressure vessels that are not only capable of withstanding high internal pressures but also lightweight.

In this context, a Type-IV composite overwrapped pressure vessel (COPV) was designed to meet these requirements using ANSYS software. The epoxy resin

used in the manufacturing process was reinforced with graphene nanoplatelets to enhance its mechanical performance.

The dome geometry of the vessel was developed in accordance with netting theory, and two COPV models were created with internal capacities of 3 and 8 liters. For obtaining accurate results from simulations, mechanical testing was performed on both the liner and composite shell materials. The test data enabled a realistic representation of material behavior in the analysis. High-density polyethylene (HDPE) was chosen for the liner due to its low hydrogen permeability. For the composite structure produced by filament winding, carbon fiber-reinforced resin enhanced with graphene nanoplatelets was used.

In the ANSYS finite element model, the liner and the composite shell were modeled separately and later integrated to better reflect actual physical behavior. Simulations were based on a working pressure of 700 bar, using a safety factor of 2.25 in accordance with relevant standards.

Based on the results of the analyses, optimization was performed by adjusting parameters such as the number of layers, fiber winding angles, and the ratio of helical to hoop windings. A prototype of 3-liter vessel was then produced and subjected to burst testing. The comparison between simulation and experimental results showed a satisfactory correlation for the current phase of the study.

This study is still in progress. Further mechanical testing and structural evaluation of both the material constituents and the full-scale tank will be conducted. These results will be used to improve the accuracy and reliability of the simulation. Final outcomes to be presented in the completed publication.

This research has been funded by TÜBİTAK (Project No: 123N146) as part of the HYMOCA project within the European Union's M-ERA.NET initiative and aims to contribute to the development of reliable and efficient domestic hydrogen storage technologies.

Keywords: [Pressure vessel, COPV, Hydrogen, ANSYS, Nanofiller]

Özet

Yenilenebilir enerjiye geçiş çalışmalarının dünya çapında hız kazanmasıyla birlikte hidrojen de alternatif bir enerji kaynağı olarak oldukça ilgi görmeye başlamıştır. Özellikle ulaşım araçlarında yakıt kaynağı olarak kullanımı gittikçe yaygınlaşmıştır. Çevre dostu olması, yüksek enerji verimliği ve bol miktarda bulunması bunun en büyük sebeplerinden bazılarıdır. Ancak hidrojeni ulaşım

araçlarında verimli bir şekilde kullanabilmek için yüksek basınçta depolama kabiliyetine ve hafif yapıya sahip basınçlı kaplar kullanılması gerekmektedir.

Bu çalışmada bu kriterleri sağlamak amacıyla üretimde kullanılan epoksi reçinesi grafen nanoplalet eklenerek güçlendirilmiş bir Tip-IV kompozit ile sarılı basınçlı kap (COPV) tasarımı ve optimizasyonu ANSYS sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tankın kubbe tasarımı netting teorisi kullanılarak oluşturulmuş ve bu doğrultuda 3 litrelik ve 8 litrelik olmak üzere iki farklı hacime sahip COPV tasarımı hazırlanmıştır. Kullanılacak malzemenin özelliklerini ve belirlemek amacıyla liner ve kompozit kabuk malzemelerine mekanik testler uygulanmıştır. Bu testlerden elde edilen bilgiler sayesinde analizde malzemelerin gerçekçi şekilde davranması sağlanmıştır. Liner malzemesi olarak düşük hidrojen geçirgenlik özelliğinden dolayı yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) seçilmiştir. Filament sarımı ile üretilen kompozit katman içinse grafen nanoplatelet katkılı reçine/karbonfiber kullanılmıştır.

ANSYS sonlu elemanlar analizi kullanılarak basınçlı kabın iç astarı ve kompozit kabuğu ayrı ayrı modellenerek gerçekçi şekilde birleştirilmiştir. Çalışma basıncı olarak 700 bar ve güvenlik katsayısı olarak ilgili standart gereği 2.25 seçilmiş ve analizler bu şartları sağlayacak şekilde gerçekleştirilmiştir.

Analizlerden elde edilen veriler ışığında katman sayısı, katman açısı ve helisel/radyal katman oranında optimizasyon çalışmaları yapılarak en uygun konfigürasyon belirlenmiştir. Analiz verileri baz alınarak 3 litrelik tankın gerçek ölçekli bir modeli üretilmiş ve patlama testine tabi tutulmuştur. Gerçek test ve sonlu elemanlar analizlerinden alınan sonuçlar karşılaştırıldığında simülasyonun gerçekteki test sonucuna ilk etap için başarılı sayılabilecek şekilde yakınsadığı görülmüştür.

Bu çalışma henüz tamamlanmamış olup, malzemelere ve gerçek ölçekli tanka daha fazla mekanik test ve yapısal analiz uygulanarak ve elde edilen veriler kullanılarak analizin güvenilirliği ve tahmin kabiliyeti arttırılacak ve sonuçlar nihai yayımda sunulacaktır.

Bu araştırma, M-ERA.NET girişimi kapsamında yürütülen HYMOCA projesinin bir parçası olarak TÜBİTAK (Proje No: 123N416) tarafından desteklenmekte olup, amacı hidrojen depolama yöntemleri konusunda güvenilir ve verimliliği yüksek yerli çözümler üretmektir.

Anahtar Kelimeler: [Basınçlı kap, COPV, Hidrojen, ANSYS, Nano Doldurucu]

KANSER TEDAVİSİ İÇİN FLORLANMIŞ GELMA HİDROJEL GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF FLUORINATED GELMA HYDROGEL FOR CANCER TREATMENT

Yağmur Damla Demir¹, Nermin Seda Kehr¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Izmir Institute of Technology,
Gülbahçe Campus, Izmir 35430, Türkiye,

yagmurdemir@iyte.edu.tr

Abstract

Gelatin methacryloyl (GelMA) is a photocrosslinkable hydrogel synthesized from gelatin, known for its favorable biocompatibility, biodegradability, and ability to mimic the extracellular matrix. Owing to these properties, GelMA has been extensively utilized in tissue engineering and drug delivery systems [1]. In the context of solid tumors, hypoxia—characterized by insufficient oxygen supply—has emerged as a major contributor to malignant progression, angiogenesis, immune evasion, and therapeutic resistance [2]. This oxygen-deprived microenvironment often renders conventional chemotherapy less effective, highlighting the need for innovative strategies to modulate hypoxia and enhance drug efficacy. In this study, we engineered a multifunctional therapeutic platform to address tumor hypoxia and deliver anti-cancer agents more effectively. GelMA was chemically functionalized with fluorine to create GelMAF, aiming to deliver oxygen and counteract hypoxic stress. Simultaneously, a perfluorocarbon functionalized periodic mesoporous organosilica (PMOF) was synthesized and loaded with the chemotherapeutic agent doxorubicin (DOX). These DOX-loaded nanoparticles (PMOFDOX) were subsequently embedded within the GelMAF hydrogel matrix, forming a hybrid system capable of both oxygen modulation and localized, sustained drug release. The resulting biomaterial was evaluated in vitro using both cancerous and healthy cell lines. When the effects of GelMAF-PMOFDOX under hypoxic conditions were examined on healthy fibroblast and malignant Malme 3M cells, an increase

in fibroblast viability was observed after 1 day, whereas a 70% decrease in Malme 3M cell viability was recorded after 7 days. This dual-functional system presents a promising approach for improving therapeutic outcomes in solid tumor treatment.

Keywords: [Doxorubicin, hydrogel, GelMA]

Özet

Gelatin metakriloyl (GelMA), jelatinden sentezlenen, ışıkla çapraz bağlanabilen bir hidrojel olup; biyouyumluluğu, biyobozunabilirliği ve hücre dışı matriksi (ECM) taklit edebilme yeteneği ile bilinmektedir. Bu özelliklerinden dolayı GelMA, doku mühendisliği ve ilaç salım sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [1]. Katı tümörler bağlamında, yetersiz oksijen temini ile karakterize edilen hipoksi, kötü huylu ilerleme, anjiyogenez, bağışıklık sisteminden kaçış ve tedaviye direnç açısından önemli bir rol oynamaktadır [2]. Oksijen eksikliğiyle karakterize bu mikroçevre, konvansiyonel kemoterapilerin etkinliğini genellikle azaltmakta ve hipoksiyi modüle edebilecek, ilaç etkinliğini artırabilecek yenilikçi stratejilere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır. Bu çalışmada, tümör hipoksisini hedef almak ve anti-kanser ajanların daha etkili bir şekilde iletimini sağlamak amacıyla çok işlevli bir terapötik platform geliştirilmiştir. GelMA, oksijen taşıma ve hipoksik stresi azaltma amacıyla flor ile kimyasal olarak fonksiyonelleştirilmiş ve bu şekilde GelMAF sentezlenmiştir. Aynı zamanda, perflorokarbon ile fonksiyonelleştirilmiş periyodik mezogözenekli organosilika (PMOF) sentezlenmiş ve kemoterapötik ajan doksorubisin (DOX) ile yüklenmiştir. DOX yüklü bu nanopartiküller (PMOFDOX), daha sonra GelMAF hidrojel matrisi içerisine entegre edilerek hem oksijen modülasyonu hem de lokalize, kontrollü ilaç salımı yapabilen hibrit bir sistem oluşturulmuştur. Elde edilen biyomalzeme hem kanserli hem de sağlıklı hücre hatları kullanılarak in vitro olarak değerlendirilmiştir. Hipoksik koşullar altında GelMAF-PMOFDOX'un etkileri incelendiğinde, 1. gün sonunda fibroblast canlılığında artış gözlenmiş, buna karşılık 7. gün sonunda malign Malme 3M hücrelerinin canlılığında %70 oranında azalma kaydedilmiştir. Bu çift işlevli sistem, katı tümör tedavisinde terapötik etkinliği artırmaya yönelik umut vadeden bir yaklaşım sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Doksorubisin, hidrojel, GelMA]

References

- [1] Yue Kan, Trujillo-de Santiago Grissel, Alvarez Mario Moises, Tamayol Ali, Annabi Nasim, Khademhosseini Ali. "Synthesis, properties, and biomedical applications of gelatin methacryloyl (GelMA) hydrogels" *Biomaterials*, 73:254-71, (2015).
- [2] Vaupel Peter, Mayer Arnulf, "Hypoxia in cancer: significance and impact on clinical outcome." *Cancer and Metastasis Reviews*, Jun;26(2):225-39, (2007).

PLASTİK ATIKLARDAN KOMPOZİT TEKNOLOJİSİ YOLU İLE PATLAMA ETKİLERİNE KARŞI PARÇALANMAYA DAYANIMLI YAPI BLOĞU GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF FRAGMENT-RESISTANT WALL AGAINST EXPLOSION EFFECTS USING COMPOSITE TECHNOLOGY BY RECYCLING PLASTIC WASTE

Cihangir Cebeci¹, Metin Tanoğlu², Gülin Kızılay³, Mahmut Uğur¹, Ece Yaralı¹, Gözde Bostancı¹

¹Fiberr Fiber reinforced resins kompozit teknolojileri dış. tic. a .ş., Saruhanlı Tikreş, Manisa, 45800, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology Gülbahçe Campus, Izmir 35433, Türkiye

Cihangir.Cebeci@fiberr.com.tr

Abstract

The increasing security needs in public buildings, military facilities, and communal living spaces necessitate the use of materials resistant to fragment impact that may occur as a result of potential explosions. The weight and cost of metallic and ceramic-based materials make it essential to develop lightweight, durable, and low-cost alternatives.

The long-term presence of plastic waste in nature significantly harms ecosystems by degrading soil, water, and air quality; low recycling rates make the reuse of this waste a critical priority. In Türkiye, the recovery of recycled materials is still at a low level and their use in the field of composites remains limited.

This study aims to develop innovative new technologies that will convert recycled plastic-based composites into low-cost, environmentally friendly structural elements by subjecting them to dynamic load testing. With the methods

developed, the project will produce lightweight and portable ballistic-resistant composites that offer environmental benefits and serve as an important model in this field.

The components of the composite material, reinforcement ratios, and process parameters are optimized to maximize ballistic performance, and material prototypes are tested by customizing them according to various needs. Within the scope of the project, composite mixtures are created by blending recycled thermoplastic-based materials (PP and HDPE) containing varying ratios of short glass fibers and quartz sand in a screw extruder. Extruder parameters (temperature, time, etc.) are analyzed and optimized through systematic R&D approaches.

The resulting mixtures are placed into cold press molds and shaped into structural block (brick) forms under pressure. The developed composite panels and structural blocks will be subjected to 1.1 g fragment (V50, FSP) tests in accordance with the NIJ 0101.06 standard. In addition, the samples will be examined through mechanical tests, thermomechanical tests, fracture surface analyses, and microstructural imaging.

The developed materials will be applicable in the production of protective systems for military and civilian buildings, police stations, and trenches. Furthermore, the production of domestic structural systems aimed at increasing safety in high-risk facilities such as explosive or hazardous chemical manufacturing plants will also become possible.

Keywords: [Composite material, thermoplastic, fragment impact, protective shield, recycling, sustainability]

Özet

Kamu binaları, askeri tesisler ve toplu yaşam alanlarında artan güvenlik ihtiyaçları, olası patlamalar sonucunda ortaya çıkabilecek parçacık (fragment) etkisine dayanıklı malzemelerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Metalik ve seramik esaslı malzemelerin ağırlığı ve maliyeti, hafif, dayanıklı, düşük maliyetli alternatifleri gerekli kılmaktadır. Plastik atıkların uzun süre doğada kalması toprak, su ve hava kalitesini bozarak ekosistemlere ciddi zarar verir; düşük geri dönüşüm oranları ise bu atıkların yeniden kullanımını hayati bir öncelik kılar. Türkiye’de geri dönüştürülmüş malzemenin kazanımı hala düşük orandadır, kompozit alanında henüz sınırlı kullanıma sahiptir. Bu çalışmada, geri dönüştürülmüş plastik esaslı kompozitleri dinamik yük testlerine tabi tutarak

düşük maliyetli, çevre dostu yapı elemanlarına dönüştürecek inovatif yeni teknolojilerin geliştirilmesi amaçlamaktadır. Geliştirilen yöntemler ile; çevresel fayda sağlayan, hafif ve taşınabilir balistik dayanımlı kompozitler elde ederek bu alanda önemli bir model oluşturacaktır. Kompozit malzemenin bileşenleri, matris-takviye oranları, proses parametreleri ile balistik performansı en üst düzeye çıkarmak için optimize edilmekte, malzeme prototipleri, farklı ihtiyaçlara göre özelleştirilerek test edilmektedir. Proje kapsamında; değişik oranda kısa cam elyaf / kuvars kum içeren geri dönüştürülmüş termoplastik esaslı malzemeler (PP ve HDPE) bir vidalı ekstrüder içerisinde harmanlanarak kompozit karışımları elde edilmektedir. Ekstrüder parametreleri (sıcaklık, süre vb.) sistematik Ar-Ge yaklaşımları ile incelenip proses koşulları optimize edilmektedir. Elde edilen karışımlar soğuk pres kalıplarına yerleştirilerek ve basınç altında kalıplanarak yapı bloğu (tuğla) formunda şekillendirilmektedir. Geliştirilen kompozit levhalar ve yapı blokları (NIJ 0101.06) standardına uygun 1.1 g parçacık (V50, FSP) testlerine tabi tutulacaktır. Ayrıca mekanik testler ile incelenecek olan numuneler, termomekanik testler, kırılma yüzey analizleri ve mikroyapı görüntüleme ile incelenmektedir. Geliştirilecek malzemeler, askeri ve sivil yapılar, karakollar, siperler gibi koruyucu sistemlerin üretiminde kullanılabilecektir. Bunlara ek olarak, patlayıcı üretimi, tehlikeli kimyasal üretimi gibi riskli tesislerde güvenliği artırmak amacıyla yerli yapı sistemleri üretmek mümkün hale gelecektir.

Anahtar Kelimeler: [Kompozit malzeme, termoplastik, parçacık etkisi, koruyucu kalkan, geri dönüşüm, sürdürülebilirlik]

References

- [1] Wang, J. (2017) Blast response of polymer-retrofitted masonry unit walls. *Composites Part B: Engineering*, 128, 174-171.
- [2] Ustün, H. S., Toksoy, A. K., & Tanoğlu, M. (2022). Investigation of hybridization effect on ballistic performance of multi-layered fiber reinforced composite structures. *Journal of Composite Materials*, 56(15), 2411–2431.
- [3] Gonzalez, L., & Martinez, R. (2023). Sustainable Applications of Recycled Plastics in Construction and Automotive Industries. *Journal of Sustainable Materials*, 47(1), 89-112.
- [4] Tanoğlu, M., & Seyhan, A. T. (2003). Investigating the effects of a polyester preforming binder on the mechanical and ballistic performance of E-glass fiber reinforced polyester composites. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 23(1), 1-8.

**CAM ELYAF TAKVİYELİ
BİO-PET MATRİS KOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ
VE MEKANİK PERFORMANSININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**DEVELOPMENT OF GLASS FIBRE REINFORCED BIO-PET
MATRIX COMPOSITES AND EVALUATION OF THEIR
MECHANICAL PERFORMANCE**

Ayça Aydın¹, Deniz Savcı¹, Mehmet Karahan², Ayşe Kurt³, Elif Gamze Taşkın³,

¹Polyteks Textile Company, Research and Development Center, Türkiye Bursa 16110,

²Department of Textile Engineering, Vocational School of Technical Sciences, Bursa Uludağ University, Özlüce Görükle Campus, Bursa 16059, Türkiye

³BUTEKOM Bursa Technology Coordination and R&D Center, Özlüce Görükle Campus, Bursa 16245, Türkiye

aysekurt@butekom.org

Abstract

In recent years, extensive research has been conducted to address the growing environmental concerns associated with synthetic fiber-reinforced polymer composites. In this context, the use of biodegradable materials is considered one of the most acceptable and sustainable solutions for mitigating environmental problems. Current studies focus on eco-friendly composite material technologies developed based on the principles of sustainability. In the literature, commingling techniques have been highlighted for their suitability in thermoplastic composite engineering and the superior mechanical properties they offer. However, studies on the use of biodegradable fibers with this method remain quite limited.

The aim of this study is to develop a thermoplastic biopolymer, Bio-PET yarn, as an environmentally friendly alternative to conventional polyester, which degrades

very slowly in nature, and to evaluate its performance in glass fiber-reinforced composites. Within this scope, Bio-PET yarns were produced using the melt spinning method and combined with glass fibers through the commingling process. The resulting preregs in the form of mixed yarns were converted into fabric using weaving technology and then molded into composite plates by hot pressing. The static and dynamic mechanical performance of the produced composite samples was analyzed through tensile testing, drop-weight impact testing, and Izod impact testing. The findings were compared with data from the literature on composites based on recycled PET (R-PET) and virgin PET produced using commingling techniques. It was determined that the tensile strength of Bio-PET matrix glass fiber-reinforced composites was 41.5% lower than that of virgin PET and 100.6% lower than R-PET. According to the drop-weight impact test, Bio-PET composites exhibited 23.5% lower impact strength compared to virgin PET and 108% lower than R-PET. Similarly, in the Izod impact test, Bio-PET showed 24% lower impact resistance than virgin PET and 52.2% lower than R-PET.

Although Bio-PET matrix glass fiber-reinforced composites exhibited lower values in terms of static and dynamic mechanical performance compared to R-PET and virgin PET, they present a significant alternative in terms of environmental sustainability. This indicates that the use of Bio-PET offers promising potential in the development of eco-friendly composite materials.

Keywords: [thermoplastic yarn, weaving technique, impact resistance]

Özet

Sentetik lif takviyeli polimerik kompozitlerle ilgili artan çevresel kaygıları gidermek amacıyla son yıllarda yoğun araştırmalar yürütülmektedir. Bu bağlamda biyolojik olarak parçalanabilir malzemelerin kullanımı, çevresel sorunların azaltılmasında en kabul edilebilir ve sürdürülebilir çözüm yöntemlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Güncel araştırmalar, sürdürülebilirlik ilkeleri temelinde geliştirilen çevre dostu kompozit malzeme teknolojilerine odaklanmaktadır. Literatürde, commingling (karışık iplik üretimi) tekniklerinin termoplastik kompozit mühendisliği açısından uygunluğu ve sağladığı üstün mekanik özellikler dikkat çekmektedir. Ancak, biyobozunur liflerin bu yöntemle kullanımı üzerine yapılan çalışmalar oldukça sınırlı kalmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, doğada uzun sürede bozunan geleneksel polyesterin yerine kullanılabilen, çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahip termoplastik bir biyopolimer olan Bio-PET ipliğın geliştirilmesi ve cam elyaf takviyeli kompozitlerdeki performansının değerlendirilmesidir. Bu kapsamda Bio-PET iplikler, eriyikten çekim yöntemiyle üretilmiş ve commingling yöntemi kullanılarak cam elyafı bir araya getirilmiştir. Karışık iplik formunda elde edilen prepregler, dokuma teknolojisi ile kumaş formuna dönüştürülmüş; sonrasında ise sıcak presleme yöntemiyle kalıplanarak kompozit plaka haline getirilmiştir. Elde edilen kompozit numunelerin statik ve dinamik mekanik performansları, çekme testi, düşen ağırlık (drop-weight) darbe testi ve Izod darbe testi ile analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, literatürde yer alan geri dönüştürülmüş PET (R-PET) ve işlenmemiş PET bazlı kompozitlerin verileriyle karşılaştırılmıştır. Bio-PET matrisli cam elyaf takviyeli kompozitlerin çekme dayanımı, işlenmemiş PET'e göre %41.5, R-PET'e göre ise %100.6 oranında daha düşük olarak belirlenmiştir. Drop-weight darbe testine göre Bio-PET kompozitler, işlenmemiş PET'e göre %23.5; R-PET'e göre ise %108 daha düşük darbe dayanımı göstermiştir. Benzer şekilde, Izod darbe testinde Bio-PET'in darbe dayanımı, işlenmemiş PET'e göre %24, R-PET'e göre ise %52.2 daha düşük bulunmuştur.

Bio-PET matrisli cam elyaf takviyeli kompozitlerin, statik ve dinamik mekanik performans açısından R-PET ve işlenmemiş PET'e kıyasla daha düşük değerlere sahip olduğu tespit edilse de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Bu durum, Bio-PET kullanımının çevre dostu kompozit malzeme geliştirme çabalarında dikkate değer bir potansiyel sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: [termoplastik iplik, dokuma tekniğı, darbe dayanımı]

References

- [1] Karahan Mehmet, Özyurt İrem, Atalay Ş. Ömer, Turan Yalçın Şeyma, Haji Aminoddin, Karahan Nevin. "Comparative study of virgin and recycled polyethylene terephthalate and polypropylene intermingled thermoplastic composites" Polymer Composites, 46(4), 3820-3836 (2025).
- [2] Mankodi Hireni, Patel Pravin. "Study the effect of commingling parameters on glass/polypropylene hybrid yarns properties" Autex Research Journal, 9(3), 70-73 (2009).

DOĞAL ZEOLİT ALAŞIMLI PVC YÜZEY KAPLAMASI GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF MODIFIED NATURAL ZEOLITE ADDED PVC SURFACE COATING

Duru Ettergen¹, Elif Öztürk¹, Canan Uraz¹, Didem Kale², Yunus Emre Dağistanlı², Nazmiye Yoldaş²

¹Department of Chemical Engineering, Engineering Faculty, Ege University, Erzene Bornova, İzmir 35040, Türkiye

²Deceuninck TR, Ege Profil Tic. Ve San. A.Ş., İzmir, 35660, Türkiye

duruettergen@gmail.com

Abstract

Thermoplastics play a crucial role in modern life, with their use in industries such as automotive, construction, electrical systems, sports equipment, medicine and textiles. Compared to other thermoplastics, polyvinyl chloride (PVC) is one of the most widely used one due to its unique properties which makes it suitable for various sectors. In spite of its widespread use and various advantages, PVC usage results in significant environmental challenges due to its waste generation [1]. UV exposure and high temperatures can cause degradation and discoloration problems on PVC in long term exposure [2].

The objective of this study is to find a sustainable and simple to implement surface coating alternative with easily accessible materials. As a solution, a natural zeolite clinoptilolite that has high thermal stability, high ion exchange capacity, abundant natural existence, low cost is being used as an additive to PVC paint. Clinoptilolite as the natural zeolite have been selected due to its high Si/Al ratio, the largeness of this ratio indicates higher ion exchange capacity and higher stability [3]. While heulandite, a type of natural zeolite, degrades when heated up to 450°C, clinoptilolite shows a stable structure until 700°C [4]. Modification processes of the zeolites improve their physical and chemical properties such as

stability, zeolite's surface area, pore structure, chemical selectivity and adsorption capacity [5]. In this study, to enhance zeolite's structural properties and increase its stability, various modification methods have been used. To determine the most effective one in terms of protectiveness against high temperature and UV-light exposure, zeolite with different particle sizes and different modification techniques will be tested. Three different modifications are applied to clinoptilolite-type natural zeolites of various particle sizes (10, 50, and 100 µm) using lanthanum (III) nitrate, zinc acetate, and magnesium chloride. To apply as a surface coating to PVC, modified zeolites will be added into a selected water-based PVC paint formulation. In order to evaluate the physical and chemical resistance of the surface coating, tests such as UV-aging, alkaline and acid etching, impact resistance, Machu test and Cupping test will be conducted. To determine the structural properties of the each modified zeolite, FTIR, XRD and SEM-EDS analysis will be conducted.

Compared to traditional UV-stabilizers with limited thermal stability, modified zeolites may be a better option in terms of higher protectiveness and environmental friendliness. Consequently, lifespan of PVC can be increased by improving its durability with the implementation of modified zeolite added PVC surface paint. The coating developed in this study will provide a solution for the challenges faced in the PVC industry and potentially reduce the waste generation hence the need for excessive maintenance and replacement costs.

Keywords: [PVC, natural zeolite, clinoptilolite, surface paint, UV-protection]

Özet

Termoplastikler otomotiv, inşaat, elektrik sistemleri, spor ekipmanları, medikal ve tekstil sektörlerinde kullanımlarıyla modern yaşamda önemli bir rol oynarlar. Diğer termoplastikler ile karşılaştırıldığında polivinil klorür (PVC) özgül özellikleri sayesinde çeşitli sektörlerde uygun, en yaygın kullanılan termoplastiklerden biridir. Çeşitli avantajlara sahip olması ve yaygın kullanımının yanı sıra atık üretimi ile PVC kullanımı önemli çevresel sorunlara sebep olur [1]. UV ışınlarına ve yüksek sıcaklıklara maruz kalması uzun süreli kullanımda PVC'nin yapısının bozulmasına ve sararmasına sebep olur [2].

Bu çalışmanın amacı ulaşılabilir malzemelerle kolay uygulanabilir ve sürdürülebilir bir alternatif yüzey kaplaması geliştirilmesidir. Çözüm olarak yüksek termal stabiliteye, yüksek iyon değiştirme kapasitesine sahip olması, doğada fazla miktarda bulunması ve düşük maliyeti gibi nedenlerden dolayı doğal

zeolit klinoptilolit PVC boyasına katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada yüksek stabilitenin bir göstergesi olarak yüksek Si/Al oranına sahip olması sebebiyle klinoptilolit seçilmiştir [3]. Bir diğer doğal zeolit olan höylanditin yapısında 450°C’de bozulma gözlemlenirken klinoptilolit yapısı 700°C’ye kadar stabil kalır [4]. Bu nedenden ötürü doğal zeolit türü olarak klinoptilolit seçilmesi projenin amacına yönelik daha uygun bir tercih olacaktır. Doğal zeolit modifikasyon süreçleri zeolit yüzey alanı, gözenek yapısı, kimyasal seçiciliği ve adsorpsiyon kapasitesi gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerini geliştirir [5]. Bu çalışmada zeolit yapısal özelliklerini geliştirmek ve stabilitesini arttırmak için çeşitli modifikasyon methodları uygulanmıştır. Yüksek sıcaklık ve UV ışınlarına karşı korumada en etkili olan modifikasyon methodunu belirlemek amacıyla farklı parçacık boyutları ve farklı modifikasyon teknikleri test edilecektir. Parçacık boyutunun etkisinin gözlemlenebilmesi için 3 farklı parçacık boyutunda (10, 50 ve 100 µm) klinoptilolit türü doğal zeolit kullanılmıştır. Farklı parçacık boyutlarındaki bu zeolitlere lantan (III) nitrat, çinko asetat ve magnezyum klorür kimyasalları kullanılarak 3 farklı modifikasyon işlemi uygulanmıştır. PVC’ye yüzey kaplaması olarak uygulanabilmesi için seçilen su bazlı PVC boyasına modifiye edilmiş doğal zeolitler katkı maddesi olarak eklenecektir. UV-yaşlandırma, alkali ve asit aşındırma, darbe dayanım, machu testi, ve cupping testleri ile yüzey kaplamasının fiziksel ve kimyasal dayanıklılığı test edilecektir. FTIR, SEM-EDS ve XRD testleri ile ise modifiye edilen doğal zeolitlerin yapısal özellikleri tayin edilecek ve modifikasyonun ne derecede başarılı olduğu gözlemlenebilecektir.

Sınırlı termal stabiliteye sahip geleneksel UV stabilizatörlerle kıyaslandığında modifiye edilmiş zeolitler yüksek koruyuculuğa sahip olması ve çevre dostu olması sebebiyle daha iyi bir alternatif olacaktır. Sonuç olarak modifiye edilmiş zeolitlerin eklendiği PVC boyasının yüzeye uygulanması ile UV ışınlarına ve yüksek sıcaklıklara karşı PVC’nin dayanıklılığının artırılması hedeflenmektedir. İstenilen etkinin elde edilmesi halinde PVC’nin kullanım ömrü uzatılabilir. Bu çalışmada geliştirilen kaplama PVC endüstrisinde karşılaşılan birçok soruna çözüm sunacak ve potansiyel olarak atık oluşumunu azaltacak böylece ekstra bakım masrafları ve değişim ücretleri için olan gerekliliği azaltacaktır.

References

[1] Ait-Touchente, Z., Khellaf, M., Raffin, G., Lebaz, N., & Elaissari, A. (2024). Recent advances in polyvinyl chloride (PVC) recycling. In *Polymers for Advanced Technologies* (Vol. 35, Issue 1). <https://doi.org/10.1002/pat.6228>

- [2] Elgharbawy, A. S. (2022). Poly Vinyl Chloride Additives and Applications - A Review. In *Journal of Risk Analysis and Crisis Response* (Vol. 12, Issue 3). <https://doi.org/10.54560/jracr.v12i3.335>
- [3] Mohammadzadeh Kakhki, R., Zirjanizadeh, S., Mohammadpoor, M. (2023). A review of clinoptilolite, its photocatalytic, chemical activity, structure and properties: in time of artificial intelligence. *Journal of Materials Science*, 58(26), 10555–10575. <https://doi.org/10.1007/S10853-023-08643-9/TABLES/4>
- [4] Koyama, K. and Takéuchi, Y., 1977, Clinoptilolite: the distribution of potassium atoms and its role in thermal stability, *Zeitschrift für Kristallographie*, 145, 216-239 pp.
- [5] Mockovčiaková, A., Matik, M., Orolínová, Z. et al. Structural characteristics of modified natural zeolite. *J Porous Mater* 15, 559–564 (2008). <https://doi.org/10.1007/s10934-007-9133-3>

EDTA İLE FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ, ^{Cit}PMOF-E NANOPARTİKÜLLERİ İÇEREN ÇOK İŞLEVİLİ GELMA TABANLI BİYOKOMPOZİT HİDROJELLERİN GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF MULTIFUNCTIONAL GELMA- BASED BIOCOMPOSITE HYDROGELS FUNCTIONALIZED WITH EDTA CONTAINING CITPMOF-E NANOPARTICLES

Yasemin Büşra Atmaca¹, Nermin Seda Kehr¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, Izmir Institute of Technology, Gulbahce Campus, Izmir 35430, Türkiye

yaseminatmaca@iyte.edu.tr

Abstract

Gelatin methacryloyl (GelMA) hydrogels are widely used in tissue engineering due to their biocompatibility, photocrosslinking capability, and tunable mechanical properties. In addition, their ECM-mimetic structure provides a cell-friendly environment with minimal inflammatory response[1]. However, GelMA hydrogels present several limitations in their physical properties, weak mechanical strength, uncontrollable porosity, and adhesive capabilities, along with limited support for cell viability [2]. To overcome these limitations, we developed a multifunctional composite hydrogel system by incorporating ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) and citric acid-coated, vitamin E-loaded perfluorocarbon (PFC)-functionalized periodic mesoporous organosilica (^{Cit}PMOF-E) nanoparticles into a GelMA matrix. EDTA was covalently bonded to GelMA via EDC/NHS chemistry to enhance ionic chelation and provide anti-inflammatory functionality [3]. ^{Cit}PMOF-E nanoparticles were embedded in the GelMA-EDTA (GE) hydrogel before photopolymerization to add antioxidant and oxygen-carrying capacity. Cell viability studies with fibroblasts revealed enhanced cytocompatibility in both GE and GE-^{Cit}PMOF-E groups. This improvement is likely related to EDTA's ability to modulate matrix

metalloproteinase (MMP) activity [4] and vitamin E's well-established antioxidant properties[5], both of which are known to support fibroblast survival under stress conditions. Rheological analysis confirmed that the composite hydrogel-maintained shear-thinning and viscoelastic properties suitable for extrusion-based 3D bioprinting. Moreover, ^{Cit}PMOF-E enhanced printability and structural fidelity. In conclusion, the GE-^{Cit}PMOF-E hydrogel combines mechanical strength, antioxidant protection, and anti-inflammatory potential in a single platform. It offers a promising solution for 3D bioprinting and regenerative therapies, especially for tissues exposed to oxidative stress and inflammation.

Keywords: [GelMA-EDTA, Anti-inflammatory, Hydrogel]

Özet

Jelatin metakrilol (GelMA) hidrojel, biyoyumlulukları, ışıkla çapraz bağlanabilir özellikleri ve ayarlanabilir mekanik özellikleri sayesinde doku mühendisliğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, ECM'yi taklit eden yapıları, hücre dostu bir ortam sağlayarak minimum inflammatuar yanıt oluşturur [1]. Bununla birlikte, GelMA hidrojel; zayıf mekanik dayanım, kontrol edilemeyen gözeneklilik ve yetersiz adezyon özellikleri gibi fiziksel sınırlamalara sahiptir ve hücre canlılığı desteği de sınırlıdır [2]. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için, GelMA matrisi içerisine etilendiamintetraasetik asit (EDTA) ve sitrik asit kaplı, E vitamini yüklü, perflorokarbon (PFC) ile fonksiyonelleştirilmiş periyodik mezogözenekli organosilika (^{Cit}PMOF-E) nanopartiküllerinin dahil edildiği çok işlevli bir kompozit hidrojel sistemi geliştirdik. EDTA, iyon şelasyonunu artırmak ve anti-inflamatuar özellik kazandırmak amacıyla EDC/NHS kimyası aracılığıyla GelMA'ya kovalent olarak bağlandı [3]. ^{Cit}PMOF-E nanopartikülleri, antioksidan ve oksijen taşıma kapasitesi kazandırmak amacıyla fotopolimerizasyon öncesinde GelMA-EDTA (GE) hidrojeline yüklendi. Fibroblastlarla yapılan hücre canlılığı çalışmaları hem GE hem de GE-^{Cit}PMOF-E gruplarında biyoyumluluğun arttığını ortaya koydu. Bu iyileşmenin, EDTA'nın matris metalloproteinaz (MMP) aktivitesini düzenleme yeteneği [4] ve E vitamininin iyi bilinen antioksidan özellikleri [5] ile ilişkili olduğu düşünülmektedir; her iki mekanizma da stres koşulları altında fibroblastların hayatta kalmasını desteklemektedir. Reolojik analiz, kompozit hidrojinin kesme inceliği ve viskoelastik özelliklerini koruduğunu ve bu yönüyle ekstrüzyon tabanlı 3B biyobaskıya uygun olduğunu doğrulamıştır. Ayrıca, ^{Cit}PMOF-E varlığı baskı hassasiyetini ve yapısal bütünlüğü artırmıştır. Sonuç olarak, GE-^{Cit}PMOF-E hidrojel sistemi; mekanik dayanım, antioksidan

koruma ve anti-inflamatuar potansiyeli tek bir platformda birleştirmektedir. Bu yapı, özellikle oksidatif stres ve inflamasyona maruz kalan dokular için 3B biyobaskı ve rejeneratif tedavi uygulamaları açısından umut vadeden bir çözüm sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [GelMA-EDTA, Anti-inflamatuar, hidrojel]

References

- [1] M. Boyd-Moss *vd.*, “Hybrid Self-Assembling Peptide/Gelatin Methacrylate (GelMA) Bioink Blend for Improved Bioprintability and Primary Myoblast Response”, *Adv. NanoBiomed Res.*, c. 2, sy 2, s. 2100106, 2022, doi: 10.1002/anbr.202100106.
- [2] Y. Zhu *vd.*, “Strategies of functionalized GelMA-based bioinks for bone regeneration: Recent advances and future perspectives”, *Bioact. Mater.*, c. 38, ss. 346-373, Ağu. 2024, doi: 10.1016/j.bioactmat.2024.04.032.
- [3] G. Pulat, N. N. Çelebi, ve E. Bilgiç, “The Effect of Immobilization Methods of P9-4 Antimicrobial Peptide Onto Gelatin Methacrylate on Multidrug-Resistant Bacteria: A Comparative Study”, *Macromol. Biosci.*, c. 25, sy 1, s. 2400324, 2025, doi: 10.1002/mabi.202400324.
- [4] B. Felemban, “Fibroblast Viability Through Mechanical and Chemical Root Surface Modifications in Periodontal Healing: An In Vitro Comparative Study”, *Cureus*, c. 15, Ara. 2023, doi: 10.7759/cureus.50381.
- [5] A. M. Rychter, S. Hryhorowicz, R. Słomski, A. Dobrowolska, ve I. Krela-Kaźmierczak, “Antioxidant effects of vitamin E and risk of cardiovascular disease in women with obesity – A narrative review”, *Clin. Nutr.*, c. 41, sy 7, ss. 1557-1565, Tem. 2022, doi: 10.1016/j.clnu.2022.04.032.

DOĞAL ELYAFLI BMC KOMPOZİT MALZEMELERİN GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF NATURAL FIBER-REINFORCED BMC COMPOSITE MATERIALS

Çağlar Subaşı¹, Semra Özgün Köse¹, Emre Tezgören¹

¹Eskim Kimya, 75 Yıl OSB Mahallesi, 6. Cadde No:2, Odunpazarı, Eskişehir
26110, Türkiye

caglar.subasi@eskim.com.tr

Abstract

Thermoset-based composite materials are widely preferred today due to their lightweight nature, resistance to chemical environments, wide strength range, and long service life. Glass fiber-reinforced polyester (GRP) composites have a larger market share in the composites industry compared to other composite types, mainly due to their lower cost. GRP composites are formed by combining a resin mixture, which acts as the matrix, with glass fibers. The matrix plays a crucial role in ensuring the structural integrity of the material and transferring external loads to the fibers. The fibers, on the other hand, are responsible for absorbing loads and stopping crack propagation. Among the GRP manufacturing methods, SMC (Sheet Molding Compound) and BMC (Bulk Molding Compound) are widely used in various sectors such as automotive, construction, communication components, and infrastructure. The SMC method is particularly preferred in applications like the automotive industry where high strength and surface quality are required. In contrast, the BMC method is used for producing relatively low-strength and cost-effective products [1]. Using the BMC method, parts such as electrical insulators, box supports, pipe supports, pipe elbows, and connectors are commonly manufactured. Natural fibers such as flax, banana, hemp, and cotton have begun to be explored in composite materials, and research in this area is ongoing. These fibers have densities ranging between 1.23–1.50 g/cm³, which allows for the production of lighter materials compared to glass fiber, which has a density of 2.54 g/cm³[2].

In this study, it is aimed to produce composite materials using natural fibers instead of glass fibers through the BMC (Bulk Molding Compound) method. In the first stage, polyester-based composites reinforced with flax fibers and glass fibers were produced using the hand lay-up method. Then, mechanical and thermal tests were carried out. The results obtained were interpreted using SEM (Scanning Electron Microscopy) images. To improve the wettability of the polyester resin, different additives were tested. Based on the results of these trials, a BMC formulation was developed. Two different BMCs, one reinforced with glass fiber and the other with flax fiber, were prepared and composite parts were produced using the hot-pressing molding method. Mechanical and thermal tests were performed on the obtained parts. Additionally, the materials were examined using an electron microscope.

Keywords: [Composite, Natural, Fiber, SMC, BMC]

Özet

Termoset esaslı kompozit malzemeler; hafifliği, kimyasal ortamlara dayanıklı olması, geniş mukavemet aralığı ve uzun ömürlü olması sebebiyle günümüzde birçok alanda tercih edilmektedir. Cam elyaf takviyeli polyester (CTP) kompozit malzemelerin diğer kompozit gruplarına nazaran daha az maliyetli olması ise kompozit sektöründe daha büyük bir pazar payına sahip olmasına olanak sağlamaktadır. CTP'ler, anafazı oluşturan reçine karışımı ve cam elyafın birleşmesiyle oluşmaktadır. Anafaz, malzemenin yapısal bütünlüğünü sağlamak ve dışardan gelen yükleri elyaflara iletmek gibi temel bazı görevleri üstlenmektedir. Elyaf lar ise gelen yükleri sö nümleme veya çatlak ları durdurma görevlerini üstlenmektedir. CTP üretim yöntemlerinden SMC (Sheet molding compound) ve BMC (Bulk molding compound); otomotiv, inşaat, iletişim ve haberleşme eleman ları, altyapı gibi birçok alanda tercih edilmektedir. SMC yöntemi, mukavemetin ve yüzey kalitesinin yüksek olması beklenen otomotiv gibi alanlarda oldukça tercih edilmektedir. BMC ise SMC'ye göre nispeten mukavemetin düşük olduğu ve ucuz ürünlerde tercih edilmektedir [1]. BMC yöntemiyle, elektrik izolatörleri, kutu ayağı, boru ayağı, boru dirsekleri ve bağlantı eleman ları sıklıkla üretilmektedir.

Son zamanlarda kompozit malzemelerde, keten, muz, kenevir ve pamuk gibi doğal elyaf türlerinin kullanımı için yapılan çalışmalar önem kazanmış ve hızlanarak devam etmektedir. Bahsedilen elyafların yoğunluklarının 1,23-1,50

gr/cm³ olması; 2,54 gr/cm³ yoğunluğa sahip cam elyafa göre daha hafif malzemelerin üretilmesine olanak sağlamaktadır [2].

Bu çalışmada BMC yöntemiyle cam elyaf yerine, doğal elyaf kullanılarak kompozit malzeme üretimi hedeflenmektedir. İlk aşamada el yatırması yöntemiyle polyester esaslı keten elyaf takviyeli kompozit ve polyester esaslı cam elyaf takviyeli kompozit malzemeler üretildi. Daha sonra mekanik ve termal testler yapıldı. Elde edilen sonuçlar SEM görüntüleriyle yorumlandı. Polyester reçinenin ıslatıcılığını arttırmak amacıyla farklı katkı malzemeleri eklenerek denemeler yapıldı. Denemeler sonucunda BMC formülasyonu geliştirildi. Cam elyaf ve keten elyaf takviyeli iki farklı BMC hamuru yapıldı ve sıcak presleme yöntemiyle kompozit parçalar üretildi. Elde edilen parçalara mekanik ve termal testler yapıldı. Aynı zamanda Elektron mikroskobu kullanarak malzeme incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Kompozit, Doğal, Elyaf, SMC, BMC]

References

- [1] Kia Hamid G., Sheet Molding Compounds Science and Technology Hanser/Gardner Publication, Inc (1993)
- [2] Azizatul Karimah, Muhammad Rasyidur Ridho , Sasa Sofyan Munawar, Danang Sudarwoko Adi, Ismadi, Ratih Damayanti, Bambang Subiyanto, Widya Fatriasari , Ahmad Fudholi A review on natural fibers for development of eco-friendly bio-composite: characteristics, and utilizations, Journal of Materials Research and Technology- Volume 13, Pages 2442-2458 (2021)

52 Yıllık Tecrübe



Duratek®

EPOKSİ VE POLİÜRETAN SİSTEMLER

RÜZGAR ENERJİSİ

DENİZ ARAÇLARI

ml
Marine Laminated
CSCCOMPOSITES

YÜKSEK PERFORMANSLI
KOMPOZİTLER için **LAMİNASYON**
REÇİNELERİ ve **YAPIŞTIRICILAR**

© ENERCON GmbH



BASINÇLI TANKLAR ve BORULAR

BİNA GÜÇLENDİRME

www.duratek.com.tr
composite@duratek.com.tr



Ürün Çeşitlerimiz



- Gelcoat Çeşitleri
- Polyester Çeşitleri
- Epoksi Çeşitleri
- Vinilester Reçine
- Cam Elyaf
- RTM Elyafları
- Karbon Fiber
- Multiaxial Elyaf
- Uygulama Makineleri
- Vakum İnfüzyon Malzemeleri
- Yardımcı Malzemeler
- Renk Pastaları

İletişim

Kosse Kompozit Pazarlama ve Müh.
San. Tic. Ltd. Şti
Egemenlik Mah. 6016/2 sk. No:14/1
Bornova/İzmir
Tel: 0232 486 05 86
E - mail : info@kossecomposite.com

STEREOLİTOGRAFI (SLA) YÖNTEMİYLE GÜMÜŞ KATKILI PLA KOMPOZİTLERİN GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF SILVER-DOPED PLA COMPOSITES VIA STEREOLITHOGRAPHY (SLA) METHOD

Mustafa Eren Taşkingül¹, Can Ekinci², Fatma Nur Parin¹

¹Department of Polymer Materials Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bursa Technical University, Mimar Sinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Cd. No:177, Bursa 16130, Türkiye

²Department of Polymer Materials Engineering, Institute of Graduate Education, Bursa Technical University, Mimar Sinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Cd. No:177, Bursa 16130, Türkiye

merentaskingul@gmail.com

Abstract

Today, three-dimensional (3D) printing technologies enable the rapid and precise production of customized designs, making them widely applicable in various fields, particularly in biomedical applications [1]. Among these technologies, stereolithography (SLA) stands out for its high resolution and ability to produce detailed structures. Processing bio-based polymers through this method offers sustainable and environmentally friendly solutions [2]. Polylactic acid (PLA), due to its biodegradable and biocompatible properties, which is commonly used in such systems. However, its lack of inherent antibacterial properties poses a limitation in some medical applications [3].

This study aims to develop antibacterial composite structures by incorporating silver nitrate (AgNO_3) into biodegradable PLA photopolymer resin and fabricating them in 3D via the SLA method. AgNO_3 solution were added to improve the PLA matrix's resistance to microbes, to aim at potential applications in healthcare.

In this study, AgNO₃ was added to the PLA resin at weight ratios of 1%, 3%, and 5%. Magnetic stirring and ultrasonic dispersion techniques were used to achieve homogeneous mixtures. The prepared resins were then printed using the SLA technique into tensile specimens according to ISO 527-2 standard and three-point bending specimens according to ISO 178 Standard. The mechanical properties of the printed samples were evaluated using tensile and flexural tests. Further, optical microscopy was used to examine the dispersion of silver particles. A relatively uniform distribution was observed in the 1% and 3% doped samples, highlighting the importance of maintaining optimal additive levels for structural integrity. Antibacterial activity was assessed using the disk diffusion method against Gram-positive (*Staphylococcus aureus*) and Gram-negative (*Escherichia coli*).

In conclusion, this study shows that AgNO₃-loaded PLA composites can be successfully produced via the SLA method. These materials hold potential for medical applications where infection prevention is critical, such as surgical tools, orthopedic supports, and personal protective equipment.

Keywords: Antibacterial activity, Mechanical properties, Polylactic acid (PLA) composites, Stereolithography (SLA), Silver nitrate (AgNO₃).

Özet

Günümüzde üç boyutlu (3B) baskı teknolojileri, özelleştirilmiş tasarımların hızlı ve hassas bir şekilde üretilmesine olanak tanıyarak özellikle biyomedikal uygulamalar başta olmak üzere çeşitli alanlarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur [1]. Bu teknolojiler arasında, yüksek çözünürlüğü ve detaylı yapılar üretme kabiliyetiyle stereolitografi (SLA) öne çıkmaktadır. Bu yöntemle biyobazlı polimerlerin işlenmesi, sürdürülebilir ve çevre dostu çözümler sunmaktadır [2]. Polilaktik asit (PLA), biyobozunur ve biyoyumlu özellikleri sayesinde bu tür sistemlerde yaygın olarak kullanılan bir polimerdir. Ancak, doğal olarak antibakteriyel özellik taşıması, bazı medikal uygulamalarda sınırlayıcı bir faktör oluşturmaktadır [3].

Bu çalışmada, biyobozunur PLA fotopolimer reçinesine gümüş nitrat (AgNO₃) ilave edilerek antibakteriyel kompozit yapılar geliştirilmesi ve bu yapıların SLA yöntemiyle 3B olarak üretilmesi amaçlanmıştır. PLA matrisinin mikrobiyal direncini artırmak ve potansiyel sağlık uygulamalarına uygun hale getirmek amacıyla AgNO₃ çözeltisi sisteme eklenmiştir.

Çalışmada, PLA reçinesine ağırlıkça %1, %3 ve %5 oranlarında AgNO₃ eklenmiştir. Homojen karışımlar elde edebilmek için manyetik karıştırma ve ultrasonik dağıtım teknikleri kullanılmıştır. Hazırlanan reçineler, SLA yöntemiyle ISO 527-2 standardına uygun çekme numuneleri ve ISO 178 standardına uygun üç nokta eğme numuneleri şeklinde basılmıştır. Baskısı yapılan numunelerin mekanik özellikleri, çekme ve eğme testleri ile değerlendirilmiştir. Ayrıca, gümüş partiküllerinin dağılımını incelemek amacıyla optik mikroskop kullanılmıştır. %1 ve %3 katkı oranına sahip örneklerde nispeten homojen bir dağılım gözlemlenmiş; bu durum, yapısal bütünlüğün korunması için optimum katkı seviyesinin önemini ortaya koymuştur. Antibakteriyel aktivite ise, Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*) ve Gram negatif (*Escherichia coli*) bakterilere karşı disk difüzyon yöntemi ile değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, AgNO₃ yüklü PLA kompozitlerinin SLA yöntemiyle başarıyla üretilbileceğini göstermektedir. Bu malzemeler, enfeksiyon önlemenin kritik olduğu cerrahi aletler, ortopedik destekler ve kişisel koruyucu ekipmanlar gibi medikal uygulamalarda kullanılmak üzere potansiyel taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Antibakteriyel aktivite, Mekanik Özellikler, Polilaktik asit (PLA) Özellikler, Stereolitografi (SLA), Gümüş nitrat(AgNO₃)]

References

- [1] Gross, B.C. et al. (2014). Evaluation of 3D Printing and Its Potential Impact on Biotechnology and the Chemical Sciences. *Analytical Chemistry*, 86(7), 3240–3253.
- [2] Melchels, F.P. et al. (2010). Review: Additive manufacturing of tissues and organs. *Progress in Polymer Science*, 35(5), 602–610.
- [3] Woodruff, M.A. & Hutmacher, D.W. (2010). The return of a forgotten polymer—Polycaprolactone in the 21st century. *Progress in Polymer Science*, 35(10), 1217–1256.

TERMAL İZOLASYON MALZEMELERİ GELİŞTİRİLMESİ

DEVELOPMENT OF THERMAL INSULATION MATERIALS

Emre Alamur¹, Sevgi Kilic¹, Ekrem Ozdemir¹

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology Gülbahçe Campus, Izmir 35433, Türkiye

ekremozdemir@iyte.edu.tr

Abstract

Our energy requirements in refrigeration mostly come from heat transfer or heat loss. Enhancing energy efficiency is crucial to reducing greenhouse gas emissions. It is possible to reduce the heat loss by developing effective thermal insulation materials. In the present work, we prepared silicone-fly ash-calcite polymeric composite materials at different fly ash and calcite contents and determined their thermal conductivities. Coal fly ash particles were obtained from Soma Coal Plant, İzmir-Türkiye. Hollow nano-calcite particles were synthesized in our laboratory. Both coal fly ash and nano-calcite particles were mixed at different ratios in falcon tubes with a custom-made mixer. The resultant composite mixture was poured into cylindrical molds and held there for about 48 hours until it cured. The structure and distribution of the filling particles in the composite material were analyzed using SEM images. The thermal conductivities were measured with PA Hilton H110 and FOX 50 thermal conductivity measurement devices. We present the color and thermal conductivity of the polymeric composite materials composed of coal fly ash and nano-calcite as the filling materials, and silicone as the polymeric matrix. We show that different scale of gray colors could be obtained with the composite materials. Thermal conductivity of the composite materials would still need to be improved since little improvement was seen for the coal fly ash composite materials.

Keywords: [CO₂ problem, polymeric composite material, thermal insulation, fly ash, nano-calcite.]

Acknowledgement

We acknowledge BESKO Tekno Kimya A.Ş. at Teknopark-İZMİR for the development of heat and sound insulation materials.

Özet

Soğutma sistemlerindeki enerji ihtiyacımız çoğunlukla ısı transferi veya ısı kaybından kaynaklanmaktadır. Enerji verimliliğinin artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır. Etkili ısı yalıtım malzemeleri geliştirilerek ısı kaybı azaltılabilir. Bu çalışmada, farklı uçucu kül ve kalsit oranlarında silikon-uçucu kül-kalsit polimerik kompozit malzemeler hazırlanmış ve bu malzemelerin ısı iletkenlikleri belirlenmiştir. Kömür uçucu kül partikülleri, İzmir-Türkiye'deki Soma Termik Santrali'nden temin edilmiştir. Delikli nano-kalsit partikülleri ise laboratuvarımızda sentezlenmiştir. Hem kömür uçucu külü hem de nano-kalsit partikülleri, laboratuvarımızda özel olarak üretilmiş bir karıştırıcı kullanılarak farklı oranlarda falcon tüplerinde karıştırılmıştır. Elde edilen kompozit karışım, silindirik kalıplara dökülmüş ve yaklaşık 48 saat kürleşmesi için bekletilmiştir. Kompozit malzeme içindeki dolgu partiküllerinin yapısı ve dağılımı SEM görüntüleri kullanılarak analiz edilmiştir. Isı iletkenlikleri PA Hilton H110 ve FOX 50 ısı iletkenlik ölçüm cihazları ile ölçülmüştür. Bu çalışmada, kömür uçucu külü ve nano-kalsit gibi dolgu malzemeleri ile silikon polimer matrisinden oluşan polimerik kompozit malzemelerin renkleri ve ısı iletkenlikleri sunulmuştur. Kompozit malzemelerle farklı gri tonlarında renkler elde edilebileceği gösterilmiştir. Ancak kömür uçucu külü içeren kompozit malzemeler için ısı iletkenliği açısından sadece sınırlı bir iyileşme gözlemlendiğinden, bu özelliğin daha da geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [CO₂ sorunu, polimerik kompozit malzeme, ısı yalıtımı, uçucu kül, nano-kalsit.]

Teşekkür

Isı ve ses yalıtım malzemelerinin geliştirilmesine yönelik katkılarından dolayı Teknopark-İZMİR'de yer alan BESKO Tekno Kimya A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

References

- [1] Awuye, D. E., Chen, Z., Li, B., & Xuejia, W. (2017). Alternative Hybrid Core Material For Vacuum Insulation Panels (Silica-Fly Ash-Glass Fiber). *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 6 (11).
- [2] Baglari, S., Kole, M., & Dey, T. K. (2011). Effective thermal conductivity and coefficient of linear thermal expansion of high-density polyethylene-fly ash composites. In *Indian J. Phys* , Vol. 85, Issue 4.
- [3] Yurtseven, R., & Rıza Tarakcılar, A. (n.d.). *The effects of different fly ash fillers on the mechanical properties, thermal and fire behaviors of rigid polyurethane foams* Article in *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, December 2013, 2, 310.

DRIVING SUSTAINABILITY THROUGH ADVANCED WASTE UPCYCLING: LIGHTWEIGHT THERMOPLASTIC MANUFACTURING REINFORCED WITH GREEN GRAPHENE

Burcu Saner Okan¹

¹Sabancı University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Materials Science and Nanoengineering, Tuzla 34956, Istanbul, Türkiye
bsanerokan@sabanciuniv.edu

Abstract

The growing accumulation of plastics, rubbers, composite wastes, and biomass presents critical challenges for global waste management and environmental sustainability. This work demonstrates how laboratory-scale innovations have been successfully translated into real-world applications, leading to tangible societal and industrial impact. A novel thermo-chemical process in the presence of natural substrates and catalysts has been developed to convert thermoplastic, thermoset, and biomass-derived waste streams into high-value carbon nanomaterials, such as graphene and its derivatives by mimicking Chemical Vapor Deposition (CVD) process. Utilizing these patented technologies, the carbon structure is precisely engineered by harnessing the hydrocarbon content of waste materials. This approach represents a sustainable alternative to conventional recycling, advancing circular economy principles through green synthesis and upcycling by addressing global wastes of tires, mixed thermoplastics and carbon fiber reinforced polymer composites (CFRP). The morphology of the resulting graphene—ranging from 2D sheets to 3D spheres—is influenced by the aromaticity and aliphaticity of the input waste. These nanomaterials are integrated into lightweight thermoplastic composites for applications in the automotive and plastics industries, enabling energy-efficient manufacturing and reducing environmental impact. Recycled polymers (e.g., polypropylene, polyamides), natural fibers (such as hemp and flax), and reclaimed carbon fibers derived from pultrusion panels of wind turbines are combined with waste-derived graphene to replace conventional glass fiber-reinforced plastics and even metal components. This enables lightweighting in targeted components, reducing CO₂ emissions and supporting broader sustainability goals. In addition, Life Cycle Assessment (LCA) methodologies

are integrated to evaluate the environmental footprint of materials and parts, validating their role in reducing reliance on virgin resources and lowering greenhouse gas emissions. Furthermore, the reduction of carbon emissions achieved through these materials offers measurable economic benefits under emerging carbon tax regulations, providing a competitive advantage for industries aiming to lower their environmental costs while meeting global climate targets.

KOBALT İÇERMEYEN HIZLANDIRICILARIN CAM ELYAF TAKVİYELİ POLYESTER KOMPOZİTLERİNİN SERTLEŞME SÜRECİNDEKİ VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

EFFECT OF COBALT-FREE ACCELERATORS ON THE CURING PROCESS AND MECHANICAL PROPERTIES OF GLASS FIBER REINFORCED POLYESTER COMPOSITES

Deniz Durkut¹, Aybüke Polat¹, Ataol Alper¹, Elif Alyamaç Seydibeyoğlu¹

¹Ege University, Department of Chemical Engineering, Main Campus, 35100
Bornova/Izmir, Türkiye

elif.alysamac@ege.edu.tr

Abstract

This study explores cobalt-free accelerator systems (manganese, potassium, and calcium octoates) for unsaturated polyester (UP) resins, focusing on their curing behavior and mechanical properties compared to conventional cobalt octoate. Due to the carcinogenic and environmental concerns associated with cobalt-based systems, there is growing interest in safer alternatives. Glass fiber reinforced polyester (GFRP) composites were fabricated using the hand lay-up method with accelerator loadings of 1 wt% and 2.5 wt%. The composites were characterized by Differential Scanning Calorimetry (DSC), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and mechanical testing to evaluate curing behavior and structural performance. Among the alternatives, 1 wt% manganese octoate provided a flexural modulus of 8.71 GPa, which is approximately 32% higher than that of the cobalt-containing system, while exhibiting improved curing efficiency, as indicated by a lower residual heat of reaction (44.38 J/g vs. 109.20 J/g). Potassium octoate yielded the highest tensile modulus (3.90 GPa), surpassing the cobalt-based system in stiffness. Calcium octoate resulted in reduced mechanical performance but remains attractive for non-structural, eco-friendly applications due to its non-toxic and biodegradable nature. Increasing accelerator content to 2.5 wt% caused a 15-25% decrease in

mechanical properties across all systems, underlining the importance of formulation optimization. Overall, manganese octoate emerges as the most balanced and promising replacement for cobalt, combining mechanical performance, curing efficiency, and improved environmental and health profiles, and thus supporting the development of safer, more sustainable GFRP composites.

Keywords: [Cobalt-free Accelerators, Glass Fiber Reinforced Polyester Composites, Curing Behavior]

Özet

Bu çalışma, doymamış polyester (UP) reçineleri için kobalt içermeyen hızlandırıcı sistemleri (mangan, potasyum ve kalsiyum oktoatlar) inceleyerek kürlenme davranışlarını ve mekanik özelliklerini geleneksel kobalt oktoat ile karşılaştırmaktadır. Kobalt bazlı sistemlerle ilişkili kanserojen ve çevresel riskler nedeniyle daha güvenli alternatiflere yönelik ilgi giderek artmaktadır. Bu kapsamda, hızlandırıcı yüklemeleri ağırlıkça %1 ve %2,5 olacak şekilde el yatırması yöntemiyle cam elyaf takviyeli polyester (GFRP) kompozitler üretilmiştir. Kompozitlerin kürlenme davranışı ve yapısal performansı Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR) ve mekanik testler ile karakterize edilmiştir. Alternatif sistemler arasında, %1 mangan oktoat 8,71 GPa eğilme modülü sağlayarak kobalt içeren sisteme göre yaklaşık %32 daha yüksek değer göstermiş ve daha düşük ısıya reaksiyon ısısı (44,38 J/g karşı 109,20 J/g) ile daha verimli bir kürlenme davranışı sergilemiştir. Potasyum oktoat ise en yüksek çekme modülünü (3,90 GPa) vermiş ve kobalt bazlı sistemin sertliğini aşmıştır. Kalsiyum oktoat daha düşük mekanik performans göstermesine rağmen toksik olmaması ve biyolojik olarak parçalanabilir yapısı nedeniyle yapısal olmayan, çevre dostu uygulamalar için hala cazip bir seçenektir. Hızlandırıcı miktarının %2,5'e çıkarılması tüm sistemlerde mekanik özelliklerde %15-25 arasında düşüşe neden olmuş, bu da formülasyon optimizasyonunun önemini ortaya koymuştur. Genel olarak mangan oktoat, mekanik performans, kürlenme karakteri ve çevresel/sağlık açısından iyileştirilmiş profil sunarak kobalta en dengeli ve en umut verici alternatif olarak öne çıkmakta ve daha güvenli, sürdürülebilir GFRP kompozitlerinin geliştirilmesini desteklemektedir.

Anahtar Kelimeler: [Kobaltsız Hızlandırıcılar, Cam Elyaf Takviyeli Polyester Kompozitler, Kürlenme Davranışı]

PPS KOMPOZİTLERİNDE FARKLI BAĞLAYICI TÜRLERİNİN CAM ELYAF ARAYÜZEY DAYANIMINA ETKİSİ

EFFECT OF DIFFERENT SIZING TYPES IN PPS COMPOSITES ON THE INTERFACIAL STRENGTH OF GLASS FIBER

Göksenin Kurt Çömlekçi¹, Emir Çetinalp¹, Tolga Aktaş¹, Gülşah Kahraman¹

Şişecam Bilim, Teknoloji ve Tasarım Merkezi Çayırova, Kocaeli 41420, Türkiye

gcomlekci@sisecam.com

Abstract

Polyphenylene sulfide (PPS) is an advanced engineering polymer preferred in many industries such as electronics, automotive, medical, and aerospace due to its high-temperature resistance, chemical resistance, and dimensional stability [1]. PPS, which has a linear and semi-crystalline structure, possesses a thermal deformation temperature of up to 260 °C and a long-term service temperature of approximately 200 °C [2].

However, the brittle nature of pure PPS limits its impact toughness, thereby restricting its application areas. To overcome this limitation, the PPS matrix is reinforced with high-strength fibers such as glass, carbon, aramid, and basalt to form composites [3]. These reinforcements significantly enhance the mechanical, thermal, and fatigue performance of PPS composites. Among them, glass fiber is one of the most commonly used reinforcement materials due to its low cost and high strength.

The mechanical performance of polymer matrix composites is directly dependent on the quality of the interfacial interaction between the reinforcing fiber and the matrix. “Sizing” (glass fiber surface coatings) ensures integrity by forming chemical and physical bonds at the fiber-matrix interface [4]. In this study, the compatibility of different organic coatings applied to the glass fiber surface with the PPS (polyphenylene sulfide) matrix was evaluated using the pull-out test method.

Glass fibers were produced by applying silane and film-forming coatings containing different functional groups to the glass fiber surface in different proportions using a fiber drawing system. The produced glass fibers were cured using both radio frequency and conventional drying methods. The compatibility of the obtained glass fibers with PPS was examined using the Fimabond pull-out test method. In the pull-out test process conducted to evaluate the interfacial interaction between the glass fiber and the PPS matrix, the PPS matrix is first heated in a controlled manner to 320°C to reach a molten state. This temperature range allows the viscosity of PPS to reach a level that can spread over the glass fiber surface. After heating, a single glass fiber is carefully centered and embedded into the molten PPS at a fixed length. Following the embedding process, the system is held at a constant temperature for a specific duration to allow curing. During this period, chemical and physical bonds form at the interface, resulting in a micro-scale composite structure. The resulting structure is placed in a tensile testing device, and the glass fiber is pulled out from the embedded PPS matrix. Using the load-displacement data obtained during this pulling process, the interfacial force is calculated according to Equation 1 [5]:

$$\tau_{app} = \frac{F_{maks}}{\pi \rho l} \quad \text{Eq.1.}$$

According to the results, the sizing structure applied to the glass fiber surface was found to be a determining factor in the interaction with the PPS matrix. This improved the fiber's ability to withstand higher tensile forces within the matrix and increased interfacial strength. In PPS samples prepared with glass fibers coated only with amine-based and epoxy-based silanes, the interfacial force was measured as 39.7 MPa and 34.2 MPa, respectively. When film-forming materials were used in combination with silane, the interfacial force increased to 67.7 MPa. Additionally, parameters such as coating thickness, drying characteristics, and curing temperature were observed to have significant effects on interfacial performance.

This study is significant in terms of contributing to the development of PPS-compatible glass fiber products and establishing a method for evaluating their performance.

Keywords: [Polyphenylene Sulfide (PPS), Glass Fiber, Sizing, Interfacial Strength, Pull-Out Test]

Özet

Polifenilen sülfür (PPS), yüksek sıcaklık dayanımı, kimyasal direnç ve boyutsal kararlılığı sayesinde elektronik, otomotiv, tıp ve havacılık gibi birçok endüstride tercih edilen ileri düzey bir mühendislik polimeridir [1]. Lineer ve yarı kristalin yapıya sahip olan PPS, 260 °C'ye kadar termal deformasyon sıcaklığına ve yaklaşık 200 °C uzun süreli kullanım sıcaklığına sahiptir [2].

Ancak, saf PPS'in kırılgan yapısı darbe tokluğunu sınırlandırmakta ve bu durum uygulama alanlarını kısıtlamaktadır. Bu eksikliği gidermek amacıyla PPS matrisi, cam, karbon, aramid ve bazalt gibi yüksek dayanımlı liflerle takviye edilerek kompozit hale getirilmektedir [3]. Bu tür takviyeler, PPS kompozitlerinin mekanik, termal ve yorulma performanslarını önemli ölçüde artırmaktadır. Özellikle cam lifi, düşük maliyeti ve yüksek dayanımı sayesinde PPS ile birlikte en yaygın kullanılan takviye malzemelerinden biridir.

Polimer matrisli kompozitlerin mekanik performansı, takviye elyafı ile matris arasındaki arayüzey etkileşiminin kalitesine doğrudan bağlıdır. “Sizing” (cam elyaf yüzey kaplamaları), lif-matris arayüzeyinde kimyasal ve fiziksel bağ oluşturarak bütünlük sağlar [4]. Bu çalışmada cam elyaf yüzeyine uygulanan farklı organik bağlayıcı kaplamaların PPS (polifenilen sülfür) matrisi ile uyumu, pull-out testi yöntemiyle değerlendirilmiştir.

Farklı fonksiyonel gruplar içeren silan ve film yapıcı kaplamalar elyaf çekme sisteminde cam elyaf yüzeyine farklı oranlarda uygulanarak elyaflar üretilmiştir. Üretilen cam elyafları radyo frekans ve konvensiyonel yöntemler ile kürlenmiştir. Elde edilen cam elyafların PPS ile uyumu Fimabond pull-out test yöntemi ile incelenmiştir. Cam elyaf ile PPS matrisi arasındaki arayüzey etkileşimini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilen pull-out test sürecinde, ilk olarak, PPS matrisi 320°C'de kontrollü bir şekilde ısıtılarak eriyik hale getirilir. Bu sıcaklık aralığı, PPS'in viskozitesinin cam elyaf yüzeyine yayılabilecek seviyeye ulaşmasını sağlar. Isıtma işlemi tamamlandıktan sonra, tek bir cam elyaf lifi, eriyik PPS içerisine merkezlenmiş ve sabit bir uzunlukta dikkatlice daldırılır. Gömme işleminin ardından, sistem sabit sıcaklıkta belirli bir süre tutularak kürlenir. Bu sürede arayüzeyde kimyasal ve fiziksel bağ oluşumu gerçekleşir ve mikro ölçekte kompozit yapı elde edilmiştir. Elde edilen yapı çekme test cihazına yerleştirilir ve cam elyaf, gömülü olduğu PPS matrisinden çekilerek ayrılır. Bu çekme işlemi sırasında elde edilen yük-yer değiştirme verileri kullanılarak, arayüzey kuvveti Denklem 1'e göre hesaplanır [5].

$$\tau_{app} = \frac{F_{maks}}{\pi \rho l} \quad \text{Eq.1.}$$

Sonuçlara göre, cam elyaf yüzeyine uygulanan bağlayıcı yapısının, PPS matrisi ile olan etkileşimde belirleyici olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, lifin matris içinde daha yüksek çekme kuvvetlerine dayanmasını sağlamış ve arayüzey dayanımını artırmıştır. Sadece amin bazlı ve epoksi bazlı silan kaplı cam elyaflar ile hazırlanan PPS numunelerinde arayüzey kuvveti sırasıyla 39,7 ve 34,2 MPa olarak ölçülmüştür. Silan ile birlikte film yapıcı malzemelerin kullanılması ile arayüzey kuvveti artarak 67,7 MPa elde edilmiştir. Ayrıca, kaplama kalınlığı, kurutma özellikleri ve kütleme sıcaklığı gibi parametrelerin de arayüzey performansı üzerinde önemli etkileri olduğu gözlemlenmiştir.

Bu çalışma PPS uyumlu cam elyaf ürün geliştirilmesine ve performansının değerlendirilmesi için bir yöntem oluşturması açısından önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Polifenilen Sülfür (PPS), Cam Elyaf- Bağlayıcı, Arayüzey Dayanımı, Pull-Out Testi]

References

- [1] Jian Xing, Qing-Qing Ni, Bingyao Deng, Qingsheng Liu, “Morphology and properties of polyphenylene sulfide (PPS)/polyvinylidene fluoride (PVDF) polymer alloys by melt blending”, *Composites Science and Technology*, 2016, 134:184-190.
- [2] Attel Manjunath, H. Manjushree, K.C. Nagaraja, K.G. Pranesh, “Role of E-glass fiber on mechanical, thermal and electrical properties of polyphenylene sulfide (PPS) composites”, *Materials Today: Proceedings*, 2022, 62:5439-5443
- [3] Rasana Nanoth, K. Jayanarayanan, P. Sarath Kumar, Meera Balachandran, Alessandro Pegoretti, “Static and dynamic mechanical properties of hybrid polymer composites: A comprehensive review of experimental, micromechanical and simulation approaches”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2023, 174:107741.
- [4] James Thomason, “Glass fibre sizing: A review”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 2019, 127:105619.
- [5] Zhandarov, S., Mäder, E., & Scheffler, C., “Investigation of interfacial strength parameters in polymer matrix composites: Compatibility and reproducibility”, *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 2018, 1(1), 42–50.

KARBON FİBER VE CAM FİBER TAKVİYELİ HDPE MATRİS KOMPOZİTLERDE ÇEVRESEL YAŞLANDIRMANIN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERE ETKİSİ

EFFECT OF ENVIRONMENTAL AGING ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF CARBON FIBER AND GLASS FIBER REINFORCED HDPE MATRIX COMPOSITES

Alperen Dogru¹

¹Aviation HVS, Ege University, Erzene Bornova, İzmir 35414, Türkiye

Alperen.dogru@ege.edu.tr

Abstract

High-density polyethylene (HDPE) is a thermoplastic material widely preferred in various engineering applications due to its chemical resistance and low cost. However, in applications where enhanced mechanical and thermal performance is required, the properties of neat HDPE must be improved. In this study, the changes in mechanical and thermal properties of neat HDPE, 10 wt% glass fiber (GF)-reinforced HDPE composite, and 10 wt% carbon fiber (CF)-reinforced HDPE composite—produced via material extrusion-based additive manufacturing (AM)—were comparatively investigated after being aged under conditioned atmospheric environments (including humidity, temperature, and salt spray exposure) for different durations (2 weeks, 4 weeks, and 8 weeks).

Glass fiber reinforcement increased the stiffness of HDPE while relatively preserving its impact resistance; carbon fiber reinforcement significantly improved the modulus but slightly increased brittleness. During the aging period, a decrease in thermal stability was observed in all materials, with neat HDPE exhibiting the most pronounced deterioration in mechanical properties. In contrast, fiber-reinforced composites showed greater resistance to degradation under the same conditions. Additive manufacturing offers advantages such as low production cost, geometric flexibility, and freedom in material design, making it a suitable technique for the fabrication of such polymer matrix composites. This

study highlights the importance of fiber reinforcement and manufacturing method in enhancing the suitability of HDPE-based composites for outdoor applications.

Keywords: [Thermoplastic composites, Additive manufacturing, Environmental aging]

Özet

Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), kimyasal dayanımı ve düşük maliyeti sebebiyle birçok mühendislik uygulamasında tercih edilen bir termoplastiktir. Ancak, mekanik ve termal performans gereksinimlerinin arttığı uygulamalarda saf HDPE'nin özelliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, malzeme ekstrüzyonu temelli eklemeli imalat (EI) yöntemiyle üretilen saf HDPE, ağırlıkça %10 cam elyaf takviyeli HDPE kompozit ve ağırlıkça %10 karbon elyaf takviyeli HDPE kompozitlerin farklı sürelerde (2 hafta, 4 hafta ve 8 hafta) koşullandırılmış atmosfer şartlarında (nem, sıcaklık ve tuz sisi etkisi) yaşlandırılması sonrası mekanik ve termal özelliklerindeki değişimler karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Cam elyaf takviyesi, HDPE'nin rijitliğini artırırken darbe dayanımını nispeten korumuş; karbon elyaf takviyesi ise yüksek modül artışı sağlarken kırılabilirliği bir miktar artırmıştır. Yaşlandırma süresi boyunca tüm malzemelerde termal kararlılıkta azalma gözlenmiş, özellikle saf HDPE'de mekanik özelliklerde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Buna karşın, fiber takviyeli kompozitlerde yapının bozulmaya karşı daha dirençli olduğu görülmüştür.

Eklemeli imalat yöntemi, düşük üretim maliyeti, geometrik esneklik ve malzeme tasarımındaki özgürlük nedeniyle bu tür polimer matrisli kompozitlerin üretimi için avantajlı bir teknolojidir. Bu çalışma, HDPE esaslı kompozitlerin dış ortam uygulamalarına uygunluğunun artırılması amacıyla elyaf takviyesinin ve üretim yönteminin önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Termoplastik kompozitler, Eklemeli imalat, Çevresel yaşlanma]

References

[1] Sozen A, Neser G, “On the printability of high-density polyethylene (HDPE) reinforced with long glass and short carbon fibres”, Rapid Prototyping Journal, 31(2), 432–446 (2025).

[2] Hsieh C, Pan Y, Lin J, “Polypropylene/High-Density Polyethylene/Carbon Fiber Composites: Manufacturing Techniques, Mechanical Properties, and Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness”, *Fibers and Polymers*, 18 (1), 155–161 (2017).

[3] Borkar A, Hendlmeier A, Simon Z, “A comparison of mechanical properties of recycled high-density polyethylene/waste carbon fiber via injection molding and 3D printing”, *Polymer Composites*, 43(4), 2408–2418 (2022).

KÜRLEME SIRASINDAKİ ISITMA HIZININ KOMPOZİT MALZEMELERİN ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

EFFECT OF HEATING RATE DURING CURING ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS

Ferhat Gül¹,

¹Metallurgy and Materials Engineering, Faculty of Technology, Gazi University,
Beşevler, Ankara 06500, Türkiye

fgul@gazi.edu.tr

Abstract

Composite materials are basically classified as polymer, ceramic and metal matrix composites according to their matrix material. Due to their many superior properties such as low density and high mechanical strength, polymer matrix composite materials are widely used in defense, aviation, automotive, marine, biomedical, energy, construction, furniture, sports etc. sectors [1-4]. In the field of aerospace and aviation, carbon and other fiber reinforced composite materials are used to provide desired properties such as high specific strength, fuel economy, corrosion, fatigue resistance, and radar absorption [5-8]. Inadequate flow of the resin during the molding process or improper curing conditions can cause porosity. For this reason, curing in the appropriate temperature range is recommended [3]. However, it is thought that the heating rate during curing is also important as the curing temperature and time are effective in the product quality [4]. On the other hand, it is understood that a high heating rate during curing causes significant warpage in the produced composite part [9]. There are few studies in the literature where the heating rate is specifically evaluated as an independent parameter during the curing process [10-11]. It is understood that the optimum heating rate provides some important gains in production and product properties. Such studies should be carried out specifically for different reinforcement-matrix systems and composite parts. In this study, it is aimed at

evaluating the effect of the heating rate during the curing process on the properties of the polymer matrix composite material in the light of the literature.

Keywords: [Polymer matrix composite materials, Epoxy, Curing process, Heating rate]

Özet

Kompozit malzemeler temel olarak sahip olduğu matris malzemeye göre polimer, seramik ve metal matris kompozitler olarak sınıflandırılmaktadır. Düşük yoğunluk, yüksek mekanik dayanım gibi birçok üstün özellikleri nedeniyle, savunma, havacılık, otomotiv, denizcilik, biyomedikal, enerji, inşaat, mobilya, spor vb. sektörlerde polimer matris kompozit malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır [1-4]. Uzay ve havacılık alanında karbon ve diğer fiber takviyeli kompozit malzemeler kullanılarak yüksek özgül mukavemet, yakıt ekonomisi, korozyon, yorulma dayanımı, radar soğurumu gibi arzu edilen özellikler temin edilmektedir [5-8]. Reçinenin kalıplama sürecinde uygun şekilde akmaması veya uygun olmayan kürlleme şartları poroziteye neden olabilmektedir. Bunun için uygun sıcaklık aralığında kürlleme önerilmektedir [3]. Ancak oluşan ürün kalitesinde kürlleme sıcaklık ve süresi etkili olduğu kadar [4], kürlleme sırasındaki ısıtma hızının da önemli olduğu düşünülmektedir. Öte yandan kürllemede sıcaklık artış hızının yüksek olması üretilen kompozit parçada önemli derecede çarpılmaya neden olduğu anlaşılmaktadır [9]. Literatürde, kürlleme işlemi sırasında ısıtma hızının bağımsız bir değişken olarak incelendiği sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır [10-11]. Optimum ısıtma hızının, üretimde ve ürün özelliklerinde bazı önemli kazanımlar sağladığı anlaşılmaktadır. Bu tür incelemelerin farklı takviye-matris sistemleri ve kompozit parçalar özelinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada literatür ışığında kürlleme sürecinde ısıtma hızının polimer matris kompozit malzeme özelliklerine etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Polimer matris kompozit malzemeler, Epoksi, Kürlleme işlemi, Isıtma hızı]

References

[1] Raju, A., & Shanmugaraja, M. (2021). Recent researches in fiber reinforced composite materials: A review. *Materials Today: Proceedings*, 46, 9291-9296.

- [2] Chairi, M., El Bahaoui, J., Hanafi, I., Cabrera, F. M., & Di Bella, G. (2023). Composite materials: A review of polymer and metal matrix composites, their mechanical characterization, and mechanical properties. *Next Generation Fiber-Reinforced Composites-New Insights*.
- [3] Ekuase, O. A., Anjum, N., Eze, V. O., & Okoli, O. I. (2022). A review on the out-of-autoclave process for composite manufacturing. *Journal of Composites Science*, 6(6), 172.
- [4] Karaçor, B., & Özcanlı, M. (2021). Different curing temperature effects on mechanical properties of jute/glass fiber reinforced hybrid composites. *International Journal of Automotive Science and Technology*, 5(4), 358-371.
- [5] Akin, M. (2018). *Co-cured manufacturing of advanced composite materials using vacuum assisted resin transfer molding* (Master's thesis, Middle East Technical University (Türkiye)).
- [6] Kumbhare, N., Moheimani, R., & Dalir, H. (2021). Analysis of composite structures in curing process for shape deformations and shear stress: Basis for advanced optimization. *Journal of Composites Science*, 5(2), 63.
- [7] Manral, A., Ahmad, F., & Sharma, B. (2019). Advances in curing methods of reinforced polymer composites. *Reinforced polymer composites: processing, characterization and post life cycle assessment*, 77-104
- [8] Abliz, D., Duan, Y., Steuernagel, L., Xie, L., Li, D., & Ziegmann, G. (2013). Curing methods for advanced polymer composites-a review. *Polymers and Polymer Composites*, 21(6), 341-348.
- [9] Perrin, H. F., D'Acunto, A., & Martin, P. (2010). Warpage of flat composite part induced by liquid resin infusion (LRI) processes.
- [10] Peng, W., Chen, X., & Wang, J. (2021). Study on the curing behavior of polythiol/phenolic/epoxy resin and the mechanical and thermal properties of the composites. *Materials Research Express*, 8(5), 055302.
- [11] Zhang, J., Guo, Q., & Fox, B. L. (2009). Study on thermoplastic-modified multifunctional epoxies: Influence of heating rate on cure behaviour and phase separation. *Composites Science and Technology*, 69(7-8), 1172-1179.

MİKRODALGAYLA KÜRLEMENİN CAM ELYAF TAKVİYELİ ELİUM TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİMİNE ETKİSİ

EFFECT OF MICROWAVE CURING ON GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE PRODUCTION

Mete Kayihan¹, Pelin Beyza Sağlam¹, Buse Güleç¹, Mustafa Bakkal¹

¹Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, Gümüşsuyu, İnönü Cd. No:65, Beyoğlu, Istanbul 34437, Türkiye

kayihanm@itu.edu.tr

Abstract

Microwave curing technology offers a faster and more efficient alternative in polymer composite material production compared to traditional methods. It also increases the mechanical properties of the material. This study aims to provide an optimized production to meet the requirements of the automotive sector in terms of light weighting, durability, environmental sustainability and production efficiency with an innovative method. In this context, the materials will first be produced with the classical resin transfer molding method and the mechanical properties of these samples will be characterized by tensile, three-point bending and impact tests. On the other hand, the polymer composite material was cured with microwaves in different temperature and different duration scenarios. Mechanical characterization tests were completed similar to the first produced samples. As a result of these tests, it was observed that the samples preheated to 40 °C with microwaves had the highest tensile strength and elongation at break. The samples without microwave curing method remained at the lowest strength and elongation at break.

Keywords: [glass fiber, Elium, thermoplastic, microwave curing, mechanical properties]

Özet

Mikrodalga kürleme teknolojisi, geleneksel yöntemlere kıyasla polimer kompozit malzeme üretiminde daha hızlı ve verimli bir alternatif sunmaktadır. Aynı zamanda malzemenin mekanik özelliklerinin de artışı sağlamaktadır. Bu çalışma, özellikle otomotiv sektörünün hafiflik, dayanıklılık, inovatif bir metotla çevresel sürdürülebilirlik ve üretim verimliliği gereksinimlerini karşılamak için optimize bir üretim sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda ilk olarak malzemeler klasik reçine transfer kalıplama yöntemiyle üretilecek ve bu numunelerin mekanik özellikleri çekme, üç nokta eğme ve darbe testleriyle karakterize edildi. Diğer yandan, polimer kompozit malzeme farklı sıcaklık ve farklı sürelerdeki senaryolarda mikrodalga ile kürleme işlemi uygulandı. İlk üretilen numunelere benzer şekilde mekanik karakterizasyon testleri tamamlandı. Bu testler sonucunda mikrodalgayla 40 °C'ye ön ısıtılan numunelerin en yüksek çekme mukavemeti ve kopma uzaması değerine sahip olduğu gözlemlendi. Mikrodalga kürleme yöntemi uygulanmayan numuneler ise en düşük mukavemet ve kopma uzaması değerinde kaldı.

Anahtar Kelimeler: [cam elyaf, Elium, termoplastik, mikrodalgayla kürleme, mekanik özellikler]

CAM ELYAF TAKVİYELİ ELİUM TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜNÜN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

EFFECT OF RECYCLING GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE MATERIALS ON MECHANICAL PROPERTIES

Mete Kayihan¹, Berfin Cevlani¹, Mustafa Bakkal¹

¹Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, Gümüşsuyu, İnönü Cd. No:65, Beyoğlu, Istanbul 34437, Türkiye

kayihanm@itu.edu.tr

Abstract

Thermoplastic materials are of vital importance for sustainable manufacturing because they are recyclable. In this study, the effect of mechanical and/or chemical recycling on the mechanical properties of glass fiber reinforced Elium thermoplastic composites that have been previously damaged in various ways is discussed. In mechanical recycling, materials are ground into powder or granules to produce new products, while polymer matrices are separated by chemical processes to recover the reinforcement fibers. After all recycling processes, the materials are remanufactured using resin transfer molding. Then, samples are prepared and subjected to tensile, three-point bending and impact tests. As a result of the tests, it was revealed that although a large decrease in the tensile strength of the material was observed in the first recycling, these mechanical properties improved to a certain point as the recycling process continued, and then no further increase was observed.

Keywords: [glass fiber, Elium, thermoplastic, recycling, mechanical properties]

Özet

Termoplastik malzemeler geri dönüştürülebilir olduğu için sürdürülebilir imalat için hayati bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, daha önce çeşitli şekilde hasar almış cam elyaf takviyeli Elium termoplastik kompozitlerin mekanik ve/veya kimyasal geri dönüştürülmesinin mekanik özelliklerine etkisinden bahsedilmektedir. Mekanik geri dönüştürmede malzemeler öğütülerek toz veya granül haline getirilip tekrardan yeni ürünler üretilirken polimer matrisler kimyasal süreçlerle ayrıştırılarak takviye elemanı elyafların da kurtarılması sağlandı. Tüm geri dönüşüm süreçlerinin ardından malzemeler reçine transfer kalıplamayla tekrardan üretildi. Ardından numuneler hazırlanarak çekme, üç nokta eğme ve darbe testine tabi tutuldu. Testler sonucunda ilk geri dönüşümde malzemenin çekme mukavemetinde büyük bir düşüş gözlemlense de geri dönüşüm işlemine devam edildikçe bu mekanik özelliklerin bir noktaya kadar iyileştiği ardından ise artık bir artış gözlemlenmediği ortaya koyuldu.

Anahtar Kelimeler: [cam elyaf, Elium, termoplastik, geri dönüşüm, mekanik özellikler]

NANOMALZEME ESASLI TRIBOELEKTRİK NANOJENERATÖRLER İÇİN ENERJİ HASATI UYGULAMALARI

ENERGY HARVESTING APPLICATIONS FOR NANOMATERIAL BASED TRIBOELECTRIC NANOGENERATORS

Melisa Atay¹, Metin Yurddaskal^{2,3,4}

¹The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylul University, Adatepe DEÜ Kaynaklar Campus, Izmir 35390, Türkiye

²Department of Metallurgical and Materials Engineering, Dokuz Eylul University, Adatepe DEÜ Kaynaklar Campus, 35390 Izmir, Türkiye

³Center for Fabrication and Application of Electronic Materials, Dokuz Eylul University, Adatepe DEÜ Kaynaklar Campus, 35390 Izmir, Türkiye

⁴Department of Nanoscience and Nanoengineering, Dokuz Eylul University, Adatepe DEÜ Kaynaklar Campus, Izmir 35390, Türkiye

melisa_atay@hotmail.com

Abstract

Wearable energy harvesting technologies necessitate the development of lightweight, flexible, and mechanically responsive materials.¹ In this study, triboelectric nanogenerators (TENGs) were fabricated using spacer fabrics functionalized with nanomaterial-enhanced polymer coatings. Triboelectric layers based on polydimethylsiloxane (PDMS) and polyvinylidene fluoride (PVDF) were reinforced with conductive nanomaterials and deposited onto the spacer fabric via spin coating. The porous and flexible structure of the spacer fabric enhanced the efficiency of contact–separation cycles, while the incorporation of nanomaterials significantly improved surface charge density and output performance.² The TENG devices were characterized under periodic

mechanical excitation using a digital oscilloscope, yielding stable voltage signals suitable for powering low-power wearable electronic systems. This work offers a scalable approach toward self-powered wearable platforms by integrating nanostructured functional films with textile-based systems.³

Keywords: [Triboelectric nanogenerator, energy harvesting, nanomaterials]

Özet

Giyilebilir enerji hasadı teknolojileri, hafif, esnek ve mekanik harekete duyarlı malzemelere duyulan ihtiyacı beraberinde getirmektedir.¹ Bu çalışmada, nanomalzeme katkılı polimer kaplamalarla fonksiyonelleştirilmiş spacer kumaşlar kullanılarak triboelektrik nanogeneratörlerin (TENG) üretimi gerçekleştirilmiştir. Polidimetilsiloksan (PDMS) ve poliviniliden florür (PVDF) esaslı triboelektrik tabakalar, iletken nanomalzemelerle güçlendirilerek spacer kumaş üzerine spin coating yöntemiyle kaplanmıştır. Spacer kumaşın gözenekli ve esnek yapısı, temas-ayırılma döngülerinin verimliliğini artırırken, nanomalzeme katkısı yüzey yük yoğunluğunu ve çıktı performansını önemli ölçüde iyileştirmiştir.² TENG yapıları, periyodik mekanik uyarım altında dijital osiloskop aracılığıyla karakterize edilmiş ve düşük güçlü giyilebilir elektronik sistemleri beslemeye uygun kararlı voltaj sinyalleri elde edilmiştir. Bu çalışma, tekstil tabanlı sistemlerle entegre edilebilen nanoyapılı fonksiyonel filmler aracılığıyla ölçeklenebilir, kendi kendine enerji üretebilen giyilebilir platformlara yönelik yeni bir yaklaşım sunmaktadır.³

Anahtar Kelimeler: [Triboelektrik Nanogeneratör, Enerji Hasadı, Nanomalzemeler]

References

- [1] Li, Zhaotong, et al. "3-D woven triboelectric nanogenerators with integrated friction, spacer, and electrode layers for wearable energy harvesting and mechanical sensing." *Nano Energy* 135 (2025): 110622.
- [2] Kwon, Dae-Hyeon, et al. "Textile triboelectric nanogenerators with diverse 3d-spacer fabrics for improved output voltage." *Electronics* 10.8 (2021): 937.

[3] Li, Zhaotong, et al. "Preparation and performance of 3-D woven triboelectric nanogenerators with integrated friction and spacer layers." *Composite Structures* 322 (2023): 117430.

CVD POLİMER KAPSÜLLEME YOLUYLA QD TABANLI SENSÖRLERİN ISIL DİRENCİNİN ARTIRILMASI

ENHANCING THERMAL RESISTANCE OF QD BASED SENSORS VIA CVD POLYMER ENCAPSULATION

Merve Karabıyık¹, Gizem Cihanoglu¹, Özgenç Ebil¹

¹Department of Chemical Engineering, İzmir Institute of Technology, Gülbahçe Campus, Izmir 35433, Türkiye

merveozpirin@iyte.edu.tr

Abstract

Quantum dots (QDs) are semiconductor nanomaterials that emit photoluminescence (PL) with tunable wavelengths [1]. Due to their good conductivity and luminescence, high resistance to deterioration of fluorescence, narrow emission bands and broadband optical absorption, they have great promise for use in sensor fabrication and have been attracting increasing attention in sensing [2]. Some environmental conditions, particularly temperature, pose critical problems for polymer sensor nanoprobe, reducing the lifetime of sensor structures. Several approaches were pursued to overcome the challenges encountered in developing sensor structures using QDs. The encapsulation of QDs is one of the most promising solutions to ensure the successful preservation of the functional properties of the QDs, as well as to impart mechanical strength and durability to the surface. When examined the recent studies in the literature, few efforts are focused on the increasing mechanical strength of QD-bonded surfaces using encapsulation. Ideally, a protective coating for encapsulation should provide acceptable chemical and/or physical protection. In this context, polymer coatings are of great interest, as they can protect sensor surfaces from physical and chemical damage. Compared to wet methods, which suffer from long fabrication times and substrate degradation due to solvents and impurities, chemical vapor deposition (CVD) is a highly advantageous, solvent-free coating

method that provides the smoothest and most uniform cross-linked polymer coatings [3–5].

Here we present studies on how the encapsulation of a polymer-based quantum dot (QD) sensor nanoprobe preserves its fluorescence properties, particularly with regard to the effect of temperature. A highly mechanically resistant copolymer thin film containing glycidyl methacrylate (GMA) and ethylene glycol dimethylacrylate (EGDMA) was fabricated via CVD to encapsulate the sensor nanoprobe. Thermal resistance and fluorescence properties of polymer encapsulation films were evaluated. Fluorescence analysis revealed that the sensor nanoprobe retained its fluorescence after encapsulation with cross-linked copolymer and also when exposed to high temperature environments in its encapsulated form. Comparing sensor nanoprobe before and after annealing proved that the encapsulated sensor nanoprobe could be used in a high-temperature environment without degrading the QD fluorescence performance.

Keywords: [Protective coating, quantum dots (QDs), sensor nanoprobe, cross-linked copolymer thin film, chemical vapor deposition (CVD).]

Özet

Kuantum noktaları (QD'ler), ayarlanabilir dalga boylarında fotolüminesans (PL) yayan yarı iletken nanomalzemelerdir [1]. İyi iletkenlikleri ve lüminesansları, floresansın bozulmasına karşı yüksek dirençleri, dar emisyon bantları ve geniş bant optik absorpsiyonları nedeniyle, sensör üretiminde kullanım için büyük umut vaat etmekte ve algılamada artan bir şekilde ilgi görmektedirler [2]. Bazı çevresel koşullar, özellikle sıcaklık, sensör nanoprobe için kritik sorunlar oluşturmakta ve sensör yapılarının kullanım ömrünü azaltmaktadır. QD'ler kullanılarak sensör yapılarının geliştirilmesinde karşılaşılan zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli yaklaşımlar uygulanmıştır. QD'lerin kapsüllenmesi, QD'lerin fonksiyonel özelliklerinin başarılı bir şekilde korunmasını sağlamanın yanı sıra yüzeye mekanik güç ve dayanıklılık kazandırmak için en umut verici çözümlerden biridir. Literatürdeki son çalışmalar incelendiğinde, kapsülleme kullanılarak QD bağlı yüzeylerin mekanik dayanımının artırılmasına odaklanan çok az çalışma olduğu görülmektedir. İdeal olarak, kapsülleme için koruyucu bir kaplama kabul edilebilir kimyasal ve/veya fiziksel koruma sağlamalıdır. Bu bağlamda, sensör yüzeylerini fiziksel ve kimyasal hasarlardan koruyabildikleri için polimer kaplamalar büyük ilgi görmektedir. Çözücüler ve safsızlıklar nedeniyle uzun üretim süreleri ve alttaşı bozulmasından muzdarip olan ıslak yöntemlerle karşılaştırıldığında, kimyasal buhar biriktirme (CVD), en pürüzsüz ve en düzgün çapraz bağlı polimer

kaplamaları sağlayan oldukça avantajlı, zc kullanılmayan bir kaplama yöntemidir [3-5].

Burada, polimer bazlı bir kuantum nokta (QD) sensör nanoprobunun kapsüllenmesinin, özellikle sıcaklığın etkisiyle ilgili olarak QD'ın floresan özelliklerini nasıl koruduğu üzerine yapılan çalışmaları sunuyoruz. Sensör nanoprobunu kapsüllemek için CVD yoluyla glisidil metakrilat (GMA) ve etilen glikol dimetilakrilat (EGDMA) içeren mekanik olarak oldukça dirençli bir kopolimer ince film üretilmiştir. Polimer kapsülleme filmlerinin termal direnç ve floresan özellikleri değerlendirilmiştir. Floresan analizi, sensör nanoprobunun çapraz bağlı kopolimer ile kapsüllenme sonrasında ve ayrıca kapsüllü hali ile yüksek sıcaklık ortamlarına maruz kaldığında sensör nanoprobun floresan özelliğini koruduğunu ortaya koymuştur. Sensör nanoprobuların tavlama öncesi ve sonrası karşılaştırılması, kapsüllenmiş sensör nanoprobuların QD'lerin floresan performansını düşürmeden yüksek sıcaklık ortamında kullanılabileceğini kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: [Koruyucu kaplama, kuantum noktaları (QD'ler), sensör nanoprobunu, çapraz bağlı kopolimer ince film, kimyasal buhar biriktirme (CVD).]

Referanslar

[1] A. Paul Alivisatos. "Semiconductor Clusters, Nanocrystals, and Quantum Dots", Science, 271 (5251), 933-937 (1996).

[2] Ibrahim Yildiz, Massimiliano Tomasulo, and Franisco M. Raym. "A mechanism to signal receptor–substrate interactions with luminescent quantum dots", Proceedings of the National Academy of Sciences, 103(31), 11457 (2006).

[3] Salmaan H. Baxamusa, Laura Montero, J. Matthew Dubach, Heather A. Clark, Salvador Borros and Karen K. Gleason. "Protection of sensors for biological applications by photoinitiated chemical vapor deposition of hydrogel thin films", Biomacromolecules, 9, 2857–2862 (2008).

[4] Benny Chen, Scott Seidel, Hiroki Hori and Malancha Gupta. "Self-assembly of pillars modified with vapor deposited polymer coatings", ACS Applied Material Interfaces, 3, 4201–4205 (2011).

[5] Thomas C. Parker, Daniel Baechle and John Derek Demaree. "Polymeric barrier coatings via initiated chemical vapor deposition", Surface and Coatings Technology, 206, 1680–1683 (2011).



**THERMOSET MOULDING COMPOUNDS
M A N U F A C T U R E R**

BMC & SMC
BULK & SHEET
MOULDING COMPOUNDS

CF-BMC & CF-SMC
CARBON FIBER
BULK & SHEET
MOULDING COMPOUNDS

LW-BMC & LW-SMC
LIGHT WEIGHT
BULK & SHEET
MOULDING COMPOUNDS

FOR UNLIMITED
COMPOSITES TECHNOLOGY

**CHECK
LİTERATÜR**

WE ARE MOLDING
YOUR DREAMS



WE SHARE YOUR PRODUCTION LOAD WITH OUR
COMPRESSION AND INJECTION MOLDING FACILITY



www.literaturkimya.com



KOMPOZİTİN GELECEĞİNE YÖN VEREN ÇÖZÜMLER

HORSE

**KARBON YAPI
GÜÇLENDİRME
SİSTEMLERİ**



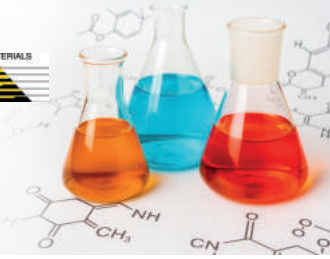
solidian • keltex

**KOMPOZİT
DONATILAR VE
ÖZEL ELYAF TAKVİYELER**



CTP ADVANCED MATERIALS

**EPOKSİ
SİSTEMLER**



aeropreg



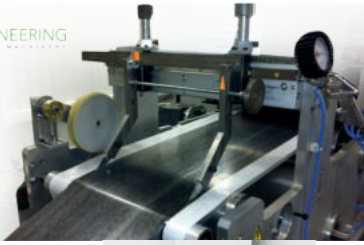
**PRE-PREG
TAKVİYELER**



RESTELLI ENGINEERING

SILTEX

**MAKİNE
PARKURLARI**



kb



**FİNİSAJ,
POLİSAJ
YÜZEY
ÇÖZÜMLERİ**



omniform

**Büyük Ebatlı
Katmanlı Üretim**



www.omniskompozit.com info@omniskompozit.com

Çavuşoğlu Mah. Sanatkarlar Cd. No:4 Kartal / İSTANBUL 34873

**İŞLENEBİLİRLİĞİ VE KÜR ÖZELLİKLERİ
AYARLANABİLİR ORTAM SICAKLIĞINDA STABİL
EPOKSİ PREPREGLER: PREPREG YAPISININ KOMPOZİT
PERFORMANSIYLA
İLİŞKİLENDİRİLMESİ**

**EPOXY PREPREGS WITH ADJUSTABLE PROCESSABILITY AND
CURING CHARACTERISTICS WITH AMBIENT- TEMPERATURE-
STABILITY: LINKING PREPREG ARCHITECTURE TO
COMPOSITE PERFORMANCE**

Cuma Ali Ucar^{1,2}, Bekir Dizman^{1,2}

¹Integrated Manufacturing Technologies Research and Application Center & Composite Technologies Center of Excellence, Sabanci University, Üniversite Cd. No: 27 , Istanbul 34956, Türkiye

²Faculty of Engineering and Natural Sciences, Materials Science and Nano Engineering, Sabanci University, Orta, Üniversite Cd. No: 27 , Istanbul 34956, Türkiye

ucar@sabanciuniv.edu

Abstract

An innovative epoxy system consisting of a single component was created by combining Araldite LY 1564—a bisphenol A-based epoxy resin—with two curing agents: triethylenetetramine (TETA), which reacts at low temperatures, and dicyandiamide (DICY), a latent hardener activated by heat. This resin mixture was applied to twill carbon fiber fabric and partially cured at a low temperature, resulting in a prepreg material with slight crosslinking that remains stable under room temperature conditions. By varying the amount of TETA, the team was able to precisely adjust key processing and performance traits of the prepreg, including its viscosity, flow characteristics, glass transition temperature (T_g), drapeability, and tackiness. A strong connection was observed between the prepreg's viscosity and T_g and its ease of draping and surface tack. To evaluate how easily the material could be handled during manufacturing, ASTM D 1388

for drapeability measurement was conducted. Final curing was successfully carried out at 140 °C using the TLC-5 system, significantly reducing the required cure temperature by around 40 °C compared to using DICY alone. The prepreg's drapeability was found to influence the interlaminar shear strength and void content of the finished composites. These findings underscore the potential of tailoring epoxy prepreps for better handling and customizable curing to meet the needs of advanced composite applications.

Keywords: [One component epoxy resin, Dual cure prepreg, Tackiness, ILSS, Drapeability]

Özet

Isı ile aktive olan gizli bir sertleştirici olan disiyandiamid (DICY) ve düşük sıcaklıklarda tepkimeye giren tri(etilen)tetramin (TETA) ile bisfenol A bazlı bir epoksi reçinesi olan Araldite LY 1564'ün birleştirilmesiyle, tek bileşenli yenilikçi bir epoksi sistemi geliştirilmiştir. Bu reçine karışımı dimi dokuma karbon fiber kumaşa emdirilmiş ve düşük sıcaklıkta kısmi kürlleme uygulanarak, ortam sıcaklığında kararlılığını koruyan hafif çapraz bağlı bir prepreg malzeme elde edilmiştir. TETA miktarının değiştirilmesiyle, prepregın viskozite, akış özellikleri, cam geçiş sıcaklığı (Tg), şekil verilebilirlik (drapeability) ve yüzey yapışkanlığı gibi önemli işleme ve performans özellikleri hassas bir şekilde ayarlanabilmiştir. Prepregın viskozitesi ve Tg değeri ile şekil verilebilirlik ve yüzey yapışkanlığı arasında güçlü bir ilişki gözlemlenmiştir. Malzemenin üretim sürecinde ne kadar kolay işlenebileceğini değerlendirmek için şekil verilebilirlik ölçümü ASTM D 1388 standardına göre gerçekleştirilmiştir. Nihai kürlleme, sadece DICY kullanıldığında gerekenden yaklaşık 40 °C daha düşük bir sıcaklıkta, TLC-5 sistemi kullanılarak 140 °C'de başarıyla tamamlanmıştır. Prepregın şekil verilebilirliğinin, elde edilen kompozitlerin ara katman kayma dayanımı (ILSS) ve boşluk içeriği üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar, gelişmiş kompozit uygulamaları için işlenebilirliği yüksek ve kürlenme davranışı ayarlanabilir epoksi prepreglerin tasarlanabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: [Tek bileşenli epoksi reçine, Çift çevrim kürlmeli prepreg, Yapışkanlık, ILSS, Form verilebilirlik]

EPOKSİ İLE KÜRLENMİŞ LİGNİN TAKVİYELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR KAÜÇUK KOMPOZİTLER

EPOXY-CURED SUSTAINABLE RUBBER COMPOSITES REINFORCED WITH LIGNIN

Onur Nuri Arslan¹, Chaoying Wan¹⁻

¹International Institute for Nanocomposites Manufacturing (IINM), WMG,
University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK,

onur-nuri.arslan@warwick.ac.uk

Abstract

Rubbers are typically known for their mechanical robustness, chemical resistance, and long-term durability, which originate from the covalently crosslinked polymer networks formed during vulcanization; however, the traditional sulphur curing system is not environmentally friendly due to toxic compounds such as accelerator tetramethyl thiuram disulfide (TMTD) and zinc oxide (ZnO) and toxic volatile organic compounds can be formed, such as SO₂ and NO_x, during the curing [1,2]. Additionally, the replacement of traditional fillers like carbon black (CB) is considered another critical step toward environmentally friendly rubber composites. At this point, lignin can be good alternative [3]. Although lignin shows remarkable properties such as low density and affordability, renewable nature and high antioxidant capacity attributed to its phenolic nature, only around 2% of technical lignin can be used as value added product due to its complex and heterogeneous structure. Furthermore, lignin exhibits poor compatibility with rubber matrix. To overcome these drawbacks, different methods were performed in literature such as fractionation, nanoparticle preparation and modification [3-7].

In this study, to obtain better dispersion in rubber matrix, trimethylolpropane triglycidyl ether (TMPTE) was introduced with lignin to obtain synergetic effect in carboxylated nitrile rubber (XNBR). The reaction between XNBR and TMPTE

was confirmed by FT-IR analysis. With lignin contents up to 20 phr, improvements were observed in both mechanical and rheological properties. Also, epoxy curing system was compared with dicumyl peroxide (DCP) curing system.

Keywords: [Lignin, Epoxy crosslinking, XNBR, Sustainable rubber composites]

Özet

Kauçuklar, genellikle mekanik dayanıklılıkları, kimyasal dirençleri ve uzun ömürlü yapıları ile bilinir. Bu özellikler, vulkanizasyon sırasında oluşan kovalent çapraz bağlı polimer ağlarından kaynaklanmaktadır. Ancak geleneksel sülfür kürleme sistemi, tetrametil tiuram disülfür (TMTD) ve çinko oksit (ZnO) gibi toksik bileşikler içermesi ve kürleme sırasında SO₂ ve NO_x gibi yine toksik uçucu organik bileşiklerin oluşabilmesi nedeniyle çevre dostu değildir [1,2]. Ayrıca, karbon siyahı (CB) gibi geleneksel dolgu maddelerinin değiştirilmesi, çevre dostu kauçuk kompozitlere geçişte önemli bir adımdır. Bu noktada lignin, iyi bir alternatif olabilir [3]. Düşük yoğunluk, uygun maliyet, yenilenebilir yapı ve fenolik yapısından kaynaklanan yüksek antioksidan kapasite gibi dikkat çekici özelliklerine rağmen, teknik ligninin yalnızca yaklaşık %2'si katma değerli ürünlerde kullanılabilir. Bunun başlıca nedeni ligninin karmaşık ve heterojen yapısıdır. Ayrıca lignin, kauçuk matrisi ile zayıf bir uyumluluk sergilemektedir. Bu dezavantajların üstesinden gelmek için literatürde fraksiyonlama, nanoparçacık üretimi ve modifikasyon gibi çeşitli yöntemler uygulanmıştır [3-7].

Bu çalışmada, kauçuk matris içinde daha iyi dağılma sağlamak amacıyla, karboksilli nitril kauçuk (XNBR) sisteminde lignin ile birlikte trimetilolpropan triglisidil eter (TMPTE) kullanılmış ve sinerjik bir etki elde edilmesi hedeflenmiştir. XNBR ile TMPTE arasındaki reaksiyon, FT-IR analizi ile doğrulanmıştır. Lignin miktarı 20 phr seviyesine kadar artırıldığında hem mekanik hem de reolojik özelliklerde iyileşmeler gözlemlenmiştir. Ayrıca epoksi kürleme sistemi, dikumil peroksit (DCP) kürleme sistemi ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: [Lignin, Epoksi bazlı kürleme, XNBR, Sürdürülebilir kauçuk kompozitler]

FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ TEK DUVARLI KARBON NANOTÜPLER İÇEREN KARBON/EPOKSİ PREPREGLERDE DSC VERİLERİ KULLANILARAK KÜR KİNETİĞİ PARAMETRELERİNİN TAHMİNİ

ESTIMATION OF CURE KINETICS PARAMETERS USING DSC DATA IN CARBON/EPOXY PREPREGS INCORPORATING FUNCTIONALIZED SINGLE-WALL CARBON NANOTUBES

Neslişah İmamoğlu Karabas¹, Gökçe Özaltun Şimşek¹, Gamze Tanoğlu², Sevin Gümgüm Turhan¹

¹Department of Mathematics, Faculty of Arts-Science, Izmir University of Economics, Fevzi Çakmak, Sakarya Cd. No:156, Izmir 35330, Türkiye

² Department of Mathematics, Faculty of Science, Izmir Institute of Technology Gülbahçe Campus, İzmir 35433, Türkiye

neslisah.karabas@ieu.edu.tr

Abstract

This study focused on estimating the cure kinetics of carbon/epoxy prepregs enhanced with functionalized single-wall carbon nanotubes (F-SWCNTs) using dynamic differential scanning calorimetry (DSC) data with an optimization technique. The epoxy resin systems were modified with 0.05, 0.1, and 0.2 wt% F-SWCNTs, which were impregnated onto carbon fibers (CFs). The curing behavior and thermal properties of the modified systems were investigated, and kinetic parameters were identified. DSC data obtained from CF/epoxy prepregs containing F-SWCNTs were utilized to validate the proposed methodology. To determine the kinetic parameters—namely, the pre-exponential factor (A) and activation energy (E)—in the reaction rate expression $\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) f(\alpha)$ an optimization approach was implemented. The derivative values were approximated from the DSC data using the finite difference method, and the

kinetic parameters A and E were extracted using the nonlinear least squares method. The results were then compared with those obtained from the KAS, Kissinger, and GMN methods. All numerical computations were performed using R Studio software.

Keywords: [Cure Kinetics, DSC, Optimization]

Özet

Bu çalışma, fonksiyonelleştirilmiş tek duvarlı karbon nanotüpler (F-SWCNT'ler) ile güçlendirilmiş karbon/epoksi prepreglerin kür kinetiğinin, dinamik diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) verileri kullanılarak ve bir optimizasyon tekniği aracılığıyla tahmin edilmesine odaklanmıştır, %0.05, %0.1 ve %0.2 ağırlık oranlarında F-SWCNT'ler ile modifiye edilmiş epoksi reçine sistemleri karbon liflerine (CF) emdirilmiştir. Modifiye sistemlerin kür davranışı ve termal özellikleri incelenmiş ve kinetik parametreler belirlenmiştir. F-SWCNT içeren CF/epoksi prepreglere ait DSC verileri, önerilen yöntemin doğrulanması amacıyla kullanılmıştır. Reaksiyon hızı ifadesinde $\frac{d\alpha}{dT} = \frac{A}{\beta} \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) f(\alpha)$ yer alan kinetik parametreleri— ön üstel faktör (A) ve aktivasyon enerjisi (E) — belirlemek için bir optimizasyon yöntemi uygulanmıştır. DSC verilerinden türev değerleri sonlu farklar yöntemi ile yaklaşık olarak hesaplanmış, A ve E parametreleri ise doğrusal olmayan en küçük kareler yöntemiyle elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar KAS, Kissinger ve GMN yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. Tüm sayısal hesaplamalar R Studio yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Cure Kinetics, DSC, Optimization]

References

- [1] P. C. Ma, K. Kim, B. Z. Tang, "Effects of silane functionalization on the properties of carbon nanotube/epoxy nanocomposites" *Composites Science and Technology* 67 (14) 2965–2972 (2007)
- [2] X. Ramis, J. M. Salla, A. Cadenato, J. M. Morancho, " Simulation of Isothermal Cure of a Powder coating Non isothermal DSC experiment." *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, Vol. 72 707-718 (2003).
- [3] Oz Murat, A Numerical Approach for Optimization of Curing Kinetics of

Composite Material, MS Thesis Izmir Institute of Technology, 2021

[4] Öz, M., Uz, Y.C., Tanoglu, G., Tanoglu, M. and Barisik, M, Investigating the Effects of Functionalized Single Wall Carbon Nanotubes on the Cure Behavior of a Carbon/Epoxy Prepreg System by an Optimized Parameter Approach. Polymer Composites. (2025) <https://doi.org/10.1002/pc.30039>

[5] H. E. Kissinger, Reaction kinetics in differential thermal analysis, Analytical chemistry 29 (11) 1702–1706 (1957).

[6] A. Hosseinpour, H. Nazockdast, T. Behzad, H. Salimi Jazi, Investigation of the cure kinetics of an epoxy resin by advanced isoconversional and model-fitting methods, in: AIP Conference Proceedings, Vol. 1713, AIP Publishing LLC, p. 110004 2016.

STATİK VE DARBE YÜKLERİ ALTINDA TERMOPLASTİK KOMPOZİT BAZLI SANDVIÇ PANELLERİN DENEYSEL İNCELENMESİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMOPLASTIC COMPOSITE BASED SANDWICH PANELS UNDER STATIC AND IMPACT LOADING

Murat Yazici¹, Momen Elbhnasawi ¹, Yalçın Boztoprak²

¹Applied Mechanics and Advanced Materials Research Group (AMAMRG) Lab.,
Automotive Eng. Dep., Bursa Uludağ University, Bursa 16059, Türkiye

²Metallurgy and Materials Department, Technology Faculty, Marmara
University, Aydınevler, Maltepe, Istanbul 34854, Türkiye

myazici@uludag.edu.tr

Abstract

Thermoplastic composites provide elevated specific strength and modules, in addition to benefits like recyclability and ease of fabrication. This study examines sandwich panels made of woven unidirectional (UD) glass/polypropylene (GF/PP) tape face sheets and circular cell polypropylene (PP) cores. The mechanical performance of these sandwich panels was assessed using experimental and computational methods under static and impact loading conditions.

Face sheets were produced from plain woven GF/PP UD tapes compressed at 185°C in a mold, resulting in a final thickness of 0.25 mm and a fiber volume fraction of around 65%. The sandwich core was fabricated by PP using an extrusion mold. In this study, the primary aim was to design an optimum electric vehicle battery box with increased resistance to static and impact loads.

Three-point bending and penetration tests were performed to assess performance under static and dynamic impact loading. The findings indicated that thin woven composite sheets reduced the penetration depth of steel tips by more than 50% and increased the bending resistance of the circular cell polypropylene core by more than 40%.

Keywords: [Thermoplastic composites, Glass fiber/Polypropylene, 2D woven continuous tape, circular cell PP core]

Acknowledgement

This study was carried out within the scope of project number 5220143, supported by the TUBITAK-TEYDEB-1505 program. The authors thank TUBITAK for its support.

Özet

Termoplastik kompozitler, geri dönüştürülebilirlik ve üretim kolaylığı gibi faydaların yanı sıra yükseltilmiş özgül mukavemet ve modüller sağlar. Bu çalışma, dokunmuş tek yönlü (UD) cam/polipropilen (GF/PP) bant yüzey levhalarından ve dairesel hücre polipropilen (PP) çekirdeklerden yapılmış sandviç panelleri inceler. Bu sandviç panellerin mekanik performansı, statik ve darbe yükleme koşulları altında deneysel ve hesaplamalı yöntemler kullanılarak değerlendirildi.

Yüzey levhaları, bir kalıpta 185°C'de sıkıştırılmış, düz dokunmuş GF/PP UD bantlardan üretildi ve 0,25 mm'lik bir son kalınlık ve yaklaşık %65'lik bir elyaf hacim oranı elde edildi. Sandviç çekirdek, bir ekstrüzyon kalıbı kullanılarak PP ile üretildi. Bu çalışmada öncelikli olarak statik ve darbe yüklerine karşı dayanıklılığı artırılmış optimum bir elektrikli araç batarya kutusu tasarımı amaçlandı.

Statik ve dinamik darbe yüklemesi altında performansı değerlendirmek için üç noktalı bükme ve penetrasyon testleri yapıldı. Bulgular, ince dokunmuş kompozit levhaların çelik uçların penetrasyon derinliğini %50'den fazla azalttığını ve dairesel hücreli polipropilen çekirdeğin eğilme direncini %40'tan fazla artırdığını gösterdi.

Anahtar Kelimeler: [Termoplastik kompozitler, Cam elyaf/Polipropilen, 2D dokuma sürekli bant, dairesel hücre PP çekirdek]

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK-TEYDEB-1505 programı tarafından desteklenen 5220143 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar TÜBİTAK'a desteği için teşekkürlerini sunarlar.

CAMELYAF TAKVİYELİ TERMOPLASTİK KOMPOZİT MALZEMELERİN YORULMA HASAR ANALİZİ

FATIGUE DAMAGE ANALYSIS OF GLASS FIBER REINFORCED ELIUM THERMOPLASTIC COMPOSITE MATERIALS

Mete Kayihan¹, Berk Yaman¹, Mustafa Bakkal¹

¹Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, Gümüşsuyu,
İnönü Cd. No:65, Beyoğlu, Istanbul 34437, Türkiye

kayihanm@itu.edu.tr

Abstract

In this study, the damage analyses of glass fiber reinforced Elium thermoplastic composite materials, which have an increasing usage trend, were examined in detail macroscopically and microscopically as a result of fatigue tests. The tests were observed in tensile-tensile stress conditions in three different fiber orientations ($0^\circ/90^\circ$, $0^\circ/90^\circ/45^\circ$, $\pm 45^\circ$) at room temperature at a constant frequency and 5 different stress conditions. As a result of the tests, the samples were first examined with an optical microscope and then the changes in the matrix-fiber interface were followed with a scanning electron microscope. While it was observed that the fractures occurred with fiber breakage in the sample with $0^\circ/90^\circ$ fiber orientation, there was a combined damage model such as both fiber breakage and fiber pullout in the $0^\circ/90^\circ/45^\circ$ fiber orientation. Since the samples with $\pm 45^\circ$ fiber orientation have a matrix-dominant fracture method, they reach high displacement values before fracture.

Keywords: [glass fiber, Elium, thermoplastic, fatigue, damage analysis]

Özet

Bu çalışmada, artan bir kullanım trendine sahip olan cam elyaf takviyeli Elium termoplastik kompozit malzemelerin yorulma testi sonucundaki hasar analizleri makroskobik ve mikroskobik olarak detaylı incelenmiştir. Testler çekme-çekme gerilme koşullarında üç farklı elyaf yönlenmesinde ($0^\circ/90^\circ$, $0^\circ/90^\circ/45^\circ$, $\pm 45^\circ$) oda sıcaklığında sabit bir frekansta ve 5 farklı gerilme şartında gözlemlenmiştir. Testler sonucunda numuneler önce optik mikroskopta incelenmiş ardından taramalı elektron mikroskopuyla matris elyaf arayüzündeki değişimler takip edilmiştir. $0^\circ/90^\circ$ elyaf yönlenmesine sahip numunede kırılmaların elyaf kopmasıyla oluştuğu gözlemlenirken, $0^\circ/90^\circ/45^\circ$ elyaf yönlenmesinde hem elyaf kırılması hem de elyaf çekmesi gibi bileşik bir hasar modeli bulunmaktadır. $\pm 45^\circ$ elyaf yönlenmesine sahip numuneler ise matris hakim bir kırılma metoduna sahip olduğu için kırılmadan önce yüksek deplasman değerlerine ulaşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [cam elyaf, Elium, termoplastik, yorulma, hasar analizi]

FUNGAL BİOKOMPOZİT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

FUNGAL BIOCOMPOSITE PRODUCTION AND CHARACTERIZATION

Sevim Özgül¹, Ahmet Düzel^{2,3}, Günnur Koçar⁴, Sait Sargın^{2,5}

¹Department of Energy Systems Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bahçeşehir University, Yıldız, Çırağan Cd. Beşiktaş, İstanbul 34249, Türkiye

²Department of Bioengineering, Engineering Faculty, Ege University, Erzene, Bornova, İzmir 35100, Türkiye

³Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Sinop University, Korucuk, Selanik Caddesi No:21, Sinop 57000, Türkiye

⁴ Biomass Energy Systems and Technologies Application and Research Center, Ege University, Erzene, Ege Üniv. No:172, 35040, İzmir 35100, Türkiye

⁵ Department of Bioengineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bursa Technical University, 152 Evler, Yıldırım, Bursa 16320, Türkiye.

sevim.ozgul@bau.edu.tr

Abstract

Fungal biomass derived from *Rhizopus oryzae* (RB) presents a promising resource for the development of biocomposites compatible with the bio-based circular economy model. In this study, *Rhizopus oryzae* EGE-F75 biomass was produced via solid-state fermentation (SSF) under optimized conditions (initial moisture: 79.84%, inoculum ratio: 28.01%, incubation time: 9.74 days) in aluminum trays, and subsequently utilized as a reinforcement material in polylactic acid (PLA)-based biocomposites. The biocomposites were fabricated using a twin-screw extruder with RB incorporated at 5 wt% and 10 wt% into the PLA matrix. The resulting materials were characterized in terms of their physical,

thermal, mechanical, and morphological properties. The incorporation of RB led to a reduction in mechanical strength; the tensile strength of the 10% RB/PLA composite decreased by 23%, while the flexural modulus increased by 6% compared to neat PLA. Thermally, the addition of RB delayed the thermal decomposition of PLA and significantly reduced its thermal conductivity. Notably, the addition of 5 wt% RB resulted in a 79% reduction in the thermal conductivity of the PLA matrix. While RB may not be ideal for enhancing mechanical performance or thermal stability, it demonstrates substantial potential as a sustainable and effective thermal insulation material in biocomposite applications.

Keywords: [*Rhizopus oryzae*, Solid State Fermentation, Biocomposite, Heat Insulation]

Özet

Rhizopus oryzae (RB) kökenli fungal biyokütle, biyotabanlı döngüsel ekonomi modeline uyumlu biyokompozitlerin geliştirilmesi için umut vadeden bir kaynak sunmaktadır. Bu çalışmada, *Rhizopus oryzae* EGE-F75 suşu, optimize edilmiş koşullarda (başlangıç nemi: %79,84, inokulum oranı: %28,01, inkübasyon süresi: 9,74 gün) alüminyum tepsilerde katı kültür fermantasyonu (KFF) ile üretilmiş ve polilaktik asit (PLA) esaslı biyokompozitlerde takviye malzemesi olarak kullanılmıştır. RB, PLA matrisine %5 ve %10 oranlarında çift vidalı ekstrüder kullanılarak eklenmiş ve elde edilen biyokompozitler fiziksel, termal, mekanik ve morfolojik özellikleri açısından karakterize edilmiştir. RB'nin PLA'ya katılması, mekanik özelliklerde azalmaya yol açmıştır; %10 RB içeren PLA kompozitinin çekme dayanımı %23 oranında azalırken, eğilme modülü %6 oranında artmıştır. Termal olarak, RB'nin eklenmesi PLA'nın termal bozunmasını geciktirmiş ve ısı iletkenliğini önemli ölçüde düşürmüştür. Özellikle, %5 RB ilavesi PLA matrisinin ısı iletkenliğini %79 oranında azaltmıştır. Sonuç olarak, RB mekanik performans veya termal kararlılığı artırmak için ideal bir dolgu maddesi olmasa da sürdürülebilir ve etkili bir ısı yalıtım malzemesi olarak önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [*Rhizopus oryzae*, Katı Kültür Fermantasyonu, Biyokompozit, Isı Yalıtımı]

KİMYASAL BUHAR BİRİKTİRME YÖNTEMİYLE ÇİNKO YÜZEYLER ÜZERİNE YÜKSEK PERFORMANSLI KOROZYON ÖNLEYİCİ POLİMER KAPLAMALAR

HIGH-PERFORMANCE ANTI-CORROSIVE POLYMER COATINGS ON ZINC SURFACES VIA CHEMICAL VAPOR DEPOSITION

İklime Kayhan¹, Özgenç Ebil¹

¹Department of Chemical Engineering, Izmir Institute of Technology Gülbahçe Campus, İzmir 35433, Türkiye

iklimekayhan@iyte.edu.tr

Abstract

Zinc has historically been used as an electroplating material to improve the low corrosion resistance of common and inexpensive metals such as steel. Due to its low cost, widespread availability, and effective corrosion resistance, zinc is preferred as an alternative to critical and more expensive metals such as nickel and copper in many fields, ranging from electronic applications such as radios, telephones, and signal systems to marine construction and the automotive industry [1,2]. Traditionally, chromate and phosphate-based treatments have been applied to extend the lifespan of zinc surfaces. However, the environmental harmfulness of these methods has necessitated the development of more sustainable and environmentally friendly coating techniques [3]. In recent years, the application of polymer coatings to metal surfaces using the chemical vapor deposition (CVD) method, which is solvent-free and can be applied at low temperatures, has attracted attention in the literature [4,5]. The CVD method allows for the synthesis of homogeneous and pinhole-free films with controllable thicknesses. This protects metal surfaces from the external environment. In this study, a homogeneous and pinhole-free polymer coating was applied to a zinc surface via CVD method as an anti-corrosive polymer. While there are studies on CVD-based polymer coatings in the literature, the unique aspect of this study is the high adhesion and long-term protective performance of the coating obtained through the combination of the selected polymer's chemical structure, aromatic crosslinker, and methacrylate monomer. To evaluate the corrosion resistance of the coated zinc surfaces, samples were immersed in acidic, neutral and alkaline media.

Keywords: [Anti-corrosive polymers, CVD method, thin film coating]

Özet

Çinko, tarihsel olarak çelik gibi yaygın ve düşük maliyetli metallerin düşük korozyon direncini artırmak amacıyla elektrokaplama malzemesi olarak kullanılmıştır. Düşük maliyeti, yaygın bulunabilirliği ve etkili korozyon direnci sayesinde çinko; radyo, telefon ve sinyal sistemleri gibi elektronik uygulamalardan deniz yapıları ve otomotiv sanayisine kadar birçok alanda nikel ve bakır gibi kritik ve daha pahalı metallere alternatif olarak tercih edilmektedir [1,2]. Geleneksel olarak, çinko yüzeylerin ömrünü uzatmak amacıyla kromat ve fosfat bazlı işlemler uygulanmıştır. Ancak bu yöntemlerin çevresel açıdan zararlı olması, daha sürdürülebilir ve çevre dostu kaplama tekniklerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır [3]. Son yıllarda, çözücü içermeyen ve düşük sıcaklıklarda uygulanabilen kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemiyle metal yüzeylere polimer kaplama yapılması literatürde ilgi görmektedir [4,5]. CVD yöntemi, homojen ve mikrogözeneksiz filmlerin kontrollü kalınlıklarda sentezlenmesine olanak tanır ve bu da metal yüzeyleri dış ortamdan etkili şekilde korur. Bu çalışmada, çinko yüzeyine CVD yöntemiyle homojen ve mikrogözeneksiz bir polimer kaplama uygulanarak korozyona karşı koruyucu bir yapı elde edilmiştir. Literatürde CVD tabanlı polimer kaplamalarla ilgili çalışmalar bulunsa da, bu çalışmanın ayırt edici yönü; seçilen polimerin kimyasal yapısı, aromatik çapraz bağlayıcı ve metakrilat monomer kombinasyonu sayesinde elde edilen yüksek yapışma gücü ve uzun vadeli koruyucu performanstır. Kaplanan çinko yüzeylerin korozyon direncini değerlendirmek amacıyla numuneler asidik, nötr ve bazik ortamlarda daldırma testine tabi tutulmuştur.

Anahtar Kelimeler: [Korozyon önleyici polimerler, CVD yöntemi, ince film kaplamalar]

References

- [1] Blum, W. (1918). Military applications of electroplating. *Met. ind*, 16, 498.
- [2] Marsh, E. C. J. (1951). Finishes for Communications Equipment with Special Reference to Electroplate Coatings. *Transactions of the IMF*, 28(1), 69-88.

- [3] Pruna, A., & Pilaş, L. (2012). Electrochemical study on new polymer composite for zinc corrosion protection. *Composites Part B: Engineering*, 43(8), 3251-3257.
- [4] Cihanoğlu, G., & Ebil, Ö. (2021). Robust fluorinated siloxane copolymers via initiated chemical vapor deposition for corrosion protection. *Journal of Materials Science*, 56(20), 11970-11987.
- [5] Xia, T., Liu, W., & Ye, Y. (2022). Vapor-deposited environmental-friendly bilayer coatings with synergistic anti-corrosion effect for electronic device protection. *Journal of Materials Science*, 57(17), 8314-832

INTEROPERABILITY FOR DIGITAL PRODUCT PASSPORTS AND CIRCULARITY

Heinz A. Preisig¹, Thomas Hagelien², Peter Klein³, Natalia Konchakova⁴

¹ Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Høgskoleringen 1, 7034 Trondheim, Norway

²SINTEF Ocean, Trondheim, Norway

³Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Fraunhofer-Platz 1, 67663 Kaiserslautern, Germany

⁴Department of Interface Modelling, Max-Planck-Straße 1, Geesthacht Helmholtz-Zentrum Hereon, 21502 Germany

Heinz.Preisig@chemeng.ntnu.no

Abstract

Digital Product Passports (DPPs) have emerged as a key enabler of transparency and circularity across product lifecycles, providing structured access to essential product, process, and environmental data [1]. For DPPs to fulfil their purpose, interoperability, the seamless exchange and interpretation of data among diverse systems and stakeholders must be ensured across entire value chains. This requirement becomes increasingly complex in networked industrial systems where multiple actors and heterogeneous digital infrastructures coexist [2, 3].

At the core of interoperability lies semantic coherence: common terminologies, agreed syntax, and structured metadata. These elements ensure that data captured at one stage of production can be reused, interpreted, and processed reliably downstream. Our approach leverages semantic networks and ontology-based terminology frameworks to facilitate interoperability between domains, systems, and languages. A shared semantic layer ensures consistency in defining inputs, processes, and outputs, especially in industries like composites, where product histories are technically rich and data intensive [4]. The challenge, however, is twofold. First, most industrial data systems are vertically siloed and designed with domain-specific assumptions, leading to interoperability gaps when information

must traverse organizational or sectoral boundaries [5, 6]. Second, as products and processes form nonlinear networks rather than simple hierarchies a scalable and flexible syntax must support complex interrelations. Our work explores the use of graph-based representations and interoperable vocabularies that support modular data description, enabling efficient mapping between systems without excessive translation overhead. Moreover, multilingual interoperability is essential, especially in global supply chains. Our methodology incorporates language-agnostic terminology structures to reduce ambiguity in cross-lingual contexts while maintaining high fidelity of information exchange.

This presentation outlines the conceptual and technical architecture developed within the European DigiPass and MEDiate projects to overcome these challenges. We present an integrated framework combining: 1) Terminology standardization for production chains; 2) semantic network modelling for system-wide understanding, 3) Scalable data syntax for non-linear product process networks and, 4) Multilingual integration for global deployment. Case examples from composite material chains demonstrate how this framework enhances circularity by supporting traceability, compliance reporting, and end-of-life decision-making. The proposed approach aligns with the European Commission's policy drive towards sustainable product regulation and data-driven green innovation [7].

Keywords: [Digital Product Passport, Data Interoperability, Terminology Standardization, Semantic Networks, Circular Economy.]

Acknowledgment

DigiPass is funded by the EC in Horizon Europe under HORIZON- CL4-2023-RESILIENCE-01, GA no. 101138510. The UK partner WIKKI Ltd is supported by UKRI under grant no. 10100819: DigiPass. The MEDiate-net project is funded under HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-39, Grant Agreement No. 101138510. NanoLodge is supported by the Norwegian Research Council, grant no. 299363.

References

- [1] European Commission. *Ecodesign for Sustainable Products Regulation*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2013. 2022.
- [2] Hendro Wicaksono et al. "Digital Product Passport (DPP) technological advancement and adoption framework: A systematic literature review". In:

- [3] Gianluca Elia, Alessandro Margherita, and Giuseppina Passiante. “Digital entrepreneurship ecosystem: How digital technologies and collective intelligence are reshaping the entrepreneurial process”. In: *Technological forecasting and social change* 150 (2020), p. 119791.
- [4] Chris McMahon, Matt Giess, and Steve Culley. “Information management for through life product support: the curation of digital engineering data”. In: *International Journal of Product Lifecycle Management* 1.1 (2005), pp. 26–42.
- [5] Martin Thomas Horsch, Björn Schembera, and Heinz A Preisig. “European standardization efforts from FAIR toward explainable-AI-ready data documentation in materials modelling”. In: *2023 3rd International Conference on Applied Artificial Intelligence (ICAPAI)*. IEEE. 2023, pp. 1–6.
- [6] T Hagelien et al. “A practical approach to ontology-based data modelling for semantic interoperability”. In: *Proceedings of the 14th WCCM-ECCOMAS Congress. CIMNE*. Vol. 10. 2021.
- [7] Yan Yang et al. “Circular economy and recycling of composite materials”. In: *Composites Part B: Engineering* 215 (2021), p. 108769.

BOR KATKILI FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİTLERİN YANMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE FLAMMABILITY PROPERTIES OF BORON ADDITIVED FIBER REINFORCED COMPOSITES

Mustafa Can Topbaşoğlu¹, Hülya Arslan Karaçeper¹

¹Sazcılar Otomotiv, Hasanağa OSB, Bursa 16420, Türkiye

mustafa.topbasoglu@sazcilar.com.tr

Abstract

This study investigates the effectiveness of boric acid (BA), disodium octaborate (DOB), and their combinations as flame retardants in glass fiber reinforced polyester (GFRP) composites. The composites were fabricated using the hand lay-up method with varying concentrations of BA and DOB, followed by curing at 60 °C for 8 hours. Flame retardancy was evaluated using the ECE R 118 Annex 8 vertical flame test, and resin viscosity was measured to assess processability. The results show that BA significantly reduced burnt speed, with B20D0 achieving complete flame suppression. DOB also improved flame performance, though less effectively; B0D10 failed the test. Hybrid formulations such as B10D5 and B12D3 achieved full flame suppression while maintaining intermediate viscosity values. BA increased resin viscosity more than DOB, potentially affecting manufacturability. The results demonstrate that BA has superior flame retardancy due to efficient char formation [1], a glassy protective layer [2], and water release during combustion [3], making it a promising flame retardant, although higher viscosity may require adjustments in manufacturing.

Özet

Bu çalışma, borik asit (BA), disodyum oktaborat (DOB) ve bunların kombinasyonlarının cam elyaf takviyeli polyester (GFRP) kompozitlerde alev geciktirici olarak etkinliğini araştırmaktadır. Kompozitler, farklı BA ve DOB

oranları kullanılarak el yatırması yöntemiyle üretilmiş ve 60 °C'de 8 saat kürlenmiştir. Alev geciktiricilik performansı, ECE R 118 Ek 8 dikey alev testi ile değerlendirilmiş; üretim sürecini etkileyen reçine viskozitesi de ölçülmüştür. Sonuçlar, BA'nın yanma hızını önemli ölçüde düşürdüğünü ve B20D0 numunesinin tamamen alev yayılımını engellediğini göstermektedir. DOB da alev dayanımını artırmış olsa da, etkisi daha sınırlı kalmış; B0D10 numunesi testi geçememiştir. B10D5 ve B12D3 gibi hibrit formülasyonlar ise hem tam alev bastırması sağlamış hem de orta düzeyde viskozite değerleri sunmuştur. BA, DOB'a göre reçine viskozitesini daha fazla artırmış ve bu durum üretilebilirliği etkileyebilecek bir faktör olmuştur. BA'nın verimli kömürleşme [1], camı koruyucu tabaka oluşumu [2] ve yanma sırasında su buharı salımı [3] gibi etkileri sayesinde üstün alev geciktirici özellikler sergilediği, ancak üretim sürecinde viskozite artışının dikkate alınması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: [bor, kompozit, alev geciktirici, yanmazlık, borik asit]

References

- [1] Miyaser Demirel, Vecihi Pamuk, Nursel Dilsiz. "Investigation of flame retardancy and physical-mechanical properties of zinc borate/boric acid polyester composites". J Appl Polym Sci, 115:2550–2555, (2010).
- [2] Shi XH, Li XL, Li YM, Li Z, Wang DY. "Flame-retardant strategy and mechanism of fiber reinforced polymeric composite: A review". Compos B Eng 233:109663, (2022).
- [3] Shahari S, Fathullah M, Abdullah MMAB, Shayfull Z, Mia M, Budi Darmawan VE. "Recent developments in fire retardant glass fibre reinforced epoxy composite and geopolymer as a potential fire- retardant material: A review". Constr Build Mater 277:122246, (2021).

OTOMOTİVDE HAFİFLEŞTİRME VE KARBON AYAK İZİ AZALTILMASI İÇİN RİJİT POLİMER KOMPOZİTLERDE KÖPÜRME PROSESLERİNİN KULLANIMININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF FOAMING PROCESSES IN RIGID POLYMER COMPOSITES FOR LIGHTWEIGHTING AND CARBON FOOTPRINT REDUCTION IN AUTOMOTIVE APPLICATIONS

Emirhan Cetin¹, Kamil Armağan Gul¹

¹OYAK Renault Otomobil Fabrikaları A.Ş. Balat Osb Mah. Mavi Cd. 5. Sk. No
:1 Nilüfer, Bursa 16372 Türkiye

emirhan.cetin@renault.com

Abstract

In alignment with environmental sustainability objectives, lightweighting has become increasingly vital in the automotive sector. Advances in material technologies have facilitated a reduction in fuel consumption and carbon footprint. Among automotive plastics, polypropylene (PP) stands out as the most commonly used material due to its low density, impact resistance, chemical durability, and recyclability. PP is extensively used in the manufacturing of interior and exterior trim parts such as door panels, dashboards, bumpers, and fender liners, constituting 30–35% of the total plastic used in vehicles, equivalent to an average of 60–70 kg of PP per vehicle [1-2].

Initially manufactured through the injection molding process, trim components made from PP have evolved towards thinner-walled and more rigid parts. To achieve this transition, additives like talc, calcium carbonate, silica, and glass fiber have been incorporated into PP to enhance mechanical properties while reducing material thickness for improved lightweighting. However, in today's use, environmental impact has become a crucial consideration in the design

phase, leading to significant efforts to decrease carbon emissions through the adoption of recycled materials and innovative manufacturing techniques. [6-7]

This study explores the potential benefits of weight reduction and carbon footprint reduction through the foaming of rigid polymer composites. Both physical and chemical foaming methods were assessed, evaluating their effects on material strength, surface aesthetics, production cost, and CO₂ emissions. Samples exhibiting approximately 7–8% volumetric expansion via chemical blowing agents showcased a decrease in part weight due to reduced density. [3-5] However, slight reductions in mechanical properties like rigidity and tensile strength were also observed.

The study involved the preparation of four distinct PP-based samples. The impact of talc content and foaming processes was examined through three-point bending, tensile, and impact tests. Results indicated that talc additives enhanced rigidity and maximum stress values, whereas chemical foaming lightened the parts but compromised their strength. Furthermore, a negative correlation between thickness increase and stiffness was identified.

In conclusion, the utilization of recycled PP in conjunction with foaming processes presents significant advantages in terms of lightweighting and environmentally conscious manufacturing. However, it is essential to carefully optimize the balance between talc content and the foaming process while considering the mechanical strength and stiffness requirements based on the application area. This study contributes significantly to the advancement of next-generation PP compounds and sustainable production strategies for automotive interior trim part design.

Keywords: [Polypropylene (PP), Chemical Foaming, Lightening, Automotive Interior Trim, Sustainable Material]

Özet

Çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle uyumlu olarak, hafifletme otomotiv sektöründe giderek daha önemli hale geldi. Malzeme teknolojilerindeki gelişmeler, yakıt tüketiminde ve karbon ayak izinde bir azalmayı kolaylaştırmıştır. Otomotiv plastikleri arasında polipropilen (PP), düşük yoğunluğu, darbe direnci, kimyasal dayanıklılığı ve geri dönüştürülebilirliği nedeniyle en yaygın kullanılan malzeme olarak öne çıkıyor. PP, kapı panelleri,

gösterge panelleri, tamponlar ve çamurluk kaplamaları gibi iç ve dış kaplama parçalarının imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır ve araçlarda kullanılan toplam plastiğin %30-35'ini oluşturur ve araç başına ortalama 60-70 kg PP'ye eşdeğerdir [1-2].

Başlangıçta enjeksiyon kalıplama işlemiyle üretilen PP'den yapılan trim bileşenleri, daha ince duvarlı ve daha sert parçalara doğru gelişmiştir. Bu geçişi sağlamak için, talk, kalsiyum karbonat, silika ve cam elyafı gibi katkı maddeleri, daha iyi hafiflik için malzeme kalınlığını azaltırken mekanik özellikleri geliştirmek için PP'ye dahil edilmiştir. Bununla birlikte, günümüzde kullanılan çevresel etki, tasarım aşamasında çok önemli bir husus haline geldi ve geri dönüştürülmüş malzemelerin ve yenilikçi üretim tekniklerinin benimsenmesi yoluyla karbon emisyonlarını azaltmak için önemli çabalara yol açtı. [6-7]

Bu çalışma, sert polimer kompozitlerin köpürtülmesi yoluyla ağırlık azaltma ve karbon ayak izini azaltmanın potansiyel faydalarını araştırıyor. Hem fiziksel hem de kimyasal köpürtme yöntemleri, malzeme mukavemeti, yüzey estetiği, üretim maliyeti ve CO₂ emisyonları üzerindeki etkileri değerlendirilerek değerlendirildi. Kimyasal şişirme maddeleri yoluyla yaklaşık% 7-8 hacimsel genleşme sergileyen numuneler, azalan yoğunluk nedeniyle parça ağırlığında bir azalma gösterdi. [3-4-5] Bununla birlikte, sertlik ve çekme mukavemeti gibi mekanik özelliklerde de hafif azalmalar gözlemlendi.

Çalışma, dört farklı PP bazlı numunenin hazırlanmasını içeriyordu. Talk içeriği ve köpürme işlemlerinin etkisi, üç noktalı eğilme, çekme ve darbe testleri ile incelenmiştir. Sonuçlar, talk katkı maddelerinin sertliği ve maksimum gerilme değerlerini artırdığını, kimyasal köpürmenin ise parçaları hafiflettiğini ancak mukavemetlerini tehlikeye attığını gösterdi. Ayrıca, kalınlık artışı ile sertlik arasında negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, geri dönüştürülmüş PP'nin köpürtme işlemleriyle birlikte kullanılması, hafifletme ve çevreye duyarlı üretim açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, uygulama alanına bağlı olarak mekanik mukavemet ve sertlik gereksinimlerini göz önünde bulundurarak talk içeriği ile köpürme işlemi arasındaki dengeyi dikkatli bir şekilde optimize etmek önemlidir. Bu çalışma, otomotiv iç trim parçası tasarımı için yeni nesil PP bileşiklerinin geliştirilmesine ve sürdürülebilir üretim stratejilerine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Polipropilen (PP), Kimyasal Köpürtme, Hafifletme, Otomotiv İç Trim, Sürdürülebilir Malzeme]

References

- [1] Sumitomo Chemical Co., *Polypropylene Compounds for Automotive Applications*, Technical Report, 2010.
- [2] Plastics Europe, *Plastics – the Facts 2022: An analysis of European plastics production, demand and waste data*, 2022.
- [3] S. Çakır, M. Ayçiçek, N. Özsoy, M. Özsoy, M. Usta, A. Akıncı, *El-Cezeri J. Sci. Eng.* 2021, 8, 2, 800.
- [4] D. Mihalič, C. Hochenauer, L. Zarnhofer, and M. Gollner, *Physical and chemical foam injection moulding of natural-fibre-reinforced polypropylene – Assessment of weight-reduction potential and mechanical properties*, *Journal of Composites Science*, 2023.
- [5] Y. Hou, X. Gao, Q. Zhang, H. Bai, and J. Zhang, *Polypropylene/talc foams with high weight-reduction and improved surface quality fabricated by mold-opening microcellular injection molding*, *Journal of Materials Research and Technology*, 2021.
- [6] Plastics Europe, *Plastics – the Facts 2022: An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*, 2022.
- [7] M. L. C. Tommasini, M. D. C. Tommasini, and D. A. M. Tommasini, *Post-Industrial Recycled Polypropylene for Automotive Application*, *Processes*, 2023.

HİBRİT 3B KOMPOZİTLERİN DARBE SONRASI ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ETKİNLİĞİ (EMKE) PERFORMANSININ ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF POST-IMPACT ELECTROMAGNETIC SHIELDING EFFECTIVENESS (EMSE) PERFORMANCE OF HYBRID 3D COMPOSITES

Ferhat Yıldırım¹, Volkan Eskizeybek², Zikriye Özbek³

¹Department of Machinery and Metal Technologies, Biga Vocational School, Çanakkale Onsekiz Mart University, Prof. Dr. Ramazan Aydın Campus, Çanakkale 17202, Türkiye

²Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Terzioğlu Campus, Çanakkale 17100, Türkiye

³Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Terzioğlu Campus, Çanakkale 17100, Türkiye

ferhatyildirim@comu.edu.tr

Abstract

In recent years, the increasing use of wireless controlled electronic devices, 5G networks, communication and GPS satellite signals and internet systems cause electromagnetic (EM) field strengthening and therefore unwanted electromagnetic radiation (EMR) interference [1]. It has been proven by scientific studies that EMRs damage the DNA and cell structures of living organisms such as humans or animals and have many negative effects such as blocking electronic devices, wireless telephone and TV signals [2, 3]. For this reason, protecting living organisms and electronic devices from electromagnetic waves or reducing their effects has become an important research topic [4].

Electromagnetic shielding effectiveness (EMSE) is known as the stopping or limiting of electromagnetic radiation by conductive or magnetic barriers and

depends on the charge, current and polarization ability of the materials [5-7]. To protect against EMR, the shielding material used must have electrical conductivity, even at a low level [8]. Therefore, metals are effective shielding materials due to the high electrical conductivity properties. However, weight disadvantage due to the high density, corrosion weaknesses, production and cost difficulties limit their use in areas such as aerospace or satellites [9].

Nowadays, electrically conductive fiber reinforced polymer composites have become an alternative to metals in terms of EM shielding [10, 11]. They are preferred as EMR shielding materials, especially in areas where lightness is very important, such as aerospace or electric vehicles. In addition, long service life and low maintenance requirements are other important factors for the use of composite materials as shielding elements [12-14].

Although the use of fiber-reinforced composites is becoming widespread, like any material, deformation and possible damage may occur depending on the usage conditions. For example, the EMR shield used in an electric vehicle may be damaged by an object bouncing off the road surface, or heavy hail may deform the composite shield material on the surface of an unmanned aerial vehicle. These damages, which seem simple in essence, may cause major mechanical problems, electrical failures, chemical and thermal leakage, or the end of EM protection. Such situations require continuous monitoring of performance losses that may occur as a result of damage to the FTK shield. Many studies in the literature reveal that even under light deformation conditions that materials are subjected to, changes occur in their shielding properties [15-24].

In this study, 3D glass fiber composites were produced as hybrids with carbon fiber to provide electrical conductivity and the changes in EMSE performance after structural damage created in a low velocity impact test setup were investigated. Accordingly, the total shielding effectiveness, while it was measured above 60 dB before the impact, significantly decreased after the damage occurred. According to the analysis, when the area of the damage decreased, the loss rate in shielding effectiveness decreased. In addition, even in the damaged state at improved materials, a shielding effectiveness above 30 dB, which is the minimum commercial requirement, could be achieved [4, 25, 26].

Acknowledgement

This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University the Scientific Research Coordination Unit, Project number: FBA-2023-4416

Keywords: [3D Composites, Electromagnetic Shielding, Impact Damage.]

Özet

Son yıllarda kullanımı giderek artan kablosuz kontrollü elektronik cihazlar, 5G şebekesi, iletişim ve GPS uydu sinyalleri ile internet sistemleri, elektromanyetik (EM) alan güçlenmesine ve dolayısıyla istenmeyen elektromanyetik radyasyon (EMR) girişimine neden olmaktadır [1]. EMR'lerin, elektronik cihazları, kablosuz telefon, radyo veya TV sinyallerini engelleyerek bozduğu, insan ve hayvan gibi canlı organizmalar için DNA ve hücre yapısına zarar vermek gibi birçok olumsuz etkiye sahip olduğu bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır [2, 3]. Bu nedenle başta canlı organizmalar olmak üzere elektromanyetik dalgalardan korunmak veya etkilerini azaltmak önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir [4].

Elektromanyetik kalkanlama etkinliği (EMKE), iletken veya manyetik bariyerlerle elektromanyetik radyasyonun durdurulması veya sınırlandırılması olarak bilinir ve malzemelerin dış ve iç yapısının yük, akım ve polarizasyon kabiliyetine bağlıdır [5-7]. EMR'den korunmak için kullanılan kalkan malzemesinin düşük seviyede de olsa elektriksel olarak iletken olması gereklidir [8]. Bu yüzden, elektriksel iletkenlikleri sayesinde metaller etkili kalkan malzemeleridir. Fakat metallerin ağırlık dezavantajı yaratan yüksek yoğunlukları, korozyon zafiyetleri üretim ve maliyet zorlukları, uzay-havacılık, uydular ya da elektrikli araçlar gibi uygulamalarda kalkan olarak kullanımlarını kısıtlamaktadır [9].

Günümüzde elektriksel iletkenlik kazandırılmış fiber takviyeli polimer kompozitler, EM kalkanlama açısından metallere alternatif olabilmişlerdir [10, 11]. Özellikle havacılık, uzay, demiryolu taşımacılığı veya elektrikli araçlar gibi hafifliğin çok önemli olduğu alanlarda EMR kalkan malzemesi olarak tercih edilmektedirler. Ayrıca, uzun hizmet ömrü ve düşük bakım gereksinimleri, kompozit malzemelerin kalkanlama elemanı olarak kullanılması için diğer önemli faktörlerdir [12-14].

Her ne kadar fiber takviyeli kompozitlerin kullanımı yaygınlaşsa da her malzeme gibi kullanım koşullarına bağlı olarak deformasyonlar ve olası hasarlar meydana gelebilir. Örneğin elektrikli araçta kullanılan EMR kalkanı yol yüzeyinden seken bir cisimle hasar alabilir, ya da yoğun dolu yağışı, bir insansız hava aracının yüzeyindeki kompozit kalkan malzemesini deforme edebilir. Temelde basit görünen bu hasarlar, malzemede büyük mekanik sorunlara, elektrik arızaları, kimyasal ve termal kaçak ya da EM korumasının bitmesine neden olabilir. Bu gibi durumlar, FTK kalkanının hasara uğraması sonucu oluşacak performans kayıplarının sürekli olarak izlenmesini gerekli kılmaktadır. Literatürdeki pek çok

çalışma, malzemelerin maruz kaldığı hafif deformasyon koşulları altında bile kalkanlama özelliklerinde değişiklikler meydana geldiğini ortaya koymaktadır [15-24].

Bu çalışmada 3D cam elyaf kompozitler, elektriksel iletkenlik kazandırılmak için karbon elyafla hibrit olarak üretilmiş ve düşük hız darbe deney düzeneğinde oluşturulan yapısal hasar sonrası EMKE performansındaki değişimler araştırılmıştır. Buna göre ham numune için darbe hasarı öncesi 60 dB üzerinde ölçülen toplam kalkanlama etkinliği değeri önemli ölçüde azalmıştır. Yapılan analizlere göre oluşan hasarın alanı küçüldükçe kalkanlamadaki kayıp oranı azalmıştır. İlaveten geliştirilen malzemede hasarlı halde dahi asgari ticari gereklilik olan 30 dB'in üzerinde bir kalkanlama etkinliği elde edilebilmiştir [4, 25, 26].

Anahtar Kelimeler: [3B Kompozit, Elektromanyetik Kalkanlama, Darbe Hasarı]

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir, Proje numarası: FBA-2023-4416.

References

- [1] M. Han, C. E. Shuck, R. Rakhmanov, D. Parchment, B. Anasori, C. Min Koo, G. Friedman, and Y. Gogotsi, "Beyond Ti3C2Tx: MXenes for Electromagnetic Interference Shielding", ACS Nano, vol. 14, no. 4, pp. 5008–5016, 2020.
- [2] D. Carpenter, "Human disease resulting from exposure to electromagnetic fields", Reviews on Environmental Health, vol. 28, no. 4, pp. 159-172, 2013.
- [3] D. A. Yilmaz, İ. H. Çağiran, G. Dege, and M. S. Yildirim, "Effects of Electromagnetic Pollution on Health", MAUNSagBil.Derg. vol. 2, no. 2, pp. 67-79.
- [4] D. Munalli, G. Dimitrakis, D. Chronopoulos, S. Greedy, and A. Long, "Electromagnetic shielding effectiveness of carbon fibre reinforced Composites", Composites Part B. vol. 173, pp. 106906, 2019.

- [5] D. D. Soyaslan, "Design and Manufacturing of Fabric Reinforced Electromagnetic Shielding Composite Materials", *Textile and Apparel*, vol. 30, no. 2, June, pp. 92-98, 2020.
- [6] X. Jia, Y. Li, B. Shen, and W. Zheng, "Evaluation, fabrication and dynamic performance regulation of green EMI-shielding materials with low reflectivity: A review". *Composites Part B* vol. 233, pp. 109652, 2022.
- [7] H. Abbasi, M. Antunes, and J. I. Velasco, "Recent advances in carbon-based polymer nanocomposites for electromagnetic interference shielding", *Progress in Materials Science*, vol. 103, pp. 319-373.
- [8] Zachariah S. M., Grohens Y., Kalarikkal N., Thomas S. (2022). Hybrid materials for electromagnetic shielding: A review. *Polymer Composites* 2022; 43(5): 2507-2544.
- [9] F. Yıldırım, E. Kabakçı, H. S. Şaş, and V. Eskizeybek, "Multi-walled carbon nanotube grafted 3D spacer multi-scale composites for electromagnetic interference shielding", *Polymer Composite*, vol. 43, pp. 5690, 2020.
- [10] M. S. Cao, W. L. Song, Z. L. Hou, B. Wen, and J. Yuan, "The effects of temperature and frequency on the dielectric properties, electromagnetic interference shielding and microwave-absorption of short carbon fiber/silica composites", *Carbon*, vol. 48, no. 3, pp. 788-796, 2010.
- [11] J. M. Thomassin, C. Jérôme, T. Pardoen, C. Bailly, I. Huynen, and C. Detrembleur, "Polymer/carbonbased composites as electromagnetic interference (EMI) shielding materials", *Materials Science and Engineering: R*, vol. 74, no. 7, pp. 211-232, 2013.
- [12] R. Kumar, S. Sahoo, E. Joanni, R. K. Singh, W. K. Tan, K. K. Kar, and A. Matsuda, "Recent progress on carbon-based composite materials for microwave electromagnetic interference shielding", *Carbon*, vol. 177, pp. 304-331, 2021.
- [13] H. J. Sim, D. W. Lee, H. Kim, Y. Jang, G. M. Spinks, S. Gambhir, D. L. Officer, G. G. Wallace, and S. J. Kim, "Self-healing graphene oxide-based composite for electromagnetic interference shielding", *Carbon*, vol. 155, pp. 499-505, 2019.
- [14] H. Zhang, X. Zheng, R. Jiang, Z. Liu, W. Li, and X. Zhou, "Research progress of functional composite electromagnetic shielding materials", *European Polymer Journal*, vol. 185, pp. 111825, 2023.

- [15] J. Yang, X. Liao, J. Li, G. He, Y. Zhang, W. Tang, G. Wang, and G. Li, "Light-weight and flexible silicone rubber/MWCNTs/Fe₃O₄ nanocomposite foams for efficient electromagnetic interference shielding and microwave absorption", *Composites Science and Technology*, vol. 181, pp. 107670, 2019.
- [16] Q. Jiang, X. Liao, J. Li, J. Chen, G. Wang, J. Yi, Q. Yang, and G. Li, "Flexible thermoplastic polyurethane/reduced graphene oxide composite foams for electromagnetic interference shielding with high absorption characteristic", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 123, pp. 310-319, 2019.
- [17] R. Ravindren, S. Mondal, K. Nath, and N. C. Das, "Investigation of electrical conductivity and electromagnetic interference shielding effectiveness of preferentially distributed conductive filler in highly flexible polymer blends nanocomposites", *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 118, pp. 75-89, 2019.
- [18] E. Zhou, J. Xi, Y. Guo, Y. Liu, Z. Xu, L. Peng, W. Gao, J. Ying, Z. Chen, and C. Gao, "Synergistic effect of graphene and carbon nanotube for high-performance electromagnetic interference shielding films", *Carbon*, vol. 133, pp. 316-322, 2018.
- [19] L. Wei, N. Li, G. D. Wang, X. L. Liu, Y. X. Liu, and Y. C. Shen, "The effect of rolling process on the mechanical and electrical properties of CNTs-enhanced GFRP", *Materials Today Communications*, vol. 32, pp. 103998, 2022.
- [20] W. Ma, W. Cai, W. Chen, P. Liu, J. Wang, and Z. Liu, "A novel structural design of shielding capsule to prepare high-performance and self-healing MXene-based sponge for ultra-efficient electromagnetic interference shielding", *Chemical Engineering Journal*, vol. 426, pp. 130729, 2021.
- [21] T. Wang, W. C. Yu, C. G. Zhou, W. J. Sun, Y. P. Zhang, L. C. Jia, J. F. Gao, K. Dai, D. X. Yan, and Z. M. Li, "Self-healing and flexible carbon nanotube/polyurethane composite for efficient electromagnetic interference shielding", *Composites Part B: Engineering*, vol. 193, pp. 108015, 2020.
- [22] D. Y. Yoo, M. C. Kang, H. J. Choi, W. Shin, and S. Kim, "Electromagnetic interference shielding of multi-cracked high-performance fiber-reinforced cement composites – Effects of matrix strength and carbon fiber", *Construction and Building Materials*, vol. 261, pp. 119949, 2020.
- [23] S. Kim, Y. S. Jang, T. Oh, S. K. Lee, and D. Y. Yoo, "Effect of crack width on electromagnetic interference shielding effectiveness of high-performance

cementitious composites containing steel and carbon fibers”, *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 20, pp. 359-372, 2022.

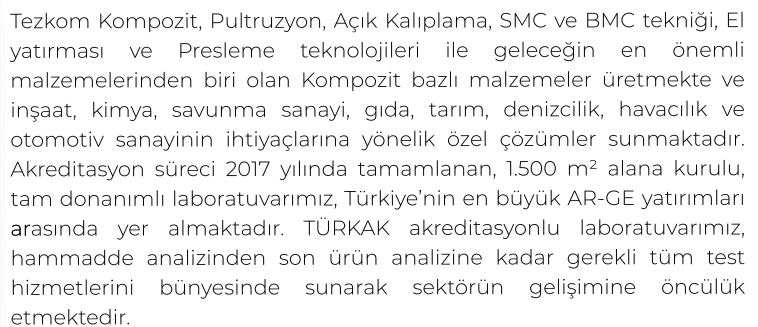
[24] Yıldırım F, “Effect of Low-Velocity impact damage on the electromagnetic interference shielding effectiveness of CFRP composites”, *KONJES*, vol. 11, no. 4, pp. 958–972, 2023.

[25] D. Bigg, “The effect of chemical exposure on the EMI shielding of conductive Plastics”, *Polymer Composites*, vol. 8, no. 1, pp. 1–7, 1987.

[26] T. Peng, S. Wang, Z. Xu, T. Tang, and Y. Zhao, “Multifunctional MXene/Aramid Nanofiber Composite Films for Efficient Electromagnetic Interference Shielding and Repeatable Early Fire Detection”, *ACS Omega*, vol. 7, no. 33, pp. 29161-29170, 2022.

TEZKOM
Kompozit

**Daima Yenilikçi
Kompozit Üreticisi**



Scan Me

NETZSCH

Proven Excellence.

FIRE
TEST
ING

DSC
TGA
STA

EGA

DMA

HFM
GHP

ARC
MMC

DIL
TMA

LFA
TDTR
SBA

REFRAC
TORIES

RHEO
LOGY

DEA

SOFT
WARE

40 YILI AŞAN TECRÜBESİYLE TERMAL ANALİZ CİHAZLARI
SATIŞI, SATIŞ SONRASI KURULUM, EĞİTİM VE UYGULAMA
DESTEĞİ İLE DAİMA YANINIZA
NETZSCH GERÄTEBAU GMBH TEK YETKİLİ SATICISI

senko

www.senkoltd.com

info@senkoltd.com

 SENKO

**FREN BALATASI KOMPOZİSYONLARINDA
SERAMİK ELYAF İLAVESİNİN
SÜRTÜNME PERFORMANSINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**INVESTIGATION OF THE IMPACT OF CERAMIC FIBER ADDITION
ON THE FRICTION PERFORMANCE OF BRAKE PAD
COMPOSITIONS**

Merve Kalaycı¹, Osman Dalar¹, Buse Can¹, Halime Yavuz¹, Turgay Yildiran¹

¹Beşer Balata, Cumhuriyet Boulevard Elbir Business Center No:84 Gümrük,
İzmir 35210 Türkiye

Merve.Kalayci@beser.com.tr

Abstract

In this study, the effect of ceramic fiber on the performance of brake pads was investigated. Ceramic fiber is generally a low-toxicity material and does not cause serious environmental harm if released into the environment [1]. Moreover, since most of the materials used in brake pad production are derived from natural sources, the newly developed formulation offers an environmentally friendly alternative.

In today's automotive industry, it is of great importance that brake pads meet critical requirements such as high-temperature resistance, wear resistance, environmental compliance, and friction performance [2, 3]. In this context, the aim of the present study was to evaluate the effects of a new hot-press formulation developed with ceramic fiber addition on both chemical and physical properties of the brake pad.

In the initial phase of the study, a formulation was developed to provide optimal performance. Various chemical tests were conducted on this formulation, including ash content determination, acetone extraction, and moisture analysis. The results were compared with relevant standards to confirm the formulation's

compliance. Subsequently, two different brake pad compositions were prepared: one incorporating ceramic fiber and the other serving as a reference without ceramic fiber [4]. Both formulations were used in the production of brake pads for passenger vehicles using the hot-press method. The pads were pressed at 150°C for a total of 180 seconds and then cured in an oven to obtain the final product. After curing, additional samples were taken and further chemical analyses, including swelling tests, were performed.

As part of the performance evaluation, various physical tests were conducted, such as dynamometer testing, coefficient of friction measurement, shear strength, and compressibility tests. The findings indicated that the addition of ceramic fiber significantly improved the friction performance of the brake pads. Furthermore, chemical test results showed that the ceramic fiber-added formulation had similar or superior values in parameters such as density, ash content, and acetone extraction when compared to the reference formulation. It was concluded that brake pads containing ceramic fiber are reliable in terms of both chemical stability and mechanical strength. Additionally, the high thermal conductivity and heat resistance of ceramic fiber enhanced the brake pads' resistance to temperature variations. This property contributed to the more rapid and effective dissipation of heat generated during braking, helping to prevent heat-induced deformation. The study also found that brake pads with ceramic fiber exhibited a higher and more stable coefficient of friction under elevated temperatures. Notably, at 100°C, the ceramic fiber formulation provided greater braking force compared to the original formulation without additives.

In conclusion, the addition of ceramic-based fiber to brake pad formulations enhanced friction performance, with a measured coefficient of friction of 0.5 μ . This study contributes to the development of high-performance, safe, and environmentally friendly brake pads.

Keywords: [Brake pad, Friction, Tribology, Ceramic fiber]

Özet

Yapılan çalışmada, seramik elyafın fren balatası performansı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Seramik elyaf, genellikle düşük toksisiteye sahip bir malzeme olup çevreye yayılması durumunda ciddi zararlara neden olmamaktadır [1]. Ayrıca, fren balatası üretiminde kullanılan diğer malzemelerin çoğu da doğal kaynaklı

olduğundan, geliştirilen bu yeni formülasyon çevre dostu bir alternatif sunmaktadır.

Günümüzde otomotiv sektöründe kullanılan fren balatalarının yüksek sıcaklık dayanımı, aşınma direnci, çevresel uygunluk ve sürtünme performansı gibi kriterleri sağlaması büyük önem taşımaktadır [2,3]. Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmada, seramik elyaf katkısıyla geliştirilen yeni bir sıcak basım formülasyonunun fren balatasının kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında optimum performansı sağlayacak bir formülasyon geliştirilmiştir. Geliştirilen bu formülasyon üzerine kül miktarı tayini, aseton ekstraksiyonu ve nem tayini gibi kimyasal testler uygulanmış; elde edilen sonuçlar ilgili standartlarla karşılaştırılarak formülasyonun uygunluğu doğrulanmıştır. Ardından, biri seramik elyaf içeren yeni formülasyon, diğeri ise referans niteliğinde olup seramik elyaf içermeyen olmak üzere iki farklı fren balatası kompozisyonu hazırlanmıştır [4]. Her iki formülasyon, binek araçlara uygun olacak şekilde sıcak basım yöntemiyle fren balatası üretiminde kullanılmıştır. Balatalar 150°C’ de toplamda 180 saniye preslendi ve fırınlanarak son ürün haline getirildi. Fırın sonrası yeniden numune alınarak kimyasal testlerin yanı sıra şişme testi gibi kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Performans değerlendirmesi kapsamında ise dynamometer, sürtünme katsayısı, kopma dayanımı ve sıkıştırılabilirlik testleri gibi çeşitli fiziksel testler uygulanmıştır.

Elde edilen bulgular, seramik elyaf katkısının fren balatalarının sürtünme performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Ayrıca kimyasal test sonuçları, katkılı formülasyonun yoğunluk, kül oranı ve aseton ekstraksiyonu gibi parametrelerde referans formülasyona benzer veya daha üstün değerlere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Seramik elyaf katkılı fren balatalarının hem kimyasal kararlılık hem de mekanik dayanım açısından güvenilir olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu elyafın yüksek termal iletkenliği ve ısıya dayanıklılığı sayesinde fren balatalarının sıcaklık değişimlerine karşı daha dirençli hale geldiği gözlemlenmiştir. Bu özellik, frenleme sırasında oluşan ısının daha hızlı ve etkili şekilde dağılmasını sağlayarak balatalarda ısınmaya bağlı deformasyonların önlenmesine katkıda bulunmaktadır. Yapılan çalışmada, seramik elyaf katkılı fren balatalarının sıcaklık altında daha yüksek ve kararlı bir sürtünme katsayısı gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle sıcaklık 100 °C’ye ulaştığında, katkısız orijinal formülasyona kıyasla daha fazla fren kuvveti sağladığı görülmektedir.

Sonuç olarak, seramik yapılı elyaf fren balatası formülasyonlarına katılmasıyla sürtünme performansını arttırmış ve sürtünme katsayısı 0,5μ olarak tespit

edilmiştir. Bu çalışma, yüksek performanslı, güvenli ve çevre dostu fren balatalarının geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Fren Balatası, Sürtünme, Triboloji, Seramik elyaf]

References

- [1] Bin Rashid Adib, Haque Mahima, Islam S. M. Mohaimenul, Uddin Labib K. M. Rafi, Chowdhury Pavel, “Breaking Boundaries with Ceramic Matrix Composites: A Comprehensive Overview of Materials, Manufacturing Techniques, Transformative Applications, Recent Advancements, and Future Prospects” *Advances in Materials Science and Engineering*, 2024.
- [2] Selvaraj Senthil Kumaran, Ramesh Rathan, Narendhra Tharun M. V., Agarwal Ishan Nilesh, Chadha Utkarsh, Paramasivam Velmurugan, Palanisamy Ponnusamy, “New Developments in Carbon-Based Nanomaterials for Automotive Brake Pad Applications and Future Challenges,” *Journal of Nanomaterials*, vol. 2021, 24 pp. 2021.
- [3] Eriksson Mikael, Bergman Filip, Jacobson Staffan, “On the nature of tribological contact in automotive brakes” *Wear*, 252, 26-36, 2002.
- [4] Bhakuni Hitesh, Muley A.V., Ruchika, “Fabrication, testing & analysis of particulate ceramic matrix composite for automotive brake pad application,” *Materials Today: Proceedings*, 2023.

HAVACILIK UYGULAMALARI İÇİN ELEKTROEĞRİLMİŞ POLİVİNİL ALKOL (PVA) NANOFİBER ARA KATMAN TAKVİYELİ KARBON FİBER/EPOKSİ KOMPOZİTLERİN DÜŞÜK HIZLI DARBE PERFORMANSININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF THE LOW-VELOCITY IMPACT PERFORMANCE OF ELECTROSPUN POLYVINYL ALCOHOL (PVA) NANOFIBER INTERLEAVED CARBON FIBER/EPOXY COMPOSITES FOR AEROSPACE APPLICATIONS

Erdem Tunca¹, Ersin Eroğlu², Haşim Kafalı³, Seyid Fehmi Diltemiz⁴, Dilek Turan⁵

¹Department of Airframe and Powerplant Maintenance, Dalaman School of Civil Aviation, Muğla Sıtkı Kocman University, Bezkese, Balabanlar Sk. No:7, Muğla 48770, Türkiye

²Department of Motor Vehicles and Transportation, Eskisehir Vocational School, Eskisehir Osmangazi University, Osmangazi, Basın Şehitleri Cd. No:152, Odunpazarı, Eskişehir 26040, Türkiye

³Department of Aviation Management, Dalaman School of Civil Aviation, Muğla Sıtkı Kocman University, Bezkese, Muğla 48770, Türkiye

⁴Department of Aeronautical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Eskişehir Osmangazi University, Büyükdere Meşelik Campus, 26040 Odunpazarı, Eskişehir 26040, Türkiye

⁵Department of Airframe and Powerplant Maintenance, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Eskişehir Technical University, Eskişehir 26555, Türkiye

erdemtunca@mu.edu.tr

Abstract

The use of composite materials has been increasing in many industries due to their lightweight and high mechanical performance characteristics. Since structural weight reduction is crucial for the aerospace industry, the use of composite materials in aircraft manufacturing has significantly increased over the years [1]. Among these materials, carbon fiber–epoxy composites are widely used in aerospace applications due to their unique advantages such as high strength and stiffness at low weight, good corrosion resistance, and excellent fatigue performance. Despite these advantages, carbon fiber–epoxy composite structures are susceptible to barely visible impact damages caused by foreign object debris, hail, bird strikes, and maintenance-related incidents (e.g., dropped tools), which can negatively affect their load-bearing performance. One of the most common damage modes in these composites is delamination, defined as the separation between adjacent plies. Delamination damage can result from low-velocity impacts, manufacturing defects, or stress concentrations triggered by sudden changes in structural details. This damage mode leads to significant reductions in in-plane stiffness and strength, which may accelerate damage propagation and cause sudden structural failure [2,3]. Epoxy resins provide composite materials with excellent thermal stability, chemical resistance, mechanical properties, and versatility for various manufacturing techniques. However, the inherently brittle nature of epoxy resins leads to low damage tolerance and a crack-prone structure [4]. To overcome this issue, several strategies have been developed, with one of the most popular being the interleaving method, which involves placing an additional interlayer between adjacent plies. Interleaved layers facilitate the formation of mechanical links between crack interfaces and tortuous crack paths, thereby enhancing the delamination resistance of composite laminates [5]. Nanofiber interlayers produced by electrospinning have emerged as a promising toughening material [6]. In this study, the effects of electrospun polyvinyl alcohol (PVA) nanofiber interlayers on the low-velocity impact resistance of carbon fiber–epoxy composites will be investigated. For this purpose, PVA nanofibers will be produced directly onto carbon fiber fabrics using electrospinning. The main reasons for selecting PVA in this process include its low cost, easy availability, water solubility, environmentally friendly nature, and non-toxicity [7]. Since PVA-based nanofibers exhibit poor stability in aqueous environments, a crosslinking process will be carried out in an oven to improve their mechanical strength and prevent dissolution upon contact with water. After the crosslinking process, the composite material reinforced with the nanofiber interlayer will be fabricated using the vacuum infusion method with epoxy resin. In order to evaluate the contribution of the nanofibers to the composite material, low-

velocity impact tests will be performed on both nanofiber-reinforced and non-reinforced composites prior to bonding. A graphical summary of the study is presented in the figure below.

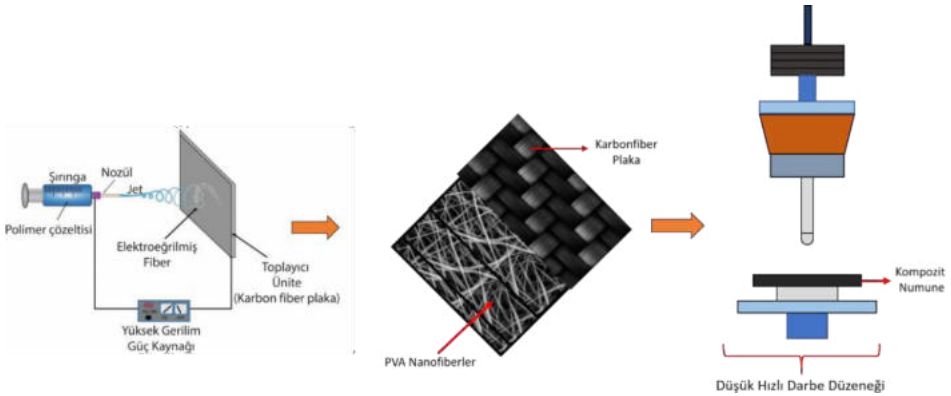
Keywords: [aeronautics, electrospinning, PVA nanofibers, polymer composite]

Özet

Kompozit malzemelerin kullanımı, hafif kütleleri ve yüksek mekanik performans özellikleri sayesinde birçok sektörde artmaktadır. Yapısal kütlenin hafifliği havacılık endüstrisi için çok önemli olduğundan, kompozit malzemelerin kullanımı uçak üretiminde de yıllar içinde artmıştır [1]. Bu malzemeler arasında özellikle karbon fiber – epoksi kompozitler düşük ağırlıkta yüksek mukavemet ve sertlik, iyi korozyon direnci ve yorulma özellikleri gibi benzersiz avantajları nedeniyle havacılık uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu avantajlara rağmen karbon fiber epoksi kompozit yapılar, pist kalıntıları, dolu, kuş çarpmaları, bakım hasarları (örneğin, düşen aletler) gibi darbelerden kaynaklanan, yük kapasitesi performansını etkileyebilecek, neredeyse fark edilmeyen hasarlara maruz kalmaya eğilimlidir. Özellikle iki bitişik katmanın ayrılması olan delaminasyon hasarı bu kompozit malzemelerde oldukça yaygın karşılaşılan hasarlardan biridir. Delaminasyon hasarı düşük hızlı darbe olayları, üretim kusurları ve yapısal detaylardaki ani değişikliklerle tetiklenen gerilim yığılmaları nedeniyle meydana gelebilir. Bu hasar modu, düzlem içi sertlik ve mukavemet değerlerinde ciddi azalmalara neden olur ve bu da hasarın hızlıca büyümesine ve aniden yapısal hasar oluşmasına neden olur [2,3]. Epoksi reçineler kompozit malzemelere iyi sıcaklık kararlılığı, kimyasal direnç, mekanik özellikler ve farklı üretim yöntemlerine yönelik çok yönlülük sağlarlar. Ancak epoksi reçinenin kırılgan doğası hasar direnci düşük ve çatlak yayılımına karşı kırılgan bir yapının oluşmasına sebep olmaktadır [4]. Bu sorunun üstesinden gelmek için birçok strateji geliştirilmiştir ve en popüler yöntemlerden biri, bitişik katmanlar arasına ayrı bir ara katmanın yerleştirildiği *iç içe geçirme* yöntemidir. İç içe geçirme katmanları, çatlak arayüzleri ve kıvrımlı çatlak yolları arasında mekanik bağlantıların oluşumunu kolaylaştırmakta ve kompozit laminatların delaminasyon dayanımını artırmaktadır [5]. Elektroeğirme yöntemi ile üretilen nanofiber ara katmanlar potansiyel bir tokluk malzemesidir [6]. Bu çalışma kapsamında elektroeğrilmiş polivinil alkol (PVA) nanofiber ara tabakaların karbonfiber epoksi kompozitlerin düşük hızlı darbe dayanımı üzerindeki etkileri incelenecektir. Bu amaç doğrultusunda karbon fiber yapıların üzerine elektroeğirme ile PVA nanofiber üretimi uygulanacaktır. PVA'nın bu süreçte

tercih edilmesinin başlıca sebepleri, ekonomik olması, kolay temin edilebilmesi, suda çözünebilirlik özelliği, çevre dostu yapısı ve toksik olmamasıdır [7]. PVA bazlı nanofiberlerin su ortamında stabilitesi düşük olduğu için üretilen PVA nanofiberlerin mekanik dayanımlarını artırmak ve su teması ile çözünmesinin önüne geçmek amacıyla etüv ortamında çapraz bağlama işlemi gerçekleştirilecektir. Çapraz bağlama işlemi sonrasında ise vakum infüzyon yöntemi ile epoksi reçine kullanılarak nanofiber ara tabaka ile güçlendirilen kompozit malzemenin üretimi gerçekleştirilecektir. Nanofiberlerin kompozit malzemeye katkısını değerlendirebilmek amacıyla birleşim öncesi nanofiber katkılı ve nanofiber bulundurmeyen kompozitler mekanik olarak düşük hızlı darbe testi uygulanacaktır. Aşağıdaki şekilde çalışmaya ait grafiksel özet yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: [havacılık, elektroëirme, PVA nanofiberler, polimer kompozit]



Çalışmaya ait grafiksel özet.

References

- [1] Bouvet, C. Mechanics of Aeronautical Composite Materials. John Wiley & Sons, USA, 2017. <https://doi.org/10.1002/9781119459057>
- [2] Beylergil, B., Tanoğlu, M., & Aktaş, E. (2018). Effect of polyamide-6, 6 (PA 66) nonwoven veils on the mechanical performance of carbon fiber/epoxy composites. Composite Structures, 194, 21-35.

- [3] Goodarz, M., Bahrami, S. H., Sadighi, M., & Saber-Samandari, S. (2019). Low-velocity impact performance of nanofiber-interlayered aramid/epoxy nanocomposites. *Composites Part B: Engineering*, 173, 106975.
- [4] Ekrem, M., & Avcı, A. (2018). Effects of polyvinyl alcohol nanofiber mats on the adhesion strength and fracture toughness of epoxy adhesive joints. *Composites Part B: Engineering*, 138, 256-264.
- [5] Zheng, N., Huang, Y., Liu, H. Y., Gao, J., & Mai, Y. W. (2017). Improvement of interlaminar fracture toughness in carbon fiber/epoxy composites with carbon nanotubes/polysulfone interleaves. *Composites Science and Technology*, 140, 8-15.
- [6] Daelemans, L., Van Paepegem, W., & De Clerck, K. (2020). Effect of interleaved polymer nanofibers on the properties of glass and carbon fiber composites. In *Fiber-reinforced nanocomposites: fundamentals and applications* (pp. 235-260). Elsevier.
- [7] Beylergil, B., Tanoğlu, M., & Aktaş, E. (2016). Modification of carbon fibre/epoxy composites by polyvinyl alcohol (PVA) based electrospun nanofibres. *Advanced Composites Letters*, 25(3), 096369351602500303.

FAZ DÖNÜŞÜM MALZEMESİ (FDM) DOLGULU 3B KOMPOZİTLERİN PASİF TERMAL YÖNETİM İÇİN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF THE USABILITY OF PHASE CHANGE MATERIAL (PCM) FILLED 3D COMPOSITES FOR PASSIVE THERMAL MANAGEMENT

Ferhat Yıldırım¹, Volkan Eskizeybek², Zikriye Özbek³

¹Department of Machinery and Metal Technologies, Biga Vocational School, Çanakkale Onsekiz Mart University, Prof. Dr. Ramazan AYDIN Campus, Çanakkale 17202, Türkiye

²Department of Materials Science and Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Terzioğlu Campus, Çanakkale 17100, Türkiye

³Department of Bio-Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, Terzioğlu Campus, Çanakkale, 17100 Türkiye

ferhatyildirim@comu.edu.tr

Abstract

The use of electric vehicles (EV) is becoming more widespread [1]. Basically, vehicles get the electrical energy that they need for movement and other requirements from battery packs (BP) [2]. Battery pack enclosures (BPE) are the main component that EV is built on it, and which protect the batteries against impact, moisture, dust, electromagnetic interference and thermal runaway [2-4].

Manufacturers have developed different battery thermal management systems (BTMS) to make battery packs thermally efficient. Accordingly, BTMS are basically classified as active and passive systems [5]. In active methods, the cooling / heating rate is actively controlled by equipment such as a power-

consuming radiator [6]. On the other hand, passive systems do not have any power-consuming equipment and consist of cooling / heating systems such as natural air convection, phase change materials (PCM) and heat pipes [7]. In recent years, the use of PCMs as a new passive solution for battery thermal management has attracted the attention of researchers. PCMs are divided into three groups as organic compounds (such as paraffin, fatty acids), inorganic compounds (such as hydrated salts) and eutectic mixtures [8]. The operation of PCMs is based on the principle that when the temperature increases, the excess heat on the battery is absorbed and spent on phase transformation, and when the temperature decreases, it returns the absorbed heat to the battery and in the meantime, the battery's operating temperature is kept at the ideal level.

BPEs are often made of metal and are quite heavy, which leads to a decrease in the range of the EVs' [9]. Ongoing studies to reduce the total weight of structural components of EA's, focus on the use of low-density composite materials instead of metallic materials [10, 11]. Accordingly, fiber reinforced polymer composites have proven to be important alternatives with properties such as high specific strength, low weight, thermal and chemical resistance [12-19].

Three-dimensional (3D) spacer textiles, consisting of two layers of woven fabrics connected to each other by perpendicular weaves called plies have gained a place in the literature as a composite reinforcement material with unique geometry due to the inherent channels between the top and bottom surfaces [20-26]. Moreover, this spacer geometry offers the option of filling the gaps between the top and bottom layers with various materials to gain additional properties including thermal and acoustic insulation [20, 21, 25]. Considering the passive systems used in the thermal management of BPs', the internal gaps of 3Ds indicate significant potential for filling them with FDM.

In this study, 3D glass fiber fabrics were produced as composites with epoxy matrix, and the inner gaps were filled with paraffin PCM, and the thermal shielding performance was investigated with time-dependent temperature changes. 3D composites were produced as neat, hybrid with carbon fiber and PCM filled and evaluated in terms of their contributions to thermal management in BPE. Accordingly, while the thermal difference between the surfaces of neat sample is 2 °C, this difference is increased to 10 °C for hybrid 3D composites. In addition, the fact that the maximum surface temperature measured during the same period is higher approximately 11 °C, reveals that the amount of heat absorbed by the hybrid composite from the source and radiated on the surface is greater than the neat. In PCM filled samples, the relatively low ceiling temperature obtained on the front surface, the linearity of the heating curve and the delay in the start of cooling are associated with the result that paraffin absorbs the heat on the surface of the composite. Studies have shown that PCM filled 3D

hybrid composites are promising in terms of their usability as an auxiliary passive system in the thermal management of BPs.

Acknowledgement

This work was supported by Çanakkale Onsekiz Mart University the Scientific Research Coordination Unit, Project number: FBA-2023-4416

Keywords: [Battery Pack Enclosure, Thermal Management, 3D Composite, Phase Change Material, Passive Cooling]

Özet

Elektrikli araçların (EA) kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır [1]. Temelde araçlar, hareket etmek ve diğer gereksinimler için ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini, pil paketlerinden (PP) karşılar [2]. Pil paketi muhafazaları ise (PPM), pilleri darbe, nem, toz, elektromanyetik girişim ve termal kaçağa karşı koruyan yapısal taşıyıcı elemandır [2-4].

Üreticiler, PP'lerinin termal açıdan verimli olabilmesi için farklı pil termal yönetim sistemleri (PTYS) geliştirmişlerdir. Buna göre, PTYS'ler temelde aktif ve pasif sistemler olarak ikiye ayrılır [5]. Aktif yöntemlerde, soğutma / ısıtma hızı, güç tüketen radyatör gibi ekipmanlar tarafından aktif olarak kontrol edilmektedir [6]. Öte yandan, pasif sistemlerde güç tüketen ekipman yoktur ve doğal hava konveksiyonu, faz dönüşüm malzemeleri (FDM) ve ısı boruları gibi soğutma / ısıtma sistemlerinden ibarettirler [7]. Son yıllarda, FDM'lerin batarya termal yönetimi için yeni bir pasif çözüm olarak kullanılması, araştırmacıların ilgisini çekmektedir. FDM'ler organik bileşikler (parafin, yağ asitleri gibi), inorganik bileşikler (hidratlı tuzlar gibi) ve ötektik karışımlar olmak üzere üç gruba ayrılmıştır [8]. FDM'lerin çalışması, sıcaklık arttığında pil üzerindeki fazla ısının emilerek faz dönüşümüne harcanması, sıcaklık düştüğünde ise emdiği ısıyı pile geri vermesi ve bu esnada pilin çalışma sıcaklığının ideal seviyede tutulması esasına dayanır.

PPM'ler sıklıkla metal malzemeden yapıldıklarından oldukça ağırdırlar ve bu ağırlık EA'nın menziline düşmesine yol açmaktadır [9]. Yapısal bileşenlerin toplam ağırlığını azaltmak için sürdürülen çalışmalar ise, metalik malzemeler yerine düşük yoğunluklu kompozit malzemelerin kullanımına odaklanmaktadır [10,11]. Buna göre, fiber takviyeli kompozitler sunduğu yüksek özgül dayanım, düşük ağırlık, termal ve kimyasal direnç gibi özellikleri ile önemli alternatif olduklarını ispatlamışlardır [12-19].

Birbirine pile ismi verilen dik örgülerle bağı 2 katman dokuma kumaştan oluşan 3 boyutlu (3B) boşluklu tekstiller, üst ve alt yüzeyler arasında kendiliğinde var olan kanalları sayesinde özgün geometriye sahip kompozit takviye malzemesi olarak literatürde yer edinmiştir [20-26]. Dahası, bu boşluklu geometri, termal ve akustik izolasyon dahil olmak üzere ek özellikler kazanmak için üst ve alt katmanlar arasındaki boşlukları çeşitli malzemelerle doldurma seçeneğı sunar [20, 21, 25]. PP'lerin termal yönetiminde kullanılan pasif sistemler göz önüne alındığında, 3B kompozitlerin iç boşlukları, bunları FDM ile doldurmak için önemli bir potansiyele sahip olduğunu gösterir.

Bu çalışmada 3B cam elyaf kumaşlar epoksi matris ile kompozit olarak üretilmiş, iç boşlukları parafin FDM ile doldurularak ısı kalkanlama performansı zamana bağı sıcaklık değışimleri ile araştırılmıştır. 3B kompozitler ham, karbon elyafla hibrit ve içi FDM dolgulu olarak üretilmiş, PPM'lerde termal yönetime yapabileceğı katkılar açısından değerlendirilmiştir. Buna göre, ham numunede yüzeyler arasında sıcaklık farkı 2 °C iken hibrit 3B kompozitlerde bu fark 10 °C'ye kadar çıkmaktadır. İlaveten aynı süre zarfında ölçülen maksimum yüzey sıcaklığının yaklaşık 11 °C daha fazla oluşu hibrit kompozitin kaynaktan emdiği ve yüzeyde yaydığı ısı miktarının ham numuneden daha büyük olduğunu ortaya koymaktadır. FDM dolgulu numunelerde, ön yüzeyde nispeten düşük tavan sıcaklığı elde edilmesi, ısınma eğrisinin doğrusallığı ve soğuma başlangıcındaki gecikmenin parafinin kompozitin yüzeyindeki ısıyı emdiğini sonucu ile ilişkilendirilir. Çalışmalar ortaya koymuştur ki FDM dolgulu 3B hibrit kompozitler, PP'lerin termal yönetiminde yardımcı pasif sistem olarak kullanılabilirliği açısından umut vadetmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir, Proje numarası: FBA-2023-4416.

Anahtar Kelimeler: [Pil Paketi Muhafazası, Termal Yönetim, 3B Kompozit, Faz Dönüşüm Malzemesi, Pasif Soğutma]

References

[1] Zhang, W., Liang, Z., Yin, X., Ling, G. (2021). Avoiding thermal runaway propagation of lithium-ion battery modules by using hybrid phase change material and liquid cooling, Applied Thermal Engineering, 184, 116380.

- [2] Shui, L., Chen, F., Garg, A. et al. (2018). Design optimization of battery pack enclosure for electric vehicle. *Struct Multidisc Optim*, 58, 331–347.
- [3] Wang, W., Xu, X., Sun, S., Wang, Y., Zhang, T. (2024). Design and uncertainty-based multidisciplinary optimization of a 3D star-shaped negative Poisson's ratio structural battery pack, *Energy*, 313, 133728.
- [4] Xiong, Y., Rui, B., Wang, S., Song, Y., Lu, B., Zhang, J. (2024). Safety-enhanced battery modules with actively switchable cooling and anti-impact functions, *International Journal of Mechanical Sciences*, 282, 109641.
- [5] Deng, Y., Feng, C., Zhu, H., Chen, J., Wen, M., & Yin, H. (2018). Effects of different coolants and cooling strategies on the cooling performance of the power lithium-ion battery system: A review. *Applied Thermal Engineering*, 142, 10-29.
- [6] Arora, S. (2018). Selection of thermal management system for modular battery packs of electric vehicles: A review of existing and emerging technologies. *Journal of Power Sources*, 400, 621-640.
- [7] Liu, H., Wei, Z., He, W., & Zhao, J. (2017). Thermal issues about Li-ion batteries and recent progress in battery thermal management systems: A review. *Energy conversion and management*, 150, 304-330.
- [8] Landini, S. J. T. S., Leworthy, J., & O'Donovan, T. S. (2019). A review of phase change materials for thermal management and iso thermalisation of lithium-ion cells. *Journal of Energy Storage*, 25, 100887.
- [9] Xiong, Y., Pan, Y., Wu, L., Liu, B. (2021). Effective weight-reduction- and crashworthiness-analysis of a vehicle's battery-pack system via orthogonal experimental design and response surface methodology, *Engineering Failure Analysis*, 128,105635.
- [10] Kaleb, S. (2016, October). 1P15S lithium battery pack: Aluminum 5052-0 strength of material analysis and optimization. In 2016 International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (ICSEEA) (pp. 1-5). IEEE.
- [11] Arora, S., Shen, W., & Kapoor, A. (2016). Review of mechanical design and strategic placement technique of a robust battery pack for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1319-1331.
- [12] Um, H. J., Hwang, Y. T., Bae, I. J., & Kim, H. S. (2022). Design and manufacture of thermoplastic carbon fiber/polyethylene terephthalate composites underbody shield to protect the lithium-ion batteries for electric mobility from ground impact. *Composites Part B: Engineering*, 238, 109892.

- [13] Wang, Z., Käferböck, M., Zhao, H., Chen, H., (2021). First Body-in-White Made from Composites for a Chinese Electric Car, *ATZ Worldw*, 123(3), 16-21.
- [14] Pejman, R., Gorman, J., & Najafi, A. R. (2022). Multi-physics design of a new battery packaging for electric vehicles utilizing multifunctional composites. *Composites Part B: Engineering*, 237, 109810.
- [15] Ladpli, P., Nardari, R., Kopsaftopoulos, F., & Chang, F. K. (2019). Multifunctional energy storage composite structures with embedded lithium-ion batteries. *Journal of Power Sources*, 414, 517-529.
- [16] Hosseinzadeh, R., Shokrieh, M. M., & Lessard, L. (2006). Damage behavior of fiber reinforced composite plates subjected to drop weight impacts. *Composites science and technology*, 66(1), 61-68.
- [17] Ao, W., Zhuang, W., Xing, B., Zhou, Q., & Xia, Y. (2022). Finite element method of a progressive intralaminar and interlaminar damage model for woven fibre laminated composites under low velocity impact. *Materials & Design*, 223, 111256.
- [18] Lai, W. L., Saeedipour, H., & Goh, K. L. (2020). Mechanical properties of low-velocity impact damaged carbon fibre reinforced polymer laminates: Effects of drilling holes for resin-injection repair. *Composite Structures*, 235, 111806.
- [19] Ravindran, A. R., Ladani, R. B., Kinloch, A. J., Wang, C. H., & Mouritz, A. P. (2021). Improving the delamination resistance and impact damage tolerance of carbon fibre-epoxy composites using multi-scale fibre toughening. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 150, 106624.
- [20] Tserpes K., Tzatzadakis V., Bachmann J., (2020). Electrical Conductivity and Electromagnetic Shielding Effectiveness of Bio-Composites. *Journal of Composites Science*. 4(1):28.
- [21] Nazir, A., Yu, H., Wang, L., Liu, J., Li, S., Amin, B. U., Uddin, M. A., (2020). Electromagnetic interference shielding effectiveness of ferrocene-based polyimide/carbon material composites. *Polymer Composites*, 41(5), 2068-2081.
- [22] Yıldırım F., Aydın M., Avcı A. (2021b). Improved mechanical performance of three-dimensional woven glass/epoxy spacer composites with carbon nanotubes. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 40(13-14):533-549.

- [23] Yıldırım, F., Kabakçı, E., Şaş, H. S., & Eskizeybek, V. (2022). Multi-walled carbon nanotube grafted 3D spacer multi-scale composites for electromagnetic interference shielding. *Polymer Composites*, 43(8), 5690-5703.
- [24] Yıldırım, F., Tatar, A. C., Eskizeybek, V., Avcı, A. & Aydın, M. (2021a). Impact response of nanoparticle reinforced 3D woven spacer/epoxy composites at cryogenic temperatures. *Journal of Composite Materials*, 55(28), 4231-4244.
- [25] Vaidya, U. K., Hosur, M. V., Earl, D., & Jeelani, S. (2000). Impact response of integrated hollow core sandwich composite panels. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 31(8), 761-772.
- [26] Vaidya, A. S., Vaidya, U. K., & Uddin, N. (2008). Impact response of three-dimensional multifunctional sandwich composite. *Materials Science and Engineering: A*, 472(1-2), 52-58.

MALZEMELERİN GİZLİ DÜNYASINA YOLÇULUK: KOMPOZİT VE POLİMERLERDE YENİLİKÇİ KARAKTERİZASYON TEKNOLOJİLERİ



Reoloji



Ekstrüzyon



Kompound



Gaz
Geçirgenlik



Hiperspektral



ANAMED & ANALİTİK GRUP
ANALİTİK ÇÖZÜMLERDE GÜVENCENİZ

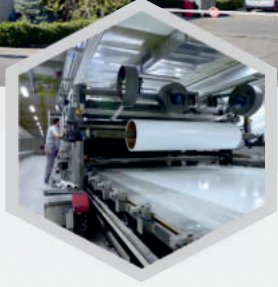
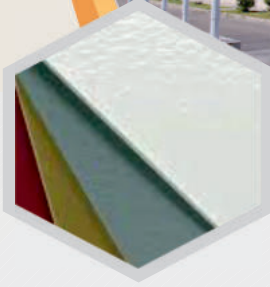
✉ sales@anamed.com.tr

🌐 www.anamed.com.tr

fibrosan[®]
cam takviyeli polyester sanayi ve ticaret a.ş.

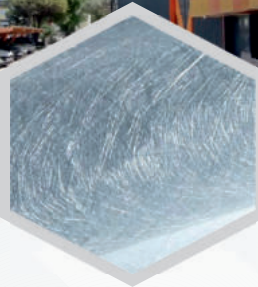
41 YEARS

CTP Levha Üretiminde
Dünya Markası



YÜCEL KOMPOZİT
Malzemeleri Pazarlama ve Tic. A.Ş.

Türkiye Kompozit Sektörünün
Malzeme Tedarikçisi



SiO₂, GO ve hBN NANOTANECİK KATKILI EPOKSİ MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN TRİBOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF EPOXY BASED COMPOSITES REINFORCED WITH SiO₂, GO AND HBN NANOPARTICLES

Mustafa Alperen Şakar¹, Hale Berber¹

¹Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Yıldız Technical University, Çiftelavuzlar Mahallesi Eski Londra Asfaltı 183/2 34220 Esenler, İstanbul 34220, Türkiye

alperen.sakar@yildiz.edu.tr

Abstract

Wear is defined as material loss from a surface due to mechanical actions. This phenomenon is typically categorized into various types, including abrasive, adhesive, erosive, corrosive, and fatigue wear [1]. The material degradation occurring on component surfaces leads to functional failure and, ultimately, the decommissioning of mechanical systems, resulting in substantial economic losses in industrial operations. For instance, the cost of abrasive wear alone is estimated to account for 1% to 4% of the gross domestic product in industrialized countries [1]. The wear process is influenced by several factors, such as the properties of the base material, the nature of the counter surface, environmental conditions, and service parameters.

Epoxy resins are widely utilized in wear-resistant composites and anti-wear coatings due to their favorable mechanical properties, excellent adhesion to steel and concrete substrates, resistance to chemicals and solvents, low cost, and low toxicity [3]. However, in their unmodified form, epoxy resins generally exhibit limited wear resistance. To enhance the tribological performance of epoxy-based polymers, a variety of metallic, ceramic, and fiber-based reinforcement materials are commonly employed. Among them, silica (SiO₂), graphene oxide (GO), and

hexagonal boron nitride (hBN) nanoparticles are known to improve the wear resistance of nanocomposites by reducing the coefficient of friction and simultaneously enhancing surface and mechanical properties [4–6].

In this study, the effects of SiO₂, GO, and hBN nanoparticles on the tribological behavior, surface morphology, and hardness of epoxy-based composites were investigated. In addition to neat epoxy samples, epoxy nanocomposites incorporating 0.5 wt% of each nanoparticle type were prepared. The tribological performance against abrasive wear was evaluated using the pin-on-disk test, following the ASTM G99 standard. The coefficient of friction and wear loss were measured and compared. Furthermore, the surface hardness of the nanocomposites was assessed using a Shore D durometer, and the influence of nanoparticle incorporation on hardness was examined. Surface morphologies were characterized by optical microscopy, and post-wear surface changes were visually assessed.

Keywords: [Nanocomposite, tribological properties, epoxy]

Özet

Aşınma, bir malzemenin yüzeyinden mekanik sebeplerle maddesel kaybın gerçekleşmesiyle tanımlanır. Bu olgu; abrasif, adhezif, erozyon, korozyon ve yorulma olmak üzere farklı türlerde sınıflandırılmaktadır [1]. Malzeme yüzeyinde meydana gelen bu kayıplar, makine bileşenlerinin işlevini yitirmesine ve dolayısıyla kullanım dışı kalmasına neden olur. Bu da, endüstriyel süreçlerde ciddi ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Örneğin, yalnızca abrasif aşınmanın maliyeti, sanayileşmiş ülkelerin gayri safi yurtiçi hasılasının %1-4'ü arasında değişmektedir [1]. Aşınma süreci; ana malzemenin özellikleri, karşı yüzeyin yapısı, çevresel koşullar ve servis şartları gibi birçok etkene bağlı olarak gelişir.

Epoksi reçineler; iyi mekanik özellikleri, çelik ve beton yüzeylere mükemmel yapışma kabiliyetleri, kimyasal ve çözücülere karşı dirençleri, düşük maliyetleri ve düşük toksisiteleri nedeniyle aşınmaya dirençli kompozit ve aşınma önleyici kaplama uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir [3]. Ancak, katkısız kullanıldıklarında aşınma dirençleri genellikle düşük olarak değerlendirilir. Epoksi esaslı polimerlerin tribolojik özelliklerini iyileştirmek amacıyla farklı metal, seramik ve lif bazlı takviye malzemeleri sıklıkla kullanılmaktadır. Silika (SiO₂), grafen oksit (GO) ve hekzagonal bor nitrür (hBN) nanotanicikleri, katıldıkları nanokompozitlerin sürtünme katsayısını düşürerek aşınma direncini artırırken, yüzey ve mekanik özelliklerini de iyileştirebilir [4–6].

Bu çalışmada, SiO₂, GO ve hBN nanotaniciklerinin, epoksi esaslı kompozitlerin tribolojik özellikleri, yüzey morfolojisi ve sertliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Saf epoksi numunelere ek olarak, %0,5 oranında SiO₂, GO ve hBN nanotanicikleri içeren epoksi nanokompozit numuneler hazırlanmıştır. Nanokompozitlerin abrasif aşınmaya karşı tribolojik performansları, ASTM G99 standardına uygun olarak gerçekleştirilen pin-on-disk testi ile değerlendirilmiş ve sürtünme katsayısı ile aşınma miktarı ölçülerek karşılaştırılmıştır. Ayrıca, nanokompozit numunelerin yüzey sertlikleri, Shore D sertlik ölçüm cihazı ile belirlenmiş ve nanotanicik katkısının sertlik üzerindeki etkisi incelenmiştir. Yüzey morfolojileri, optik mikroskop kullanılarak analiz edilmiş ve aşınma sonrası yüzeylerde meydana gelen değişiklikler görsel olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Nanokompozit, tribolojik özellikler, epoksi]

References

- [1] Swain, B., Bhuyan, S., Behera, R., Sanjeeb Mohapatra, S., & Behera, A. (2021). *Wear: A Serious Problem in Industry*. IntechOpen. doi:10.5772/intechopen.94211
- [2] Bhadauria, N., Pandey, S., & Pandey, P. M. (2020). Wear and enhancement of wear resistance – A review. *Materials Today: Proceedings*, 26, 2986–2991. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.616>
- [3] Eral, S. (2022). *Biyo-esaslı epoksi-nanokompozit kaplamalar* [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü].
- [4] Koç, V., & Demirel, M. (2019). Epoksi Reçine-MgO Polimer Matrisli Kompozit Malzemelerin Üretilmesi ve Pin On Disk Abrasiv Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 1–10.
- [5] Smoleń, J., et al. (2024). Tribological Properties of Composites Based on Single-Component Powdered Epoxy Matrix Filled with Graphite. *Materials*, 17(13), 3054. <https://doi.org/10.3390/ma17133054>
- [6] Chen, M., et al. (2024). Lubrication, wear resistance and corrosion protection on aluminum alloy toward multifunctional coatings with nano- CeO₂ inhibition effect. *Progress in Organic Coatings*, 186, 108066. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.108066>

KARBON FİBER KOMPOZİT MALZEMELERDE ELLE KESİM VE SU JETİ KESİM YÖNTEMLERİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION THE EFFECTS OF MANUAL AND WATERJET CUTTING METHODS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CARBON FIBER COMPOSITE MATERIALS

Ebeda Nur Beşdok¹, Kerim Selim Turan², Atiye Yumuk², Kaan Yıldız^{3,4}, Hülya Cebeci^{3,5}, Fatih Usta²

¹Materials Science and Engineering Department, Gebze Technical University, Cumhuriyet, 2254. Sk. No:2, Kocaeli 41400, Türkiye

²Gebze Technical University, Aeronautical Engineering Department, Faculty of Aviation and Space Sciences, Cumhuriyet, 2254. Sk. No:2, Kocaeli 41400, Türkiye

³Aerospace Research Center, Istanbul Technical University, ITU Ayazağa Campus, Istanbul 34469, Türkiye

⁴Istanbul Technical University, Aviation Institute, Istanbul, ITU Ayazağa Campus, 34469 Türkiye

⁵Faculty of Aeronautics and Astronautics, Istanbul Technical University, ITU Ayazağa Campus, Istanbul 34469, Türkiye

e.besdok2022@gtu.edu.tr

Abstract

Composite materials are increasingly used in the aerospace industry due to their superior mechanical properties and advantages such as lightweight. However, due to the nature of their manufacturing processes, producing specimens with consistent mechanical properties remains a significant challenge [1-3]. In industrial applications, achieving consistent part performance requires the ability to repeatedly produce components with identical properties.

In this study, the effects of different cutting methods on the mechanical properties of composite materials were investigated. Using unidirectional (UD) carbon fiber

fabrics with a surface density of 300 g/m², material coefficients related to tensile and compressive strength were determined in accordance with ASTM standards.

Initially, composite plates with a fiber volume fraction of 55%, a thickness of 1.5 mm, and dimensions of 500×500 mm×mm were manufactured using the vacuum infusion method. From these plates, a total of 10 specimens for each orientation (0°, 90°, and ±45°) were cut according to ASTM D3039/D3039M for tensile tests and ASTM D3410/3410M for compression tests.

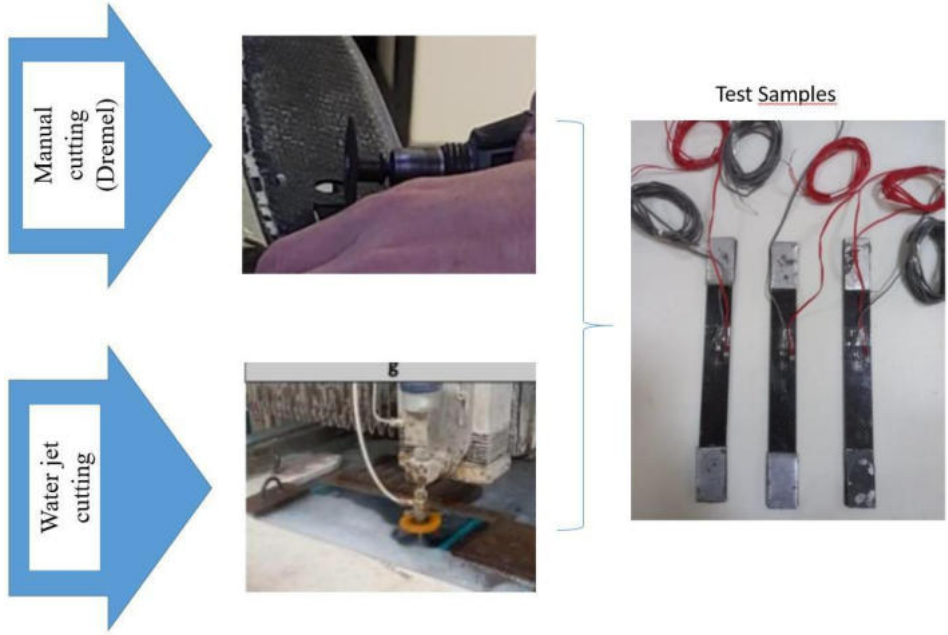
Depending on the cutting method, micro-damages such as interlaminar delamination, fiber breakage, and matrix cracks, often not easily visible to the naked eye, can occur on the cut surfaces of the specimens [4]. Therefore, two different plates produced under the same conditions were compared using two cutting methods commonly employed in industry: manual cutting (Dremel) and water jet cutting. The Dremel is an electronic tool in which a motor rotates at variable speeds, and various attachments can be used for different purposes such as engraving/milling, grinding/sharpening, cleaning/polishing, cutting, and sanding [5,6]. Water jet cutting, on the other hand, is another method that uses high-pressure water to obtain composite parts in specific geometries [7]. Since the process takes place in water, thermal effects such as burning can be reduced. However, contact between the composite materials and water may lead to other issues such as moisture absorption.

Compression test specimens were prepared in dimensions of 140×20 mm×mm, while tensile test specimens were 250×20 mm×mm. For both cutting methods, five repeated tests were performed for each case. During the tests, force-displacement data were recorded, and stress values were calculated using strain gauges attached to the specimens. Based on these data, material properties such as longitudinal and transverse strain, Poisson's ratio, tensile strength, and elastic modulus were calculated using the relevant equations.

Initially, the material properties obtained from equivalent specimens were compared, and the variation between the values was observed to be within a 10% error margin. Subsequently, the mechanical data of specimens cut by Dremel and waterjet were compared. In addition to numerical data, the comparison also included an evaluation of the damage types occurring during and after the cutting process.

In this context, a stereo optical microscope was used to visually examine the cross-sectional surfaces of the specimens and the damage patterns observed after testing. The effects of surface defects caused by the manufacturing process on the types of damage observed after testing were also evaluated.

Keywords: [Carbon fiber reinforced composites, Dremel-based manual cutting, Water jet cutting, Mechanical properties]



Acknowledgment

Support for this study was provided by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye under project number 124M876.

Özet

Kompozit malzemeler, sağladıkları üstün mekanik özellikler ve hafiflik gibi avantajlar sayesinde havacılık endüstrisinde kullanımı giderek artan malzemelerdir [1-3]. Ancak bu malzemelerin üretim yöntemlerinden kaynaklı olarak, aynı mekanik özelliklere sahip numunelerin tekrarlı şekilde üretilebilmesi çeşitli zorluklar barındırmaktadır. Oysaki endüstriyel uygulamalarda beklenen performansın sağlanabilmesi için, tekrarlayan üretimlerde aynı özelliklere sahip parçaların elde edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, kompozit malzemelerin mekanik özellikleri üzerinde farklı kesim yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. 300 g/m² yüzey yoğunluğuna sahip UD (unidirectional) karbon fiber kumaşlar kullanılarak, ASTM standartlarına uygun şekilde çekme ve basma mukavemeti ile ilgili malzeme katsayıları belirlenmiştir.

İlk aşamada, %55 lif hacim oranına sahip, 1.5 mm kalınlığında ve 500×500 mm×mm boyutlarında kompozit plakalar vakum infüzyon yöntemi ile üretilmiştir. Bu plakalardan, ASTM D3039/D3039M çekme ve ASTM D3410/3410M basma test standartlarına uygun olarak, 0°, 90° ve ±45° lif yönlerine sahip olacak şekilde, her bir yönden toplam 10 adet numune kesilmiştir.

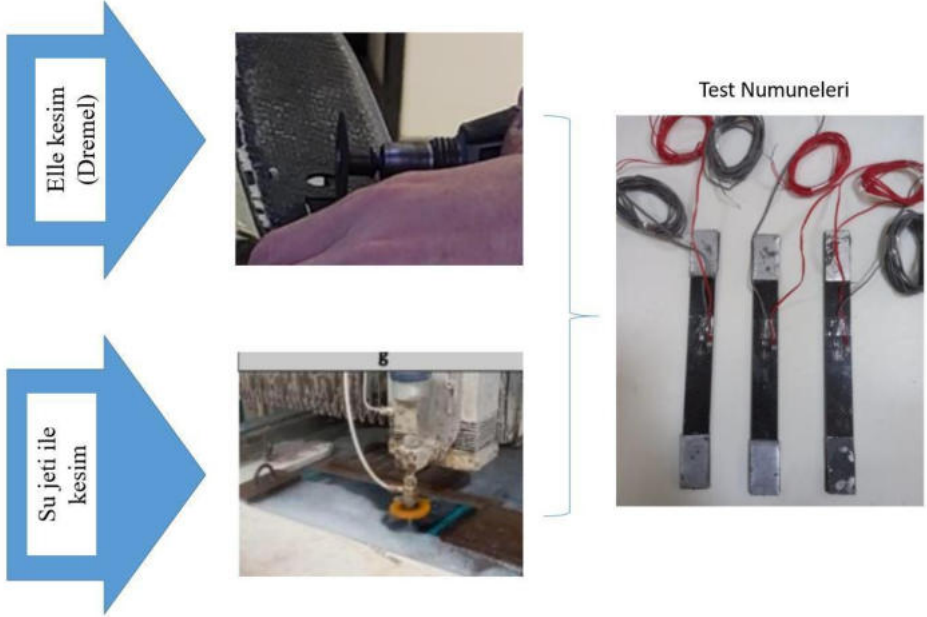
Kesim yöntemine bağlı olarak, numunelerin kesit yüzeylerinde gözle tespit edilmesi zor olan; kompozit katmanlar arası ayrılmalar, fiber kırılmaları ve matris çatlakları gibi mikro hasarlar meydana gelebilmektedir [4]. Bu nedenle, aynı koşullarda üretilmiş iki farklı plaka üzerinden, endüstride yaygın olarak kullanılan manuel (Dremel) kesim yöntemi ile su jeti kesim yöntemi karşılaştırılmıştır. Dremel, içerisinde bulunan motorun farklı devirlerde dönmesiyle ucuna takılan parçaya bağlı olarak birçok farklı amaçlarla kullanılabilen bir elektronik alettir ve oyma/freze olarak kullanılan uçlar, taşlama/bileme amacıyla kullanılan uçlar, temizleme/parlatma amacıyla kullanılan uçlar, kesme amacıyla kullanılan uçlar, zımparalama işlemi için kullanılan uçlar kullanılmaktadır [5,6]. Su jeti ise yüksek basınçlı su kullanılarak belirli geometrilerde kompozit parçaların elde edilmesini sağlayan bir başka kesme yöntemidir [7]. İşlem su içinde gerçekleşmesi sebebiyle yanma vb. ısı etkiler azaltılabilmektedir. Ancak kompozit malzemelerin suyla temas etmesi nem alma vb. başka sorunlara neden olabilmektedir.

Basma testi numuneleri 140×20 mm×mm, çekme testi numuneleri ise 250×20 mm×mm ebatlarında hazırlanmıştır. Her iki kesim yöntemi için, her bir durumda beşer adet tekrar testi gerçekleştirilmiştir. Testler sırasında kuvvet-yer değiştirme verileri kaydedilmiş ve numunelere yerleştirilen gerinim ölçerler (strain gauge) aracılığıyla gerilme değerleri hesaplanmıştır. Bu veriler kullanılarak boyuna ve enine gerinim, Poisson oranı, çekme dayanımı ve elastisite modülü gibi malzeme özellikleri aşağıdaki ilgili denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

Öncelikle, eş numuneler arasında elde edilen malzeme özellikleri karşılaştırılmış ve bu değerler arasındaki farkların %10 hata oranının altında olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra, Dremel ve su jeti ile kesilmiş numunelerin mekanik verileri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma, sayısal verilerin yanı sıra, kesim işlemi sırasında ve sonrasında oluşan hasarların şekillerinin değerlendirilmesini de içermektedir.

Bu kapsamda, stereo özellikli optik bir mikroskop kullanılarak numunelerin kesit yüzey görüntüleri ve deney sonrası oluşan hasar şekilleri görsel olarak incelenmiştir. Üretim sürecinde oluşan yüzey kusurlarının, test sonrası gözlemlenen hasar türleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Karbon fiber kompozit malzemeler, Dremel ile manuel kesme, Su jeti ile kesme, Mekanik özellikler]



Teşekkür

124M876 numaralı proje kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından bu çalışmaya verilen destek sağlanmıştır.

References

- [1] Herakovich, C. T. 1998. Mechanics of Fibrous Composites (1st ed.). New York: John Wiley & Sons.
- [2] Kaw, A. K. 2006. Mechanics of Composite Materials (1st ed.). Boca Raton: Taylor & Francis Group.

- [3] Swanson, S. R. 1997. *Introduction to Design and Analysis with Advanced Composite Materials* (1st ed.). Upper Saddle River: Prentice Hall.
- [4] Kroisová, D., Dvořáčková, Š., Knap, A., & Knápek, T. (2023). Destruction of Carbon and Glass Fibers during Chip Machining of Composite Systems. *Polymers*, 15(13), 2888.
- [5] Zarei, A., Farahani, S., & Pilla, S. 2022. "An experimental study on the manufacturing of engineered defects in composite plates", *Composites Part C: Open Access*, 9, 100327.
- [6] Hassan, S. A., Binoj, J. S., Goh, K. L., Mansingh, B. B., Varaprasad, K. C., Yahya, M. Y., ... & Wulandari, A. P. 2022. "Effect of fiber stacking sequence and orientation on quasi-static indentation properties of sustainable hybrid carbon/ramie fiber epoxy composites. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100284.
- [7] Ramulu, M., & Arola, D. (1993). Water jet and abrasive water jet cutting of unidirectional graphite/epoxy composite. *Composites*, 24(4), 299-308.

KNOW YOUR PRODUCTS TO FORGE A SECURE AND PROSPEROUS FUTURE: DIGIPASS CSA APPROACH

Natalia Konchakova¹, Salim Belouettar², Heinz A. Preisig³, Franz Pirker⁴, Peter Klein⁵

¹Department of Interface Modelling, Max-Planck-Straße 1, Geesthacht Helmholtz-Zentrum Hereon, 21502 Germany

²Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), 5, Avenue des Hauts-Fourneaux, Esch-sur-Alzette, 4362, Luxembourg

³Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Høgskoleringen 1, 7034 Trondheim, Norway

⁴AC2T Research GmbH, Austria

⁵Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Germany
natalia.konchakova@hereon.de

Abstract

Europe’s twin transition strategy combining green and digital innovation—is rapidly reshaping the regulatory and industrial landscape. A key pillar of this strategy is the implementation of Digital Product Passports (DPPs) to support circular, sustainable, and net-zero-emission business models across sectors [1, 2]. DPPs are set to become a regulatory requirement under the Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR), with mandates emerging for a wide range of products including electronics, batteries, textiles, and composite materials.

As companies, both large enterprises and SMEs prepare for mandatory DPP deployment, data harmonization becomes a key challenge. Materials-related data is highly distributed, heterogeneous, and context-dependent. DigiPass works toward establishing common semantic frameworks, metadata structures, and data quality indicators to support interoperability across the material value chain. The project fosters “innovation-by-design” methodologies, where digital product data can be reused for design, durability prediction, lifecycle management, and

sustainability assessment [3]. A particular focus is placed on enabling stakeholder alignment through: 1) Mapping existing information sources used by the materials and composites communities; 2) Identifying accreditation and certification practices across industries, 3) Engaging stakeholders in participatory standardization processes and 4) Bridging data gaps between upstream producers and downstream users. The DigiPass Coordination and Support Action (CSA) project addresses a critical need in this transition: ensuring interoperability, trust, and digital maturity across diverse European stakeholders, particularly in advanced materials and composites manufacturing [4].

This talk presents DigiPass’s strategic approach, focusing on the inventory and harmonization of information sources, accreditation schemes, and community practices relevant to DPP implementation. DigiPass promotes collaborative digital ecosystems that integrate manufacturers, suppliers, regulatory bodies, and end-users, ensuring that DPPs become instruments of empowerment and traceability, rather than administrative burdens. By creating a harmonized data infrastructure and promoting best practices, the project aims to make circularity practical and economically viable. The presentation will provide key insights into the DigiPass roadmap, industry engagement strategies, and alignment with ongoing policy initiatives under ESPR and the European Green Deal [5]. Case studies from advanced materials will illustrate how harmonized digital frameworks can enhance both product stewardship and innovation capacity.

Keywords: DigiPass CSA, Digital Product Passports, Circular Economy, Quality of Life, Composite Materials, Innovative Advanced Materials.

Acknowledgment

DigiPass is funded by the EC in Horizon Europe under HORIZON- CL4-2023-RESILIENCE-01, Grant Agreement no. 101138510. The UK partner WIKKI Ltd is supported by UKRI under grant no. 10100819: DigiPass.

References

- [1] European Commission. Ecodesign for Sustainable Products Regulation. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_2023. 2022.
- [2] John ET Bistline. “Roadmaps to net-zero emissions systems: emerging insights and modeling challenges”. In: *Joule* 5.10 (2021), pp. 2551–2563.

- [3] Steffen Foldager Jensen et al. “Digital product passports for a circular economy: Data needs for product life cycle decision-making”. In: *Sustainable Production and Consumption* 37 (2023), pp. 242–255.
- [4] Irini Furxhi et al. “Status, implications and challenges of European safe and sustainable by design paradigms applicable to nanomaterials and advanced materials”. In: *RSC Sustainability* 1.2 (2023), pp. 234–250.
- [5] Reinhilde Veugelers, Simone Tagliapietra, and Cecilia Trasi. “Green industrial policy in Europe: Past, present, and prospects”. In: *Journal of Industry, Competition and Trade* 24.1 (2024), p. 4.

CAM, BAZALT VE HİBRİT KOMPOZİTLERİN LAP-SHEAR MUKAVEMETİ

LAP-SHEAR STRENGTHS OF GLASS, BASALT AND HYBRID COMPOSITES

Hürrem CANİTEZ¹, Hülya KARAÇEPER¹,

¹Sazcılar, HOSAB 3. Cd no:5/2, Bursa

16159, Türkiye

hurrem.canitez@sazcilar.com.tr

Abstract

Composite materials are widely preferred in many industries such as automotive, aerospace, and marine because they enable the production of lighter and higher strength products. Composite structures basically consist of two components: reinforcement and matrix. Mechanical strength is derived from the reinforcement group, while the integrity of the structure is ensured by the matrix, which holds the reinforcements together. The most commonly used reinforcement materials in traditional composites are glass fiber and carbon fiber. However, in recent years, natural fibers have begun to gain prominence due to increasing environmental concerns and the search for alternative materials. Basalt fiber is also among the prominent fibers. Basalt fiber is obtained from natural volcanic basalt rock and is an environmentally friendly material as it does not emit toxic substances during the production process. Thanks to this feature, it is considered a sustainable option that contributes to the “Green World” movement. It also has higher mechanical strength compared to glass fiber [1,2]. Thanks to advancements in composite technology, hybrid composite structures have also become widespread today. In hybrid composites, multiple reinforcement materials are used together to combine different properties into a single structure. In these structures, reinforcements can be placed between layers or within layers [3]. In this study, an interlayer hybrid structure was preferred. Although

composites have advantages over metallic materials, in some applications, the use of composites and metals (e.g., stainless steel/SST) together may be necessary.

The bonding of such structures can be achieved through mechanical connections or adhesive methods [4]. In this study, the strengths of both composite-composite and composite-metal bonds were compared using lap- shear tests [5]. Composite plates were prepared using the vacuum infusion method, employing glass fiber, basalt fiber, and a hybrid combination of these two fibers. The samples produced were then subjected to lap-shear testing in accordance with the EN 1465 standard. According to the test results, among the composite-composite bonding groups, the basalt-basalt samples achieved the highest bonding strength at 21.97 MPa. The lowest value was observed in the glass-glass group at 15.43 MPa. Among the glass-sst, basalt-sst, and hybrid-sst groups, the highest strength was obtained in the basalt-sst group, while the values of the glass-sst and hybrid-sst groups were found to be quite close to each other. Unlike composite-composite adhesion, the fact that the results for glass and hybrid fibers were similar in composite-metal adhesion may be due to surface preparation and cleaning during the bonding process. Finally, when the results are evaluated, it is understood that basalt fiber can perform well both within the composite and in bonding with metal surfaces.

Keywords: [Glass, Basalt, Hybrid, Metals, lap-shear]

Özet

Kompozit malzemeler, daha hafif ve yüksek mukavemete sahip ürünler elde edilmesini sağladıkları için otomotiv, havacılık, denizcilik (marin) gibi birçok sektörde yaygın şekilde tercih edilmektedir. Kompozit yapılar temel olarak takviye ve matris olmak üzere iki bileşenden oluşur. Mekanik dayanım takviye grubundan, takviyelerin bir arada tutularak yapının bütünlüğünün sağlanması ise matristen elde edilir. Geleneksel kompozitlerde en çok tercih edilen takviye malzemeleri cam elyaf ve karbon elyafıdır. Ancak son yıllarda çevresel kaygıların artması ve alternatif malzeme arayışları doğrultusunda doğal elyaflar ön plana çıkmaya başlamıştır. Bazalt elyaf da öne çıkan elyaflar arasında yer almaktadır. Bazalt elyaf, doğal volkanik bazalt taşından elde edilir ve üretim sürecinde toksik madde yaymadığı için çevre dostu bir malzemedir. Bu özelliği sayesinde “Yeşil Dünya” hareketine katkı sağlayan sürdürülebilir bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca cam elyafa kıyasla daha yüksek mekanik mukavemete sahiptir [1,2]. Kompozit teknolojisindeki gelişmeler sayesinde günümüzde hibrit kompozit yapılar da yaygınlaşmıştır. Hibrit kompozitlerde birden fazla takviye malzemesi bir arada kullanılarak, farklı özelliklerin tek bir

yapıda birleştirilmesi hedeflenir. Bu yapılarda takviyeler, katlar arası ya da kat içi şekilde yerleştirilebilir [3]. Bu çalışmada katlar arası hibrit yapı tercih edilmiştir. Kompozitlerin metalik malzemelere göre üstünlükleri olsa da bazı uygulamalarda kompozit ile metalin (örneğin paslanmaz çelik/sst) birlikte kullanımı gerekebilir. Bu tür yapıların birleştirilmesi mekanik bağlantılarla veya yapıştırma yöntemleriyle sağlanabilir [4]. Bu çalışmada, hem kompozit-kompozit hem de kompozit- metal yapışmalarının lap-shear (bindirme çekme) testleri ile mukavemetleri karşılaştırılmıştır [5]. Vakum infüzyon yöntemi kullanılarak, cam elyaf, bazalt elyaf ve bu iki elyafın hibrit kombinasyonu kullanılarak kompozit plakalar hazırlanmıştır. Üretilen numuneler daha sonra EN 1465 standardına uygun olarak lap-shear testine tabi tutulmuştur. Test sonuçlarına göre kompozit-kompozit yapışma grupları arasında bazalt-bazalt numuneleri 21,97 MPa ile en yüksek yapışma mukavemetine ulaşmıştır. En düşük değer ise 15,43 MPa ile cam-cam grubunda gözlemlenmiştir. Cam-sst, bazalt-sst ve hibrit-sst grupları arasında ise en yüksek mukavemet bazalt-sst grubunda elde edilirken; cam-sst ve hibrit-sst gruplarının değerleri birbirine oldukça yakın bulunmuştur. Kompozit-kompozit yapışmasındakinden farklı olarak kompozit-metal yapışmasında cam ve hibrit elyafın sonuçlarının birbirine yakın çıkmış olması yapıştırma uygulaması esnasında yüzey hazırlama ve temizleme işleminden kaynaklanmış olabilir. Son olarak sonuçlar değerlendirildiğinde, bazalt elyafın hem kompozit içinde hem de metal yüzeyle birleştirmede iyi bir performans sergileyebileceği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Cam, Bazalt, Hibrit, Metal, Lap-Shear]

References

- [1] Khandelwal Saurabh, Rhee Kyong Yop, “Recent advances in basalt-fiber-reinforced composites: Tailoring the fiber-matrix interface” Composites Part B 192 108011 (2020)
- [2] Neto Jorge, Queiroz Henrique, Aguiar Ricardo, Lima Rosemere, Cavalcanti Daniel, Banea Mariana Doina, “A review of recent advances in hybrid natural fiber reinforced polymer composites” Journal of Renewable Materials vol.10 no.3 (2022)
- [3] Sapuan S.M., Aulia H.S., Ilyas R.A., Atiqah A., Dele-Afolabi T.T., Nurazzi M.N., Supian A.B.M., Atikah M.S.N., “Mechanical properties of longitudinal basalt/woven-glass-fiber-reinforced unsaturated polyester-resin hybrid composites”,
- [4] Polymers, 12 2211 (2020) Bian Ruopu, Wang Bin, Yang Hongying, Ren Jiazhi, Cui Lujun, Adetoro Oluwamayokun B., “Optimization of hybrid

composite–metal joints: single pin”, Materials 18, 1664 (2025)

[5] Pethrick R.A., “Composite to metal bonding in aerospace and other applications”, Welding and Joining of Aerospace Materials, 288-319 (2012)

LAYER THICKNESS EFFECT ON HYDROGEN PERMEATION PATHWAYS OF THIN-PLY THERMOPLASTIC COMPOSITES

Fatih Ertugrul. Oz^{1,2}, Ahmed Wagih^{1,2}, Biplab Joarder³, Shuvo Jit Datta³, Mohamed Eddaoudi³, Gilles Lubineau^{1,2}

¹Mechanical Engineering Program, Physical Science and Engineering Division, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Thuwal 23955-6900, Kingdom of Saudi Arabia

²Mechanics of Composites For Energy and Mobility Lab. (MCEM), King Abdullah University of Science (KAUST), Thuwal 23955-6900, Kingdom of Saudi Arabia

³Functional Materials Design, Discovery and Development Research Group (FMD3), Advanced Membranes and Porous Materials Center (AMPM), Division of Physical Sciences and Engineering, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Thuwal 23955-6900, Kingdom of Saudi Arabia

fatih.oz@kaust.edu.sa

Abstract

Thin-ply composites are characterized by uniform fiber distribution and low energy release rates for transverse cracks as this rate is scaled with ply thickness. These unique characteristics delay damage onset, suppress delamination and enable higher strengths in thermoset composites compared to their standard or thick-ply counterparts [1]. However, the research on thin-ply thermoplastic composites is limited [1]. Given the growing interest in clean energy and sustainability, thermoplastic composites are promising for hydrogen storage. Linerless Type V tanks, which eliminate the need for a liner, represent the lightest configuration for hydrogen storage. However, they require materials with excellent gas barrier properties and mechanical integrity to ensure safety under high-pressure conditions. In this context, the ability of thin plies can become highly advantageous.

A comprehensive comparison of various thermoplastics [2] showed that carbon

fiber (CF) reinforcement reduces polymer permeability, attributed to low hydrogen solubility in CFs and enhanced matrix crystallinity. Among many, CF reinforced polyamide 6 (CF/PA6) exhibited the lowest permeability, likely due to its highest crystallinity [2]. This finding was further supported by Oz et al. [3] for thin-ply CF/PA6 composites, where thick-layer laminates exhibited lower hydrogen permeability than thin-layer counterparts due to higher crystallinity. Both configurations showed promising potential for application in Type V hydrogen storage tanks. While microstructure seems to be an essential component on permeability, the effect of damage modes remains unexplored. Damage within the plies can deteriorate impermeable paths by forming continuous percolation paths, a critical design concern for Type V tanks.

This study investigates the effect of layer thickness on hydrogen permeability of thin-ply CF/PA6 composites, having laminate thickness of 672 μm . Two configurations are compared: $[0/90]_{4s}$ and $[0_4/90_4]_s$, having individual ply thicknesses of 42 μm (thin) and 168 μm (thick) respectively. Percolation paths were introduced via interrupted tensile loading to 60% and 80% of the ultimate strength, followed by hydrogen permeation tests under 5, 10, and 15 bar.

After loading to 60% of ultimate strength, the thin-layer laminates, with inherently lower crystallinity, exhibited early fiber/matrix debonding and formed percolation paths, leading to significant increase in permeability. Upon loading to 80% of ultimate strength, permeability increased slightly, as the damage had not propagated through the laminate thickness. In contrast, thick-layer laminates demonstrated greater initial resistance to damage due to their higher crystallinity, showing minor increase in permeability at 60% of ultimate strength. Nevertheless, at 80% of ultimate strength, interconnected debonding through the laminate thickness formed continuous percolation paths, leading to fourfold increase in permeability.

Overall, hydrogen permeability increased with pre-applied loading in all configurations. Although thick-layer laminates performed better in pristine conditions, they exhibited rapid degradation in permeability when loaded, due to the formation of extensive percolation networks. In general, permeability decreased with increasing pressure, except in the thick-layer laminates pre-loaded to 80% of ultimate strength, where through-thickness percolation dominated the leakage mechanism. Thin plies, by surpassing damage propagation, demonstrated improved resistance to hydrogen leakage and thus offer enhanced safety margins for Type V hydrogen storage applications under high-pressure conditions.

Keywords: [Hydrogen, Permeation, Thin-ply, Thermoplastic composites]

References

- [1] Galos Joel. Thin-ply composite laminates: a review. *Composite Structures*. 236 (2020).
- [2] Condé-Wolter Jan, Ruf Michael G., Liebsch Alexander, Lebelt Tobias, Koch Ilja, Drechsler Klaus, *et al.* Hydrogen permeability of thermoplastic composites and liner systems for future mobility applications. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 167 (2023).
- [3] Oz F E, Wagih A, Datta S J, Joarder B, Eddaoudi M, Lubineau G. On hydrogen permeability of thin-ply thermoplastic composites. In 21st European Conference on Composite Materials. Nantes (2024).

POLİMER MATRİSLİ KOMPOZİT MALZEMELERDE ELYAF VE MATRİS SEÇİMİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ TEMELLİ KARBON AYAK İZİ ANALİZİ

LIFE CYCLE-BASED CARBON FOOTPRINT ANALYSIS OF FIBER AND MATRIX SELECTION IN POLYMER MATRIX COMPOSITE MATERIALS

Nilsu Ataman¹, M. Özgür Seydibeyoğlu¹, Kaan Vatansever², İrem Cansu Tosun²

¹İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Balatçık, Airport Road No:33/2, İzmir 35620, Türkiye

²Sustainabilios, Mistral Tower, Çınarlı, Kat:39, 35170 Konak, İzmir, Türkiye

nilsu-ataman@hotmail.com

Abstract

In contemporary engineering approaches, not only mechanical strength and performance but also minimizing environmental impacts, efficient use of resources, and designing in accordance with sustainability principles throughout the product life cycle have gained significant importance. In this context, composite materials have emerged as a prominent class of materials in modern technological solutions due to their high specific strength, light weight, long service life, and low maintenance requirements.

The aim of this study is to analyze the environmental performance of polymer matrix composite materials using the Life Cycle Assessment (LCA) method and to compare different fiber and matrix combinations in terms of their carbon footprint. Within this scope, composite structures composed of fibers of various origins, such as flax, hemp, glass, and carbon, along with matrix systems based on thermoset (epoxy) and thermoplastic (polyamide 6) resins were evaluated. A holistic approach was adopted to assess the environmental impacts of fiber and matrix components by considering their production processes, energy consumption, greenhouse gas emissions, recyclability potential, and disposal methods. The findings aim to provide a scientific basis for sustainable material

selection and to contribute at a technical level to policy instruments such as the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) and Environmental Product Declarations (EPDs) under the framework of the European Green Deal.

The environmental impacts of polymer matrix composite materials were analyzed using the Life Cycle Assessment (LCA) approach in accordance with ISO 14040 and ISO 14044 standards. The life cycle was evaluated from a “cradle-to-grave” perspective, covering all stages from raw material acquisition to production, use, and final disposal. Environmental impacts were calculated using sustainability metrics such as carbon footprint (ISO 14064), water footprint (ISO 14046), energy management (ISO 50001), and waste disposal.

In the study, the environmental impacts of various natural and synthetic fiber types, such as flax, hemp, glass fiber, and carbon fiber, were compared using a common polymer matrix. Multi-dimensional analyses were conducted by considering the production processes, energy consumption, emission profiles, and end-of-life disposal options. These fiber-based comparisons particularly evaluated the environmental advantages of biocomposites, and their sustainability potential compared to traditional petrochemical-based composites was supported by data obtained from literature.

Additionally, by keeping a selected fiber type constant, the environmental performances of two different polymer matrix systems—thermoset-based epoxy resin and thermoplastic-based polyamide 6, were compared. The decisive role of matrix type in environmental impact was analyzed based on criteria such as recyclability, reprocessability, energy intensity of manufacturing processes, and compatibility with circular economy principles. Advantages of thermoplastic systems, including their ability to be reprocessed and shaped at lower temperatures, create notable environmental distinctions.

Moreover, the applicability of energy management systems in accordance with ISO 50001 was evaluated in terms of the energy efficiency of production processes. The environmental impacts of energy-intensive processes were compared with alternative methods requiring lower energy input. As part of the carbon footprint calculations, methods for traceability, data collection, and reporting related to carbon-intensive raw materials were integrated into the study in line with the European Green Deal and the Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM).

Finally, Environmental Product Declarations (EPDs) published under systems valid in Europe were reviewed to evaluate practices aimed at transparently presenting the carbon footprint and overall environmental performance of composite materials. EPDs were considered a significant tool for supporting

sustainability-oriented decision-making in material selection.

The environmental sustainability of composite materials is shaped not only by the final product's performance but also by the sources of the fiber and matrix components used, their production processes, and the environmental impacts generated throughout their life cycles. In this context, both the fiber type and matrix type play a decisive role in determining the total carbon footprint of the composite system.

Natural fibers (such as flax and hemp) are generally obtained from renewable sources, require low energy for processing, and emit limited greenhouse gases during production. Their biodegradable nature and the possibility of sourcing them locally also offer advantages in terms of transportation and waste management. In contrast, synthetic fibers such as glass and carbon are manufactured through high-temperature, energy-intensive processes, with carbon fiber in particular producing high emissions during its production phase. However, synthetic fibers can offer significant indirect environmental benefits due to their higher mechanical strength and extended service life. Therefore, comparisons between natural and synthetic fibers should take into account the entire life cycle, not just the production stage.

Similarly, the type of matrix used is another critical factor influencing the carbon footprint. Thermoset resins (e.g., epoxy) typically provide high mechanical properties, but due to their crosslinked chemical structure, they are not recyclable and require fixed curing temperatures during processing. Thermoplastic matrices (e.g., polyamide 6), on the other hand, can be processed at lower temperatures, are reprocessible, and can be mechanically recycled, offering notable environmental advantages. However, their environmental performance may vary depending on the type of energy used in production and the petrochemical origin of the raw materials.

In this context, evaluating the impact of fiber and matrix selection on the carbon footprint through a holistic life cycle approach is of critical importance for the development of sustainable composite designs.

Keywords: [Life Cycle Assessment (LCA), carbon footprint, sustainability, composite materials]

Özet

Günümüzde kullanılan mühendislik yaklaşımlarında sadece mekanik dayanıklılık ve performans değil; çevresel etkilerin minimuma indirilmesi,

kaynakların verimli kullanımı ve yaşam döngüsü süresince sürdürülebilirlik ilkelerine uyumlu tasarım da önem kazanmaktadır. Bu bağlamda, kompozit malzemeler, yüksek özgül dayanım, hafiflik, uzun ömür ve düşük bakım özellikleri ile modern teknolojik çözümler arasında öne çıkan bir malzeme türü haline gelmiştir.

Bu çalışmanın amacı, polimer matrisli kompozit malzemelerin çevresel performansını yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yöntemiyle analiz ederek, farklı elyaf ve matris kombinasyonlarının karbon ayak izi açısından karşılaştırılmasını sağlamaktır. Bu kapsamda, keten, kenevir, cam ve karbon gibi farklı kökenlere sahip elyaf türleri ile termoset (epoksi) ve termoplastik (polyamide 6) matris sistemlerinin oluşturduğu kompozit yapılar değerlendirilmiştir. Elyaf ve matris bileşenlerinin üretim süreçleri, enerji tüketimi, sera gazı emisyonları, geri dönüştürülebilirlik potansiyeli ve bertaraf yöntemleri dikkate alınarak çevresel etkiler bütüncül bir yaklaşımla ele alınmıştır. Elde edilen bulguların, sürdürülebilir malzeme seçimlerine bilimsel dayanak oluşturması ve Avrupa Yeşil Mutabakatı çerçevesindeki SKDM (Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması) ile çevresel ürün beyanı (EPD) gibi politika araçlarına teknik düzeyde katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Polimer matrisli kompozit malzemelerin çevresel etkileri, ISO 14040 ve ISO 14044 standartlarına uygun olarak yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaklaşımı ile analiz edilmiştir. Yaşam döngüsü, hammadde temininden başlayarak üretim, kullanım ve nihai bertaraf aşamalarını kapsayacak şekilde “beşikten mezara” (cradle-to-grave) kadar olan tüm süreci içerecek biçimde değerlendirilmiştir. Çevresel etkiler; karbon ayak izi (ISO 14064), su ayak izi (ISO 14046), enerji yönetimi (ISO 50001) ve atık bertarafı gibi sürdürülebilirlik araçları kullanılarak hesaplanmıştır.

Çalışmada, keten, kenevir, cam elyaf ve karbon elyaf gibi doğal ve sentetik elyaf türlerinin çevresel etkileri; ortak bir polimer matris ile birlikte kullanılarak karşılaştırılmıştır. Elyafların üretim süreçleri, enerji tüketimleri, emisyon profilleri ve kullanım sonrası bertaraf seçenekleri dikkate alınarak çok boyutlu analizler yapılmıştır. Elyaf bazlı bu karşılaştırmalarda, özellikle biyokompozitlerin çevresel avantajları değerlendirilmiş; bu sistemlerin geleneksel petrokimyasal bazlı kompozitlere kıyasla sunduğu sürdürülebilirlik potansiyeli literatürden elde edilen verilerle desteklenmiştir.

Buna ek olarak, seçilen bir elyaf türü sabit tutularak, iki farklı polimer matris sisteminin termoset esaslı epoksi reçine ve termoplastik esaslı polyamide 6 çevresel performansları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada, matris tipinin çevresel etkileri üzerindeki belirleyici rolü; geri dönüştürülebilirlik, yeniden işlenebilirlik, üretim süreçlerinin enerji yoğunluğu ve döngüsel ekonomiyle

uyumluluk gibi kriterler üzerinden analiz edilmiştir. Termoplastik sistemlerin yeniden işlenebilir yapısı ve düşük sıcaklıkta şekillendirilebilirliği gibi avantajlar, çevresel açıdan önemli farklılıklar yaratmaktadır.

Ayrıca, üretim proseslerinin enerji verimliliği bakımından ISO 50001 standardına uygun enerji yönetim sistemlerinin uygulanabilirliği değerlendirilmiş; enerji yoğun proseslerle daha düşük enerji gerektiren alternatif yöntemlerin çevresel etkileri karşılaştırılmıştır. Karbon ayak izi hesaplamaları kapsamında, Avrupa Yeşil Mutabakatı ve Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) doğrultusunda karbon yoğun hammaddelere ilişkin izlenebilirlik, veri toplama ve raporlama yöntemleri çalışmaya entegre edilmiştir.

Son olarak, Avrupa'da geçerli olan çevresel ürün beyanı (EPD) sistemleri kapsamında yayımlanmış belgeler incelenerek, kompozit malzemelerin karbon ayak izi ve genel çevresel performanslarının şeffaf şekilde sunulmasına yönelik uygulamalar değerlendirilmiştir. EPD belgeleri, malzeme seçiminde sürdürülebilirlik odaklı karar alma süreçlerine katkı sağlayacak önemli bir araç olarak ele alınmıştır.

Kompozit malzemelerin çevresel sürdürülebilirliği, yalnızca nihai ürün performansına değil, kullanılan elyaf (lif) ve matris bileşenlerinin kaynaklarına, üretim süreçlerine ve yaşam döngüsü boyunca oluşturduğu çevresel etkilere bağlı olarak şekillenmektedir. Bu bağlamda, elyaf türü ve matris tipi, kompozit sistemin toplam karbon ayak izi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

Doğal kökenli elyaflar (keten, kenevir gibi) genellikle düşük enerjiyle işlenebilen, yenilenebilir kaynaklardan elde edilen ve üretim aşamasında sınırlı sera gazı salımı yapan bileşenlerdir. Ayrıca biyobozunur yapıları ve yerel kaynaklardan temin edilebilmeleri, taşıma ve atık yönetimi açısından da avantaj sağlamaktadır. Buna karşın, cam ve karbon gibi sentetik elyaflar yüksek sıcaklıklarda enerji yoğun proseslerle üretilmekte olup, özellikle karbon elyafın üretim aşamasında oluşan emisyonlar oldukça yüksektir. Ancak sentetik elyaflar, kullanım süresince daha yüksek mekanik dayanım ve uzun ömür sunarak dolaylı çevresel kazanımlar sağlayabilmektedir. Bu nedenle doğal ve sentetik elyaflar arasında yapılacak karşılaştırmada, yalnızca üretim değil, tüm yaşam döngüsü göz önünde bulundurulmalıdır.

Benzer şekilde, matris bileşeninin türü de karbon ayak izini etkileyen önemli bir faktördür. Termoset reçineler (örneğin epoksi), genellikle yüksek mekanik özellikler sunmasına rağmen kimyasal olarak çapraz bağlı yapıları nedeniyle geri dönüştürülemez ve üretimleri sırasında sabit kütleme sıcaklıkları gerektirir. Termoplastik matrisler (örneğin polyamide 6) ise daha düşük sıcaklıklarda işlenebilir, yeniden şekillendirilebilir ve mekanik olarak geri dönüştürülebilir

olmaları sayesinde çevresel açıdan önemli avantajlar sunar. Ancak üretim sürecinde kullanılan enerji kaynakları ve hammaddenin petrokimyasal kökeni, çevresel performanslarının bağlama göre değişkenlik göstermesine neden olmaktadır.

Bu çerçevede, elyaf ve matris seçiminin karbon ayak izi üzerindeki etkilerinin bütüncül bir yaşam döngüsü yaklaşımı ile değerlendirilmesi, sürdürülebilir kompozit tasarımlarının geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Yaşam döngü değerlendirmesi (YDD), karbon ayak izi, sürdürülebilirlik, kompozit malzemeler]

References

- [1] ISO 14067:2018 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines or quantification.
- [2] European Commission, Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), 2023.
- [3] ISO 50001:2018 Energy Management Systems – Requirements with guidance for use.
- [4] ISO 14046:2014 Environmental management – Water footprint – Principles, requirements and guidelines
- [5] EPD International, General Programme Instructions 4.0, 2021.

**COLCHICUM MICRANTHUM EKSTRESİNİN
3D BASKILI DOKU YAPILARINA YÜKLENMESİ VE
KARAKTERİZASYONU İLE MEME KANSERİ HÜCRELERİ
ÜZERİNDEKİ ANTİKANSER ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

**LOADING AND CHARACTERIZATION OF COLCHICUM
MICRANTHUM EXTRACT ON 3D PRINTED SCAFFOLDS AND
INVESTIGATION OF ANTICANCER EFFECTS ON BREAST
CANCER CELLS**

Zeynep Ozge Oztaban¹, Sevil Senocak¹, Hasan Ege², Aylin Koç¹, Fulya Dal Yöntem^{3 4}, Yeşim Müge Şahin^{1 5}, Zeynep Ruya Ege¹

¹Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering, Kemalpaşa, 2. Şirin Sok. 6-1, Istanbul Arel University, Istanbul 34537, Türkiye

²Department of Physiology, School of Medicine, Kemalpaşa, 2. Şirin Sok. 6-1, Istanbul Arel University, Istanbul 34537, Türkiye

³Department of Biophysics, Koç University School of Medicine, Koç University, Sarıyer, Istanbul 34537, Türkiye

⁴Koç University Research Center for Translational Medicine (KUTTAM), Sarıyer, Rumelifeneri, Istanbul 34450, Türkiye

⁵Polymer Technologies and Composite Application and Research Center (ArelPOTKAM), Istanbul Arel University, Kemalpaşa, 2. Şirin Sok. 6-1, , Istanbul 34537, Türkiye

zeynepozgeoztaban21@istanbularel.edu.tr

Abstract

This project investigates the anti-cancer effects of Colchicum micranthum (CM) bulb extract on MCF-7 breast cancer cells using 3D-printed scaffolds composed

of PCL and PEG polymers. The CM extract, rich in colchicine alkaloids, is incorporated into biocompatible and biodegradable scaffolds via extrusion-based 3D printing. In parallel, Oxaliplatin (OX), a commonly used chemotherapeutic agent, is included for comparison. Three different scaffold groups were prepared for evaluation. Group 1 served as the control and contained no drug or extract, comprising a polymer composition of PCL/PEG in a 9.5:0.5 ml/ml ratio. Group 2 contained *Colchicum micranthum* extract in doses of 0.1 mg, 0.3 mg, and 0.4 mg, loaded into scaffolds made from a PCL/PEG mixture of 4.75:0.25 ml/ml. Group 3 was loaded with Oxaliplatin at the same doses (0.1 mg, 0.3 mg, and 0.4 mg), using a PCL/PEG ratio of 1.9:0.1 ml/ml. These groups enable the assessment of both individual and synergistic effects of different drugs and polymer types. Scaffold characterization includes SEM (to observe morphology), FTIR (for chemical structure analysis), DSC (to assess thermal behavior), and HPLC (to analyze bioactive compounds). Drug release profiles are tested in media with pH 7.4 and 4.0 to simulate physiological and tumor environments, respectively. The cytotoxicity and anti-cancer efficacy of the scaffolds are evaluated using MCF-7 cell assays. This approach provides valuable insights into localized cancer therapy with potentially reduced systemic toxicity. Additionally, the inclusion of *Colchicum micranthum*, a plant endemic to Türkiye, enhances the biomedical and national relevance of the project.

Keywords: [*Colchicum micranthum*, 3D Printing, Breast Cancer, Localized Therapy, Drug Delivery]

Özet

Bu proje, *Colchicum micranthum* (CM) soğan ekstresinin PCL ve PEG polimerlerinden oluşan 3D baskılı doku yapıları üzerine yüklenerek MCF-7 meme kanseri hücreleri üzerindeki antikanser etkilerini incelemektedir. Kolçisin alkaloidleri açısından zengin olan CM ekstresi, ekstrüzyon bazlı 3D baskı yöntemi ile biyouyumlu ve biyobozunur doku yapılarına entegre edilmiştir. Karşılaştırma amacıyla yaygın bir kemoterapötik ajan olan Oksaliplatin (OX) da çalışmaya dahil edilmiştir. Üç farklı iskelet grubu değerlendirme için hazırlanmıştır. Grup 1 kontrol grubudur, ilaç ya da ekstre içermemekte olup %9.5 PCL / %0.5 PEG (ml/ml) oranında polimer kompozisyonuna sahiptir. Grup 2, %4.75 PCL / %0.25 PEG (ml/ml) oranında hazırlanan doku yapılarına sırasıyla 0.1 mg, 0.3 mg ve 0.4 mg dozlarında *Colchicum micranthum* ekstresi yüklenmiştir. Grup 3'e ise aynı dozlarda (0.1 mg, 0.3 mg ve 0.4 mg) Oksaliplatin yüklenmiş ve polimer oranı %1.9 PCL / %0.1 PEG (ml/ml) olacak şekilde

hazırlanmıştır. Bu gruplar sayesinde farklı ilaçların ve polimer türlerinin bireysel ve sinerjik etkileri değerlendirilebilmiştir. Doku yapısı karakterizasyonu; SEM (morfoloji gözlemi), FTIR (kimyasal yapı analizi), DSC (termal davranış analizi) ve HPLC (biyoaktif bileşen analizi) yöntemleriyle yapılmıştır. İlaç salım profilleri fizyolojik ortamı simüle eden pH 7.4 ve tümör ortamını simüle eden pH 4.0'ta test edilmiştir. Doku yapılarının sitotoksikite ve antikanser etkinlikleri MCF-7 hücre testleriyle değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, sistemik toksisiteyi azaltabilecek lokalize kanser tedavisine dair önemli bilgiler sunmaktadır. Ayrıca Türkiye'ye endemik olan *Colchicum micranthum*'un kullanılması, projenin biyomedikal ve ulusal değerini artırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [*Colchicum micranthum*, 3B Baskı, Meme Kanseri, Lokal Tedavi, İlaç Taşıma]

YÜKSEK BASINÇLI HİDROJEN DEPOLAMA İÇİN GRAFEN TAKVİYELİ TİP IV COPV'LERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK KARAKTERİZASYONU

MANUFACTURING AND MECHANICAL CHARACTERIZATION OF GRAPHENE-REINFORCED TYPE IV COPVS FOR HIGH-PRESSURE HYDROGEN STORAGE

Muhammed Erdal ULAŞLI¹, Metin TANOĞLU¹, Engin AKTAŞ², Onur ÖZCAN¹, Erdin YILMAZ¹, Eren TEKİN¹, Beril AKIN³

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gülbahçe Campus, Izmir 35430, Türkiye

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gülbahçe Campus, Izmir 35430, Türkiye

³IZOREEL Composites, Kemalpaşa Organized Industrial Zone, Kemalpaşa, Izmir 35730, Türkiye

erdalulasli97@gmail.com

Abstract

In recent years, the interest in clean energy sources has grown rapidly. In this context, hydrogen is becoming an important candidate as a future energy carrier. However, storing hydrogen safely and efficiently remains a major challenge. Especially for high-pressure applications, different types of storage vessels are being developed. One of the most promising solutions is the Type IV COPV (Composite Overwrapped Pressure Vessel), known for its lightweight structure and ability to withstand high pressures. These tanks are made of polymer liner inside and carbon fiber-reinforced composite layers on the outside.

In this study, graphene nanoplatelets were added to the epoxy resin used in COPV production to improve its mechanical performance. The graphene was mixed into

the resin at rates between 1% and 3%. Ultrasonic bath and probe sonication methods were used during this process. It was observed that using a solvent helped achieve a more even distribution. The mechanical properties of the graphene-modified resins were tested using tensile strength and DMA methods. Microstructure was also examined through SEM imaging. The initial results showed that adding graphene can improve both the stiffness and strength of the resin.

The filament winding process was planned by using CADWIND software. The winding angles were selected based on netting theory and used to wrap the carbon fibers around the liner. After winding, the tanks were cured at 80 °C and made ready for testing. In the following phase, hydrostatic tests will be conducted to examine the burst pressure and damage modes. A connection between the amount of graphene and the mechanical behavior of the tank is expected.

This research is still ongoing. The final results, including burst pressures and failure modes, will be presented in the full paper. This research has been funded by TÜBİTAK (Project No: 123N416), as part of the HYMOCA project within the European Union's M-ERA.NET initiative. It aims to contribute to the development of safer and lighter hydrogen storage solutions in Türkiye.

Keywords: [Graphene, COPV, Filament Winding, Hydrogen Storage, Composite Materials]

Özet

Son yıllarda temiz enerji kaynaklarına olan ilgi oldukça arttı. Bu doğrultuda hidrojen, gelecekte önemli bir enerji taşıyıcısı olarak öne çıkıyor. Ancak hidrojenin güvenli ve etkili bir şekilde depolanması hâlâ büyük bir zorluk. Özellikle yüksek basınçlı uygulamalarda bu sorunu çözmek için farklı tank sistemleri geliştiriliyor. Bunlardan biri olan Tip IV COPV (Kompozit Sargılı Basınçlı Kap), hafifliği ve yüksek basınca dayanımıyla dikkat çekiyor. Bu tanklar, iç kısmında polimer bir liner ve dış kısmında karbon fiberle güçlendirilmiş kompozit katmanlardan oluşuyor.

Bu çalışmada, bu tip tankların üretiminde kullanılan reçine sistemine grafen nanoparçacıkları eklenerek mekanik özelliklerin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Grafen, %1 ile %3 oranlarında epoksi reçineye karıştırıldı. Bu karışım hazırlanırken ultrasonik banyo ve prob sonikasyon yöntemleri kullanıldı. Özellikle çözücü ile yapılan karışımlar daha homojen bir dağılım sağladı. Hazırlanan grafen katkılı reçinelerin mekanik özellikleri çekme testi ve DMA

gibi testlerle incelendi. Ayrıca SEM görüntüleriyle mikroyapı gözlemlendi. Elde edilen ilk sonuçlar, grafen katkısının reçinenin rijitlik ve dayanım gibi mekanik özelliklerini iyileştirebildiğini göstermiştir.

Tank üretiminde CADWIND yazılımı kullanılarak sarım açıları planlandı. Sarım işleminde netting teorisine uygun olarak belirlenen açılarla karbon fiber sarımı yapıldı. Üretilen tanklar, 80 °C’de kürlenerek testlere hazır hâle getirildi. Devam eden süreçte hidrostatik testler ile tankların patlama basınçları ve hasar türleri incelenecek. Bu sayede grafen oranı ile tank dayanımı arasında bir ilişki kurulması bekleniyor.

Çalışma henüz tamamlanmadı. Sonuçlar, nihai bildiride detaylı şekilde sunulacak. Bu araştırma, M-ERA.NET girişimi kapsamında yürütülen HYMOCA projesinin bir parçası olarak TÜBİTAK (Proje No: 123N416) tarafından desteklenmekte. olup, Türkiye’de daha güvenli ve hafif hidrojen depolama sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Grafen, COPV, Filament Sarma, Hidrojen Depolama, Kompozit Malzemeler]

MASTERING THE DPP REGULATION JUNGLE ON A DIGITAL PLATFORM: AN OPPORTUNITY FOR ACCELERATED COMPOSITE INNOVATIONS

Peter Klein¹, Salim Belouettar², Heinz A. Preisig³, Natalia Konchakova⁴, Franz Pirker⁵

¹Fraunhofer Institute for Industrial Mathematics (ITWM), Germany

²Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), 5, Avenue des Hauts-Fourneaux, Esch-sur-Alzette, 4362, Luxembourg

³Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Norway

⁴Helmholtz-Zentrum Hereon, Germany

⁵AC2T Research GmbH, Austria

peter.klein@itwm.fraunhofer.de

Abstract

As Europe transitions toward a sustainable and circular economy, new regulatory frameworks are driving digital transformation across industrial value chains. Among these, the upcoming Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) and its Delegated Acts represent landmark legislation aimed at promoting product durability, traceability, and recyclability [1]. Central to this framework is the Digital Product Passport (DPP), a tool to digitally store and share key product information throughout its lifecycle, from production to end-of-life.

The introduction of DPPs poses both a technical and organizational challenge, particularly for complex materials like composites. However, rather than viewing compliance as a burden, the EU DigiPass CSA Project promotes a paradigm shift: positioning regulatory compliance as a catalyst for “innovation-by-design”. This mindset reimagines regulations as enablers of digitalization, encouraging the integration of “Safe and Sustainable by Design (SSbD)” principles into early-stage material development [2].



PULTECH
FRP

www.pultechfrp.com

NANOPOL®

KİMYA KOMPOZİT VE BOYA SAN. TİC. LTD. ŞTİ.



Rengini Seç

Nanopol Kimya, kompozit sektörünün yanı sıra farklı endüstriyel alanlara da yenilikçi ve güvenilir çözümler sunan köklü bir kuruluştur. Pigment pasta sistemleri, renklendirilmiş jelkotlar, kalıp ayırıcılar ve müşteri ihtiyaçlarına özel geliştirilen ürünlerle kompozit üreticilerine değer katan çözümler sunmaktadır.

Şirketimiz, yüksek performanslı, çevre dostu ve sürdürülebilir yardımcı ürünler geliştirerek kompozit sektörünün büyümesine ve gelişimine katkı sağlamayı ilke edinmiştir.

AR-GE odaklı yaklaşımıyla, uluslararası standartlarda ürünler geliştiren Nanopol Kimya, yenilikçi projeleriyle kompozit sektöründe öncü, güçlü ve güvenilir bir marka olmayı sürdürmektedir.

NANOJEL



NANOPOL

NANOPiGMENT



This presentation outlines how digital platforms can be leveraged to support collaborative innovation processes, enabling seamless transitions from R&D to industrial deployment. Within DigiPass, we demonstrate that digital ecosystems can federate upstream and downstream stakeholders—including materials developers, designers, recyclers, and regulators through shared, interoperable data spaces [3]. The resulting infrastructure lays the foundation for dynamic and decentralized DPPs embedded directly into production workflows. As a proof of concept, we showcase a case study on “accelerated composite innovation”, tracing the material from concept through design, production, and circular use phases. Using a federated digital framework, we simulate how a DPP evolves throughout the value chain, aggregating inputs such as material composition, sustainability credentials, repair/reuse instructions, and regulatory conformity. This approach not only strengthens supply chain transparency and compliance but also empowers SMEs to engage in high-value innovation and align with the European Green Deal’s digital and circular economy goals. Ultimately, mastering the “regulatory jungle” through digital platforms opens new pathways for agile, compliant, and resource-efficient product development.

Keywords: [Digital Product Passports, Circular Economy, Composite Materials, Regulatory Compliance, Safe and Sustainable by Design, Collaborative Innovation]

Acknowledgment

DigiPass is funded by the EC in Horizon Europe under HORIZON-CL4- 2023-RESILIENCE-01, Grant Agreement no. 101138510. The UK partner WIKKI Ltd is supported by UKRI under grant no. 10100819: DigiPass.

References

- [1] Tim Becker. “Ecodesign for Sustainable Products and the EU Digital Product Passport”. In: *Zeitschrift für Stoffrecht* 19.3 (2022), pp. 177–188.
- [2] Christina Apel et al. “Safe-and-sustainable-by-design: State of the art approaches and lessons learned from value chain perspectives”. In: *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 45 (2024), p. 100876.
- [3] Pasquale Pagano, Leonardo Candela, and Donatella Castelli. “Data interoperability”. In: *Data Science Journal* 12 (2013), GRDI19–GRDI25.

SÜRDÜRÜLEBİLİR, DOĞAL BİYOBAZLI VE FARMASÖTİK POTANSİYELE SAHİP KOMPOZİTLER İÇİN MİKROALG ÜRETİMİ

MICROALGAE PRODUCTION FOR SUSTAINABLE, NATURAL BIOBASED COMPOSITES WITH PHARMACEUTICAL POTENTIAL

Ilknaz Yesilyaprak¹, Buse Erogluer¹, Mehmet Tolga Toprak¹, Çağla Yarkent¹

¹Department of Bioengineering, Faculty of Engineering, Ege University, Erzene
Bornova, Izmir 35100, Türkiye

cagla.yarkent@gmail.com

Abstract

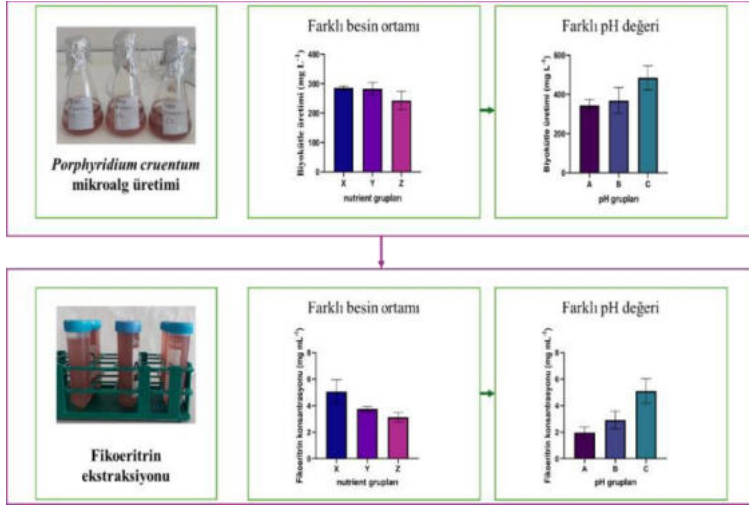
A polymeric composite consists of more than two polymers with different features [1]. In wound dressing applications, there is an increasing demand to develop hybrid materials that combine the properties of both polymers to increase the effectiveness of wound dressings [2,3]. At this point, hydrogels have gained great attention due to their effective wound healing support, high moisture, and water retention properties. Also, the functionality of hydrogels can be enhanced by adding antioxidants in their formulations [4]. Among natural antioxidant sources, microalgae stand out with their bioactive compounds that show high antioxidant capacities [5–8]. *Phorphyridium cruentum*, a microalgae culture, has been stated with its phycoerythrin pigment, which has polymeric structure with high antioxidant effects [9]. However, the number of studies focused on its production conditions is quite low. Therefore, the production conditions for *P. cruentum* should be evaluated before developing a wound dressing by adding phycoerythrin to the hydrogel-based wound dressing. In this study, the effects of the media ingredients and pH values on *P. cruentum* cultivation for biomass and phycoerythrin production were evaluated.

In this study, *P. cruentum* was produced in different media at different pH values. Firstly, *P. cruentum* was cultivated at 8.70 pH in the standard medium (BG-11 medium containing 15 g L⁻¹ sea salt) (X) and in the standard media containing an additional 0.5 g L⁻¹ NaNO₃ (Y) and 0.75 g L⁻¹ NaNO₃ (Z). Secondly, the culture was produced in the standard medium at different pH values (5.72 (A), 7.25 (B), 8.70 (C)). All cultures have %10 inoculation ratio and the productions were carried out at 120 rpm and at 21±1°C with 28.2 ± 3.6 µmol m⁻² s⁻¹ illumination in three repetitions [10,11]. Finally, the results were compared to find the most suitable conditions for biomass and phycoerythrin production.

Considering different media ingredients, *P. cruentum* produced 286.0 ± 6.2 mg L⁻¹, 282.7 ± 21.1 mg L⁻¹, and 243.0 ± 31.6 mg L⁻¹ biomass in X, Y, Z media, while their phycoerythrin production capacities were 5.1 ± 0.9 µg mL⁻¹, 3.7 ± 0.2 µg mL⁻¹, and 3.1 ± 0.4 µg mL⁻¹ in the same media. In the next step, the highest biomass production was attained at 485.2 ± 61.1 mg L⁻¹ (C), which was followed by 369.3 ± 65.6 mg L⁻¹ (B), and 343.7 ± 30.7 mg L⁻¹ (A). The phycoerythrin concentrations were 5.1 ± 0.9 µg mL⁻¹, 2.9 ± 0.7 µg mL⁻¹, and 2.0 ± 0.4 µg mL⁻¹, respectively.

Regarding different media at 8.70 pH, the addition of 0.5 g L⁻¹ NaNO₃ to the standard medium (Y) increased biomass production, whereas the standard medium (X) was more suitable for phycoerythrin synthesis from *P. cruentum*. In comparison of the effects of pH on *P. cruentum*, 8.70 pH provided more suitable conditions for both biomass and phycoerythrin production. All in all, the standard medium at 8.70 pH provided the most suitable conditions for biomass and phycoerythrin production from *P. cruentum*. The results showed that the medium ingredients and pH values have important effects on culture production.

Keywords: [Microalgae, Hydrogels, Sustainable composites, Natural composites, Sustainable pharmaceuticals]



X: 15 g L⁻¹ deniz tuzu içeren BG-11 besin ortamı (8,70 pH), Y: 15 g L⁻¹ deniz tuzu ve 0,5 g L⁻¹ NaNO₃ içeren BG-11 besin ortamı (8,70 pH), Z: 15 g L⁻¹ deniz tuzu ve 0,75 g L⁻¹ NaNO₃ içeren BG-11 besin ortamı (8,70 pH), A: 15 g L⁻¹ deniz tuzu içeren BG-11 besin ortamı (5,72 pH), B: 15 g L⁻¹ deniz tuzu içeren BG-11 besin ortamı (7,25 pH), C: 15 g L⁻¹ deniz tuzu içeren BG-11 besin ortamı (8,70 pH)

Özet

Polimerik bir kompozit, farklı özelliklere sahip ikiden fazla polimerden oluşmaktadır [1]. Yara örtüsü uygulamalarında, yara örtülerinin etkinliğini artırmak için her iki polimerin özelliklerini birleştiren hibrit malzemeler geliştirmeye yönelik çalışmalara olan talep artış göstermektedir [2,3]. Bu noktada, hidrojelere etkili yara iyileştirme desteği, yüksek nem ve su tutma özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. Öte yandan, hidrojellerin işlevselliği, formülasyonlarına antioksidanlar eklenerek de artırılabilir [4]. Doğal antioksidan kaynakları arasında yer alan mikroalgler, yüksek antioksidan etki gösteren biyoaktif bileşikleri ile öne çıkmaktadır [5–8]. Bir mikroalg türü olan *Porphyridium cruentum*, yüksek antioksidan etkiye sahip polimerik yapıli fikoeritrin isimli pigmenti ile dikkat çekmektedir [9]. Ancak, bu pigmentin üretim koşullarına odaklanan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Bu nedenle, fikoeritrin ekleyerek hidrojel bazlı bir yara örtüsü geliştirmeden öncesinde, *P. cruentum* için üretim koşullarının incelenmesi gerekmektedir. Bu

çalışmada, *P. cruentum*'un biyokütle ve fikoeritrin üretimi sırasında ortam bileşenlerinin ve pH değerlerinin etkileri değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada, *P. cruentum*, farklı besin ortamı içeriklerinde farklı pH değerlerinde üretilmiştir. Öncelikle mikroalg kültürü pH 8,70'lik standart besin ortamında (15 g L^{-1} deniz tuzu içeren BG-11 ortamı) (X) ve bu besin ortamına ek olarak $0,5 \text{ g L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ (Y) ve $0,75 \text{ g L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ (Z) içeren besin ortamlarında üretilmiştir. Daha sonra kültür, farklı pH değerlerinde (5,72 (A), 7,25 (B), 8,70 (C)) belirtilen standart besin ortamında üretilmiştir. Bütün kültürler %10 inokülasyon hacmine sahiptir ve üretimler üç tekrarlı olarak 120 rpm'de ve $21 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de $28,2 \pm 3,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aydınlatmada gerçekleştirilmiştir [10,11]. Son olarak, sonuçlar karşılaştırılarak biyokütle ve fikoeritrin üretimi için en uygun koşullar belirlenmiştir.

Farklı ortam bileşenleri dikkate alındığında, *P. cruentum* X, Y ve Z ortamlarında sırasıyla $286,0 \pm 6,2 \text{ mg L}^{-1}$, $282,7 \pm 21,1 \text{ mg L}^{-1}$ ve $243,0 \pm 31,6 \text{ mg L}^{-1}$ biyokütle üretmiş; aynı ortamlarda fikoeritrin üretim kapasiteleri ise sırasıyla $5,1 \pm 0,9 \mu\text{g mL}^{-1}$, $3,7 \pm 0,2 \mu\text{g mL}^{-1}$ ve $3,1 \pm 0,4 \mu\text{g mL}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bir sonraki aşamada, en yüksek biyokütle üretimi $485,2 \pm 61,1 \text{ mg L}^{-1}$ (C) ile elde edilmiş; bunu $369,3 \pm 65,6 \text{ mg L}^{-1}$ (B) ve $343,7 \pm 30,7 \text{ mg L}^{-1}$ (A) takip etmiştir. Fikoeritrin konsantrasyonları ise sırasıyla $5,1 \pm 0,9 \mu\text{g mL}^{-1}$, $2,9 \pm 0,7 \mu\text{g mL}^{-1}$ ve $2,0 \pm 0,4 \mu\text{g mL}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.

Asitliği 8,70 pH'daki farklı besin ortamları dikkate alındığında, standart besin ortamına $0,5 \text{ g L}^{-1} \text{ NaNO}_3$ ilavesi (Y) biyokütle üretimini artırırken, standart besin ortamının (X) *P. cruentum*'den fikoeritrin sentezi açısından daha uygun bulunmuştur. pH değerlerinin *P. cruentum* üzerinde etkilerinin karşılaştırılmasında ise 8,70 pH, hem biyokütle hem de fikoeritrin üretimi için daha elverişli koşullar sağlamıştır. Genel olarak, 8,70 pH'daki standart besin ortamı, *P. cruentum*'dan biyokütle eldesi ve fikoeritrin üretimi için en uygun koşulları sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, ortam bileşenlerinin ve pH değerlerinin kültür üretimi üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: [Mikroalgler, Hidrojeller, Sürdürülebilir kompozitler, Doğal kompozitler, Sürdürülebilir farmasötikler]

References

[1] Yarkent C, Guler A, Gurlek C, Sahin Y, Kose A, Oncel SS, Imamoglu E. Algal Alginate in Biotechnology: Biosynthesis and Applications. Properties and Applications of Alginates, 2021, p. 1–26. <https://doi.org/10.5772/intechopen.101407>.

- [2] Mogoşanu GD, Grumezescu AM. Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing. *Int J Pharm* 2014;463:127–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2013.12.015>.
- [3] Huang S, Fu X. Naturally derived materials-based cell and drug delivery systems in skin regeneration. *Journal of Controlled Release* 2010;142:149–59. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2009.10.018>.
- [4] Tokgöz M, Yarkent Ç, Köse A, Oncel SS. The potential of microalgal sources as coating materials: A case study for the development of biocompatible surgical sutures. *Lett Appl Microbiol* 2023;76:1–11. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovad086>.
- [5] Yarkent Ç, Oncel SS. Recent Progress in Microalgal Squalene Production and Its Cosmetic Application. *Biotechnology and Bioprocess Engineering* 2022;11:1–11. <https://doi.org/10.1007/s12257-021-0355-z>.
- [6] Yarkent Ç, Gürlek C, Oncel SS. Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: A review. *Sustain Chem Pharm* 2020;17:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2020.100304>.
- [7] Yarkent Ç, Aslanbay Güler B, Imamoglu E, Oncel SS. Microalgae-factories as potential antimicrobial agents: a comprehensive review. *Biologia (Bratisl)* 2024:1–14. <https://doi.org/10.1007/s11756-024-01616-6>.
- [8] Gurlek C, Yarkent C, Oral I, Kose A, Oncel SS. Nutraceutical Aspects of Microalgae Will Our Future Space Foods Be Microalgae Based? *Handbook of Algal Technologies and Phytochemicals* 2019:177–84. <https://doi.org/10.1201/9780429054242-18>.
- [9] Mutaş-Kılıç T, Demir A, Elibol M, Oncel SS. Microalgae pigments as a sustainable approach to textile dyeing: A critical review. *Algal Res* 2023;76. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103291>.
- [10] Gürlek C, Yarkent Ç, Köse A, Oral İ, Öncel S, Elibol M. Evaluation of several microalgal extracts as bioactive metabolites as potential pharmaceutical compounds. *IFMBE Proc* 2020;73:267–72. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17971-7_41.
- [11] Gürlek C, Yarkent Ç, Köse A, Tuğcu B, Gebeloğlu IK, Öncel S, Elibol M. Screening of antioxidant and cytotoxic activities of several microalgal extracts with pharmaceutical potential. *Health Technol (Berl)* 2020;10:111–7. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00388-3>.

KATMANIÇI HİBRİTLEŞTİRİLMİŞ KETEN/ E-CAM DOKUMA KOMPOZİTLERİN UZAMA DAVRANIŞLARININ SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE MODELLENMESİ

MODELING THE EXTENSION BEHAVIOUR OF INTRA-PLY HYBRID FLAX/ E-GLASS WOVEN COMPOSITES WITH THE FINITE ELEMENT METHOD

Mehmet Korkmaz¹, Simge Özgür¹

¹Textile Engineering Department, Faculty of Engineering, Dokuz Eylül University, Adatepe, DEÜ Kaynaklar Campus, 35390 Buca, İzmir 35397, Türkiye

mehmet.korkmaz@deu.edu.tr

Abstract

The outstanding properties of polymer composites have caused a gradual increase in the global demand and production in recent decades. However, the recycling of man-made fiber reinforced composites has been rising as a significant risk to nature. Accordingly, hybridization has seen a practical way to make composites more sustainable. The natural/man-made fiber laminated composites can be hybridized thanks to the inter-ply [1,2] or intra-ply [3,4] methods. It has been proven in previous studies that the intra-ply hybridization gains better mechanical properties for the laminated composites [5,6]. The use of natural fibers within the composites brings difficulties as well as advantages. The mechanical properties of natural fibers depend on several factors such as the type of fiber, harvesting quality, climate conditions, etc. This phenomenon makes it more complex to predict their mechanical properties. Moreover, intra-ply hybridization brings further challenges to developing numerical models. All determined reasons led to the carrying out of a few research studies [7,8] on the modeling of natural/ man-made fiber reinforced intra-ply hybrid composites, and need to be elucidated.

First, the geometrical model of intra-ply hybrid flax/ e-glass woven fabric was developed in the study. Afterward, the representative volume element of the composite was modelled thanks to the finite element method. The extension

behavior of fiber reinforced intra-ply hybrid flax/ e-glass woven composites was modelled and validated with the test results. As a result, good compatibility could be obtained between the model and the test results.

Keywords: [Intra-ply hybridization, finite element method, flax fiber, e-glass fiber, extension behavior]

Özet

Polimer kompozitlerin üstün özellikleri küresel anlamda talep ve üretimlerinin yıllar içerisinde artmasına neden olmuştur. Bu duruma karşın kimyasal lif takviyeli polimer kompozitlerin geri dönüşümü doğa açısından önemli bir risk olarak ortaya çıkmaktadır. Hibritleştirme bu noktada kompozitleri daha sürdürülebilir bir hale getirme açısından pratik bir yol olarak görülmektedir. Doğal/ kimyasal lif takviyeli lamine kompozitler katman içi [1,2] veya katmanlararası [3,4] yöntemler ile hibritleştirilebilmektedir. Önceki dönemlerde yapılan çalışmalarda [5,6] katman içi hibritleştirme yönteminin lamine kompozitlere daha iyi mekanik özellikler kazandırdığı belirlenmiştir. Doğal liflerin kompozit üretiminde kullanılması avantajlarının yanı sıra birtakım zorluklar da getirmektedir. Doğal liflerin mekanik özellikleri lif tipi, hasat kalitesi, iklim şartları gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Bu durum mekanik özelliklerinin tahmin edilmesini daha da zorlaştırmaktadır. Ayrıca katman içi hibritleştirme yöntemi nümerik modellerin geliştirilmesi açısından birtakım zorluklar da barındırmaktadır. Tüm bu belirlenen sebepler doğal/ kimyasal lif takviyeli katman içi hibritleştirilmiş kompozitler üzerine az sayıda çalışmanın [7,8] yürütülmesine neden olmuş ve aydınlatılması ihtiyacı duyulmaktadır.

Çalışma kapsamında ilk olarak keten/ e-cam hibrit dokuma kumaşın geometrik modeli geliştirilmiştir. Sonrasında hibrit kompozitin sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak temsili hacimsel elementi modellenmiştir. Katman içi hibrit keten/ e-cam dokuma kompozitin uzama davranışı analiz edilmiş ve test sonuçları ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak test ve model sonuçları arasında iyi derecede uyum elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Katman içi hibritleştirme, sonlu elemanlar yöntemi, keten lifi, e-cam lifi, uzama davranışı]

References

- [1] Anni Wang, Xiaojun Wang, ve Guijun Xian, “Mechanical, low-velocity impact, and hydrothermal aging properties of flax/carbon hybrid composite plates,” *Polymer Testing*, 90(2020).
- [2] Asim Shahzad, “Comparison of tensile properties and impact damage tolerance of hemp and glass fiber composites,” *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 30(22), 1877–1893(2011).
- [3] M. Rajesh ve Jeyaraj Pitchaimani, “Mechanical and dynamic mechanical behaviour of novel glass–natural fibre intra-ply woven polyester composites,” *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences*, 42(7), 1215–1223(2017).
- [4] D. K. K. Cavalcanti, M. D. Banea, J. S. S. Neto, R. A. A. Lima, L. F. M. da Silva, and R. J. C. Carbas, “Mechanical characterization of intralaminar natural fibre-reinforced hybrid composites,” *Composite Part B*, 175(2019).
- [5] Mehmet Korkmaz ve Ramazan Karakuzu, “Investigation of the effects of hybridization types and temperature on the quasi-static indentation properties of glass/flax hybrid composites for various test speeds,” *Polymer Composites*, 44(8), 5272–5283(2023).
- [6] Hafiz Muhammad Numan Zafar ve Fehmi Nair, “Comparison of static/dynamic loading and tensile behavior of interplay and intraply hybridized carbon/basalt epoxy composites”, *Applied composite materials*, 29, 451-472(2022).
- [7] M. Caoa, Y. Zhaob, B.H. Gua, B.Z. Suna, T.E. Tayb, “Progressive failure of inter-woven carbon-dyneema fabric reinforced hybrid composites”, *Composite Structures*, 211, 175-186 (2019).
- [8] Ahmed Sohail, Zheng Xitao, Shiekh Muhammad Zakir, “High velocity impact response of 3D hybrid woven composites”, *Procedia structural integrity*, 13, 450-455(2018).

NANOPARTICLE-INFUSED ELECTROSPUN FIBROUS SCAFFOLD PRODUCTION FOR SPINAL CORD INJURY

Mısra Cavdar¹, Barış Güliçli¹, Aylin Şendimir^{1,2}

¹Department of Bioengineering, Institute of Natural Sciences, Ege University, Erzene, Bornova, Izmir 35100, Türkiye

²Department of Biomedical Technologies, Institute of Natural Sciences, Ege University, Erzene, Bornova, Izmir 35100, Türkiye

misracavdar@gmail.com

Abstract

Spinal cord injury (SCI) presents a significant clinical challenge due to the limited regenerative capacity of central nervous system tissues and the complex microenvironment following trauma [1]. Recent advances in biomaterials and tissue engineering have introduced electrospun fibrous scaffolds as promising platforms for promoting neural repair. Integrating nanoparticles into these scaffolds offers additional functionality, such as controlled drug release, anti-inflammatory effects, and enhanced mechanical or electrical properties, further supporting tissue regeneration [2]. This study focuses on the development and characterization of nanoparticle-infused electrospun fibrous scaffolds aimed at improving therapeutic outcomes for SCI.

For environmentally friendly production of $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$ nanoparticles (ZnONP), green tea leaves were heated with pure water. Zinc acetate was added to the green tea extract, and ZnONP were produced by precipitation [3].

For electrospinning solutions, gelatin and polycaprolactone (PCL) were dissolved in acetic acid at a concentration of 10% (w/v%) and then 0.1% ZnONP was added. The solutions were spun at 8-15 cm distance and 10-20 kV range with different parameters.

The properties of the fibers and ZnONP were characterized using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), and Zeta Sizer. The antioxidant activities of ZnONP were measured by the Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC) (ABTS) test. The biodegradability and nanoparticle release profiles of the scaffolds were assessed through UV-Visible Spectroscopy. To evaluate the biological response, *in vitro* biocompatibility was

tested using L929 fibroblast cells, and a scratch assay with NSC-34 motor neuron-like cells was performed to investigate the scaffold's potential in supporting neuronal migration and wound closure processes in spinal cord regeneration.

The average diameter of ZnONPs is 357 nm and the zeta potential is -21.7kV. Antioxidant capacity of ZnONP showed high TEAC (mmol Trolox/g) results compared to green tea. There was no significant difference in cell viability except for the highest nanoparticle concentration. The nanofibers were examined by SEM micrographs. And scratch assay showed a significant increase in healing time for the nanoparticle-infused fibers compared to the control groups.

The results obtained show that the developed tissue engineering scaffolds have promising properties for neural regeneration applications. The formed fibers can protect the damaged tissue from oxidative damage due to their antioxidant effect, while they can be replaced by new tissue over time thanks to their biodegradation feature. It is thought that the produced fibers can offer new treatment options in the field of tissue engineering and regenerative medicine.

Acknowledgement

This study is supported by TÜBİTAK 2209-A. We would like to thank to Prof. Dr. Oğuz Bayraktar and PhD student Cansu Büyük for allowing us to conduct antioxidant tests, Zeta Potential and Size Analysis in their laboratory.

Özet

Omurilik hasarı (OH), merkezi sinir sistemi dokularının sınırlı rejeneratif kapasitesi ve travma sonrası karmaşık mikro çevre nedeniyle önemli bir klinik zorluk teşkil etmektedir¹. Biyomalzemeler ve doku mühendisliğindeki son gelişmeler, nöral onarımı teşvik etmek için umut verici platformlar olarak elektroëğrilmiş fibröz iskeleleri ortaya çıkarmıştır. Nanopartiküllerin bu iskelelere entegre edilmesi, kontrollü ilaç salınımı, anti-inflamatuar etkiler ve gelişmiş mekanik veya elektriksel özellikler gibi ek işlevler sunarak doku rejenerasyonunu daha da desteklemektedir². Bu çalışma, OH için terapötik sonuçları iyileştirmeyi amaçlayan nanopartikül aşılınmış elektroëğrilmiş fibröz iskelelerin geliştirilmesi ve karakterizasyonuna odaklanmaktadır.

Zn(CH₃CO₂)₂ nanopartiküllerinin (ZnONP) çevre dostu üretimi için yeşil çay yaprakları saf su ile ısıtılmıştır. Yeşil çay özütüne çinko asetat eklenmiş ve

çökeltme yoluyla ZnONP üretilmiştir³. Elektroegirme çözeltileri için jelatin ve polikaprolakton (PCL) asetik asit içinde %10 (w/v%) konsantrasyonda çözölmüş ve ardından %0,1 ZnONP eklenmiştir. Çözeltiler 8-15 cm mesafede ve 10-20 kV aralığında farklı parametrelerle döndürölmüştür.

Liflerin ve ZnONP'nin özellikleri Fourier Dönüşömlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM) ve Zetasizer kullanılarak karakterize edilmiştir. ZnONP'nin antioksidan aktiviteleri trolox eşdeğeri antioksidan kapasite (TEAC) (ABTS) testi ile ölçölmüştür. İskelelerin biyobozunurluk ve nanopartiköl salınım profilleri UV-Görünür Bölge Spektroskopisi ile değeriendirilmiştir. Biyolojik yanıtı değeriendirmek için, *in vitro* biyouyumluluk L929 fibroblast hücreleri kullanılarak test edilmiş ve iskelenin omurilik rejenerasyonunda nöronal göçü ve yara kapanma süreçlerini destekleme potansiyelini araştırarak için NSC-34 motor nöron benzeri hücrelerle bir çizik deneyi gerçekleştirilmiştir.

ZnONP'lerin ortalama çapı 357 nm ve zeta potansiyeli -21,7 kV'dir. ZnONP'nin antioksidan kapasitesi yeşil çaya kıyasla yüksek TEAC (mmol Trolox/g) sonuçları göstermiştir. En yüksek nanopartiköl konsantrasyonu dışında hücre canlılığında önemli bir fark görölmemiştir. Nanolifler SEM mikrografları ile incelenmiştir. Ve çizik testi, nanopartiköl aşılannmış lifler için kontrol gruplarına kıyasla iyileşme süresinde anlamlı bir artış olduğunu göstermiştir.

Elde edilen sonuçlar, geliştirilen doku mühendisliği iskelelerinin nöral rejenerasyon uygulamaları için umut verici özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Oluşturulan lifler antioksidan etkisi sayesinde hasarlı dokuyu oksidatif hasardan koruyabilirken, biyobozunma özelliği sayesinde zamanla yerini yeni dokuya bırakabilmektedir. Üretilen liflerin doku mühendisliği ve rejeneratif tıp alanında yeni tedavi seçenekleri sunabileceği düşünölmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A tarafından desteklenmektedir. Dr. Oğuz Bayraktar'a ve doktora öğrencisi Cansu Büyük'e laboratuvarlarında antioksidan testleri, Zeta Potansiyeli ve Boyut Analizi yapmamıza izin verdikleri için teşekkür ederiz.

References

- [1] World Health Organization. (n.d.). Spinal Cord Injury. World Health Organization. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>.
- [2] Pereira, I. H., Ayres, E., Averous, L., Schlatter, G., Hebraud, A., Mendes, S. T., & Oréface, R. L. (2014). “Elaboration and characterization of coaxial electrospun poly(ϵ -caprolactone)/gelatin nanofibers for biomedical applications”. *Advances in Polymer Technology*, 33(S1), 1-10
- [3] Dhanemozhi, A. C., Rajeswari, V., & Sathyajothi, S. (2017). “Green synthesis of zinc oxide nanoparticle using green tea leaf extract for supercapacitor application”. *Materials Today: Proceedings*, 4(2): 660–667.

BAKTERİYEL ADHEZYONU AZALTICI HİDROFOBİK KAPLAMALAR İÇİN ÜRETİLEN KİTOSAN NANOPARTİKÜLLERDE PROSES PARAMETRELERİNİN OPTİMİZE EDİLMESİ

OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS IN CHITOSAN NANOPARTICLES PRODUCED FOR HYDROPHOBIC COATINGS REDUCING BACTERIAL ADHESION

Burçak Ay¹, Cem Akça¹

¹Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Chemistry and Metallurgy, Yıldız Technical University, Çifte Havuzlar, Esenler, Istanbul 34220, Türkiye

burcak.ay@std.yildiz.edu.tr

Abstract

Nowadays, it is known that the large portion of bacterial infections are caused by food-borne and water-borne pathogens. Therefore, there is a constant trend towards the development of materials and surfaces that can repel or damage pathogenic microorganisms, especially those found on various surfaces in our daily lives (mobile phones, hospital equipment, food packages, kitchen and bathroom surfaces, etc.). Hydrophobic surfaces have emerged as a crucial approach to preventing biofilm formation by inhibiting bacterial adhesion [1]. In addition to their water-repellent property that restricts bacterial access to surfaces, their inherent nano-/micro-scale structures also endow them with antibacterial adhesion characteristics [2]. To mimic this feature, the incorporation of antibacterial nanoparticles into resin matrices for the production of hydrophobic coatings has been shown to play a significant role in regulating contact angles and synergistically inhibiting bacterial adhesion [22]. In this study, the effects of process parameters on the particle size and polydispersity index (PDI) of chitosan (CS) nanoparticles—synthesized via the ionic gelation method and intended for use in bioresin composite coatings to inhibit bacterial adhesion through

hydrophobicity—were investigated. The process parameters, including chitosan concentration, chitosan-to-sodium tripolyphosphate (TPP) ratio, solution pH, and mixing duration, were systematically evaluated. It was observed that increasing both the chitosan concentration and magnetic stirring time had a direct effect on particle size, and that aggregation occurred in solutions with pH values of 5 and above. This study highlights the necessity of precise adjustment of process parameters for the reproducible and controlled synthesis of CS nanoparticles with target properties, and presents an optimized formulation with potential applications in the development of antibacterial, hydrophobic surface coatings.

Keywords: [Chitosan, Nanoparticle, Ionic gelation]

References

- [1] Yang, K., Shi, J., Wang, L., Chen, Y., Liang, C., Yang, L., & Wang, L.-N. (2022). Bacterial anti-adhesion surface design: Surface patterning, roughness and wettability: A review. *Journal of Materials Science & Technology*, 99, 82–100. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.05.028>.
- [2] Jalil, S. A., Akram, M., Bhat, J. A., Hayes, J. J., Singh, S. C., ElKabbash, M., & Guo, C. (2019). Creating superhydrophobic and antibacterial surfaces on gold by femtosecond laser pulses. *Applied Surface Science*, Article 144952. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144952>
- [3] Zhai, M., Gong, Y., Chen, X., Xiao, T., Zhang, G., Xu, L., & Li, H. (2017). Mass-producible hydrophobic perfluoroalkoxy/nano-silver coatings by suspension flame spraying for antifouling and drag reduction applications. *Surface and Coatings Technology*, 328, 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.049>

Özet

Günümüzde bakteriyel enfeksiyonların oldukça büyük bir kısmını gıda ve su kaynaklı patojenlerin oluşturduğu enfeksiyonlar oluşturmaktadır. Bu nedenlerle özellikle günlük hayatımızdaki çeşitli dış yüzeylerde (cep telefonları, hastane aletleri, gıda paketleri, mutfak ve banyo yüzeyleri vb. gibi) bulunan patojen mikroorganizmaları itebilen veya bu mikroorganizmalara zarar veren malzemelerin ve yüzeylerin geliştirilmesine yönelik teknolojilere sürekli bir yönelim vardır. Hidrofobik yüzeyler, yüzeye bakteri adhezyonunu inhibe etmeleriyle, biyofilm oluşumunu engellemeye önemli bir yol haline gelmiştir [1]. Ayrıca bakterilerin yüzeye erişimini sınırlayan su itme özelliğine ek olarak, doğal

olarak nano/mikro ölçekli yapılara sahip olduklarından antibakteriyel yapışma özelliklerine de sahiptirler [2]. Bahsi geçen özelliği simüle edecek şekilde, hidrofobik yüzey oluşturulması için reçineler içerisine antibakteriyel özellikli nanopartikül ilavelerinin ilgili kullanım alanı için üretilecek kaplamalarda kayma açılarının düzenlenmesinde önemli rol oynadığı ve bakteri adhezyonunu sinerjistik olarak inhibe ettiği bilinmektedir [3]. Bu çalışmada, bakteriyel adhezyonu hidrofobiklik özelliği ile inhibe edecek organik nanopartikül katkılı biyoreçine kompozit kaplamalar için iyonik jelasyon tekniği ile sentezlenen Kitosan (KT) nanopartiküllerde proses parametrelerinin, partikül boyutuna ve polidispersite indeksine (PDI) etkisi üzerine çalışılmıştır. İyonik jelasyon yöntemi ile sentezlenen KT nanopartiküllerde, kitosan konsantrasyonu, kitosan:sodyum tripolifosfat (TPP) oranı, çözelti pH'ı ve karıştırma süresi gibi proses parametreleri sistematik olarak incelenmiş olup, KT konsantrasyonu ve karıştırma süresinin artmasının partikül boyutunu doğrudan etkilediği, ek olarak 5 ve üzerindeki pH'larda çözeltide agregat oluşumu gözlemlendiği kaydedilmiştir. Bu çalışma, belirli hedef özelliklere sahip KT nanopartiküllerinin tekrarlanabilir ve kontrollü bir şekilde sentezlenmesi için proses parametrelerinin dikkatli bir şekilde ayarlanmasının gerekliliğini vurgulamakta ve bahsi geçen uygulamalar için potansiyel taşıyan optimize edilmiş bir formülasyon sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Kitosan, Nanopartikül, İyonik Jelasyon]

References

- [1] Yang, K., Shi, J., Wang, L., Chen, Y., Liang, C., Yang, L., & Wang, L.-N. (2022). Bacterial anti-adhesion surface design: Surface patterning, roughness and wettability: A review. *Journal of Materials Science & Technology*, 99, 82–100. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.05.028>.
- [2] Jalil, S. A., Akram, M., Bhat, J. A., Hayes, J. J., Singh, S. C., ElKabbash, M., & Guo, C. (2019). Creating superhydrophobic and antibacterial surfaces on gold by femtosecond laser pulses. *Applied Surface Science*, Article 144952. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144952>
- [3] Zhai, M., Gong, Y., Chen, X., Xiao, T., Zhang, G., Xu, L., & Li, H. (2017). Mass-producible hydrophobic perfluoroalkoxy/nano-silver coatings by suspension flame spraying for antifouling and drag reduction applications. *Surface and Coatings Technology*, 328, 115–120. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.049>

POLYMER COMPOSITE MATERIALS: TOWARDS FUNCTIONAL INTERFACES

Clément Mugemana¹, Julien Bardon¹, Gregory Mertz¹, Frederic Addiego¹, Abdelghani Laachachi¹, Carlos A. Fuentes¹, David Ruch¹

¹Luxembourg Institute of Science and Technology, Luxembourg, 5, Avenue des Hauts-Fourneaux, L-4362 Esch-sur-Alzette,

clement.mugemana@list.lu

Abstract

There is a growing demand for recyclable materials, especially composite materials and structures that are extremely difficult to recycle. Therefore, there is a clear need for a more forward-thinking approach that addresses a new generation of composite materials designed with repair, reuse and recycling (rather than downcycling) in mind. While recycling addresses the end-of-life challenges of the materials, it is equally crucial to improve the lifetime of composites through reparability, by enabling damage healing and maintaining structural integrity. Self-healing composites have garnered increasing attention for their ability to extend the lifetime of the composite materials. Recently, the shift from thermosets-based composites to thermoplastic matrices for more sustainable and recyclable composites has significantly increased interest in thermoplastic polymers [1]. In this context, ARKEMA produces Elium®, a thermoplastic resin with unique properties that offers comparable performance to traditional resins while enabling recyclability of the final products and systems. Although much research has focused on healing effects within polymer matrices in fiber-reinforced composites, the critical role of the fiber-matrix interface in the self-healing process cannot be overlooked. Most failures originate from micro-cracks at the interface, emphasizing the importance of strong adhesion for effective load transfer [2]. Functional coatings, designed to enhance interfacial adhesion, play a key role in achieving this and contribute to the overall durability of the composites. Infusible thermoplastics based on acrylic resins have gained increasing interest in fibre-reinforced composite manufacturing, primarily due to their low viscosity (100 mPa), enabling efficient fibre impregnation and facilitating processing at low temperatures (<100 °C). Their compatibility with UV and thermal curing system offers further manufacturing flexibility. To enhance damage tolerance, a UV-curable self-healing acrylic coating

incorporating Zn(II)-acetate complex as reversible cross-links was developed. Self-healing performance at the fibre–matrix interface was quantitatively evaluated using a novel single-fibre pull-out test methodology employing, real-time optical crack monitoring and paused healing cycles combined with μ -CT tomography for 3D interfacial validation. This approach demonstrated up to 95% recovery of interfacial shear strength (IFSS), representing the highest reported healing efficiency for interfacial repair in comparable systems. Functionalizing glass fibres with Zn(OAc)₂ significantly improved baseline interfacial adhesion (35% IFSS increase) while maintaining self-healing capability, outperforming conventional epoxy/acrylic sizings [3]. This work establishes a scalable strategy to concurrently integrate self-healing functionality and interfacial toughness in acrylic-based composites for durable structural applications.

Keywords: [Functional interfaces, self-healing composites, fiber-matrix interfaces,]

References

- [1] Obande, W.; Ó Brádaigh, C. M.; Ray, D. Continuous fibre-reinforced thermoplastic acrylic-matrix composites prepared by liquid resin infusion – A review. *Composites Part B: Engineering* 2021, 215, 108771.
- [2] Jones, A. R.; Blaiszik, B. J.; White, S. R.; Sottos, N. R. Full recovery of fiber/matrix interfacial bond strength using a microencapsulated solvent-based healing system. *Composites Science and Technology* 2013, 79, 1-7.
- [3] Mugemana C. and C.A. Fuentes, A fibre-Reinforced composite and methods related thereto, Patent filed LU600244.

DOĞAL VE NANO-BOYUTLU KATKILARLA GELİŞTİRİLEN HİDROJELLERİN BİYOMEDİKAL UYGULAMALARDAKİ ÖN PERFORMANS DEĞERLENDİRMESİ

PRELIMINARY PERFORMANCE EVALUATION OF HYDROGELS MODIFIED WITH NATURAL AND NANO-SCALE ADDITIVES FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Zehra Ekdi¹, Ece Alpagut¹, Sibel Yazar¹, Koray Gürkan², Cemal Özeroğlu¹

¹Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Istanbul University Avcılar Campus, Bağlariçi Cd. No:7, Avcılar, Istanbul 34320, Türkiye

²Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Üniversite Yolu No:2, Avcılar, Istanbul 34320, Türkiye

zehraekdi5@gmail.com

Abstract

The importance of biocompatible materials in environmental sustainability and healthcare technologies is increasingly growing. The negative impacts of synthetic materials on nature and biological systems have led to a growing interest in materials derived from eco-friendly and renewable sources. In this context, hydrogels have become prominent materials in various biomedical fields such as wound healing, drug delivery, tissue engineering, and biosensor systems due to their high-water retention capacities, softness, and structural similarity to living tissues. However, the biological activity of commonly used synthetic hydrogels is often limited, and to overcome these limitations, composite structures with natural and functional additives need to be created.

In this study, a new generation hydrogel composite system with enhanced biological activity and environmental compatibility has been developed. Polyacrylamide (PAAm) was chosen as the base hydrogel matrix, and N,N'-methylenebis(acrylamide) (MBAA) was used as the crosslinking agent for gel formation. The polymerization process was carried out in an aqueous, acidic

environment using a mercaptosuccinic acid-Ce(IV) redox initiator system, which minimized toxic waste formation and provided biocompatible synthesis conditions. The obtained gel formed rapidly and exhibited the desired mechanical properties [1].

To enhance the biological performance of the composite system, Aloe Vera gel, known for its wound-healing and anti-inflammatory properties in traditional medicine, was incorporated into the polyacrylamide structure in varying amounts. It was observed that the addition of Aloe Vera increased the swelling capacity of the hydrogel by approximately 70%. Furthermore, Aloe Vera not only improved physical parameters but also provided significant advantages for biomedical applications due to its antibacterial potential [2]. As a second additive, silver nanoparticles (AgNPs) were synthesized from the leaves and branches of the *Ficus carica* (fig) tree using a green synthesis method. UV-vis spectroscopy and scanning electron microscopy (SEM) analysis revealed that the nanoparticles had an average size of approximately 20–50 nm. AgNPs interacted physically with the hydrogel matrix, enhancing the mechanical strength of the composite and providing long-lasting antibacterial activity [3]. Moreover, the AgNP addition exhibited a synergistic effect with Aloe Vera, significantly improving the overall biocompatibility and functionality of the system.

The swelling behavior, water retention capacity, mechanical stability, and morphological structure of the obtained composite hydrogels were analyzed using detailed characterization techniques (swelling tests, tensile testing, SEM, FTIR). Additionally, *in vitro* cytotoxicity tests were conducted to assess the effects of these structures on live cells. In addition, the admittance ($Y = 1/Z$) of the hydrogels were modeled as a parallel resistor and capacitor network. A comparison of the conductivity was also performed. Four-probe AC impedance spectroscopy was performed using a LCR meter (GWINSTEK LCR 8110G) in the frequency range of 20Hz–100 kHz [4]. From the AC impedance spectroscopy, the real and imaginary parts of the impedance (Z) were obtained as a function of the frequency. In conclusion, the polyacrylamide-based hydrogel system modified with Aloe Vera and biologically sourced silver nanoparticles demonstrated superior performance in both physicochemical and biological properties. In this regard, it offers an innovative and sustainable alternative for various applications such as wound dressings, controlled drug delivery systems, and infection-preventive biomaterials. The study presents an important example of how the integration of synthetic and natural components can lead to the design of multifunctional materials.

Keywords: [Hydrogel Composite, Polymerization, Aloe Vera, Silver Nanoparticles]

Acknowledgement

This work was supported by the Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TUBITAK) with project number BİDEB 1919B012419877.

Özet

Günümüzde çevresel sürdürülebilirlik ve sağlık teknolojilerinde biyoyumlu materyallerin önemi giderek artmaktadır. Sentetik materyallerin doğaya ve biyolojik sistemlere olan olumsuz etkileri, çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklardan türetilmiş malzemelere olan ilgiyi artırmıştır. Bu bağlamda hidrojeller, yüksek su tutma kapasiteleri, yumuşaklıkları ve canlı dokulara yapısal benzerlikleri nedeniyle yara iyileştirme, ilaç salımı, doku mühendisliği ve biyosensör sistemleri gibi pek çok biyomedikal alanda dikkat çeken malzemeler arasında yer almaktadır. Ancak yaygın kullanılan klasik sentetik hidrojellerin biyolojik aktivitesi çoğunlukla sınırlı olup, bu eksiklikleri gidermek için doğal ve işlevsel katkı maddeleri ile kompozit yapılar oluşturmak gerekmektedir.

Bu çalışmada, biyolojik etkinliği artırılmış ve çevreyle uyumlu yeni nesil bir hidrojel kompozit sistemi geliştirilmiştir. Temel hidrojel matrisi olarak poliakrilamid (PAAm) tercih edilmiş; jel yapının oluşumu için çapraz bağlayıcı olarak N,N'-metilen bis(akrilamid) (MBAA) kullanılmıştır. Polimerizasyon işlemi, sulu ve asidik bir ortamda, toksik artık oluşturmeyen merkaptosüksinik asit-Ce(IV) redoks başlatıcı sistemi ile gerçekleştirilmiş ve biyoyumlu sentez koşulları sağlanmıştır. Elde edilen jel, kısa sürede oluşmuş ve istenen mekanik özellikleri göstermiştir [1].

Kompozit sistemin biyolojik performansını artırmak amacıyla, geleneksel tıpta yara iyileştirici ve anti-enflamatuar özellikleri ile bilinen Aloe Vera jeli, farklı oranlarda poliakrilamid yapısına dahil edilmiştir. Aloe Vera katkısının, hidrojinin şişme kapasitesini yaklaşık %70 oranında artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca Aloe Vera, sadece fiziksel parametreleri iyileştirmekle kalmamış, aynı zamanda antibakteriyel potansiyeliyle de biyomedikal kullanım açısından önemli avantajlar sağlamıştır [2].

İkinci katkı maddesi olarak Ficus carica (incir) ağacının yaprak ve dallarından yeşil sentez yöntemiyle elde edilen gümüş nanopartiküller (AgNP) kullanılmıştır. UV-Vis spektroskopisi ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri sonucunda bu nanopartiküllerin yaklaşık 20–50 nm çapında olduğu belirlenmiştir. AgNP'ler, hidrojel matrisi ile fiziksel olarak etkileşime girerek kompozitin mekanik dayanıklılığını artırmış ve uzun süreli antibakteriyel aktivite

sağlamıştır [3]. Ayrıca AgNP katkısı, Aloe Vera ile sinerjik etki göstererek, sistemin genel biyouyumluluğunu ve işlevselliğini önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Elde edilen kompozit hidrojellerin şişme davranışları, su tutma kapasiteleri, mekanik kararlılıkları ve morfolojik yapıları detaylı karakterizasyon yöntemleri (şişme testleri, basma-çekme, SEM, FTIR) ile analiz edilmiştir. Ayrıca, in vitro sitotoksikite testleri gerçekleştirilerek, bu yapıların canlı hücreler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, Hidrojellerin iletkenliği ($Y = 1/Z$), paralel bağlı bir direnç ve kapasitör ağı olarak modellenmiştir. Ayrıca iletkenlik karşılaştırması da yapılmıştır. Dört probu AC empedans spektroskopisi, 20 Hz–100 kHz frekans aralığında bir LCR metre (GWINSTEK LCR 8110G) kullanılarak gerçekleştirilmiştir [4]. AC empedans spektroskopisinden, empedansın (Z) gerçek ve sanal (imajiner) bileşenleri frekansa bağlı olarak elde edilmiştir.

Sonuç olarak, Aloe Vera ve biyolojik kaynaklı gümüş nanopartiküllerle modifiye edilmiş poliakrilamid bazlı bu çift katkılı hidrojel sistemi hem fizikokimyasal hem de biyolojik özellikleri açısından üstün performans göstermiştir. Bu yönüyle, yara örtüsü, kontrollü ilaç taşıma sistemleri ve enfeksiyon önleyici biyomalzemeler gibi pek çok alanda yenilikçi ve sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Çalışma, sentetik ve doğal bileşenlerin entegre edilerek çok işlevli malzemelerin tasarlanabileceğine dair önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: [Hidrojel Kompozit, Polimerizasyon, Aloe Vera, Gümüş Nanopartiküller

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından BİDEB 1919B012419877 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

References

- [1] Sennakesavan, Gangadevi & Mostakhdemin, Mohammad & Dkhar, Lari hydrogels and its properties - A review. Polymer Degradation and Stability. 180. 109308. 10.1016/j.polyimdegradstab.2020.109308.
- [2] Irfan, Jaffar & Ali, Arshad & Hussain, Muhammad & Haseeb, Muhammad Tahir & Alsahli, Tariq & Hassan, Muhammad & Tulain, Ume Ruqia & Hussain, Syed Zajif & Hussain, Irshad & Azhar, Irfan. (2024). A

superabsorbent and pH-responsive copolymer-hydrogel based on acemannan from Aloe vera (*Aloe barbadensis* M.): A smart material for drug delivery. *International Journal of Biological Macromolecules*. 270. 132306. 10.1016/j.ijbiomac.2024.132306.

[3] Ferrag, Celia & Li, Shaopei & Jeon, Keuna & Sullan, Ruby May & Andoy, Nesha & Mikhaylichenko, Svetlana & Kerman, Kagan. (2020). Polyacrylamide hydrogels doped with different shapes of silver nanoparticles: Antibacterial and mechanical properties. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*. 197. 111397. 10.1016/j.colsurfb.2020.111397.

BOR KARBÜR DOLGULU ELEKTROREOLOJİK TERMOPLASTİK POLİÜRETANIN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

PREPARATION AND CHARACTERISATION OF BORON CARBIDE FILLED ELECTORHEOLOGICAL THERMOPLASTIC POLYURETHANE

Nur Sultan Yoldas¹, Sukran Katmer², Gokce Calis Ismetoglu³, H. Ibrahim Unal³,
Ulvi Seker²

¹Manufacturing Engineering Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Gazi University, Ankara 06560, Türkiye

²Manufacturing Engineering Department, Faculty of Technology, Gazi
University, Eti, Yükseliş Sk. No:5, Çankaya, Ankara 06570, Türkiye

³Department of Chemistry, Faculty of Sciences, Gazi University, Emniyet,
Bandırma Cad. No: 6 D:10, Yenimahalle, Ankara 06560, Türkiye

nursultangumusay@gmail.com

Abstract

This study aims to fabrication and characterization of electrorheological (ER) thermoplastic elastomer (TPE) matrix compounds. For preparation of the compounds, granulated thermoplastic polyurethane (TPU) were mixed with powdered boron carbide (B₄C) (average powder size distribution of 25 µm) by mechanical mixing method at three different ratios of 1, 2, and 3 wt.%. The mixtures were extruded and granulated by twin screw extruder. The disk-shaped samples were produced by compression moulding to examine the ER properties under $E = 0-2.0 \text{ kV mm}^{-1}$ by using a torque rheometer. Thermal analysis and electrical conductivity of the compounds were investigated by DSC/TGA and dielectric analysis methods.

Microstructure examinations of samples were carried out by stereo microscope. Results obtained showed that the fabricated TPU/B4C compounds are electrorheologically active smart materials having an industrial vibration damping capability.

Keywords: [B4C, thermoplastic polyurethane, compound, ER]

Özet

Bu çalışma, elektreolojik (ER) termoplastik elastomer (TPE) matrisli bileşiklerin üretimi ve karakterizasyonunu amaçlamaktadır. Bileşiklerin hazırlanmasında granül formdaki termoplastik poliüretan (TPU), ortalama 25 µm toz boyutuna sahip bor karbür (B4C) tozu ile mekanik karıştırma yöntemi kullanılarak %1, %2 ve %3 ağırlık oranlarında karıştırılmıştır.

Karışımlar çift vidalı ekstruder ile ekstrüde edilip granül hale getirilmiştir. Elektreolojik özellikleri incelemek amacıyla disk şeklindeki numuneler, sıkıştırma kalıplama yöntemiyle üretilmiş ve $E = 0-2.0 \text{ kV mm}^{-1}$ aralığında tork reometresi kullanılarak test edilmiştir. Bileşiklerin termal analizleri ve elektriksel iletkenlikleri DSC/TGA ve dielektrik analiz yöntemleriyle araştırılmıştır. Numunelerin mikroyapı incelemeleri stereo mikroskop ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, üretilen TPU/B4C bileşiklerinin endüstriyel titreşim sönümleme kapasitesine sahip elektreolojik olarak aktif akıllı malzemeler olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler:[B4C, termoplastik poliüretan, kompaund, ER]

References

- [1] Gizi Allahverdiyeva, Khayala Vagif; Oglukakhramanov, Najaf Tofiq; Gizi Gurbanova, Rena Vagif. Structural, electrical, and physical–mechanical properties of composites obtained based on filled polyolefins and thermoplastic elastomers. RSC Advances, 2025, 15.9: 6541-6563.
- [2] Tanrikulu, Yakup Emre; Yaşar, Abdulkadir. Investigation of mechanical and thermal properties of boron minerals doped plastic

materials. Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture, 2017.

[3] Altıntaş, Zerrin. Termoplastik poliüretan sentezi ve kompozit hazırlama uygulamaları. 2012. PhD Thesis. Marmara Üniversitesi (Türkiye).

[4] Bilgiç, Gülbahar; Balıkçioğlu Güzel, Ayşegül; Şahin, Mükerrerem. Bor Karbür: Fizikokimyasal Özellikleri, Sentez Yöntemleri ve Savunma Teknolojileri Alanında Uygulamaları. Journal of Defense Sciences/Savunma Bilimleri Dergisi, 2024, 20.1.

[5] Karaçay, Ebru; Alp, Erdem; Cabbar, H. Canan. Sol-Jel yöntemiyle bor karbür üretimi ve karakterizasyonu. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2012, 27.2.

[6] Gonca, V.; Shvab, J. Design of elastomeric shock absorbers with variable stiffness. Journal of Vibroengineering, 2010, 12.3.

[7] Polukoshko, Svetlana; Martinovs, Andris; Zaicevs, Edgars. Influence of rubber ageing on damping capacity of rubber vibration absorber. Vibroengineering Procedia, 2018, 19: 103-109.

POLİ-L-LAKTİD –DOĞAL SİLİKA KOMPOZİTLERİNİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLY-L-LACTIDE- NATURAL SILICA COMPOSITES

Berna Şirvanlıoğlu¹, Funda Tihminlioğlu¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gülbahçe Campus, Izmir 35433, Türkiye

Abstract

This study aims to combine the useful biomaterial properties of both polylactide and diatomite as a natural silica source as biodegradable composite for bone tissue engineering applications and to investigate the effect of diatomite type (calcinated and raw diatom) and loading on the mechanical, morphological, chemical, rheological, water sorption and surface wettability of composites. In addition, since our motivation is to use these findings later for 3D printing applications of PLA composites for bone replacement materials, processability of the PLA based materials is important. Therefore, effects of two different plasticizer/compatibilizers, PEG and PEG/POSS, on the properties of PLA-diatom composites were also investigated.

A Design of Experiments (DoE) approach was employed to determine optimal melt- compounding parameters using a Haake Rheomix 600 batch mixer. Diatomite was added at various loadings (3–10 wt%) to evaluate the effect of filler type and concentration. Morphological features were analysed via scanning electron microscopy (SEM), mechanical properties were evaluated by tensile testing, and surface characteristics were assessed through contact angle measurements. Rheological behaviour was studied to determine printability by using advanced rheometer.

Morphological analysis revealed that CD particles dispersed uniformly within the PLA matrix, establishing strong interfacial adhesion and better stability at higher loadings. In contrast, RD tended to form aggregates during processing. CD-based composites demonstrated more stable mechanical performance, whereas RD composites, particularly at 3 wt%, exhibited the highest tensile strength (58.50 ± 1.46 MPa), representing a 79% increase over neat PLA (32.72

± 0.27 MPa). The use of PEG improved strain and energy absorption at low concentrations, although higher PEG content led to a decrease in ductility. Both RD and CD enhanced strain up to an optimal filler level, with the PLA- 5PEG-5RD system offering a favourable balance between strength (41.99 ± 2.03 MPa) and elongation at break ($6.66 \pm 1.59\%$). The PEG-POSS hybrid system nearly doubled the tensile strength and increased Young's modulus; however, a reduction in elongation was obtained.

Overall, the findings demonstrate that both the type and amount of diatomite, as well as the selected plasticizer system, critically affect the mechanical and morphological performance of PLA composites. Calcined diatomite offers superior dispersion and interfacial bonding, while RD has higher strength potential when optimized. PEG enhances ductility, whereas PEG-POSS is more effective for strength-focused applications. Future research should focus on surface functionalization of diatomite to reduce agglomeration and fine-tuning PEG- POSS ratios to achieve a favourable balance between toughness and stiffness. These results pave the way for the development of biodegradable, 3D-printable PLA-based materials with tailored properties for bone scaffold applications.

Keywords: [Polylactide composites, Diatomite reinforcement, Melt-processing optimization, Structure-property relationships]

Özet

Bu çalışmanın amacı, kemik doku mühendisliği uygulamaları için biyolojik olarak parçalanabilir bir kompozit malzeme geliştirmektir. Bu kapsamda, polilaktid (PLA) ve doğal bir silika kaynağı olan diyatomitin (kalsine ve ham formda) birlikte kullanımı araştırılmıştır. Diyatomit türü ve miktarının; kompozitlerin mekanik, morfolojik, kimyasal, reolojik, su emme ve yüzey ıslanabilirliği üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca, elde edilen bulguların gelecekte 3B yazıcı ile üretilecek kemik ikame malzemelerine uygulanabilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, PLA tabanlı malzemelerin işlenebilirliği de değerlendirilmiş; iki farklı katkı sistemi olan PEG ve PEG/POSS'un kompozit özelliklerine etkisi araştırılmıştır.

Deneyler, Haake Rheomix 600 cihazında yapılan eriyik-yoğurma işlemleriyle yürütülmüş; diyatomit %3–10 oranlarında eklenmiştir. Morfolojik yapı SEM ile, mekanik özellikler çekme testiyle, yüzey ıslanabilirliği ise temas açısı ölçümleriyle analiz edilmiştir. Reolojik analizler, 3B baskıya uygunluk açısından yapılmıştır. Sonuçlara göre, kalsine diyatomit (CD) PLA içinde homojen dağılmış ve güçlü ara yüzey etkileşimi sağlamıştır. Ham diyatomit (RD) ise aglomeralar oluşturmuştur. CD ile hazırlanan kompozitler daha kararlı mekanik özellikler sergilerken, RD özellikle %3 oranında en yüksek çekme dayanımını göstermiştir (58.50 MPa). PEG katkısı, düşük miktarda sünekliği artırmış ancak yüksek miktarda gevrekliğe yol açmıştır. En iyi denge, PLA-5PEG-5RD sisteminde elde edilmiştir. PEG-POSS sistemi ise mukavemeti ve elastik modülü artırmış, fakat uzamayı azaltmıştır.

Sonuç olarak, diyatomit türü ve miktarı ile kullanılan katkı sistemi, PLA kompozitlerinin performansında belirleyici rol oynamaktadır. Kalsine diyatomit iyi dağılırken, ham diyatomit uygun koşullarda daha yüksek dayanım sağlamaktadır. PEG sünekliği artırırken, PEG-POSS daha yüksek dayanım için uygundur. Gelecekte, diyatomitin yüzey özellikleri geliştirilerek topaklanma azaltılabilir ve PEG-POSS oranları optimize edilerek hem tokluk hem de rijitlik dengesi sağlanabilir. Bu sonuçlar, 3B baskıya uygun, kemik dokuya yönelik biyobozunur malzemelerin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

TOPRAKSIZ TARIM İÇİN TAMAMEN BİYOBOZUNUR BİYOKOMPOZİT BİTKİ BÜYÜTME KAPSÜLÜ ALTERNATİFLERİNİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF FULLY BIODEGRADABLE BIOCOMPOSITE PLANT GROW PLUG ALTERNATIVES FOR SOILLESS AGRICULTURE

Abdullah Hilmi Coşar¹, Hande Mutlu², Bahar Yıldız Kutman, Ümit Barış Kutman, Merve Mocan¹

¹Material Science and Engineering Department, Faculty of Engineering, Gebze Technical University, Cumhuriyet, Çayırova, Kocaeli 41420, Türkiye

²Biotechnology Institute, Gebze Technical University, 2254. Sk. No:2, Cumhuriyet, Gebze, Kocaeli 41400, Türkiye

ahcosar@gtu.edu.tr

Abstract

Soilless agriculture, or hydroponics, is a plant growing method that provides sufficient mineral and nutrient resources to the plant in water without using soil. The importance and need for soilless agriculture, seedling farming and personalized home-type smart soilless farming systems will increase in the future agriculture with the increasing population [1,2]. However, plant grow plugs, the substrates that house the seeds, are currently imported, driving up costs and expanding their carbon footprint. Moreover, their exact composition is often undisclosed, meaning they may contain toxic additives and most probably exhibit non-biodegradability. For truly sustainable cultivation, locally manufactured plant grow plugs made from fully known and eco-friendly ingredients is required. This study aims to develop two types of plant grow plugs that are dimensionally stable, and composed of non-toxic, eco-friendly, and fully biodegradable materials, designed to support healthy plant growth in soilless agriculture and

seedling applications. In this way, an agricultural residue, cocopeat, is also valorized and thus contributes to increasing sustainable agricultural production through effective waste management.

The first plant grow plug consists of materials fungal mycelium and cocopeat fiber. Cocopeat fiber is ground coconut shell, an agricultural residue with high hydrophilicity. Mushroom mycelium is the root system of fungi in fiber-like form which develops with appropriate nutrients and moisture [3]. As mycelium grows, it forms a binding network with cocopeat within a mold, forming the plug's intended size and shape. Mycelium is mixed with sterilized and sufficiently moistened cocopeat in in molds and incubated under controlled conditions for a defined period. After the desired degree of binding network between the mycelium and cocopeat is obtained, the mycelium is deactivated, and its growth is stopped. Deactivated products are ready for use. This plant grow plug is entirely natural, organically recyclable, and eco-friendly with properties that promote healthy plant growth.

The second plant grow plug contains poly(butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT), a biodegradable polymer [4], and cocopeat fiber. PBAT granules, dissolved in a suitable solvent, are precipitated in a non-solvent to form fibers that physically bind within the cocopeat and hold it together. This semi-finished product is then molded into final plug form using suitable molds under controlled temperature and pressure. This grow plug, is organically recyclable, also home compostable therefore, eco-friendly.

Scanning Electron Microscopy (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS/EDX), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) and compression tests were performed on both capsule samples, and plant growth and development tests were carried out on home smart garden plant growers. These locally produced materials show high potential to be used as non-toxic and sustainable plant grow plugs.

Acknowledgement

This study is supported by the Research University Support Program (ADEP) of the Gebze Technical University, Scientific Research Projects Coordination Office with project number: 2024-A-113-16

Keywords: [soilless agriculture, plant grow plug, mycelium, cocopeat, PBAT]

Özet

Topraksız tarım yani hidroponik, toprak kullanmadan su içinde bitkiye yeterli mineral ve besin kaynaklarını sağlayan bir bitki yetiştirme yöntemidir. Artan nüfus ile beraber geleceğin tarımında topraksız tarımın, fideciliğin ve kişiselleştirilmiş ev tipi akıllı topraksız tarım sistemlerinin öneminin ve ihtiyacının artacağı aşîkardır [1,2]. Ancak, tohumlara yatak vazifesi gören substratlar olan bitki büyüme kapsülleri şu anda ithal edilmekte, bu da ürünün maliyetini ve karbon ayak izini artırmaktadır. Ayrıca, tam bileşimleri genellikle bilinmediğinden toksik katkı maddeleri içermeye olasılığına sahip olmakta ve büyük olasılıkla biyobozunur özellik sergilememektedir. Gerçek bir sürdürülebilir üretim için, içeriğı tamamen bilinen ve çevre dostu bileşenlerden yapılmış, yerel olarak üretilen bitki büyüme kapsülleri gereklidir. Bu çalışmada, topraksız tarım ve fidecilik sektörüne yönelik boyutsal kararlılığına sahip, toksik olmayan, çevre dostu ve tamamen biyolojik olarak parçalanabilen malzemelerden oluşan, iki adet bitki büyüme kapsülü prototipi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada, tarımsal bir atık olan kokopit malzemesi katma değerli bir ürün haline getirilerek etkili atık yönetimi ile sürdürülebilir tarımsal üretim artırılacaktır.

İlk bitki büyüme kapsülü kokopit malzemesi ve mantar miselyumundan oluşur. Kokopit malzemesi hindistan cevizi kabuğunun öğütölmüş hâli olup yüksek hidrofilik özellik sergileyen bir tarım atığıdır. Mantar miselyumları mantarların kök sistemleridir. Miselyumlar uygun besin ve nem içeren her ortamda sarma, büyüme ve gelişme eğilimindedir [3]. Miselyum büyüdükçe, istenen boyut ve şekle sahip bir kalıp içinde kokopitle bir bağlayıcı ağ yani sarım oluşturarak kapsülün son şeklini almasını sağlar. Miselyum, kalıplarda sterilize edilmiş ve yeterince nemlendirilmiş kokopitle karıştırılır ve belirli bir süre boyunca kontrollü koşullar altında inkübe edilir. Miselyum ve kokopit arasında istenen sarım derecesi elde edildikten sonra miselyum deaktive edilir ve büyümesi durdurulur. Deaktive edilmiş ürünler kullanıma hazırdır. Bu bitki büyüme kapsülleri tamamen doğal, organik olarak geri dönüştürülebilir ve sağlıklı bitki büyümesini destekleyen özelliklere sahip çevre dostu kapsüllerdir.

İkinci bitki büyüme kapsülü, biyolojik olarak parçalanabilir bir polimer olan poli(bütölen adipat-ko-tereftalat) (PBAT) ve kokopit içerir. Uygun bir çözöcöde çözölen PBAT granölleri, kokopit ile fiziksel olarak bağlanan ve onu bir arada tutan lifler oluşturmak için çözöcö olmayan bir maddede çökeltilir. Bu yarı mamul ürün daha sonra kontrollü sıcaklık ve basınç altında uygun kalıplar

kullanılarak son kapsül formuna getirilir. Bu bitki büyüme kapsülü, organik olarak geri dönüştürülebilir, ayrıca kompostlanabilir, dolayısıyla çevre dostudur.

Üretilen her iki kapsül örneklerine Taramalı Elektron Mikroskopisi (SEM), Enerji Dağılımlı X-Işını Spektroskopisi (EDS/EDX), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FTIR), Termogravimetrik Analiz (TGA) ve basma testleri ile malzeme karakterizasyon işlemleri yapılmış, ev tipi akıllı bahçe bitki büyüme cihazlarında ise bitki büyüme ve gelişme testleri yapılmıştır. Yerel olarak üretilen bu ürünler, toksik olmayan ve sürdürülebilir bitki büyüme kapsülleri olarak kullanılma konusunda yüksek potansiyel göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Ofisi'nin Araştırma Üniversite Destekleme Programı (ADEP) tarafından 2024-A-113-16 proje numarasıyla desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: topraksız tarım, bitki büyüme kapsülü, miselyum, kokopit, PBAT.

References

- [1] Maja, M. M., & Ayano, S. F. (2021). The Impact of Population Growth on Natural Resources and Farmers' Capacity to Adapt to Climate Change in Low-Income Countries. *Earth Systems and Environment*. Volume 5, pages 271–283 <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00209-6>.
- [2] Maluin, F.N.; Hussein, M.Z.; Nik Ibrahim, N.N.L.; Wayayok, A.; Hashim, N. (2021) Some Emerging Opportunities of Nanotechnology Development for Soilless and Microgreen Farming. *Agronomy*, 11, 1213. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061213>
- [3] Gupta, R. (2004). *Textbook of Fungi*. APH Publishing Corporation, New Delhi, India.
- [4] Jian, Jiao & Xiangbin, Zeng & Xianbo, Huang. (2020). An Overview on Synthesis, Properties and Applications of Poly(butylene-adipate-co-terephthalate)–PBAT. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*. 3. 10.1016/j.aiepr.2020.01.001.

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ CAM ELYAF/POLİPROPİLEN BANTLARLA ISIL PRES YÖNTEMİYLE TERMOPLASTİK KOMPOZİT ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF THERMOPLASTIC COMPOSITES BY HOT PRESS METHOD USING RECYCLED GLASS FIBER/POLYPROPYLENE TAPES

Selin Dursun¹, Eren Er¹, Tunahan Çalışkan¹, Elif Gamze Taşkın¹, Mehmet Karahan²

¹BUTEKOM Bursa Technology Coordination and R&D Center, Bursa, 16245, Türkiye

²Vocational School of Technical Sciences Bursa Uludağ University, Görükle-Bursa, 16059, Türkiye

selindursun@butekom.org

Abstract

In today's world, the rapidly increasing population and parallel modernization have led to a growing demand for composite materials [1]. Rising awareness of environmental issues and the concept of sustainability have directed researchers toward the development of recyclable polymer matrix composites [2]. Polymer matrix composites stand out for their high corrosion resistance, light weight, high strength, low cost, recycling efficiency, and suitability for mass production [3], [4]. Thermoplastic composites have become more competitive than thermoset composites in industries such as aerospace, defense, energy, electronics, and automotive due to their easy formability, short production times, and recyclability [5]. Thanks to advanced manufacturing technologies and polymer matrix systems, thermoplastic composites not only meet performance criteria but also offer solutions to reduce environmental impacts.

In this study, polypropylene-reinforced glass fiber composite materials prepared in tape form were used. Thermoplastic tapes were produced in a plain weave structure using a Dornier-brand tape weaving machine. A recycling-based production approach was adopted by utilizing the waste generated during warp and weft changes in the weaving process and resulting from defective production.

Composite plates were produced using plain-woven fabric, unidirectionally (UD) placed waste tapes, and chopped pieces with an average size of 6.57 ± 1.31 mm through the thermal press method. Thus, the aim was to both increase production efficiency and contribute to environmental sustainability by reusing waste materials.

Various tests were conducted to determine the mechanical and thermal properties of the three different plates prepared. In this context, tensile tests, hardness tests, three-point bending tests, and Izod impact tests were performed; in addition, Thermogravimetric Analysis (TGA) and Differential Scanning Calorimetry (DSC) analyses were conducted to examine thermal properties. Microstructural evaluations were carried out using a Scanning Electron Microscope (SEM) for a detailed assessment of the material's internal structure.

Keywords: [Thermoplastic composites, Recycling, Polymer matrix, Hot press]

Özet

Günümüzde nüfusun hızla artması ve modernleşmeye paralel olarak kompozit malzemelere olan talep artmaktadır [1]. Çevre problemlerine yönelik artan farkındalık ve sürdürülebilirlik anlayışı, araştırmacıları geri dönüştürülebilir polimer matrisli kompozitlerin geliştirilmesine yönlendirmiştir [2]. Polimer matrisli kompozitler, yüksek korozyon direnci, hafiflik, yüksek mukavemet, düşük maliyet, geri dönüşüm verimliliği ve seri üretime uygunluk olarak öne çıkmaktadır [3], [4]. Termoplastik kompozitler, kolay şekillendirilebilirlikleri, kısa üretim süreleri ve geri dönüştürülebilirlikleri nedeniyle termoset kompozitlere kıyasla havacılık, savunma, enerji, elektronik ve otomotiv endüstrileri alanlarında daha rekabetçi hale gelmiştir [5]. Gelişen üretim teknolojileri ve polimer matriks sistemleri sayesinde, termoplastik kompozitler yalnızca performans kriterlerini karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda çevresel etkileri azaltmaya yönelik çözümler de sunmaktadır.

Bu çalışmada, bant formunda hazırlanmış polipropilen takviyeli cam elyaf kompozit malzemeler kullanılmıştır. Termoplastik bantlar, Dornier marka bant dokuma makinesinde plain dokuma yapısında üretilmiştir. Dokuma sürecinde çözücü ve atık değişimleri sırasında meydana gelen ve hatalı üretim neticesinde çıkan atıklar değerlendirilerek, geri dönüşüm temelli bir üretim yaklaşımı benimsenmiştir. Kompozit plakalar plain dokunan kumaş, tek yönlü (UD)

yerleştirilmiş atık bant ve ortalama $6,57 \pm 1,31$ mm boyutlarındaki kırpıklar kullanılarak ısıl pres yöntemiyle üretilmiştir. Böylece hem üretim verimliliğini arttırmak hem de atıkların yeniden kullanımıyla çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Hazırlanan üç farklı plaka üzerinde mekanik ve termal özelliklerin belirlenmesine yönelik çeşitli testler uygulanmıştır. Bu kapsamda, çekme testi, sertlik testi, üç nokta eğme testi ve İzod darbe testi gerçekleştirilmiş; ayrıca termal özelliklerin incelenmesi amacıyla Termogravimetrik Analiz (TGA) ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC) analizleri yapılmıştır. Malzeme içyapısının detaylı olarak değerlendirilmesi için ise Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile mikroyapı gözlemleri gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Termoplastik kompozitler, Geri dönüşüm, Polimer matris, Isıl Pres]

References

- [1] G. Ç. Bayram, B. A. Türkmen, ve Ö. Gamzenur, “Ahşap Plastik Kompozit Malzemelerin Çevresel Sürdürülebilirlik Uygulamaları: Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Environmental Sustainability Applications of Wood Plastic Composite Materials : Life Cycle Assessment”, c. 11, sayı 2, ss. 437–450, 2024.
- [2] M. A. Uddin, S. Afroj, T. Hasan, C. Carr, K. S. Novoselov, ve N. Karim, “Environmental Impacts of Personal Protective Clothing Used to Combat COVID- 19”, Adv. Sustain. Syst., c. 6, sayı 1, Oca. 2022, doi: 10.1002/adsu.202100176.
- [3] J. S. Chohan, K. S. Boparai, R. Singh, ve M. S. . Hashmi, “Manufacturing techniques and applications of polymer matrix composites: a brief review”, Adv. Mater. Process. Technol., c. 8, sayı 1, ss. 884–894, Oca. 2022, doi: 10.1080/2374068X.2020.1835012.
- [4] A. Kumar Sharma, R. Bhandari, C. Sharma, S. Krishna Dhakad, ve C. Pinca-Bretotean, “Polymer matrix composites: A state of art review”, Mater. Today Proc., c. 57, ss. 2330–2333, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.12.592.
- [5] F. Ozturk, M. Cobanoglu, ve R. E. Ece, “Recent advancements in thermoplastic composite materials in aerospace industry”, J. Thermoplast. Compos. Mater., c. 37, sayı 9, ss. 3084–3116, Eyl. 2024, doi: 10.1177/08927057231222820.

TİLA KOMPOZİT

Yeni Nesil Reçine Üreticisi



Tila

Atölyenizi ya da fabrikanızı verimsiz mi buluyorsunuz?
Doğru malzeme seçiminde eksik kaldığınızı mı düşünüyorsunuz?
Yurt dışında görüp “bizde de olsa” dediğiniz ürünler mi var?

Tila Kompozit Size Yardımcı Olacaktır.



Kompozit Endüstrisi için Yenilikçi Çözümler

Advanced and Innovative Solutions for Composite Industry



OTOMOTİV İÇ DÖŞEME PANELLERİ İÇİN KENEVİR VE BAZALT/KARBON KUMAŞLARLA TAKVİYELİ HİBRİT TERMOPLASTİK KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

PRODUCTION OF HYBRID THERMOPLASTIC COMPOSITES REINFORCED WITH HEMP AND BASALT/CARBON FABRICS FOR AUTOMOTIVE INTERIOR TRIM PANELS AND DETERMINATION OF THEIR MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES

Merve Esranur Yalçın¹, Merve Gül Tülek², Hüseyin İpek², Kutay Çava², Mustafa Aslan^{1,2}

¹Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, Ortahisar, Trabzon 61080, Türkiye

²Medical Device Design and Production Application and Research Center, Karadeniz Technical University, Ortahisar, Trabzon 61080, Türkiye

merveesranuryalcin@gmail.com

Abstract

In the automotive industry today, the trend towards using natural and eco-friendly materials is rapidly increasing in line with goals of sustainability, recyclability, and reducing environmental impact (1,5). Particularly in interior trim panels, which are non-structural but critical for the aesthetic, acoustic, and functional performance of the vehicle interior, there is a growing demand for environmentally friendly, lightweight, and high-performance alternative materials. In this context, natural fiber-reinforced polymer composites emerge as a strong alternative to conventional materials by offering both environmental and structural advantages (2,3)

Within the scope of this study, hybrid PVC matrix composite materials were produced by combining one of the natural fibers, hemp fiber, with basalt fiber—known for its high-temperature resistance—and carbon fiber, recognized for its superior mechanical properties. The potential of these structures for automotive interior trim applications was comprehensively evaluated. Polyvinyl chloride (PVC) film was selected as the matrix material due to its thermoplastic nature, good processability, recyclability, and low cost, making it a suitable material alternative for the automotive sector (2)

The natural hemp fabric used as a reinforcement material carries eco-friendly properties thanks to its sustainable structure and light weight, whereas synthetic and mineral fibers such as carbon and basalt aim to enhance the mechanical and thermal performance of the composites (1,4). To improve fiber-matrix interaction and strengthen interfacial adhesion, silane-based surface modification was applied to the fiber surfaces. The composite production was carried out using a film stacking method based on layered structure formation, and final plates were fabricated via hot pressing. This technique ensured homogeneous material distribution and strong bonding between layers.

Prior to production, optimization studies were conducted on parameters including temperature, pressure, number of layers, fiber type, and fiber arrangement; the optimal process conditions were determined to enable reproducible and consistent manufacturing. The produced composite samples underwent comprehensive characterization tests not only for mechanical and physical performance but also for microstructural and thermal properties. These analyses provided detailed insights into the effects of different fiber combinations and production parameters on the final material.

This research aims to offer significant contributions both academically and practically to the automotive sector seeking sustainable materials. The PVC matrix thermoplastic composites developed by hybridizing natural fibers with synthetic and mineral fibers have the potential to serve as environmentally friendly and high-performance alternatives for critical applications such as interior trim panels. Characterization results indicated that hybrid structures containing basalt fiber yielded the closest performance to the requirements for automotive interior trim panels in terms of mechanical strength, thermal stability, and surface integrity.

Keywords: [Natural Fiber Composites, Hemp, PVC Matrix, Automotive Interior Trim Panels]

Özet

Günümüzde otomotiv endüstrisinde sürdürülebilirlik, geri dönüştürülebilirlik ve çevresel etkiyi azaltma hedefleri doğrultusunda doğal ve çevre dostu malzeme kullanımına olan eğilim hızla artmaktadır (1,5). Özellikle, taşıyıcı olmayan ancak araç iç mekânının estetik, akustik ve fonksiyonel performansı açısından kritik öneme sahip iç trim panellerinde, çevreci, hafif ve yüksek performanslı alternatif malzemelere olan ihtiyaç dikkat çekmektedir. Bu bağlamda doğal lif takviyeli polimer kompozitler, hem çevresel hem de yapısal avantajlar sunarak geleneksel malzemelere güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır (2,3).

Bu çalışma kapsamında, doğal elyaflardan biri olan kenevir lifinin, yüksek sıcaklık dayanımına sahip bazalt elyaf ve üstün mekanik özellikleriyle bilinen karbon elyaf ile hibritlenmesiyle elde edilen PVC matrisli hibrit kompozit malzemelerin üretimi gerçekleştirilmiş ve bu yapıların otomotiv iç trim uygulamalarındaki potansiyelleri çok yönlü olarak değerlendirilmiştir. Matris malzemesi olarak seçilen polivinil klorür (PVC) filmi, termoplastik yapısı, iyi işlenebilirliği, geri dönüştürülebilirliği ve düşük maliyeti ile otomotiv sektörü için uygun bir malzeme alternatifi sunmaktadır (2).

Takviye malzemesi olarak kullanılan doğal kenevir kumaşı, sürdürülebilir yapısı ve hafifliği ile çevreci özellikler taşıırken, karbon ve bazalt gibi sentetik ve mineral elyaflar ise kompozitlerin mekanik ve termal performanslarını iyileştirmeyi hedeflemektedir (1,4). Elyaf-matris etkileşimini artırmak ve arayüzey yapışmasını güçlendirmek amacıyla, elyaf yüzeylerine silan bazlı yüzey modifikasyonu uygulanmıştır. Kompozit üretimi, katmanlı yapı oluşturma esasına dayanan film stacking yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve sıcak presleme tekniği kullanılarak nihai plakalar üretilmiştir. Bu yöntem sayesinde katmanlar arasında homojen bir malzeme dağılımı ve güçlü bağlanma elde edilmiştir.

Üretim sürecinden önce sıcaklık, basınç, katman sayısı, elyaf tipi ve yerleşimi gibi parametreler üzerinde optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiş; en uygun proses koşulları belirlenerek tekrarlanabilir ve tutarlı üretim sağlanmıştır. Üretilen kompozit numuneler, yalnızca mekanik ve fiziksel performans açısından değil, aynı zamanda mikroyapısal ve termal özellikler yönünden de kapsamlı karakterizasyon testlerine tabi tutulmuştur. Bu analizlerle farklı elyaf kombinasyonlarının ve üretim parametrelerinin nihai malzeme üzerindeki etkileri detaylı biçimde incelenmiştir.

Bu araştırma, sürdürülebilir malzeme arayışında olan otomotiv sektörü için hem akademik hem de uygulamaya dönük önemli katkılar sunmayı amaçlamaktadır. Doğal elyafların sentetik ve mineral elyaflarla hibritlenmesi yoluyla geliştirilen bu PVC matrisli termoplastik kompozitler, iç trim panelleri gibi kritik uygulamalarda çevreci ve yüksek performanslı bir alternatif oluşturabilecek niteliktedir. Gerçekleştirilen karakterizasyon çalışmaları sonucunda, bazalt elyaf içeren hibrit yapıların; mekanik dayanım, termal kararlılık ve yüzey bütünlüğü bakımından otomotiv iç trim panelleri için gerekli performans kriterlerine en yakın sonuçları verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Doğal Elyaf Kompozitler, Kenevir, PVC Matris, Otomotiv İç Trim Panelleri]

References

- [1] Al-Oqla, F. M., & Omari, A. A. (2018). Otomobil uygulamalarında doğal lif takviyeli kompozit malzemelerin geleceği. *Journal of Composite Materials*, 52(14), 1969–1985.
- [2] Autif, A., Khan, M. J., & Farag, R. (2021). Doğal lif takviyeli polimer kompozitler: İşleme, özellikler ve uygulamalar üzerine bir derleme. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 335–356.
- [3] Bledzki, A. K., & Gassan, J. (1999). Selüloz bazlı liflerle güçlendirilmiş kompozitler. *Progress in Polymer Science*, 24(2), 221–274.
- [4] Huda, M. S., Drzal, L. T., Mohanty, A. K., & Misra, M. (2008). Lif işleminin jüt/polipropilen kompozitlerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(9), 1486–1493.
- [5] Jumahat, A., Ahmad, Z., & Salleh, M. A. M. (2016). Otomotiv uygulamaları için doğal lif kompozitler: Bir derleme. *Materials Today: Proceedings*, 3(8), 2841–2848.

DOĞAL KENEVİR LİFLERİYLE TAKVİYE EDİLMİŞ PVC TABANLI KOMPOZİT MALZEMELER

PVC-BASED COMPOSITE MATERIALS REINFORCED WITH NATURAL HEMP FIBERS

Eren Karakus¹, Sükrü Al², Nazmiye Yoldaş³, Canan Uraz⁴, Didem Kale⁵, Yunus Emre Dağıstanlı⁶

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Erzene, Bornova , Izmir 35100, Türkiye

²EGE-PROFİL, Menemen Plastic Organized Industrial Zone, 35660 Menemen/Izmir, Türkiye

erenkarakus63@gmail.com

Abstract

Polyvinyl chloride (PVC) is most used thermoplastic in various applications, such as piping systems, window frames, insulation materials etc. [1]. One of the main environmental concerns related to polymers is their dependence on limited fossil fuel resources, along with their contribution to greenhouse gas emissions and low biodegradability [2]. Blending PVC with natural fibers could reduce the environmental issues and health effects caused by the usage of PVC [3]. Also improves their mechanical properties.

In recent years, the use of natural fibers instead of synthetic ones in PVC composites has been increasing due to environmental issues, as they cause little ecological damage during production and processing and create less waste. When it comes to thermoplastic polymers, temperature is one of the main parameters limiting the production of biodegradable composites. Natural fibers cannot be fabricated at high temperatures, limiting the thermoplastics that can be used without degrading fiber properties [3]. Because of its low micro-fibrillar angle, hemp fiber has a relatively high Young's modulus and tensile strength when

compared to other natural fibers. Hemp fibers start degrading above 200°C due to hemicellulose and pectin breakdown, so only thermoplastics with lower processing temperatures can be used for their composites [2]. PVC is one of the thermoplastics suitable for such applications as its processing temperature is below 200°C.

The primary disadvantage of hemp fibres is their hydrophilic nature, which reduces their compatibility and ultimately restricts their use as reinforcement in hydrophobic polymer matrices. This problem can be addressed by modification of fibre surface with suitable treatments. For chemical modification of hemp fiber, reagents with functional groups that bond with free hydroxyl groups are used to reduce hydrophilicity and improve fiber–polymer compatibility [3]. Alkaline treatment is one of the most used chemical treatments in different applications [4]. Within the scope of the alkaline treatment method, NaOH-pure water solutions of different concentrations (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10% and 12% by mass) were prepared. The fibers were then immersed in the prepared solution at a 40:1 liquor ratio. The soaked fibers were kept in a water bath set at 30°C for 4 hours. To neutralize the excess sodium hydroxide, they were washed with a 1% acetic acid-distilled water solution and then rinsed with pure water [5]. The fibers were dried at room temperature for 48 hours and then in an oven at 100°C for 6 hours, completing the modification process [6].

After alkali treatment, FTIR analysis was performed twice to determine the optimum concentration at which the most OH groups were reduced. Then, untreated hemp fiber and treated hemp fiber with optimum concentration were subjected to SEM EDS analysis. Thus, a clear reduction in hydroxyl groups and noticeable changes in surface morphology were observed in the fibers treated with an 8.5% concentration. To determine the optimal fiber fraction and processing temperature that yield the best improvement in mechanical properties, hemp fibers will be incorporated into PVC at varying fractions, and the blend will be prepared using the plastograph method.

Keywords: [Hemp fiber, Alkaline treatment, Fiber- polymer compatibility, Mechanical properties]

Özet

Polivinil klorür (PVC), boru sistemleri, pencere çerçeveleri, yalıtım malzemeleri gibi çeşitli uygulamalarda en yaygın kullanılan termoplastiktir [1]. Polimerlerle ilgili temel çevresel sorunlardan biri, sınırlı fosil yakıt kaynaklarına olan bağımlılıklarının yanı sıra sera gazı emisyonlarına katkıları ve düşük biyobozunurluklarıdır [2]. PVC'nin doğal liflerle harmanlanması, PVC kullanımının neden olduğu çevresel sorunları ve sağlık etkilerini azaltabilir [3]. Ayrıca mekanik özelliklerini de iyileştirir.

Son yıllarda çevresel sorunlar nedeniyle, üretim ve işleme süreçlerinde ekolojik zararın düşük olması ve daha az atık oluşturmaları sebebiyle PVC kompozitlerinde sentetik lifler yerine doğal liflerin kullanımı artmaktadır. Termoplastik polimerler söz konusu olduğunda, biyobozunur kompozitlerin üretimini sınırlayan temel parametrelerden biri sıcaklıktır. Doğal lifler yüksek sıcaklıklarda işlenemez, bu da lif özelliklerini bozmadan kullanılabilecek termoplastiklerin sayısını sınırlar [3]. Kenevir lifi, düşük mikrofibril açısı nedeniyle diğer doğal liflerle karşılaştırıldığında nispeten yüksek Young modülüne ve çekme dayanımına sahiptir. Kenevir lifleri, hemiselüloz ve pektin bileşenlerinin parçalanması nedeniyle 200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bozulmaya başlar; bu nedenle, bu liflerin kompozitlerinde yalnızca daha düşük işleme sıcaklıklarına sahip termoplastikler kullanılabilir [2]. PVC, işleme sıcaklığı 200°C'nin altında olduğundan bu tür uygulamalar için uygun bir termoplastiktir.

Kenevir liflerinin temel dezavantajı, hidrofilik yapılarıdır. Bu özellik, liflerin hidrofobik polimer matrislerle uyumluluğunu azaltır ve takviye malzemesi olarak kullanımını sınırlar. Bu sorun, lif yüzeyine uygun işlemler uygulanarak giderilebilir. Kenevir lifinin kimyasal modifikasyonu için, serbest hidroksil gruplarıyla bağ yapabilen fonksiyonel gruplara sahip reaktifler kullanılarak lifin hidrofilitesi azaltılır ve lif-polimer uyumu iyileştirilir [3]. Alkalın işlem, farklı uygulamalarda en sık kullanılan kimyasal işlemlerden biridir [4]. Bu yöntem kapsamında, kütlece %0, %2, %4, %6, %8, %10 ve %12 oranlarında NaOH-saf su çözeltileri hazırlandı. Lifler, 40:1'lik bir likör oranında hazırlanan çözeltiye daldırıldı. Suda bekletilen lifler 30°C'ye ayarlanmış bir su banyosunda 4 saat tutuldu. Fazla sodyum hidroksiti nötralize etmek için lifler %1 asetik asit-distile su çözeltisiyle yıkandı ve ardından saf suyla durulandı [5]. Durulama işlemi sonrasında lifler 48 saat oda sıcaklığında, ardından 100°C'deki etüvde 6 saat kurutularak modifikasyon işlemi tamamlandı [6].

Alkalin işlemten sonra, en fazla OH grubunun uzaklaştırıldığı optimum konsantrasyonu belirlemek amacıyla iki kez FTIR analizi yapıldı. Ardından, işlem görmemiş kenendir lifi ile optimum konsantrasyonda işlem görmüş lif, SEM EDS analizine tabi tutuldu. Böylece %8.5 konsantrasyonla işlem görmüş liflerde hidroksil gruplarının azaldığı ve yüzey morfolojisinde farklılıklar olduğu net bir şekilde gözlemlenmiştir. Kenendir liflerinin PVC'ye farklı fraksiyonlarla takviyesi sonucunda mekanik özellikleri en iyi geliştirecek optimum fraksiyonun ve sıcaklığın belirlenebilmesi için “Plastograf” yöntemi ile ürün elde edilecektir.

Anahtar Kelimeler: [Kenendir Lifi, Alkali işlemi, Lif-polimer uyumluluğu, Mekanik özellikler]

References

- [1] Khalil H.P.S. Abdul, Tehrani Mazdak, Davoudpour Yalda, Bhat H. Aamir, M. Jawaidd, A. Hassan, “Natural fiber reinforced poly(vinyl chloride) composites: A review” Journal of Reinforced Plastics and Composites, 0 (00), 1-2, (2012).
- [2] Deshmukh, G. "Advancement in hemp fibre polymer composites: a comprehensive review." Journal of Polymer Engineering, 42(7), 585-586, (2022).
- [3] H. Akhina, Sabu Thomas, “Poly(Vinyl Chloride) Based Composites and Nanocomposites” Springer Nature, 102-103, (2024).
- [4] Koohestani, B., Darban, A. K., Mokhtari, P., Yilmaz, E., & Darezereshki, E. "Comparison of different natural fiber treatments: A literature review." International Journal of Environmental Science and Technology, vol. 16, pp. 634-635, (2019).
- [5] Mwaikambo Y. Leonard, “The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok for composite reinforcement” 272 (1), (1999).
- [6] Ray, D., Sarkar, B. K., Rana, A. K., & Bose, N. R. "Effect of alkali treated jute fibres on composite properties." Bulletin of Materials Science, vol. 24, no. 2, pp. 130-131, (2001).

TALEP ÜZERİNE BAĞ AYIRMA ÖZELLİĞİNE SAHİP YAPISAL KOMPOZİTLERDE KARBON FİBERLERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

RECYCLING OF CARBON FIBERS IN STRUCTURAL COMPOSITES HAVING DEBONDING ON DEMAND CHARACTERISTICS

Samet Ozyigit^{1,2}, Oussema Kachouri^{1,2}, Julien Bardon¹, David Ruch¹,
Abdelghani Laachachi¹

¹Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST), Department of
Materials Research and Technology (MRT), Bommelscheuer – 5, ZAE Robert
Steichen, L-4940, Hautcharage, Luxembourg

²Doctoral School in Science and Engineering (DSSE), University of
Luxembourg, 2 Avenue de l'Université, L-4365 Esch-sur-Alzette, Luxembourg

samet.ozyigit@list.lu

Abstract

Carbon fiber reinforced polymer composites are utilized in various industrial applications due to their promising characteristics such as high strength, low density, chemical and thermal resistance, and so on [1,2]. The carbon fiber market is expected to surpass an 8% growth rate by 2031 [3]. However, the increased number of composites' utilization and their limited lifetime result in a significant amount of end-of-life composites and leftovers. These situations, together with increased social awareness, are a driving force for composites' recycling. In the current study, carbon fiber reinforced thermoset epoxy composites with an additional debonding on demand property were produced, and carbon fibers were recycled from their composites by activating this debonding property. The epoxy matrix was modified with different particles called “debonding agent” in various concentration levels. In the usage conditions, these particles will be inert and even contribute to the mechanical performance of the structural composites. However,

when thermal stimulus was applied to the composites, the debonding agents were activated, thereby releasing inert gases and creating crack and void formation in the composite structures. These physical and chemical formations in the matrix provide easy separation and recycling of carbon fibers. Carbon fiber debonding tests of the produced composites were evaluated in different temperature windows, which are higher than the processing temperature of the composites. Also, the effect of debonding agent modifications on composites' mechanical properties and their thermal application range was evaluated by various characterization tests such as flexural test (3-point bending), dynamic mechanical analysis (DMA), thermogravimetric analysis (TGA), and so on. The characterization test results proved that the debonding agent modifications contributed to the structural integrity of composites without affecting the thermal application range in the usage conditions, whereas carbon fibers in the modified composites were able to be separated at significantly lower temperatures compared to fibers in reference composites produced without any modification. Moreover, separated carbon fiber layers were exposed to a mild chemical cleaning step to remove the epoxy residues from the surfaces of the separated carbon fiber layers. The chemical cleaning is conducted at moderate temperatures and atmospheric pressure without using concentrated hazardous chemicals, and then the residue-free carbon fibers, which are ready to be reutilized to produce recycled composites, were obtained. The thermal and chemical characteristics of the recycled fibers were determined to elaborate on the effect of the recycling procedure on carbon fibers' properties. At the final stage of the study, the recycled carbon fibers were reused to produce recycled composites by applying new epoxy resin, and the closed-loop recycling process was completed. The thermal and mechanical properties of the recycled composite were characterized and compared to those of the reference composite. The performance of the reference composite showed that the recycling process did not adversely affect the properties of the carbon fibers, as well as recovered fibers and their composites can be used for the primary load-bearing applications. As a result of this novel study, a quick, easy-to-conduct, and unscalable carbon fiber recycling technique based on a debonding-on-demand approach was developed without requiring any additional complex instruments.

Keywords: [carbon fiber recycling, debonding-on-demand, epoxy composites]

Özet

Karbon fiber takviyeli polimer kompozitler, yüksek mukavemet, düşük yoğunluk, kimyasal ve termal direnç gibi gelecek vadeden özellikleri nedeniyle çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır [1,2]. Karbon fiber pazarının 2031 yılına kadar %8'lik bir büyüme oranını aşması bekleniyor [3]. Ancak, kompozitlerin kullanım sayısının artması ve sınırlı ömürleri, önemli miktarda kullanım ömrünün sonuna kadar ulaşmış kompozit ve artıklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu durumlar, artan toplumsal farkındalıkla birlikte kompozitlerin geri dönüşümü için bir itici güçtür. Mevcut çalışmada, talep üzerine ek bağ ayırma özelliğine sahip karbon fiber takviyeli termoset epoksi kompozitler üretilmiş ve bu bağ ayırma özelliği aktive edilerek karbon fiberler kompozitlerinden geri dönüştürülmüştür. Kompozitlerin epoksi matrisi, çeşitli konsantrasyon seviyelerinde "bağ ayırma maddesi" adı verilen farklı parçacıklarla modifiye edilmiştir. Kullanım koşullarında, bu parçacıklar inert olacak ve hatta yapısal kompozitlerin mekanik performansına katkıda bulunacaktır. Ancak kompozitlere termal uyarı uygulandığında, bağ çözücü maddeler aktive olarak, inert gazlar açığa çıkmış ve kompozit yapılarında çatlak ve boşluk oluşumu meydana gelmiştir. Matristeki bu fiziksel ve kimyasal oluşumlar karbon fiberlerin kolay ayrılmasını ve geri dönüşümünü sağlar. Üretilen kompozitlerin karbon fiber bağ ayırma testleri, kompozitlerin proses sıcaklığından daha yüksek olan farklı sıcaklık pencerelerinde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bağ ayırma madde modifikasyonlarının kompozitlerin mekanik özellikleri ve termal uygulama aralığı üzerindeki etkisi, eğilme testi (3 nokta eğme), dinamik mekanik analiz (DMA), termogravimetrik analiz (TGA) vb. gibi çeşitli karakterizasyon testleri ile değerlendirilmiştir. Karakterizasyon testi sonuçları, bağ çözücü madde modifikasyonlarının kullanım koşullarında termal uygulama aralığını etkilemeden kompozitlerin yapısal bütünlüğüne katkıda bulunduğunu, bununla birlikte modifiye edilmiş kompozitlerdeki karbon fiberlerin herhangi bir modifikasyon yapılmadan üretilen referans kompozitlerdekilere kıyasla önemli ölçüde daha düşük sıcaklıklarda ayrılabilirdiğini kanıtlamıştır. Ayrıca, ayrılmış karbon fiber katmanları, yüzeylerinden epoksi kalıntılarını gidermek için hafif bir kimyasal temizleme adımına tabi tutulmuştur. Kimyasal temizlik, konsantre tehlikeli kimyasallar kullanılmadan orta sıcaklıklarda ve atmosferik basınçta gerçekleştirildi ve daha sonra geri dönüştürülmüş kompozitler üretmek için yeniden kullanılmaya hazır, kalıntı içermeyen karbon fiberler elde edildi. Geri dönüştürülmüş fiberlerin termal ve kimyasal özellikleri, geri dönüşüm prosedürünün karbon fiberlerin özellikleri üzerindeki etkisini açıklamak için ele alındı. Çalışmanın son

aşamasında, geri dönüştürülmüş karbon fiberler yeni epoksi reçinesi uygulanarak geri dönüştürülmüş kompozitler üretmek için yeniden kullanıldı ve kapalı döngü geri dönüşüm süreci tamamlandı. Geri dönüştürülmüş kompozitin termal ve mekanik özellikleri karakterize edildi ve referans kompozitin özellikleriyle karşılaştırıldı. Referans kompozitin performansı, geri dönüşüm sürecinin karbon fiberlerin özelliklerini olumsuz yönde etkilemediğini ve geri kazanılan fiberlerin ve kompozitlerinin birincil yük taşıma uygulamaları için kullanılabileceğini gösterdi. Bu yenilikçi çalışma sonucunda, herhangi bir ek kompleks ekipmanlar gerektirmeden, talep üzerine ayırma yaklaşımına dayanan hızlı, yürütülmesi kolay ve ölçeklenebilir bir karbon fiber geri dönüşüm tekniği geliştirildi.

Anahtar Kelimeler: [karbon fiber geri dönüşümü, talep üzerine bağ ayırma, epoksi kompozitler]

References

- [1] Yao, Shan-Shan, et al. "Recent advances in carbon-fiber-reinforced thermoplastic composites: A review." *Composites Part B: Engineering*, 241- 250 (2018).
- [2] Yu, Kai, et al. "Carbon fiber reinforced thermoset composite with near 100% recyclability." *Advanced functional materials*, 6098-6106 (2016).
- [3] Peijs, Ton, Robert Kirschbaum, and Pieter Jan Lemstra. "A critical review of carbon fiber and related products from an industrial perspective." *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 90- 106, (2022).

YÜKSEK PERFORMANSLI ÇEKİRDEK UYGULAMALARI İÇİN PET KÖPÜK VE CAM ELYAF ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞÜMÜ

RECYCLING OF PET FOAM AND GLASS FIBER WASTE FOR HIGH- PERFORMANCE CORE APPLICATIONS

Melisa Yeke¹, Gülnur Başer¹

¹Metyx Composites-Telateks A.Ş., Keçiliköy OSB, Malazgirt Cd. No:2, Manisa 45030, Türkiye

gulnur.baser@telateks.com

The increasing industrial waste due to the growth of industry leads to very serious environmental risks. Recycling waste used in industry reduces environmental risks and contributes to the circular economy. This study focuses on the development of an innovative core material from glass fiber waste and thermoplastic PET foam sheet waste generated during manufacturing.

PET blocks used as core material of sandwich structures in manufacturing are processed by machining, and processes such as sizing, drilling, channel opening, and angling are applied. A significant amount of PET foam waste is generated during this process. PET wastes were mixed with unsaturated polyester resin at different ratios of 50/50, 60/40, and 78/22 and produced under heat and pressure.

The results show that as the powder ratio in the mixture increases, the flexural strength and density decrease. By adding short glass fiber waste from production into the mixture, it has been revealed that a more durable core material can also be obtained according to the requirements.

In addition, compared to sandwich structures produced with virgin foam, sandwich structures produced with recycled core materials were also examined in terms of shear and flexural strength and were found to show better performance. While contributing to the environment by reusing the generated

waste, producing in the desired mold and a complex form also provides an advantage.

Özet

Sanayinin büyümesiyle artan endüstriyel atıklar çok ciddi çevresel risklere yol açmaktadır. Endüstride kullanılan atıkların geri dönüştürülmesi, çevresel riskleri azaltmakta ve döngüsel ekonomiye katkı sağlamaktadır. Bu çalışma, üretim sırasında ortaya çıkan cam elyaf atıkları ve termoplastik PET köpük levha atıklarından yenilikçi bir çekirdek malzeme geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Sandviç yapıların çekirdek malzemesi olarak kullanılan PET bloklar üretim sırasında işlenmekte; boyutlandırma, delik açma, kanal açma ve açılı kesim gibi işlemlerden geçirilmektedir. Bu süreçte önemli miktarda PET köpük atığı ortaya çıkmaktadır. PET atıkları, farklı oranlarda (%50/50, %60/40 ve %78/22) doymamış poliester reçinesiyle karıştırılmış ve ısı ve basınç altında üretilmiştir.

Sonuçlar, karışımındaki toz oranı arttıkça eğilme mukavemeti ve yoğunluğun azaldığını göstermektedir. Karışıma üretimden gelen kısa cam elyaf atıklarının eklenmesiyle, ihtiyaçlara göre daha dayanıklı bir çekirdek malzemenin de elde edilebildiği ortaya konmuştur.

Ayrıca, geri dönüştürülmüş çekirdek malzemelerle üretilen sandviç yapılar, ilk üretim (ham) köpükle üretilen yapılarla karşılaştırıldığında kesme ve eğilme mukavemeti açısından daha iyi performans göstermiştir. Oluşan atıkların yeniden kullanılmasıyla çevreye katkı sağlanırken, istenilen kalıpta ve karmaşık formlarda üretim yapılabilmesi de ek bir avantaj sunmaktadır.

ESTERLEŐTİRİLMİŐ SELÜLOZ NANOFİBRİLLERİN POLİLAKTİK ASİDİ GÜÇLENDİRME ETKİSİ

REINFORCING EFFECT OF ESTERIFIED CELLULOSE NANOFIBRILS FOR POLYLACTIC ACID

Ferhat Yetiő^{1,2}, Xuqing Liu^{2,3}, William W. Sampson², R. Hugh Gong²

¹Marmara Forestry Research Institute, Marmara University, Fatih Ormanı
Kampüsü, Sarıyer, Istanbul, 34396, Türkiye

²Department of Materials, School of Natural Sciences, University of Manchester,
Oxford Road, Manchester M13 9PL, United Kingdom

³School of Materials Science and Engineering, Northwestern Polytechnical
University, Xi'an, Shanxi, 710072, China

ferhatyetis@ogm.gov.tr

Abstract

Bio-derived polymers have gained significant attention to replace petroleum-based polymers of which vast majority are non-biodegradable and create global plastic pollution influencing habitat and human life. Polylactic acid (PLA), which is the most utilized bio-derived polymer, has attracted increasing interest due to its biodegradability, biocompatibility, good physical properties and easy process ability [1]. Its reinforcing with natural fibres has been widely researched to improve its mechanical and thermal properties. Cellulose nanofibrils (CNF) is a bio-based material isolated from wood or natural fibres sources using various mechanical treatment techniques. CNF has a high potential for nanocomposite, biomedical and pharmacological applications due to its high mechanical performance, low cost, biodegradability, biocompatibility, sustainability, recyclability, and non-toxicity [2]. Here, we successfully isolated CNF from bleached chemical pulp using three steps mechanical processes, namely refining, homogenization and high-intensity sonication. The surface of CNF was modified

using a transesterification method to decrease its polarity and improve compatibility with PLA for the fabrication of biocomposites using solvent casting method. The changes of morphological and chemical structures of CNF after modification were determined using Scanning Electron Microscope (SEM) and X-Ray Photoelectron Spectroscopy (XPS), respectively. Moreover, we determined the mechanical and thermal properties of modified CNF (Es-CNF) reinforced biocomposite films. Results showed that the mechanical properties of PLA significantly improved with the addition of Es-CNF. The theoretical modulus of biocomposites exhibited similar trends with our experimental data. Further, biocomposite films exhibited better thermal properties compared to neat PLA, since surface modification of CNF increased both dispersibility of microfibrils into PLA matrix and interfacial adhesion between microfibrils and PLA. This reveals that Es-CNF can be effectively used for preparation of (bio)composite materials using non-polar polymer matrix.

Keywords: [Cellulose Nanofibrils, Polylactic Acid, Biocomposites]

Özet

Biyo-türevli polimerler, büyük çoğunluğu biyolojik olarak parçalanamayan ve habitatı ve insan yaşamını etkileyen küresel plastik kirliliği yaratan petrol bazlı polimerlerin yerini almak için büyük ilgi görmektedir. En çok kullanılan biyo-türevli polimer olan polilaktik asit (PLA), biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyoyumluluğu, iyi fiziksel özellikleri ve kolay işlenebilirliği nedeniyle artan bir ilgiye sahiptir [1]. Mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmek için doğal liflerle takviye edilmesi yaygın olarak araştırılmaktadır. Selüloz nanofibriller (SNF), çeşitli mekanik işlem teknikleri kullanılarak odun veya doğal lif kaynaklarından izole edilen biyo-bazlı bir malzemedir. SNF, yüksek mekanik performansı, düşük maliyeti, biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyoyumluluğu, sürdürülebilirliği, geri dönüştürülebilirliği ve toksik olmaması nedeniyle nanokompozit, biyomedikal ve farmakolojik uygulamalar için yüksek bir potansiyele sahiptir [2]. Burada, rafinasyon, homojenizasyon ve yüksek yoğunluklu sonikasyon olmak üzere üç aşamalı mekanik işlem kullanarak ağartılmış kimyasal hamurdan SNF başarıyla izole edilmiştir. SNF'nin yüzeyi, polaritesini azaltmak ve çözücü döküm yöntemi kullanılarak biyokompozitlerin üretimi için PLA ile uyumluluğunu artırmak amacıyla bir transesterifikasyon yöntemi ile modifiye edilmiştir. Modifikasyondan sonra SNF'nin morfolojik ve kimyasal yapılarındaki değişiklikler sırasıyla Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve X-Işını

Fotoelektron Spektroskopisi (XPS) kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca, modifiye SNF (Es-SNF) takviyeli biyokompozit filmlerin mekanik ve termal özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlar, PLA'nın mekanik özelliklerinin Es-SNF ilavesiyle önemli ölçüde iyileştiğini göstermiştir. Biyokompozitlerin teorik modülü deneysel verilerimizle benzer eğilimler sergilemiştir. Ayrıca, SNF'nin yüzey modifikasyonu hem mikrofibrillerin PLA matrisinde dağılılabirliğini hem de mikrofibriller ve PLA arasındaki arayüz yapışmasını artırdığından, biyokompozit filmler saf PLA'ya kıyasla daha iyi termal özellikler sergilemiştir. Bu durum, Es-SNF'nin polar olmayan polimer matris kullanılarak (biyo)kompozit malzemelerin hazırlanmasında etkin bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Selüloz Nanofibril, Polilaktik Asit, Biyokompozit]

References

- [1] X. Qi, Y. Ren, X. Wang, “New advances in the biodegradation of Poly(lactic) acid”, *Int Biodeterioration & Biodegradation* 117 215–223 (2017).
- [2] I. Siró, D. Plackett, “Microfibrillated cellulose and new nanocomposite materials: a review”, *Cellulose* 17 459–494 (2010).

KOMPOZİT BORU EKLERİNİN DEPREM TASARIMI VE HASAR DEĞERLENDİRMESİ

SEISMIC DESIGN AND DAMAGE ASSESSMENT OF COMPOSITE PIPE JOINT

Kaveh Shahidi¹ , Nuri Ersoy¹ , Gulum Tanırcan¹ , Hakan Mis², Ayşe
Edinçliler³

¹Department of Mechanical Engineering, Bebek, BÜ Güney Kampüsü Beşiktaş,
İstanbul 34785, Türkiye

²Department of Earthquake Engineering, Bebek, BÜ Güney Kampüsü Beşiktaş,
İstanbul 34785, Türkiye

³Superlit Boru San. Inc., Karaçalı, Düzce Cd. Kaynaşlı Düzce 81900, Türkiye

Kaveh.shahidi1@std.bogazici.edu.tr

Abstract

The structural integrity of composite pipelines under seismic loading is crucial for developing resilient infrastructure. This study investigates the mechanical performance and failure mechanisms of glass fiber-reinforced polymer (GFRP) pipe joints subjected to seismic deformations through a comprehensive approach integrating experimental characterization, finite element analysis (FEA), and static and dynamic testing. Mechanical characterization of filament-wound GFRP pipes is conducted using tensile, compression, interlaminar shear, and circumferential tensile tests to obtain accurate material properties, which are essential for modeling the structural behavior of composite joints. FEA optimizes joint geometry, stress distribution, and wall thickness, enhancing mechanical efficiency and durability under seismic loading. The equivalent boundary spring methodology is utilized to model soil-pipe interactions, providing a realistic representation of ground deformations induced by earthquake motion. Experimental validation is performed through axial push-in and pull-out tests, as shown in Figure 1, where strain gauges are strategically positioned based on critical stress regions identified in FEA. This allows for a detailed comparison

between numerical and experimental results, offering insights into progressive damage mechanisms, stress redistribution, and failure initiation. Additionally, Shake-table tests are conducted to assess the dynamic response of buried composite pipelines, examining the influence of soil friction coefficients, boundary conditions, and varying seismic intensities on structural behavior. The results highlight key factors affecting the integrity and longevity of GFRP pipe joints in seismic environments. This study proposes a novel GFRP pipe joint system that eliminates bolted connections, improving seismic flexibility, simplifying assembly, and maintaining mechanical integrity. The research findings contribute to the advancement of earthquake-resistant pipeline systems by providing a scientific framework for optimizing composite pipe joints and mitigating seismic risks in critical infrastructure applications.

Keywords: [Structural Integrity, Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP), Composite Pipe Joints, Seismic Deformations, Mechanical Characterization]

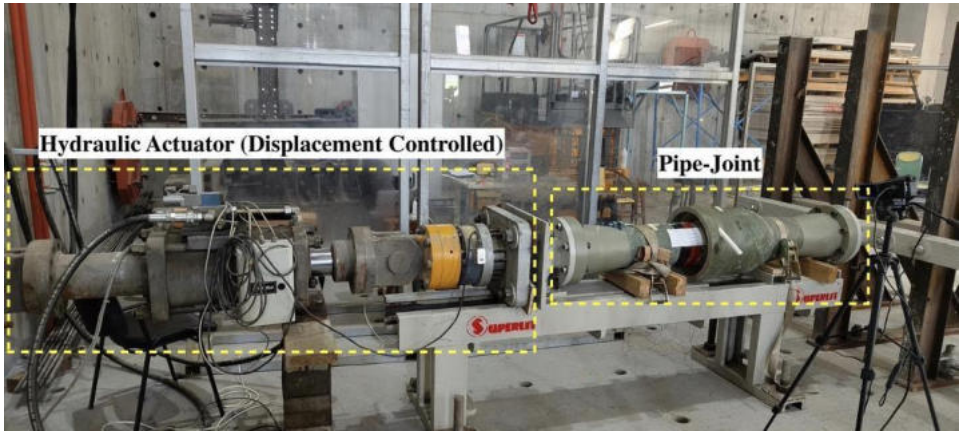


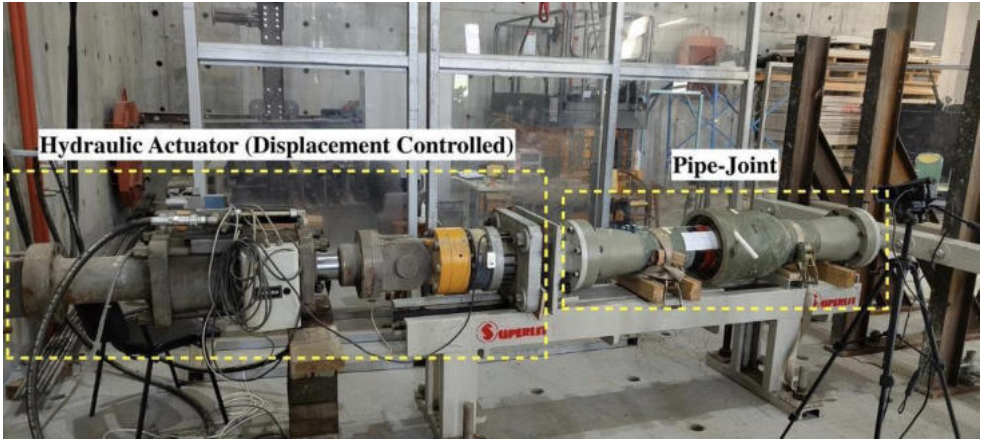
Figure 1. Full scale pipe joint test rig.

Özet

Kompozit boru hatlarının sismik yüklemeler altındaki yapısal bütünlüğü, dayanıklı altyapı sistemlerinin geliştirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, cam elyaf takviyeli polimer (GFRP) boru eklerinin

sismik deformasyonlara maruz kaldığında gösterdiği mekanik performansı ve hasar mekanizmalarını, deneysel karakterizasyon, sonlu elemanlar analizi (FEA) ve statik ile dinamik testleri bütünleştiren kapsamlı bir yaklaşımla araştırmaktadır. Filament sargı yöntemiyle üretilmiş GFRP boruların mekanik karakterizasyonu, çekme, basma, tabakalar arası kayma ve çevresel çekme testleri aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup; bu sayede kompozit eklerin yapısal davranışının modellenmesinde temel teşkil eden doğru malzeme özellikleri elde edilmiştir. Sonlu elemanlar analizi, ek geometrisi, gerilme dağılımı ve duvar kalınlığı gibi parametrelerin optimize edilmesini sağlayarak, sismik yüklemeler altındaki mekanik verimlilik ve dayanıklılığı artırmaktadır. Toprak-boru etkileşimlerinin modellenmesinde, deprem hareketinden kaynaklanan zemin deformasyonlarını gerçekçi bir şekilde temsil eden eşdeğer sınır yayı yöntemi kullanılmaktadır. Sayısal analizlerde belirlenen kritik gerilme bölgelerine gerinin ölçerlerin stratejik olarak yerleştirildiği aksenal itme ve çekme testleri yoluyla Şekil 1'deki test düzeneğini kullanarak deneysel doğrulama sağlanmış; bu sayede sayısal ve deneysel sonuçlar arasında ayrıntılı karşılaştırmalar yapılabilmüş, ilerleyici hasar mekanizmaları, gerilme yeniden dağılımı ve hasar başlangıcına ilişkin önemli bulgular elde edilmiştir. Ayrıca, gömülü kompozit boru hatlarının dinamik tepkisini incelemek amacıyla gerçekleştirilen sarsma tablası testleriyle; toprak sürtünme katsayısı, sınır koşulları ve değişen sismik şiddetlerin yapısal davranış üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, GFRP boru eklerinin sismik ortamlarındaki bütünlüğünü ve uzun vadeli performansını etkileyen temel faktörleri ortaya koymaktadır. Bu çalışma, civatalı bağlantıları ortadan kaldırarak sismik esnekliği artıran, montajı kolaylaştıran ve mekanik bütünlüğü koruyan yenilikçi bir GFRP boru ek sistemi önermekte; bu doğrultuda, kompozit boru eklerinin optimize edilmesi ve kritik altyapı uygulamalarında sismik risklerin azaltılması için bilimsel bir temel sunarak, depreme dayanıklı boru hattı sistemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapısal Bütünlük, Cam Elyaf Takviyeli Polimer (GFRP), Kompozit Boru Ekleri, Sismik Deformasyonlar, Mekanik Karakterizasyon



Şekil 1. Tam ölçekli boru bağlantı test düzeneği.

TOZ KONTAMİNASYONU VE YÜZEY HAZIRLIĞININ KOMPOZİT BAĞ DAYANIMINA ETKİSİNİN İSTATİSTİKSEL İNCELENMESİ

STATISTICAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DUST CONTAMINATION AND SURFACE PREPARATION ON THE BOND STRENGTH OF COMPOSITES

Salih Dağdeviren¹, Mete Bakır¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Ankara Yıldırım Beyazıt University, Takdir Cad Ayvalı Mahallesi Etlik, Ankara 06010, Türkiye

salihdagdeviren14@gmail.com

Abstract

Composite materials are extensively utilized across various sectors of industry due to their advantageous mechanical and physical properties [1]. Among the available joining methods, adhesive bonding stands out as the most effective technique for assembling composite components [2]. Nevertheless, the integrity and performance of adhesively bonded joints can be adversely affected by several factors, such as surface contamination, inadequate surface preparation, and improper adhesive selection [3]. These

issues may significantly compromise the bond quality and, consequently, the overall mechanical performance of the joint. The present study employs a multivariate approach to investigate the effects of dust—a common surface contaminant encountered during composite bonding—on the adhesive strength, evaluated alongside different surface preparation levels and two distinct adhesive types as film adhesive and paste adhesive. Experimental results demonstrate that dust significantly reduces the interlaminar shear strength (ILSS) of the bonded interface; however, a coarse surface preparation partially mitigates this detrimental effect. Furthermore, the tolerance to contamination varies depending

on the adhesive type, highlighting its critical role in adhesive selection and surface preparation strategies. One-way and multifactorial analysis of variance (ANOVA) and regression analyses were conducted on the collected data to statistically elucidate the interactions between factors and their impact on ILSS. Consequently, this study reveals the critical role of the interplay among surface contamination, roughness, and adhesive type on bonding quality, providing valuable insights for industrial applications.

Keywords: [CFRP, contamination, ILSS, adhesive bonds, surface preparation]

Özet

Kompozit malzemeler, sahip oldukları üstün mekanik ve fiziksel özellikler nedeniyle endüstrinin çeşitli sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit bileşenlerin birleştirilmesinde mevcut yöntemler arasında yapıştırma tekniği, en etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, yapıştırma ile birleştirilen bağlantıların bütünlüğü ve performansı; yüzey kontaminasyonu, yetersiz yüzey hazırlığı ve uygunsuz yapıştırıcı seçimi gibi çeşitli etkenlerden olumsuz şekilde etkilenebilmektedir. Bu tür sorunlar, yapışma kalitesini ve dolayısıyla bağlantının genel mekanik performansını önemli ölçüde düşürebilir. Bu çalışma, kompozit malzemelerin yapıştırılması

sırasında yaygın olarak karşılaşılan bir yüzey kirleticisi olan tozun yapışma dayanımı üzerindeki etkilerini, çok değişkenli bir yaklaşımla incelemektedir. İnceleme, farklı yüzey hazırlık seviyeleri ile film ve macun tipi olmak üzere iki farklı yapıştırıcı türü dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, tozun bağ arayüzeyinin ara katman kayma dayanımını (ILSS) önemli ölçüde azalttığını ortaya koymaktadır; ancak kaba yüzey hazırlığının bu olumsuz etkiyi kısmen telafi edebildiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, kontaminasyona karşı toleransın yapıştırıcı türüne bağlı olarak değiştiği ve bu durumun yapıştırıcı seçimi ile yüzey hazırlığı stratejilerinde kritik bir parametre olduğu belirlenmiştir. Toplanan verilere tek yönlü ve çok yönlü varyans analizleri (ANOVA) ile regresyon analizleri uygulanarak, etkenler arasındaki etkileşimler ve bunların ILSS üzerindeki etkileri istatistiksel olarak ortaya konmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma; yüzey kirliliği, pürüzlülük ve yapıştırıcı tipi arasındaki etkileşimin

yapışma kalitesi üzerindeki belirleyici rolünü ortaya koymakta ve endüstriyel uygulamalara yönelik değerli bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [CFRP, kontaminasyon, ILSS, yapışma bağı, yüzey hazırlığı]

References

- [1] P. H. Malinowski et al., “Study of CFRP adhesive bonds influenced by manufacturing-related contaminations,” in *Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems 2018*, SPIE, 2018, pp. 56–68.
- [2] C. S. P. Borges, E. A. S. Marques, R. J. C. Carbas, C. Ueffing, P. Weißgraeber, and L. F. M. D. Silva, “Review on the effect of moisture and contamination on the interfacial properties of adhesive joints,” *Proc Inst Mech Eng C J Mech Eng Sci*, vol. 235, no. 3, pp. 527–549, Feb. 2021, doi: 10.1177/0954406220944208.
- [3] E. Moutsompegka et al., “Experimental study of the effect of pre-bond contamination with de-icing fluid and ageing on the fracture toughness of composite bonded joints,” *Fatigue Fract Eng Mater Struct*, vol. 40, no. 10, pp. 1581–1591, 2017.

PERFLUORO POLYETER ASİT İLE KAPLANMIŞ SÜPERHİDROFOBİK VE OLEOFOBİK PGMA/KOLEMANİT KOMPOZİT FİLMLER

SUPERHYDROPHOBIC AND OLEOHOBIC PGMA/COLEMANITE COMPOSITE FILMS FUNCTIONLIZED WITH PERFLUORO POLYETHER ACID

Tugba Demir Caliskan¹

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ankara University, Bahçelievler, 319. Sk., Gölbaşı, Ankara 06830, Türkiye

tgbdemir@ankara.edu.tr

Abstract

This study presents the fabrication of composite thin films with superhydrophobic and oleophobic properties, aimed at developing multifunctional surface coatings. Glass substrates were coated with polyglycidyl methacrylate (PGMA) mixed with colemanite microparticles at varying concentrations (1, 5, 10, 20, 40 and 80 wt%) in tetrahydrofuran (THF). The resulting PGMA/colemanite (PGMA/Col) composite films were subsequently functionalized with a non-toxic perfluoropolyether acid (PFPE-COOH) using a chemical vapor deposition (CVD) process. Surface morphology and wettability of the PGMA/Col/PFPE- COOH films were characterized using atomic force microscopy (AFM) and static contact angle measurements, respectively. The findings indicate that increasing the concentration of colemanite particles enhances the surface roughness of the films, which significantly influences their wetting behavior. While the untreated PGMA/Col films displayed moderate hydrophobicity and complete wetting by hexadecane, PFPE-COOH-treated films containing colemanite at concentrations above 20 wt% achieved superhydrophobicity (water contact angle $>150^\circ$) and oleophobicity (hexadecane contact angle $>75^\circ$). The developed coatings hold potential for applications in self-cleaning surfaces, anti-corrosion systems, anti-

smudge coatings, and protective barriers for electronics and optical devices, particularly in oil-rich or moisture-sensitive environments.

Keywords: [PGMA, colemanite, perfluoro polyether acid, superhydrophobicity, oleophobicity]

Özet

Bu çalışma, çok işlevli yüzey kaplamalarının geliştirilmesi amacıyla süperhidrofobik ve oleofobik özelliklere sahip kompozit ince filmlerin üretimini sunmaktadır. Çalışmada, cam yüzeyler, tetrahidrofuran (THF) çözücüsü içinde farklı oranlarda (1, 5, 10, 20, 40 ve 80 ağırlık%) kolemanit mikropartikülleri içeren poliglisedil metakrilat (PGMA) polimeri ile kaplanmıştır. Elde edilen PGMA/kolemanit (PGMA/Col) kompozit filmler, toksik olmayan perfloro polietere asit (PFPE-COOH) ile kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi kullanılarak fonksiyonlandırılmıştır.

PGMA/Col/PFPE-COOH filmlerinin yüzey morfolojisi ve ıslanabilirlik özellikleri sırasıyla atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ve statik temas açısı ölçümleri ile karakterize edilmiştir. Bulgular, kolemanit partikül konsantrasyonunun artmasıyla birlikte film yüzeyinde pürüzlülüğün belirgin şekilde arttığını ve bunun da ıslanma davranışını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. PFPE-COOH uygulanmamış PGMA/Col filmler yalnızca orta düzeyde hidrofobik özellik gösterirken ve hegzadekan tarafından tamamen ıslatılırken, PFPE-COOH ile işlem görmüş ve %20'den fazla kolemanit içeren filmler, süperhidrofobik (su temas açısı $>150^\circ$) ve oleofobik (hegzadekan temas açısı $>75^\circ$) özellik kazanmıştır.

Geliştirilen bu kaplamalar, özellikle yağlı ya da neme duyarlı ortamlarda kendi kendini temizleyen yüzeyler, korozyon önleyici sistemler, leke tutmayan kaplamalar ve elektronik/optik cihazlar için koruyucu bariyerler gibi uygulamalar açısından yüksek potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: [PGMA, kolemanit, perfloro polietere asit, süperhidrofobiklik, oleofobiklik]

**SÜRDÜRÜLEBİLİR VE FONKSİYONEL
MİKROKAPSÜLASYON: ATIK TEKSTİL TÜREVLİ
NANOKRİSTALİN SELÜLOZ İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ
ALJİNAT-JELATİN MATRİSİNDE KEKİK YAĞI
MİKROKAPSÜLLERİNİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU**

**SUSTAINABLE AND FUNCTIONAL ENCAPSULATION: FABRICATION
AND CHARACTERIZATION OF THYME OIL MICROCAPSULES
USING WASTE TEXTILE-DERIVED NANOCRYSTALLINE
CELLULOSE REINFORCED ALGINATE-GELATIN MATRIX**

Buğra Sökmen¹, Göksel Kepenek¹, Amine Hafis Abdelsalam², Hasan Türkmen³,
Yusuf Özcan¹, Cem Gök⁴, Şevki Arslan²

¹Department of Biomedical Engineering, Faculty of Technology, Pamukkale University, Kınıklı, 11 H, Karataş Köyü, Pamukkale, Denizli 20160, Türkiye

²Department of Biology, Faculty of Science, Pamukkale University, Kınıklı, 11 D, Karataş Köyü, Denizli 20160, Türkiye

³Department of Metallurgical and Material Engineering, Faculty of Technology, Pamukkale University, Kınıklı, 11 H, Karataş Köyü, Pamukkale, Denizli 20160, Türkiye

⁴Department of Biomedical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, İzmir Bakırçay University, Gazi Mustafa Kemal, Kaynaklar Cd., Menemen, İzmir 35665, Türkiye

bsokmen15@posta.pau.edu.tr

Abstract

The use of biopolymers derived from sustainable resources in microencapsulation systems not only reduces environmental impacts but also offers functional advantages in biomedical applications [1, 2]. In this study, thyme oil microcapsules were developed and comprehensively characterized within an alginate-gelatin matrix reinforced with nanocrystalline cellulose (CNC) derived from textile waste. The inclusion of CNC not only enhanced the sustainability of the system but also improved the morphology, stability, and controlled release potential of the microcapsules.

The microencapsulation process was carried out through emulsification, wherein thyme oil droplets were encapsulated within a gelatin-alginate mixture. Crosslinking of the microcapsules was achieved using glutaraldehyde, followed by washing and centrifugation to purify the capsules. CNC was incorporated at concentrations of 0.2–0.5% to stabilize the physical structure and enhance the biocompatibility potential.

Optical microscopy and SEM images revealed that CNC-containing microcapsules exhibited a smooth, spherical morphology with homogeneous dispersion and low surface roughness. FTIR analysis confirmed the successful integration of gelatin, alginate, thyme oil, and CNC, validating the encapsulation process. CNC-modified systems exhibited high biocompatibility in cytotoxicity assays, while in vitro wound healing studies demonstrated their potential to promote cellular migration and support tissue regeneration.

In conclusion, the system developed and stabilized with waste-based CNC offers an eco-friendly and functional alternative for biocompatible microencapsulation systems. This work presents significant contributions to sustainable materials science and biomedical applications.

Keywords: [Microencapsulation, Nanocrystalline Cellulose, Thyme Oil, Biopolymers]

Özet

Sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen biyopolimerlerin mikrokapsülasyon sistemlerinde kullanımı, hem çevresel etkileri azaltmakta hem de biyomedikal uygulamalarda işlevsel avantajlar sunmaktadır [1, 2]. Bu çalışmada, atık tekstil kaynaklı nanokristalin selüloz (CNC) ile güçlendirilmiş aljinat-jelatin matrisinde kekik yağı mikrokapsülleri geliştirilmiş ve kapsamlı biçimde karakterize edilmiştir. CNC katkısı, sistemin sürdürülebilirliğini artırmakla kalmamış, aynı zamanda mikrokapsül morfolojisi, stabilitesi ve kontrollü salım potansiyelinde iyileşme sağlamıştır.

Emülsifikasyon yoluyla gerçekleştirilen mikrokapsülasyon sürecinde kekik yağı damlacıkları, jelatin ve aljinat karışımı içinde kapsüllenmiştir. Glutaraldehit kullanılarak çapraz bağlanan mikrokapsüller, yıkama ve santrifüjleme işlemleri sonrası saflaştırılmıştır. CNC, süreçte %0,2–0,5 oranında eklenerek hem fiziksel yapıyı stabilize etmiş hem de biyouyumluluk potansiyelini artırmıştır.

Optik mikroskop ve SEM görüntüleri, CNC katkılı mikrokapsüllerin düzgün küresel yapıda, homojen dağılmış ve yüzey pürüzlülüğü düşük partiküller olduğunu göstermiştir. FTIR analizinde, jelatin, aljinat, kekik yağı ve CNC'ye ait karakteristik pikler doğrulanmış, böylece başarılı kapsül entegrasyonu ortaya konmuştur. CNC ile modifiye edilmiş sistemler, sitotoksite analizlerinde yüksek düzeyde biyouyumluluk göstermiş, ayrıca in vitro yara iyileştirme testleri, bu sistemlerin hücresel migrasyon ve doku rejenerasyonunu destekleyici potansiyelini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, atık bazlı CNC ile geliştirilen ve stabilize edilen bu sistem biyouyumlu mikrokapsülasyon sistemleri için çevre dostu ve fonksiyonel bir alternatif sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, sürdürülebilir malzeme bilimi ve biyomedikal uygulamalar açısından dikkat çekici katkılar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Mikrokapsülasyon, Nanokristalin Selüloz, Kekik Yağı, Biyopolimerler]

References

- [1] McClements David Julian, "Designing biopolymer microgels to encapsulate, protect and deliver bioactive components: Physicochemical aspects." *Advances in Colloid and Interface Science*, 240, 31-59, (2017).
- [2] Comunian Talita A., and Carmen S. Favaro-Trindade. "Microencapsulation using biopolymers as an alternative to produce food enhanced with phytosterols and omega-3 fatty acids: A review." *Food Hydrocolloids*, 61, 442-457, (2016).

UV İLE KÜRLEME YOLUYLA SÜRDÜRÜLEBİLİR FONKSİYONELLEŞTİRİLMİŞ PVA HİDROJEL KOMPOZİTLERİ

SUSTAINABLE FUNCTIONALIZED PVA HYDROGEL COMPOSITES VIA UV CURING

Mervenur Gülmarul¹, Fatma Nur Parin², Uğur Parin³

¹Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences Bursa Technical University, Mimarsinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Cd. No:177, Bursa 16130, Türkiye

²Department of Polymer Materials Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Bursa Technical University, Mimarsinan Mahallesi, Mimar Sinan Bulvarı, Eflak Cd. No:177, Bursa 16130, Türkiye

³Department of Microbiology, Faculty of Veterinary Medicine, Aydın Adnan Menderes University, Işıklı, Efeler, Aydın 09016, Türkiye

m.nurgulmrl1@gmail.com

Abstract

In recent years, the depletion of fossil resources and the increasing plastic pollution have made the development of eco-friendly, bio-based, and sustainable materials a necessity. In this context, the use of naturally derived, biodegradable, and biocompatible polymers in biomedical applications has been growing steadily. This study aims to develop sustainable, biocompatible, and functionally enhanced copolymeric hydrogel systems for biological applications.

In the study, polyvinyl alcohol (PVA) - a water-compatible, non-toxic, and widely used synthetic polymer - was modified with methacrylic anhydride to obtain PVA-MA, which contains reactive double bonds. This structure was rendered suitable for photopolymerization and was polymerized via a free-radical

mechanism under UV light in the presence of citronellol, a bio-based monoterpene, and ethylene glycol dimethacrylate (EGDMA) as a crosslinking agent [1]. The resulting hydrogel structures were reinforced with varying ratios of dried and ground pumpkin seed coat to create functional composite systems [2].

In this study, building upon previous group work on the UV crosslinking of citronellol, the photopolymerization of methacrylated PVA and citronellol together was achieved for the first time. Furthermore, the integration of the pumpkin seed Shell, a natural agricultural waste, into these systems was also attempted for the first time in the literature (Yang & Liu, 2018). These original and innovative hydrogels are anticipated to offer advantages in terms of sustainability, biocompatibility, and functional performance.

The characterization of the resulting composite hydrogels included morphological analysis using Scanning Electron Microscopy (SEM), chemical structure analysis using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR), and antibacterial activity tests against both Gram-positive and Gram-negative bacteria using the disk diffusion method.

As a result of this study, the development of a new generation of bio-based hydrogels is targeted - hydrogels that are environmentally friendly, enriched through the valorization of agricultural waste, cost-effective, rapidly producible, and suitable for biological applications such as wound dressings, drug delivery systems, or tissue engineering scaffolds.

Keywords: [PVA-MA, citronellol, pumpkin seed shell, sustainable hydrogel, antibacterial activity]

Özet

Günümüzde sınırlı fosil kaynaklar ve plastik kirliliğinin artması, çevre dostu, biyo-bazlı ve sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir. Bu kapsamda, doğadan türetilmiş, biyolojik olarak parçalanabilir ve biyoyumlu polimerlerin biyomedikal alanlarda kullanımı giderek artmaktadır. Bu çalışmada, biyolojik uygulamalara yönelik sürdürülebilir, biyoyumlu ve

fonksiyonel özelliklere sahip kopolimerik hidrojel sistemlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada, suyla uyumlu, toksik olmayan ve yaygın şekilde kullanılan bir sentetik polimer olan polivinil alkol (PVA), metakrilik anhidrit ile modifiye edilerek aktif çift bağlara sahip PVA-MA formuna dönüştürülmüştür. Bu yapı, fotopolimerizasyona uygun hale getirilerek, biyobazlı bir monoterpen olan sitronellol ve çapraz bağlayıcı ajan olarak poli(etilen glikol diakrilat) (PEGDA) eşliğinde, UV ışık altında serbest radikal mekanizmayla polimerleştirilmiştir [1]. Elde edilen hidrojel yapılar, farklı oranlarda kurutulmuş ve öğütülmüş balkabağı çekirdeği zarı ile takviye edilerek fonksiyonel kompozit yapılar oluşturulmuştur.

Bu çalışmada, sitronellolün UV ile çapraz bağlanmasına yönelik önceki grup çalışmalarına ek olarak, metakrillenmiş PVA ile sitronellolün ilk kez birlikte fotopolimerizasyonu gerçekleştirilmiş; bununla birlikte, doğal bir tarımsal atık olan balkabağı çekirdeği zarının bu sistemlere entegrasyonu da literatürde ilk defa denenmiştir. Sentezlenen bu özgün ve yenilikçi hidrojellerin sürdürülebilirlik, biyoyumluluk ve fonksiyonel performans açısından avantaj sağlayacağı öngörülmektedir.

Elde edilen kompozit hidrojellerin karakterizasyonu; morfolojik yapı için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), kimyasal yapı için Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR) ve antibakteriyel aktivite (disk difüzyon yöntemi ile Gram pozitif ve Gram negatif bakterilere karşı) testleri ile gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmanın sonucunda, biyolojik uygulamalarda - özellikle yara örtüleri, ilaç salım sistemleri ya da doku mühendisliği iskeleleri gibi alanlarda kullanılabilecek, çevre dostu, tarımsal atık değerlendirilmesi ile zenginleştirilmiş, ekonomik ve hızlı üretilebilen yeni nesil biyoesaslı hidrojellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: [PVA-MA, sitronellol, balkabağı çekirdeği zarı, sürdürülebilir hidrojel, antibakteriyel aktivite]

References

- [1] Wang, Y., Guo, J., Cao, X., & Zhao, Y. (2024). Developing conductive hydrogels for biomedical applications. *Smart Medicine*, 3(1), e20230023.

SUSTAINABLE HIGH-PERFORMANCE COMPOSITES USING RECYCLED THERMOPLASTICS REINFORCED WITH FIBERS AND MINERALS

Merve Temel¹, Figen Aynali¹

¹Efachem Kimya Ürünleri Sanayi Ticaret Anonim Şirketi, Keçiliköy OSB, Yunusemre, Manisa 45030, Türkiye

merve.temel@efachem.com

Abstract

The recycling of thermoplastic waste, particularly materials such as polypropylene (PP) and low-density polyethylene (LDPE), has gained increasing attention due to its significant environmental and economic benefits. According to Hopewell et al., recycling plastics reduces the consumption of fossil resources and mitigates the environmental impacts associated with plastic production and disposal [1]. PP and LDPE, being highly versatile and widely used polymers, are among the most commonly recycled materials. Life cycle assessments have shown that recycling LDPE into film products can result in a climate change impact of 0.44 kg CO₂-equivalent per kilogram of LDPE, highlighting the environmental advantages of recycling over producing virgin materials [2]. Research by Al-Salem et al. highlights that mechanical recycling of these thermoplastics not only lowers greenhouse gas emissions but also provides a sustainable feedstock for manufacturing industries [3]. Furthermore, Singh and Sharma emphasize that incorporating recycled polymers into new products can substantially reduce production costs while supporting the development of a circular economy [4]. Despite the positive sides of recycled thermoplastics mentioned above, they often suffer from degraded mechanical properties compared to virgin materials. To improve their performance and broaden their applications, innovative processing techniques, such as micro fibrillation, have been employed to enhance the mechanical performance of recycled LDPE/PP blends, making them more suitable for various applications [5]. These findings underscore the importance of recycling PP and LDPE in promoting a circular

economy and reducing the environmental footprint of plastic materials. In this study, it was aimed to obtain compounds having mechanical properties similar to or even better than the original ones in this study. For this purpose, recycled thermoplastics including recycled fabric such as jute fiber and baby diapers reinforced with mineral fibers. For the compatibility between fibers and thermoplastic matrix some additives were used. The microfibrillar PE/PP composites obtained by extrusion process via Coperion ZSK26 in our R&D laboratory. At the end of the experiments, it was achieved to obtain a compound having a high content of recycled and natural materials with improved mechanical and physical properties to meet customer demands as shown in Table 1. This compound has potential to be used in many areas, from daily life materials to white goods industry. You can even buy it as a clothes hanger in the markets.

	BİRİM	TEST ŞARTLARI	DEĞER	TEST METODU
	UNIT	TEST CONDITIONS	VALUE	TEST METHOD
1. FİZİKSEL ÖZELLİKLER / PHYSICAL PROPERTIES:				
YOĞUNLUK (DENSITY)	gr /cm³	-	min. 1,239 max.1,281	ISO 1183
AKIŞKANLIK (MFI) (MELT FLOW INDEX)	%	230 °C/ 2,16 kg	min. 16	ISO 1133
1. MEKANİK ÖZELLİKLER / MECHANICAL PROPERTIES:				
E-MODÜL (YOUNG MODULUS)	MPa	1 mm/ min – (+23°C)	min. 2500	ISO 527-2
AKMA DAYANIMI (TENSILE STRENGHT)	MPa	50 mm/ min – (+23°C)	min. 20	ISO 527-2
AKMA UZAMASI (TENSILE ELONGATION)	%	50 mm/ min – (+23°C)	min. 3,4	ISO 527-2
EĞME MODÜLÜ (FLEXURAL MODULUS)	MPa	5 mm/ min – (+23°C)	min. 2100	ISO 178
EĞME MUKAVEMETİ (FLEXURAL STRENGTH)	MPa	5 mm/ min – (+23°C)	min. 35	ISO 178
IZOD DARBE MUKAVEMETİ, ÇENTİKLİ (IZOD IMPACT STRENGTH, NOTCHED)	kJ/m2	+23°C	min. 3,2	ISO 180/1A

Table 1. Physical and Mechanical Properties of Obtained Compound.

Keywords: [recycled thermoplastic, fabric, mineral filler, mechanical properties]

References

- [1] Hopewell, J., Dvorak, R., & Kosior, E. (2009). Plastics recycling: Challenges and opportunities. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2115–2126.
- [2] Zeilerbauer L., Fischer J., Fazeni-Fraisl K. et. al. (2024). Life cycle assessment of mechanical recycling of low-density polyethylene into film products – Towards the need for life cycle thinking in product design. *Resources, Conservation and Recycling*, 209, 107807.
- [3] Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management*, 29(10), 2625–2643.
- [4] Singh, N., Hui, D., Singh, R., Ahuja, I. P. S., Feo, L., & Fraternali, F. (2017). Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications. *Composites Part B: Engineering*, 115, 409–422.
- [5] Rosales, C., Aranburu, N., Otaegi, I., Pettarin, V., Bernal, C., Müller, A. J., Guerrica- Echevarría, G. (2022). Improving the mechanical performance of LDPE/PP blends through microfibrillation. *ACS Applied Polymer Materials*, 4(5), 3369–3379.

GÜNEŞ ENERJİSİ ALTYAPISINDA SÜRDÜRÜLEBİLİR YENİLİK: BOR KATKILI ALÜMİNYUM SOLAR KABLOLARIN GELİŞTİRİLMESİ

SUSTAINABLE INNOVATION IN SOLAR ENERGY INFRASTRUCTURE: DEVELOPMENT OF BORON-INFUSED ALUMINUM SOLAR CABLES

Selin Ceren Yamak¹, Gülsüm Tarım¹, Ayşe Akyüz¹, Sümeyya Arslan¹

¹Borsan R&D Center, OSB Organize Sanayi Bulvarı No:41 Tekkeköy, Samsun
55300, Türkiye

selincerenyamak@borsan.com.tr

Abstract

With the rapid expansion of renewable energy technologies, the materials used in Solar Energy Systems (SES) must be re-evaluated in terms of environmental sustainability, cost-effectiveness, and performance. Solar cables, which ensure the safe and efficient transmission of electrical energy in SES, are among the critical components that directly affect the system's overall performance and safety. Currently, copper conductor solar cables are widely used; however, they present several limitations such as high cost, considerable weight, and elevated energy consumption. In this context, the development of aluminum conductor cables, which offer a lighter and more economical alternative, has become increasingly important. Nonetheless, aluminum has certain drawbacks in terms of mechanical strength, susceptibility to oxidation, and thermal stability. This study aims to overcome these disadvantages and enhance cable performance by incorporating boron compounds into the insulation and outer sheath materials of aluminum conductor solar cables. Within the scope of the research, boron compounds were added at specific ratios to polymer matrix materials. The resulting composite materials were prepared in granule form and used to produce prototype solar cables via a laboratory-scale extrusion process. The produced cables were subjected to comprehensive characterization in terms of thermal stability, flame retardancy, mechanical strength, and dielectric properties. The

findings revealed that the addition of boron compounds significantly improves flame retardant performance, reduces smoke density, and enhances the thermal resistance of the insulation materials. Moreover, the use of aluminum contributes to increased energy efficiency and reduced overall costs during cable production. Therefore, the outcomes of this study offer substantial added value both in terms of environmental sustainability and in supporting domestic and cost-effective manufacturing goals.

The developed cable is expected to become the first domestically produced aluminum solar cable enhanced with boron compounds at an international level. Furthermore, this innovative approach is anticipated to contribute to strengthening Türkiye's energy infrastructure, reducing dependency on imports, and supporting the cable industry's capacity to develop high value-added products.

Keywords: [Flame Retardant, Aluminum Solar Cable, Boron, Polymeric Composite, Domestic Production]

Özet

Yenilenebilir enerji teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, Güneş Enerjisi Sistemlerinde (GES) kullanılan malzemelerin çevresel sürdürülebilirlik, maliyet etkinlik ve performans açısından yeniden değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. GES'lerde elektrik enerjisinin güvenli ve verimli bir şekilde iletimini sağlayan solar kablolar, sistemin performansını ve güvenliğini doğrudan etkileyen kritik bileşenler arasında yer almaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan bakır iletkenli solar kablolar, yüksek maliyet, ağır ağırlık ve yüksek enerji tüketimi gibi çeşitli sınırlamalara sahiptir. Bu bağlamda, daha hafif ve ekonomik bir alternatif olan alüminyum iletkenli kabloların geliştirilmesi önem arz etmektedir. Ancak alüminyumun mekanik dayanım, oksidasyon eğilimi ve termal kararlılık açısından bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu çalışma, alüminyum iletkenli solar kabloların izolasyon ve dış kılıf malzemelerinde bor bileşiklerinin katkılanması yoluyla, bu dezavantajların giderilmesini ve kablo performansının iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, polimer matrisli malzemelere belirli oranlarda bor bileşikleri eklenmiş, geliştirilen kompozit malzemeler granül formda hazırlanarak laboratuvar ölçekli ekstrüzyon yöntemiyle prototip solar kablolar üretilmiştir. Üretilen kablolar üzerinde termal kararlılık, alev geciktiricilik, mekanik dayanım ve dielektrik özellikler bakımından kapsamlı karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, bor bileşiği katkısının özellikle alev geciktirici performans üzerinde belirgin bir iyileşme sağladığını, duman yoğunluğunu azalttığını ve

yalıtım malzemesinin ısıı dayanamını artırdığını ortaya koymuştur. Ayrıca, alüminyum kullanımı sayesinde kablo üretim sürecinde enerji verimliliğı artmakta ve toplam maliyet düşmektedir. Bu nedenle çalışma çıktıları, hem çevresel sürdürülebilirlik hem de yerli ve ekonomik üretim hedefleri açısından önemli bir katma değeri sunmaktadır.

Bu çalışma sonucunda geliştirilen kablonun, uluslararası düzeyde ilk yerli bor bileşiğı katkılı alüminyum solar kablo olarak yer alması beklenmektedir. Aynı zamanda bu yenilikçi yaklaşımın, Türkiye'nin enerji altyapısının güçlendirilmesine, dışa bağımlılığın azaltılmasına ve kablo sektörünün yüksek katma değeri ürünler geliştirmesine katkı sunacağı öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: [Alev Geciktirici, Alüminyum Solar Kablo, Bor, Polimer Kompozit, Yerli Üretim]

SÜRDÜRÜLEBİLİR AMBALAJ MALZEMELERİ: LUFFA CYLINDRICA–POLİVİNİLPIROLİDON(PVP) BİYOKOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ VE ANALİZİ

SUSTAINABLE PACKAGING MATERIALS: FABRICATION AND ANALYSIS OF LUFFA CYLINDRICA– POLYVINYLPIRROLIDONE (PVP) BIO-COMPOSITES

Özge Akay Sefer¹, Gözde Konuk Ege²

¹Mechatronics Engineering, Faculty of Engineering, Marmara University, Aydınevler, Maltepe, Istanbul 34854, Türkiye

²Mechatronics Programme, Faculty of Engineering, Istanbul Gedik University, Cumhuriyet, İlkbahar Sk. No:1, Kartal, Istanbul 34876, Türkiye

ozge.akay@marmara.edu.tr

Abstract

The packaging industry is the primary consumer of petroleum-based materials, with the majority of plastics due to low cost, preferred mechanical properties, and durability to biological processes [1]. However, plastic packaging materials, especially used in food technology, increase non-biodegradable waste in landfills because a small amount of plastic waste is reusable. Especially, uncontrolled use of single-use plastic food packaging materials constitutes the majority of waste generated in daily life and increases the damage to the water supplies and sea life[2]. Moreover, in a long period, these plastic disposals turn into microplastics that easily enter the human body, such as kidneys, skin, liver, lungs, and even the placenta, and cause so many health problems [3, 4]. Because of these environmental issues, the packaging industry is adopting bio-based materials instead of petroleum-based packaging materials. Bio-based materials can be composed of plants or animal disposals. Natural fibers take the lead among these

materials due to abundance, availability, and low cost, making them applicable to many industrial demands i.e., energy production, medical applications, aerospace industry, automobile industries, and food technology [5].

In this study, *Luffa cylindrica* (LC), a kind of cellulose-based natural fiber, is blended with polyvinylpyrrolidone (PVP) to fabricate a non-toxic bio-composite. *Luffa* cellulose is extracted from *Luffa cylindrica* via alkali treatment. By varying weight fractions of *Luffa* cellulose, the mechanical and morphological properties of specimens are investigated. All characterization results will be presented and discussed.

Keywords: [*Luffa*, bio-composite, packaging]

Özet

Ambalaj endüstrisi, düşük maliyeti, tercih edilen mekanik özellikleri ve biyolojik işlemlere dayanıklılığı nedeniyle çoğunluğu plastik olan petrol bazlı malzemelerin birincil tüketicisidir [1]. Ancak, özellikle gıda teknolojisinde kullanılan plastik ambalaj malzemeleri, az miktarda plastik atığın yeniden kullanılabilir olması nedeniyle çöplüklerde biyolojik olarak parçalanmayan atıkları artırır. Özellikle, tek kullanımlık plastik gıda ambalaj malzemelerinin kontrolsüz kullanımı, günlük yaşamda üretilen atığın çoğunluğunu oluşturur ve su kaynaklarına ve deniz yaşamına verilen zararı artırır [2]. Dahası, uzun bir süre içinde bu plastik atıklar, böbrekler, cilt, karaciğer, akciğerler ve hatta plasenta gibi insan vücuduna kolayca giren ve birçok sağlık sorununa neden olan mikroplastiklere dönüşür [3, 4]. Bu çevresel sorunlar nedeniyle, ambalaj endüstrisi petrol bazlı ambalaj malzemeleri yerine biyo-bazlı malzemeleri benimsiyor. Biyo-bazlı malzemeler bitkilerden veya hayvan atıklarından oluşabilir. Doğal lifler, bolluk, bulunabilirlik ve düşük maliyet nedeniyle bu malzemeler arasında başı çeker ve bunları enerji üretimi, tıbbi uygulamalar, havacılık endüstrisi, otomobil endüstrileri ve gıda teknolojisi gibi birçok endüstriyel talebe uygulanabilir hale getirir [5].

Bu çalışmada, bir tür selüloz bazlı doğal lif olan *Luffa cylindrica* (LC), toksik olmayan bir biyo-kompozit üretmek için polivinilpirolidon (PVP) ile harmanlanmıştır. *Luffa* selülozu, alkali işlem yoluyla *Luffa cylindrica*'dan çıkarılır. *Luffa* selülozunun ağırlık fraksiyonlarını değiştirerek numunelerin

mekanik ve morfolojik özellikleri araştırılır. Tüm karakterizasyon sonuçları sunulacak ve tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: [Luffa, biyokompozit, ambalajlama]

References

- [1] Ocelić Bulatović Vesna, Mandić Lidija, Turković Ana, Kučić Grgić Dajana, Jozinović Antun, Zovko Monika, Govorčin Bajsić Emi "Environmentally Friendly Packaging Materials Based on Thermoplastic Starch" Chemical and Biochemical Engineering Quarterly. 33, 347–361 (2019).
- [2] Porta Raffaele, "The Plastics Sunset and the Bio-Plastics Sunrise" Coatings. 9, 526 (2019).
- [3] Amran Nur Hanisah , Zaid Siti Sarah Mohamad, Mokhtar Mohd Helmy, Manaf Latifah Abd, Othman, Shatrah "Exposure to Microplastics during Early Developmental Stage: Review of Current Evidence" Toxics. 10 597 (2022).
- [4] Kutralam-Muniasamy Gurusamy, Pérez-Guevara Fermín, Elizalde-Martínez Ignacio, Shruti Venkata Chari"Branded milks – Are they immune from microplastics contamination?" Science of The Total Environment. 714, 136823 (2020).
- [5] John Maya Jacob, Thomas Sabu "Biofibres and biocomposites" Carbohydrate Polymers 71, 343–364 (2008).

**KİMYASAL OLARAK MODİFİYE EDİLMİŞ SODYUM
LİGNOSÜLFONAT KULLANILARAK GERİ
DÖNÜŞTÜRÜLEBİLİR BİYOBAZLI POLİMERLERİN SENTEZİ
VE KARAKTERİZASYONU**

**SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF RECYCABLE BIO-BASED
POLYMERS USING CHEMICALLY MODIFIED SODIUM
LIGNOSULFONATE**

Gamze Sultan Baş Berkem¹, Ali Sabri Berkem², Zeynep Erge Akbas Buz¹

¹Polymer Materials Engineering Department, Faculty of Engineering, Yalova University, Yalova University Central Campus, Termal Yolu Üzeri, Yalova 77200, Türkiye

²Kupfer İleri Malzeme Teknolojileri Müh. Dan. Tic. San. Lti. Şti, İstanbul 34467, Türkiye

gamze.berkem@yalova.edu.tr

Abstract

Lignin is an attractive source of aromatic and renewable raw materials and is considered as one of the most promising organic resources of the future, as it is the second most abundant biopolymer in nature after cellulose. However, only a very limited amount of lignin is currently recovered for chemical and material applications. Functional groups of lignin such as aromatic and aliphatic hydroxyl, carbonyl and methoxyl groups provide adequate reactivity with various compounds. Several studies have shown that incorporating lignin into epoxies, phenolic resins, adhesives, and various polyolefins can reduce costs, increase renewable content, and also enhance performance. Therefore, the chemical modification of lignin derivatives is a critical step in the development of next-generation functional, sustainable materials.

In recent years, self-healing polymer structures have attracted considerable attention due to their ability to maintain structural integrity throughout their service life and their recyclability. These systems involve the formation of networks with dynamic chemical bonds that allow the material to reconfigure and recover upon damage, either spontaneously or with external effects.

In this study, commercial sodium lignosulfonate (NSL) and desulfonated lignosulfonate (DSL) were chemically modified and their applicability for such systems was investigated. Both lignin derivatives, NSL and DSL, were subjected to epoxidation (NSL-E, DSL-E) process, respectively and at the same time, modified to increase the content of carboxylic groups (NSL-C, DSL-C). The resulting intermediate products were characterized using Fourier-transform infrared spectroscopy (FT-IR), thermogravimetric analysis (TGA), and differential scanning calorimetry (DSC). FT-IR analysis confirmed the effective removal of sulfate groups in DSL. It also indicated the formation of epoxy groups and a reduction in hydroxyl (OH) groups. It was observed that carbonyl and carboxyl groups increased as a result of the modifications. According to TGA results, DSL begins to degrade at higher temperatures (~130°C) compared to NSL. This suggests that the removal of sulfate groups makes lignin thermally more stable and increases its decomposition temperature. In the final stage, NSL-E and DSL-E, along with NSL-C and DSL-C (with increased carboxylic group content), were combined with polyethylene glycol (PEG) of varying molecular weights, and polymeric systems exhibiting self-healing properties were successfully synthesized under appropriate curing conditions.

Keywords: [Lignin, Recycling, Sustainability]

Özet

Lignin aromatik yenilenebilir hammaddeler için çekici bir kaynaktır ve selülozdan sonra doğada en çok bulunan biyopolimerler arasında ikinci sırada olmasından dolayı geleceğin en umut verici organik kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Kimyasal ve malzeme uygulamaları için sadece çok sınırlı miktarda lignin geri kazanılır. Lignin, çeşitli bileşiklerle yeterli reaktivite sağlayan aromatik ve alifatik hidroksil, karbonil ve metoksil grupları gibi bir dizi fonksiyonel grup içerir. Farklı çalışmalar, ligninin epoksilere, fenolik reçinelere, yapıştırıcılara ve çeşitli poliolefinlere dahil edilmesinin maliyetleri azaltılabileceğini, yenilenebilir içeriği artırabileceğini ve ayrıca daha iyi

performans elde edebileceğini göstermiştir. Bu nedenle, lignin türevlerinin kimyasal olarak modifiye edilmesi yeni nesil işlevsel, sürdürülebilir malzemelerin geliştirilmesinde kritik bir adımdır.

Son yıllarda, kendi kendini yenileyebilen polimer yapılar, hem servis ömrü boyunca yapısal bütünlüğü koruyabilmeleri hem de geri dönüştürülebilirlik özellikleri sayesinde dikkat çekmektedir. Bu sistemlerde, dinamik kimyasal bağlara sahip yapılar oluşturulmakta ve malzeme hasar gördüğünde kendiliğinden veya dış etkiyle yeniden bütünleşebilmektedirler.

Bu çalışmada, ticari sodyum lignosülfonatın (NSL) ve desülfonizasyon işlemi uygulanmış ticari lignosülfonatın (DSL) kimyasal olarak modifiye edilerek bu tür sistemlere uygunluğu araştırılmıştır. Her iki lignin türevi NSL ve DSL sırası ile epoksidasyon (NSL-E, DSL-E) işlemine tabi tutulmuş ve aynı zamanda yapılarındaki karboksilik grup içeriği arttırılmıştır (NSL-C, DSL-C). Elde edilen ara ürünler (FT-IR), (TGA) ve (DSC) analizleri ile karakterize edilmiştir. FT-IR analizi DSL’de sülfat gruplarının etkin bir biçim de uzaklaştırıldığını doğrulamıştır. Ayrıca, epoksit gruplarının oluştuğunu ve hidroksil (OH) gruplarında azalma meydana geldiğinin göstermiştir. Yapılan modifikasyonlar sonucunda karbonil ve karboksil gruplarının da arttığı gözlemlenmiştir. TGA sonuçlarına göre DSL, NSL’ye kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda bozunmaya başlamaktadır (~130°C’den itibaren). Bu, sülfat gruplarının uzaklaştırılmasının lignini daha kararlı hale getirdiğini ve termal bozunma sıcaklığını artırdığını göstermektedir. Son aşamada elde edilen NSL-E, DSL-E sırası ile karboksilik grupları arttırılmış NSL-C, DSL-C ve farklı molekül ağırlıklarına sahip Polietilen Glikol (PEG) türleri ile karıştırılmış, uygun kurlenme koşulları altında kendini yenileyebilen yapı özellikleri gösteren polimerik sistemler başarıyla sentezlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: [Lignin, Geri Dönüşüm, Sürdürülebilirlik]

KOMPOZİT SEKTÖRÜNE YÖNELİK VİNİLESTER REÇİNE SENTEZİ

SYNTHESIS OF VINYL ESTER RESIN FOR THE COMPOSITE SECTOR

Tıla Çeçen¹

¹DYO Paint Factory, A.O.S.B 10003 Sok. No:2, Çiğli, İzmir 35620, Türkiye

tila.cecen@dyo.com.tr

Abstract

Vinyl ester resins are thermosetting polymers synthesized through the esterification of epoxy resins with unsaturated monocarboxylic acids, typically methacrylic or acrylic acid. This reaction is conducted at temperatures ranging from 80 to 150 °C. The resulting vinyl ester oligomers are dissolved in styrene at concentrations of 35–45% to control viscosity and enhance processability. Upon curing via free radical polymerization, these resins form highly cross-linked networks, imparting superior mechanical properties. Compared to polyester resins, vinyl ester resins exhibit lower ester group content, leading to enhanced hydrolytic stability and chemical resistance. While polyester resins are known for their rapid curing rates and cost-effectiveness, vinyl ester resins provide superior mechanical strength, corrosion resistance, and flexibility. Additionally, the higher ester content in polyester resins makes them more susceptible to hydrolysis, whereas vinyl ester resins significantly minimize this disadvantage. These distinctions make vinyl esters preferable for harsh chemical environments and applications demanding higher durability.

The purpose of this study is to investigate the effects of vinyl ester resin production parameters on the final mechanical and chemical resistance properties, and to evaluate its potential for enhanced performance compared to polyester resins.

Keywords: [Vinyl ester, composite, resin]

Özet

Vinilester reçineler, epoksi reçinelerin doymamış monokarboksilik asitlerle (genellikle metakrilik veya akrilik asit) esterleştirilmesiyle elde edilen termoset polimerlerdir. Bu reaksiyon, genellikle 80–150 °C sıcaklık aralığında, tercihen imidazol veya krom kompleksleri gibi katalizörler eşliğinde gerçekleştirilir. Reaksiyon sonucunda oluşan vinilester oligomerleri, viskozite kontrolü ve işlenebilirlik amacıyla %35–45 oranında stiren ile çözülür. Elde edilen reçine, serbest radikal polimerizasyonu ile kürlenerek yüksek çapraz bağ yoğunluğuna sahip kompozit malzemelere dönüştürülür. Vinilester reçineler, polyester reçinelere kıyasla daha düşük ester grubu içeriğine sahip olduklarından, hidroliz direnci ve kimyasal dayanımı daha yüksektir. Polyester reçineler, yüksek sertleşme hızları ve uygun maliyetleri ile bilinirken, vinilester reçineler mekanik dayanım, korozyon direnci ve esneklik açısından üstün performans gösterirler. Ayrıca, polyester reçinelerdeki yüksek ester içeriği hidrolize karşı daha duyarlıyken, vinilester reçineler bu dezavantajı minimize eder. Bu farklılıklar, vinilesterin daha zorlu kimyasal ortamlarda ve yüksek dayanım gerektiren uygulamalarda tercih edilmesini sağlar.

Bu çalışmanın amacı, vinilester reçinelerin üretim parametrelerinin nihai mekanik ve kimyasal dayanım üzerindeki etkilerini incelemek ve polyester reçinelerle kıyaslandığında gelişmiş performans sağlama potansiyelini değerlendirmektir.

Anahtar Kelimeler: [Vinilester, kompozit, reçine]

References

- [1] Pham, H.Q., & Marks, M.J. "Epoxy Resins." In *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH, 2005.
- [2] "Synthesis of vinyl ester resins." *Polymer Bulletin*, 16, 153–157, (1986).
- [3] "Vinyl ester resin; at plant." *Global LCA Data Access*.
- [4] "Vinyl Ester Resin - an overview." *ScienceDirect Topics*.
- [5] "Process for the preparation of vinyl ester resins." *Google Patents*. EP0214444A2.

TEKSTİL ATIKLARINDAN SÜRDÜRÜLEBİLİR KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİMİ VE OPTİMİZASYONU

PRODUCTION AND OPTIMIZATION OF SUSTAINABLE COMPOSITE MATERIALS FROM TEXTILE WASTES

Ramazan Ercan¹, Mehmet Karahan²

¹İpekış Mensucat Türk A.Ş. Dumlupınar OSB, Mustafa Karaer Cd. No:33, Osmangazi, Bursa 16110, Türkiye

²Demirtaş Dumlupınar OSB, Mustafa Karaer Cd. No:33, Osmangazi, Bursa 16110, Türkiye

ramazan.ercan@ipekis.com.tr

Abstract

Within the scope of this study, the fluff, fly, waste yarn and waste fabrics that occur during weaving were turned into felts with appropriate methods and these felts were consolidated with appropriate resins and turned into sound, vibration and heat insulators. Three different fluff/yarn-fabric waste mixtures were used from the wastes and these mixtures were again produced in three different thicknesses. The felts were turned into composite materials with polyurethane-based resin, and the sound insulation and tensile strength values of the composite materials were determined and mechanical properties-Thickness-Content optimization was performed.

The fiber reinforced composites (FRC) are used for a wide range of applications from water storage tanks to high tech aircraft parts. The mechanical performance of FRC is mainly a function of the reinforcing material, i.e. natural or manmade fibers [1]. Glass fibers are the most commonly used reinforcement material,

occupying 87% market share of the FRC [2]. However, the production, usage and disposal of these composite structures (reinforced with glass fibers) is declining due to increased environmental concerns. It motivated the researchers to look for alternative materials, and natural fibers appeared as a potential substitute [3]. The advantages offered by natural fibers over glass fiber include sustainability, low cost, ease of availability, low density, biodegradation and low health hazards [4-5]. Animal-based fibers e.g. wool and silk are also used as reinforcements for FRC [6].

One of the potential waste fiber sources include animal-derived protein wastes, such as by-products from the wool textile industry (poor quality raw wools not suitable for spinning), hair, and feather. The hollow structure of keratin fibers leads to an extremely low fiber density that can be used to obtain light-weight materials for automotive applications [7]. Overall, the use of fibers from waste (either agricultural or animal) as reinforcement in bio-composites offers a low cost and environmentally friendly solution to waste disposal [8].

The aim of this study is to optimize the production parameters required to turn the fluff, fly, waste yarn and waste fabrics that occur during the weaving of woolen fabric into felts using appropriate methods and to consolidate these felts with appropriate resins and turn them into sound, vibration and heat insulators.

Keywords: [Textile waste, felt, composite material, sound insulation, mechanical properties.]

Özet

Bu çalışma kapsamında dokuma sırasında oluşan hav, uçuntu, atık iplik ve atık kumaşlar uygun yöntemlerle keçe haline getirilmiş ve bu keçeler uygun reçinelerle konsolide edilerek ses, titreşim ve ısı yalıtkanları haline getirilmiştir. Atıklardan üç farklı hav/iplik-kumaş atık karışımı kullanılmış ve bu karışımlar yine üç farklı kalınlıkta üretilmiştir. Keçeler poliüretan esaslı reçine ile kompozit malzeme haline getirilmiş ve kompozit malzemelerin ses yalıtımı ve çekme mukavemeti değerleri belirlenerek mekanik özellikler-Kalınlık-İçerik optimizasyonu yapılmıştır.

Elyaf takviyeli kompozitler (FRC), su depolama tanklarından yüksek teknoloji uçak parçalarına kadar çok çeşitli uygulamalarda kullanılır. FRC'nin mekanik performansı esas olarak takviye malzemesinin, yani doğal veya yapay elyafların bir fonksiyonudur [1]. Cam elyaflar, FRC'nin %87 pazar payına sahip en yaygın kullanılan takviye malzemesidir [2]. Ancak, bu kompozit yapıların (cam elyaflarla takviyeli) üretimi, kullanımı ve bertarafı artan çevresel endişeler nedeniyle azalmaktadır. Bu, araştırmacıları alternatif malzemeler aramaya yöneltti ve doğal elyaflar potansiyel bir ikame olarak ortaya çıktı [3]. Doğal elyafların cam elyafına göre sunduğu avantajlar arasında sürdürülebilirlik, düşük maliyet, kolay bulunabilme, düşük yoğunluk, biyolojik olarak parçalanma ve düşük sağlık tehlikeleri yer alır [4-5]. Yün ve ipek gibi hayvansal elyaflar da FRC için takviye olarak kullanılır [6].

Potansiyel atık elyaf kaynaklarından biri, yün tekstil endüstrisinden elde edilen yan ürünler (eğirme için uygun olmayan düşük kaliteli ham yünler), saç ve tüy gibi hayvansal protein atıklarını içerir. Keratin elyaflarının içi boş yapısı, otomotiv uygulamaları için hafif malzemeler elde etmek için kullanılabilen son derece düşük bir elyaf yoğunluğuna yol açar [7]. Genel olarak, biyo-kompozitlerde takviye olarak atıklardan (tarımsal veya hayvansal) elyaf kullanımı, atık bertarafına düşük maliyetli ve çevre dostu bir çözüm sunar [8].

Bu çalışmanın amacı, yünlü kumaşların dokunması sırasında oluşan tüy, uçan elyaf, atık iplik ve atık kumaşların uygun yöntemlerle keçe haline getirilmesi için gerekli üretim parametrelerinin optimize edilmesi ve bu keçelerin uygun reçinelerle sağlamlaştırılarak ses, titreşim ve ısı yalıtıcısı haline getirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: [Tekstil atığı, keçe, kompozit malzeme, ses yalıtımı, mekanik özellikler.]

Referanslar

[1] Mouritz A. P, Bannister MK, Falzon PJ, et al. Review of applications for advanced three-dimensional fibre textile composites. *Compos Part A Appl Sci Manuf* 1999; 30: 1445–1461.

[2] Shah DU. Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: a critical review. *J Mater Sci* 2013; 48: 6083–6107.

- [3] Taylor P, Bhowmick M, Mukhopadhyay S, et al. Mechanical properties of natural fibre- reinforced composites. *Text Prog* 2012; 44: 85–140.
- [4] Abedin MZ, Beg MDH, Pickering KL, et al. Study on the Mechanical Properties of Jute / Glass Fiber-reinforced Unsaturated Polyester Hybrid Composites : Effect of Surface Modification by Ultraviolet Radiation. *J Reinf Plast Compos* 2006; 25: 575–588.
- [5] John MJ, Anandjiwala RD, Pothan LA, et al. Cellulosic fibre-reinforced green composites. *Compos Interfaces* 2012; 37–41.
- [6] Blicblau A.S, Coutts R.S.P SA. Novel composites utilizing raw wool and polyester resin. *J Mater Sci Lett* 1997; 16: 1417–1419.
- [7] Barone J, Schmidt W, Liebner C. Compounding and molding of polyethylene composites reinforced with keratin feather fiber. *Compos Sci Technol* 2005; 65: 683–692.
- [8] Lee S, Cho D, Park W, et al. Novel silk/poly(butylene succinate) biocomposites: the effect of short fibre content on their mechanical and thermal properties. *Compos Sci Technol* 2005; 65: 647–657.

ERİYİK YIĞMA MODELLEME (EYM) YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN GNP/PLA KOMPOZİTLERİN ÇEKME ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

TENSILE CHARACTERISTICS DETERMINATION OF GNP/PLA COMPOSITES FABRICATED VIA FUSED DEPOSITION MODELLING (FDM) METHOD

Alperen Solmaz¹, Kemal Ayan², Hümeysra Karakaya¹, Farshid Khosravi², Nurşen Saklakoğlu², S. Bahar Baştürk¹

¹Metallurgical and Materials Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Manisa Celal Bayar University (MCBU), Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Campus, Manisa 45040, Türkiye

²Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Manisa Celal Bayar University (MCBU), Şehit Prof. Dr. İlhan Varank Campus, Manisa 45040, Türkiye

solmazalperen769@gmail.com

Abstract

Nanocomposites represent a class of advanced hybrid material systems wherein nanoscale reinforcing phases (e.g., nanoparticles, nanotubes, or nanoplates) are uniformly dispersed within a continuous polymer matrix. This nanoscale dispersion facilitates advanced characteristics and improved interfacial interactions at the matrix-filler boundary, leading to significant improvements in key material properties such as electrical, mechanical, thermal and dielectric [1]. Additive manufacturing (AM) is an innovative manufacturing method that allows the creation of three-dimensional (3D) objects by adding the materials layer by layer. This technology has revolutionized industrial production by offering many advantages such as flexibility in product design, rapid prototyping and low-cost production [2,3]. The commonly used Fused Deposition Modeling (FDM) is a

well-known method in the field of 3D printing [4,5]. The present study aims to produce graphene nanoplatelet (GNP) reinforced polylactic acid (PLA) matrix composites via FDM technique to evaluate both mechanical and thermal properties. For this purpose, the concentrations of commercial GNP filler (135 g/m² surface area with 5 nm size and 30 µm diameter) in composite samples were chosen as 0.5%, 1% and 2% wt. by considering related literature. After homogeneous dispersion of the filler material within the mixture using a mechanical mixer, the composite was processed through a single-screw extruder at the granule feed zone to produce a 1.75 mm diameter filament. However, only 0.5% and 1% wt. GNP introduced composites were fabricated with 3D printer, whose operation principle is based on FDM method. Due to the excessive amount of filler (the 2% wt. GNP), the brittle characteristics of composite filament enhanced and did not achieve the formation of composite layers in AM process. Tensile test was applied to both composite filaments and dog bone shaped specimens to reveal the primary mechanical properties such as elastic modulus, tensile strength and ductility. Additionally, the decomposition temperature values of composites were determined via thermal gravimetric analysis (TGA) while the microstructural variations were observed via scanning electron microscope (SEM) to evaluate the effect of GNP amount in the composites. Based on the test results, it can be concluded that the GNP addition improved the mechanical characteristics. However more GNP presence decreased the ductility and increased the stiffness in a certain level. The morphologic images verified that situation as well.

Keywords: [Graphene nanoplatelet/PLA composite, fused deposition modeling, tensile properties.]

Özet

Nanokompozitler, nanoölçekli takviye fazlarının (örneğin nanopartiküller, nanotüpler veya nanoplaka) sürekli bir polimer matris içinde düzgün bir şekilde dağıldığı gelişmiş hibrit tür bir malzeme sistemini temsil eder. Bu nano boyutlu faz, matris-partikül sınırında gelişmiş özellikleri ve iyileştirilmiş arayüz etkileşimlerini kolaylaştırarak elektriksel, mekanik, termal ve dielektrik gibi temel malzeme özelliklerinde önemli iyileştirmelere yol açar [1]. Eklemeli imalat (Eİ), malzemeleri katman katman ekleyerek üç boyutlu (3B) nesnelerin oluşturulmasına olanak tanıyan yenilikçi bir üretim yöntemidir. Bu teknoloji, ürün tasarımında esneklik, hızlı prototipleme ve düşük maliyetli üretim gibi

birçok avantaj sunarak endüstriyel üretimi devrim niteliğinde değiştirmiştir [2,3]. Yaygın olarak kullanılan Eriyik Yığma Modelleme (EYM) metodu, 3B baskı alanında iyi bilinen bir yöntemdir [4,5]. Mevcut çalışma, hem mekanik hem de termal özellikleri değerlendirmek için EYM tekniği ile grafen nanoplaka (GNP) takviye fazını polilaktik asit (PLA) matris ile entegre ederek kompozit üretimini hedeflemektedir. Bu amaçla, kompozit numunelerdeki ticari GNP dolgu bileşen (5 nm boyutunda ve 30 µm çapında, 135 g/m² yüzey alanına sahip) konsantrasyonları, ilgili literatür dikkate alınarak ağırlıkça %0,5, %1 ve %2 olarak seçilmiştir. Dolgu maddesinin karışım içerisinde mekanik bir karıştırıcı kullanılarak homojen şekilde dispersiyonu sonrası kompozit granüller besleme bölgesinde tek vidalı bir ekstruderden geçirilerek 1.75 mm çapında bir filament halinde üretilmiştir. Ancak, çalışma prensibi EYM yöntemine dayanan 3B yazıcı ile yalnızca ağırlıkça %0,5 ve %1 GNP içeren kompozitler üretilebilmiştir. Aşırı miktarda dolgu maddesi (ağırlıkça %2 GNP) nedeniyle, kompozit filamentin kırılma özellikleri artmış ve Eİ işleminde kompozit katmanların oluşumu gerçekleştirilememiştir. Elastisite modülü, çekme dayanımı ve süneklik gibi temel mekanik özellikleri ortaya çıkarmak için hem kompozit filamentlere hem de standardize geometrili numunelere çekme testi uygulanmıştır. İlave olarak, kompozitlerin bozunma sıcaklığı değerleri termal gravimetrik analiz (TGA) ile belirlenirken, mikro yapısal değişimler kompozitlerdeki GNP miktarının etkisini değerlendirmek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gözlenmiştir. Test sonuçlarına dayanarak, GNP ilavesinin mekanik özellikleri iyileştirdiği sonucuna varılabilir. Ancak daha fazla GNP varlığının sünekliği azalttığı ve rijitliği belirli bir düzeyde arttırdığı söylenebilir. Morfolojik görüntüler de bu durumu doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Grafen nanoplaka/PLA kompozit, eriyik yığma modelleme metodu, çekme özellikleri.]

References

- [1] Santo Jose, Penumakala Pavan Kumar, “Influence of processing techniques on mechanical and electrical performance of PLA-graphene composite feedstock filaments.” *Journal of Manufacturing Processes*, 108, 513-528 (2023).
- [2] García E, Núñez P. J, Chacón J. M, Caminero M. A, Kamarthi S, “Comparative study of geometric properties of unreinforced PLA and PLA-Graphene composite materials applied to additive manufacturing using FFF technology.” *Polymer Testing*, 91, 106860, (2020).
- [3] Hussain M, Khan S. M, Shafiq M, Al-Dossari M, Alqsair U. F, Khan S. U, Khan M. I, “Comparative study of PLA composites reinforced with graphene

nanoplatelets, graphene oxides, and carbon nanotubes: Mechanical and degradation evaluation.” *Energy*, 308 (132917), (2024).

[4] Yang L, Li S, Zhou X, Liu J, Li Y, Yang M, Zhang W, “Effects of carbon nanotube on the thermal, mechanical, and electrical properties of PLA/CNT printed parts in the FDM process.” *Synthetic Metals*, 253, 122-130 (2019).

[5] Ryan K. R, Down M. P, Hurst N. J, Keefe E. M, Banks C. E, “Additive manufacturing (3D printing) of electrically conductive polymers and polymer nanocomposites and their applications.” *EScience*, 2(4), 365-381 (2022).

DEKORATİF KOMPOZİT PANELLERDE FARKLI DOLGU MADDELERİNİN KULLANIMININ PERFORMANSA ETKİSİ

THE EFFECT OF DIFFERENT FILLERS ON THE PERFORMANCE OF DECORATIVE COMPOSITE PANELS

SümeYra Göçemen¹, İbrahim Köse¹

¹KosseComposite Marketing, Yeni Geri Kazanımcılar Sitesi, Işıkkent, Işıklar, 6016/2 Sk. No: 14/1, Bornova, İzmir 35050, Türkiye

proje@kossecomposite.com

Abstract

Composite materials, which are obtained by combining different materials using various techniques, have replaced traditional materials in many industrial applications due to their superior mechanical, thermal, and structural properties. In recent years, especially with advancements in engineering, there has been a growing focus on the production of composite materials with high strength/density and elastic modulus/density ratios and on improving their performance characteristics. Enhancing the internal structure of existing composites stands out as an efficient method in terms of both material and time, helping to overcome potential challenges in the development of new materials [1].

Fillers are inert additives that, when added to the primary polymer matrix, contribute to improving mechanical, electrical, thermal, chemical, and flame-retardant properties, enhancing surface quality and reducing production costs. Particularly in thermoset polymer systems, these materials can be used in high proportions -up to 60%- and play a critical role in the final performance of the composite material. The selection of fillers should not be based solely on technical performance criteria but also evaluated in terms of process optimization, product functionality, and aesthetic quality [2].

In this study, the effects of commonly used fillers such as micronized calcite, silica, talc, barite, dolomite, kaolin, aluminum trihydrate and glass powder in standard decorative composite panels were investigated in combination with polyester-based resin systems. The data obtained from tensile, flexural, flame and chemical resistance, density, water absorption and surface roughness tests revealed variations in material performance depending on the type of filler used. In this context, it was concluded that fillers play a decisive role in balancing performance and cost in the development of low-cost yet high-performance decorative composite panels. The findings are intended to provide scientific insight into the design and manufacturing processes of composite panels.

Keywords: [Composite Material, Filler, Thermoset Resin, Mechanical Properties, Panel Performance, Glass Fiber]

Özet

Farklı malzemelerin çeşitli tekniklerle bir araya getirilmesiyle elde edilen kompozit malzemeler, sahip oldukları üstün mekanik, termal ve yapısal özellikler sayesinde birçok endüstriyel uygulamada geleneksel malzemelerin yerini almıştır. Son yıllarda özellikle mühendislik alanındaki gelişmeler, yüksek dayanım/yoğunluk ve elastik modül/yoğunluk oranlarına sahip kompozit malzemelerin üretimi ve performans özelliklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmaları artırmıştır. Mevcut kompozitlerin iç yapılarının iyileştirilmesi, yeni malzeme geliştirme sürecinde karşılaşılabilecek zorlukların önüne geçerek hem malzeme hem de zaman açısından verimli bir yöntem olarak öne çıkmaktadır [1].

Dolgu maddeleri, temel polimer matrisine eklendiğinde mekanik, elektriksel termal, kimyasal ve alev ilertmeme özelliklerin geliştirilmesine, yüzey kalitesinin iyileştirilmesine ve üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlayan inert katkı malzemeleridir. Özellikle termoset polimer sistemlerinde %60'a kadar yüksek oranlarda kullanılabilen bu maddeler, kompozit malzemenin nihai performansında kritik rol oynamaktadır. Dolgu maddesi seçimi, yalnızca teknik performans kriterlerine göre değil, aynı zamanda üretim sürecinin optimizasyonu, ürünün işlevselliği ve estetik kalitesi açısından da değerlendirilmelidir [2].

Bu çalışmada, standart dekoratif kompozit panellerde yaygın olarak kullanılan mikronize kalsit, silika, talk, barit, dolomit, kaolin, alüminyum trihidrat ve cam

tozu gibi dolgu maddelerinin, poliestер esaslı reçine sistemleriyle birlikte kompozit panel üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çekme, eğilme, alev ve kimyasal direnç, yoğunluk, su emme ve yüzey pürüzlülüğü testleriyle elde edilen veriler, dolgu maddesinin türüne bağlı olarak malzeme performansında meydana gelen farklılıkları ortaya koymuştur. Bu kapsamda, düşük maliyetli ancak yüksek performanslı dekoratif kompozit panellerin geliştirilmesinde performans ve maliyet dengesinde dolgu maddelerinin belirleyici rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bulguların, kompozit panel tasarımı ve üretim süreçlerine bilimsel katkı sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: [Kompozit Malzeme, Dolgu Maddesi, Termoset Reçine, Mekanik Özellikler, Panel Performansı, Cam Elyaf]

References

- [1] Korkmaz, N., Çakmak, E., & Dayık, M. (2016). Dokuma karbon elyaf takviyeli karbon nano tüp-epoksi kompozit malzemelerin mekanik ve termal karakterizasyonu. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(2).
- [2] Hsissou, R., Seghiri, R., Benzekri, Z., Hilali, M., Rafik, M. ve Elharfi, A. (2021). Polimer kompozit malzemeler: Kapsamlı bir inceleme. *Kompozit yapılar*, 262, 113640.
- [3] Handbook, P. (1983). Scott Bader & Co. Ltd., Wellingborough.
- [4] Yürekli, Ş. (1995). Reçine ve Boya Teknolojisi. *Cilt 1, Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul*.
- [5] Yürekli, Ş. (1997). Reçine ve Boya Teknolojisi. *Cilt 2, Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul*.
- [6] Baysal, B. (1981). Polimer Kimyası. *Geniştirilmiş 2. Baskı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara*.
- [7] Ateş, E., & Barnes, S. (2012). The effect of elevated temperature curing treatment on the compression strength of composites with polyester resin matrix and quartz filler. *Materials & Design*, 34, 435-443.
- [8] Kiehl, J., Huser, J., Bistac, S., & Delaite, C. (2012). Influence of fillers content on the viscosity of unsaturated polyester resin/calcium carbonate blends. *Journal of composite materials*, 46(16), 1937-1942.

- [9] Ogorkiewicz, R. M., & Mucci, P. E. R. (1975). Influence of fillers on the stiffness and strength of a polyester resin. *Journal of Materials Science*, 10, 393-398.
- [10] Petrucci, R., & Torre, L. (2017). Filled polymer composites. In *Modification of Polymer Properties* (pp. 23-46). William Andrew Publishing.
- [11] Kut, T. A. (2005). CTP teknolojisi. Cam Elyaf Sanayi AŞ, Gebze.

CAMELYAF TOZU TAKVİYESİNİN ERİYİK BİRİKTİRME YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN POLİPROPİLENLERİN ARAYÜZEY BAĞ MUKAVEMETİ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

THE EFFECT OF GLASS FIBRE POWDER REINFORCEMENT ON THE INTERFACIAL BOND STRENGTH PROPERTIES OF POLYPROPYLENES PRODUCED BY FUSED FILAMENT DEPOSITION

Mehmet Çağatay Akbolat¹, İbrahim Erboğa¹, Ferhat Yetiş²

¹Department of Aerospace Engineering Department, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Gaziantep University, Üniversite Bulvarı Şehitkamil, Gaziantep 27310, Türkiye

²Marmara Forestry Research Institute, Büyükdere Cad. Fatih Ormanı campus, Maslak-Sarıyer, Istanbul 34485, Türkiye

mcakbolat@gantep.edu.tr

Abstract

Fused filament fabrication (FFF) has recently become a widely used polymer-based additive manufacturing method due to its simplicity, high flexibility, and cost-effectiveness. While initially employed primarily for rapid prototyping, FFF has evolved into a versatile and advanced manufacturing technique capable of producing high-quality, complex components for advanced applications. However, the mechanical properties of polymer components produced via FFF are limited by inherent defects (*e.g.* air gaps, porosity, and layered deposition), which result in lower mechanical properties compared to those made through conventional methods such as injection moulding [1,2]. Consequently, understanding the behaviour of polymer components made by FFF is crucial for expanding their application areas and enhancing their overall performance.

The local contact interfacial regions, also known as weld regions, between bead layers are responsible for stress transfer. Manufacturing parameters, such as thermal history and printing speed, influence the overall mechanical properties of parts produced with FFF [3–5]. The incorporation of fibre reinforcement in filaments is a common approach to improving the mechanical properties of polymer components produced by FFF [6]. In this context, this study focuses on the influence of glass fibre powder on the interfacial strength of polypropylene (PP) manufactured with FFF. Both PP filaments and 15 wt% glass fibre powder-reinforced PP filaments (PP-GF15) were supplied by Filameon (Kayseri, Türkiye). A thin beam with a length of 200 mm, a height of 8 mm, and a width of 0.8 mm was modelled in SolidWorks and sliced using OrcaSlicer. The model was printed on a Creality K1 Max printer with a 0.8 mm diameter nozzle. The nozzle temperatures were set to 260 °C, 280 °C, and 300 °C, with a printing speed of 40 mm/sec and a bed temperature of 60 °C. The layer width and height were set to 0.8 mm and 0.4 mm, respectively. Mechanical tests were conducted with a strain rate of 1 mm/sec as explained in ASTM D1938 [7], and the tear forces were determined from the linear segment of force-displacement curves. The tear strength of the specimens was calculated with: $\sigma_t = F_t/a_r$, where F_t is the average force during stable tearing, and $2a_r$ is the nominal thickness of the specimens. Preliminary results show that the tear strength of PP specimens decreases from 11.51 N/mm to 9.51 N/mm as the temperature increases, while the tear strength of PP-GF15 specimens increases from 8.98 N/mm to 12.39 N/mm with higher temperatures. These findings can be attributed to the thermal degradation of PP polymer chains as the temperature increases. Conversely, the inclusion of glass fibre powder improves the thermal stability of the PP, thereby enhancing the tear strength of PP-GF15 specimens at elevated temperatures. Further detailed analysis will be provided in the full paper, including a more in-depth discussion of the material behaviour at varying temperatures.

Keywords: [Fused filament deposition, composite filaments, interfacial bonding, tear strength]

Özet

Eriyik biriktirme yöntemi (EBY), basitliği, yüksek esnekliği ve maliyet etkinliği nedeniyle son zamanlarda yaygın olarak kullanılan bir polimer bazlı eklemeli üretim yöntemidir. Başlangıçta çoğunlukla hızlı prototipleme için kullanılan EBY, zamanla gelişmiş uygulamalar için yüksek kaliteli, karmaşık bileşenler

üretebilen çok yönlü ve ileri düzey bir üretim tekniğine dönüşmüştür. Ancak, EBY ile üretilen polimer bileşenlerin mekanik özellikleri, doğasında var olan kusurlar (örneğin hava boşlukları, gözeneklilik ve katmanlı birikim) nedeniyle sınırlıdır ve bu durum, enjeksiyon kalıplama gibi geleneksel yöntemlerle üretilen bileşenlere kıyasla daha düşük mekanik özelliklere yol açar [1,2]. Bu nedenle, FFF ile üretilen polimer bileşenlerin davranışını anlamak, uygulama alanlarını genişletmek ve genel performanslarını artırmak için kritik öneme sahiptir.

Tabaka katmanları arasındaki yerel temas arayüz bölgeleri, diğer bir deyişle kaynak bölgeleri, gerilme transferinden sorumludur. Sıcaklık ve baskı hızı gibi üretim parametreleri, EBY ile üretilen parçaların genel mekanik özelliklerini etkilemektedir [3-5]. Filamentlere elyaf takviyesi eklenmesi, EBY ile üretilen polimer bileşenlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için yaygın bir yaklaşımdır [6]. Bu bağlamda, bu çalışma, EBY ile üretilen polipropilenin (PP) arayüz kuvveti üzerindeki cam elyafı tozunun etkisini incelemektedir. Hem PP filamentleri hem de %15 ağırlık oranıyla cam elyafı tozu takviyeli PP filamentleri (PP-GF15) Filameon (Kayseri, Türkiye) tarafından temin edilmiştir. 200 mm uzunluğunda, 8 mm yüksekliğinde ve 0.8 mm genişliğinde ince bir kiriş, SolidWorks'te modellenmiş ve OrcaSlicer kullanılarak dilimlenmiştir. Model, Creality K1 Max yazıcısında 0.8 mm çapında bir nozul ucuyla ile basılmıştır. Uç sıcaklıkları sırasıyla 260 °C, 280 °C ve 300 °C'ye ayarlanmıştır. Ayrıca, baskı hızı 40 mm/saniye ve tabla sıcaklığı 60 °C olarak belirlenmiştir. Katman genişliği ve yüksekliği sırasıyla 0.8 mm ve 0.4 mm olarak ayarlanmıştır. Mekanik testler, ASTM D1938 [7] standardına göre 1 mm/saniye gerilme hızında yapılmış ve yırtılma kuvvetleri, kuvvet-deplasman eğrisinin doğrusal segmentinden belirlenmiştir. Numunelerin yırtılma kuvveti şu şekilde hesaplanmıştır:

$\sigma_t = F_t / a_r$, burada F_t , stabil yırtılma sırasında ortalama kuvveti ve $2a_r$, numunelerin nominal kalınlığını temsil eder. Ön sonuçlar, PP numunelerinin yırtılma kuvvetinin sıcaklık arttıkça 11.51 N/mm'den 9.51 N/mm'ye düştüğünü, PP-GF15 numunelerinin yırtılma kuvvetinin ise sıcaklık arttıkça 8.98 N/mm'den 12.39 N/mm'ye yükseldiğini göstermektedir. Bu bulgular, sıcaklık arttıkça PP polimer zincirlerinin termal bozulmasına bağlanabilir. Diğer taraftan, cam elyafı tozunun eklenmesi, PP'nin termal stabilitesini artırarak, yüksek sıcaklıklarda PP-GF15 numunelerinin yırtılma kuvvetini iyileştirmiştir. Tam metin bildiri sunumunda, farklı sıcaklıkların malzeme davranışına etkisine dair daha ayrıntılı bir analiz ve tartışma sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: [Eriyik biriktirme yöntemi, kompozit filamentler, arayüzey bağlanma, yırtılma kuvveti]

References

- [1] S. Singh, G. Singh, C. Prakash, S. Ramakrishna, Current status and future directions of fused filament fabrication, *J Manuf Process* 55 (2020) 288–306. <https://doi.org/10.1016/J.JMAPRO.2020.04.049>.
- [2] J. Pratama, S.I. Cahyono, S. Suyitno, M.A. Muflikhun, U.A. Salim, M. Mahardika, B. Arifvianto, A Review on Reinforcement Methods for Polymeric Materials Processed Using Fused Filament Fabrication (FFF), *Polymers* 2021, Vol. 13, Page 4022 13 (2021) 4022. <https://doi.org/10.3390/POLYM13224022>.
- [3] C.S. Davis, K.E. Hillgartner, S.H. Han, J.E. Seppala, Mechanical strength of welding zones produced by polymer extrusion additive manufacturing, *Addit Manuf* 16 (2017) 162–166. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2017.06.006>.
- [4] D.W. Collinson, P. V. Kolluru, N. Von Windheim, L.C. Brinson, Distribution of rubber particles in the weld zone of fused filament fabricated acrylonitrile butadiene styrene and the impact on weld strength, *Addit Manuf* 41 (2021) 101964. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2021.101964>.
- [5] S. Charlon, J. Le Boterff, J. Soulestin, Fused filament fabrication of polypropylene: Influence of the bead temperature on adhesion and porosity, *Addit Manuf* 38 (2021) 101838. <https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2021.101838>.
- [6] Z. Zhang, C. Hu, Q.H. Qin, The improvement of void and interface characteristics in fused filament fabrication-based polymers and continuous carbon fiber-reinforced polymer composites: a comprehensive review, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2025 137:3 137 (2025) 1047–1087. <https://doi.org/10.1007/S00170-025-15240-4>.
- [7] ASTM D1938 - Test Method for Tear-Propagation Resistance (Trouser Tear) of Plastic Film and Thin Sheeting by a Single-Tear Method.

DOĞAL ELYAF TAKVİYELİ KOMPOZİTLERDE MAGNEZYUM HİDROKSİT VE SODYUM HİDROKSİT UYGULAMALARININ MEKANİK ÖZELLİKLERE ETKİSİ

THE EFFECT OF MAGNESIUM HYDROXIDE AND SODIUM HYDROXIDE APPLICATIONS ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF NATURAL FIBER-REINFORCED COMPOSITES

Simge Karatepe¹, Faruk Altınbaş¹, Fehmi Tokdemir¹, Dilara Şire¹

¹Polütek Polyester Poliüretan LTD. ŞTİ., Müminli, Sarıçam, Adana 01358, Türkiye

simgekaratepe@polutek.com.tr

Abstract

In response to the growing demand for environmentally friendly and sustainable materials, this study investigates the potential applications of natural fiber-reinforced composites. Hybrid flax-glass fabrics were used to form the reinforcement structure. To enhance fiber-matrix interfacial adhesion, alkaline treatment was applied using sodium hydroxide (NaOH) solutions at different concentrations. In addition, magnesium hydroxide (Mg(OH)₂) was incorporated into the matrix to improve flame retardancy. Approximately 100 composite plates were produced via the hand lay-up method using three different types of resins: epoxy, vinylester, and polyester. Two key experimental groups were evaluated: [1] the effect of varying NaOH and Mg(OH)₂ ratios with constant vinylester resin, and [2] the effect of different resin types with fixed additive ratios. Mechanical tests including tensile, flexural, and impact strength, as well as density measurements, were carried out on the samples. The findings revealed that the optimal mechanical performance was achieved with 10% Mg(OH)₂ and 5% NaOH. Among the resin types, vinylester-based composites exhibited the highest mechanical strength overall. Results also indicated that NaOH treatment effectively improved adhesion by removing surface impurities such as lignin,

hemicellulose, and wax layers from the natural fibers. However, high concentrations of NaOH led to fiber degradation and reduced tensile and elongation values. Likewise, while $Mg(OH)_2$ improved flexural resistance at moderate levels, its excessive use negatively affected tensile and impact strength due to increased brittleness in the matrix. Epoxy resin showed relatively high tensile strength but limited impact performance due to its rigid structure, whereas polyester resin exhibited the lowest mechanical performance but offered a cost advantage.

This study demonstrates that additives used for surface modification and flame retardancy should not be evaluated only in terms of their intended functionalities, but also carefully optimized considering their impact on overall mechanical performance. The results support the industrial potential of natural fiber-reinforced composites in structural applications where a balance between fire resistance and mechanical reliability is critical.

Keywords: [Natural Fiber, Composite, Magnesium Hydroxide, Sodium Hydroxide, Mechanical Testing]

Özet

Bu çalışma, çevre dostu ve sürdürülebilir malzeme arayışlarının arttığı günümüzde, doğal elyaf takviyeli kompozitlerin kullanım potansiyelini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Cam ve keten elyafların birlikte kullanıldığı hibrit bir yapıda, lif-matris ara yüzey etkileşimini iyileştirmek amacıyla farklı oranlarda sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisiyle alkali işlem uygulanmış; ayrıca kompozit matrisine yangın geciktirici özellik kazandırmak amacıyla farklı oranlarda magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) katkısı ilave edilmiştir. Matris sistemi olarak epoksi, vinilester ve polyester reçineleri kullanılarak yaklaşık 100 kompozit plaka el ile tabakalama (hand lay-up) yöntemiyle üretilmiştir. Deneysel çalışmada iki temel parametre seti değerlendirilmiştir: (1) vinilester reçinesi sabit tutularak değişen $Mg(OH)_2$ ve NaOH oranlarının etkisi, (2) katkı oranları sabit tutularak farklı reçine türlerinin karşılaştırılması. Üretilen numunelere çekme, eğme, darbe dayanımı ve yoğunluk testleri uygulanmıştır. Elde edilen veriler ışığında, %10 $Mg(OH)_2$ ve %5 NaOH oranına sahip numuneler optimum mekanik performansı sergilemiş; özellikle vinilester bazlı kompozitlerin, tüm reçine türleri arasında en yüksek dayanımı sunduğu görülmüştür. Sonuçlar, NaOH ile yapılan alkali işlemin lif yüzeyinden lignin, hemiselüloz ve mumsu bileşenleri uzaklaştırarak lif-matris bağlanmasını

artırdığını; ancak yüksek konsantrasyonlarda lif yapısını zayıflatabileceğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, $Mg(OH)_2$ katkısı belirli oranlarda kompozitin eğilme direncini artırsa da oran yükseldikçe çekme dayanımı ve darbe performansında düşüş gözlenmiştir. Epoksi reçinesi, özellikle rijit yapısı nedeniyle darbe dayanımında zayıf kalırken; polyester reçinesi düşük maliyet avantajı sunmasına rağmen mekanik olarak en düşük değerlere sahiptir. Bu çalışma, doğal elyaf kompozitlerinde kullanılan kimyasal katkıların yalnızca hedeflenen işlevsel kazanımlar (örneğin yanmazlık veya yüzey temizliği) açısından değil, aynı zamanda genel mekanik performans üzerindeki etkilerinin de dikkatle optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir. Uygun katkı oranlarının belirlenmesi, doğal elyafli kompozitlerin yapı, otomotiv ve havacılık gibi sektörlerde daha güvenli ve dayanıklı şekilde kullanılmasının önünü açacaktır.

Anahtar Kelimeler: [Doğal Elyaf, Kompozit, Magnezyum Hidroksit, Sodyum Hidroksit, Mekanik Test]

References

- [1] Alongi, J., Han, J. S., & Bourbigot, S. (2015). Intumescence: tradition versus novelty. A review. *Progress in Polymer Science*, 51, 28-73. <https://doi.org/xxxxx>
- [2] Bledzki, A.K., & Gassan, J. (1999). Composites reinforced with cellulose based fibres. *Progress in Polymer Science*, 24(2), 221-274.
- [3] John, M., & Thomas, S. (2008). Biofibres and biocomposites. *Carbohydrate Polymers*, 71(3), 343-364.
- [4] Thomason, J. L. (2002). The influence of fibre length and concentration on the properties of glass fibre reinforced polypropylene: 5. Injection moulded long and short fibre PP. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 33(12), 1641-1652. [https://doi.org/10.1016/S1359-835X\(02\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S1359-835X(02)00139-3)

İSTİFLEME SIRASI OPTİMİZASYONUNUN KARBON/EPOKSİ KOMPOZİT LAMİNATLARIN AÇIK DELİK ÇEKME DAYANIMI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

THE EFFECT OF STACKING SEQUENCE OPTIMIZATION ON THE OPEN-HOLE TENSILE STRENGTH OF CARBON/EPOXY COMPOSITE LAMINATES

Hacer Geçmez¹, Hamza Arda Deveci²

¹Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Natural and Applied, Erzincan Binali Yıldırım University, Yalnızbağ Campus, Erzincan 24002, Türkiye

²Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Erzincan Binali Yıldırım University, Yalnızbağ Campus, Erzincan 24002, Türkiye

hadeveci@erzincan.edu.tr

Abstract

Composite materials are extremely sensitive to notches, and the presence of cracks in structural components greatly reduces their load carrying capacity. However, structural elements such as wing panels, fuselage panels, helicopter rotor blades, satellite structural panels, engine fan blades and spacecraft fuel tanks made of carbon fiber reinforced polymer composite material, which is the preferred material especially in the aviation and space industry, may experience crack damage around the hole in the material due to reasons such as overloading, stress concentration, vibration, centrifugal forces, thermal expansion mismatch in metal-composite joints and shock thermal stresses in mechanical (rivet, bolt) and hybrid connections (adhesion and rivet). Therefore, increasing the fracture toughness of carbon/epoxy composite laminates with circular holes is an important research topic for critical structural applications. In this regard, the present study aims to maximize the tensile strength of carbon/epoxy composite

laminates with central circular holes considering stacking sequence optimization of the laminates. For this purpose, a finite fracture mechanics model from the literature [1] proposed for the prediction of the open-hole tensile strength of carbon/epoxy composite laminates was verified to be convenient for design and optimization purposes and used to constitute the objective function for optimization study. Various optimization problems for four different laminate stacking sequence types were solved by a hybrid algorithm composed of particle swarm optimization (PSO) algorithm and generalized pattern search algorithm (GPSA) via MATLAB Global Optimization Toolbox [2] to obtain the optimum fiber angle orientations that provide maximum tensile stress at failure. Traditional fiber angles commonly preferred by industry were considered. Results show that tensile load carrying capacity of the carbon/epoxy composite laminates with circular holes can be increased significantly by stacking sequence optimization and preferring different laminate stacking sequence types.

Keywords: [Fracture, Open-Hole Tensile Strength, Carbon/Epoxy Composite Laminates, Optimization, PSO-GPSA Hybrid Algorithm]

Özet

Kompozit malzemeler çentiklere karşı son derece hassastır ve yapısal bileşenlerdeki çatlakların varlığı yük taşıma kapasitelerini büyük ölçüde azaltmaktadır. Ancak, özellikle havacılık ve uzay endüstrisinde tercih edilen malzeme olan karbon fiber takviyeli polimer kompozit malzemeden yapılan kanat panelleri, uçak gövdesi panelleri, helikopter rotor kanatları, uydu yapısal panelleri, motor fan kanatları ve uzay araçlarının yakıt tankları gibi yapısal elemanların mekanik (perçin, cıvata) ve hibrit bağlantılarında (yapıştırma ve perçin) aşırı yükleme, gerilme yığılması, titreşim, santrifüj kuvvetleri, metal-kompozit bağlantılarındaki termal genleşme uyumsuzluğu, şok termal gerilmeler gibi sebeplerle malzemede delik etrafında çatlak hasarları oluşabilir. Bu nedenle, dairesel delikli karbon/epoksi kompozit laminatların kırılma tokluğunun artırılması, kritik yapısal uygulamalar için önemli bir araştırma konusudur. Bu bağlamda, mevcut çalışma, laminatların istifleme sırası optimizasyonunu dikkate alarak, merkezi dairesel delikli karbon/epoksi kompozit laminatların çekme mukavemetini en üst düzeye çıkarmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, karbon/epoksi kompozit laminatların açık delikli çekme dayanımının tahmini için literatürden [1] önerilen sonlu kırılma mekaniği modelinin tasarım ve optimizasyon amaçları için uygun olduğu doğrulanmış ve optimizasyon çalışması

için amaç fonksiyonunu oluşturmak üzere kullanılmıştır. MATLAB Global Optimization Toolbox [2] aracılığıyla Parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması ve genelleştirilmiş şablon arama algoritmasından (GPSA) oluşturulan bir hibrit algoritma ile dört farklı laminat istifleme dizisi tipi için çeşitli optimizasyon problemleri çözülerek maksimum çekme gerilmesi sağlayan optimum elyaf açısı yönelimleri elde edilmiştir. Endüstri tarafından yaygın olarak tercih edilen geleneksel elyaf açıları dikkate alınmıştır. Sonuçlar, dairesel delikli karbon/epoksi kompozit laminatların çekme yük taşıma kapasitesinin istifleme dizisi optimizasyonu ve farklı laminat istifleme dizisi tiplerinin tercih edilmesiyle önemli ölçüde artırılabilceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: [Kırılma, Açık Delik Çekme Dayanımı, Karbon/Epoksi Kompozit Laminatlar, Optimizasyon, PSO-GPSA Hibrit Algoritma]

References

- [1] Camanho P.P., Erçin G.H., Catalanotti G., Mahdi S., and Linde P., “A finite fracture mechanics model for the prediction of the open-hole strength of composite laminates” Composites: Part A, 43, 1219-1125 (2012).
- [2] MATLAB Global Optimization Toolbox, Computer Software, Version R2024b, The Mathworks, Inc., 2024.

GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ PLASTİK, AHŞAP VE LUFFA LIFINDEN AHŞAP-PLASTİK KOMPOZITLERİN HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYONU

THE PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF WOOD -PLASTIC COMPOSITES FROM RECYCLED PLASTICS, WOOD AND LUFFA FIBER

Dildare Metin¹, Funda Tihminlioğlu¹

¹Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, Izmir Institute of Technology, Gülbahçe Campus, Izmir 35433, Türkiye

dildaremetin@iyte.edu.tr

Abstract

Wood-plastic composites (WPCs) have attracted a great deal of attention due to its unique properties such as lightweight, low maintenance requirements, wide availability and biodegradability. WPCs are principally produced from a mixture of wood flour as fillers, which is used as a source of cellulose, and thermoplastic-based polymers. In this study, recycled polypropylene (rPP) was used as a matrix material, and wood flour and luffa fiber as fillers, and Maleic anhydride grafted polypropylene (MAPP) were used as reinforcements to produce the WPCs. The main goal of this study is to determine the effects of wood and luffa fiber as fillers, and MAPP coupling agent on WPCs. The luffa fiber was incorporated with wood flour at different fractions, and the luffa and wood flour were used at weight fractions of 10-20% and 30-50%, respectively. The effects of various parameters such as luffa fiber/wood filler content on the composite properties, such as mechanical, thermal and water absorption properties, were investigated. Mechanical ultimate tensile strength test results showed that highest strength values were obtained for the composites consisting of 20 wt. % luffa fiber, and 30 wt % wood flour, and 3 wt% MAPP. Thermogravimetric analysis results showed that luffa fiber addition improved the thermal stability of WPC.

Özet

Ahşap-plastik kompozitler (WPC), hafif, bakım gerektirmeyen, yaygın olarak birçok alanda kullanılabilen ve biyolojik olarak parçalanabilirlik gibi benzersiz özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir. WPC'ler esas olarak, selüloz kaynağı olarak kullanılan bir dolgu maddesi olarak talaş tozu ve termoplastik bazlı polimerlerin karışımından üretilir. Bu çalışmada, WPC'leri üretmek için matris malzemesi olarak geri dönüştürülmüş polipropilen (rPP), dolgu maddesi olarak talaş ve lif kabağı lifi, takviye maddesi olarak ise maleik anhidrit ile graft edilmiş polipropilen (MAPP) kullanılmıştır. Bu çalışmanın temel amacı, WPC'ler üzerinde dolgu maddesi olarak talaş ve luffa lifi ile MAPP bağlayıcı maddesinin etkilerini belirlemektir. Luffa lifleri farklı oranlarda talaş tozu ile birleştirilmiş, luffa lifleri ve talaş tozu ise sırasıyla %10-20 ve %30-50 ağırlık oranlarında kullanılmıştır. Luffa lifi/odun dolgu maddesi içeriği gibi çeşitli parametrelerin kompozitin mekanik, termal ve su emme özellikleri gibi özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Mekanik çekme dayanımı test sonuçları, en yüksek dayanım değerlerinin %20 ağırlık oranında luffa lif, %30 ağırlık oranında talaş tozu ve %3 ağırlık oranında MAPP içeren kompozitlerde elde edildiğini göstermiştir. Termogravimetrik analiz sonuçları, luffa lifi ilavesinin WPC'nin termal kararlılığını iyileştirdiğini göstermiştir.

DENİZCİLİK UYGULAMALARI İÇİN TERMOPLASTİK MALZEMELER: PA KOMPOZİTLER

THERMOPLASTIC MATERIALS FOR MARINE APPLICATIONS: PA COMPOSITES

Ayberk Sözen¹

¹Institute of Marine Sciences and Technology, Dokuz Eylul University, Bakü
Blvd., 32 Inciralti, Balçova, İzmir 35340, Türkiye

ayberk.sozen@deu.edu.tr

Abstract

Polyamide (PA) and 10% carbon fiber-reinforced PA (PA-CF) plates were produced using material extrusion-based additive manufacturing and conditioned under various atmospheric environmental conditions for different durations (2 weeks, one month and 2 months). This study aims to investigate the structural effects of carbon fiber reinforcement on the PA matrix and to evaluate the resistance of PA-CF composites to environmental exposure. The stability of the fiber–matrix interface is consistent with previous literature reporting that carbon fiber-reinforced PA composites exhibit greater resistance to external factors such as humidity and temperature [1]. Moreover, several studies have shown that polyamide interlayers improve the fracture toughness and delamination resistance of carbon fiber-reinforced laminates [2].

This assessment aligns with the ongoing material transition observed in the “small craft” segment (≤ 24 m). Thermoset composites, due to their crosslinked chemical structure, cannot be reshaped or easily recycled, which presents a significant environmental challenge in the context of the European Union’s circular economy principles. As a result, there is growing interest in the maritime industry toward thermoplastic composites that are reprocessable, heat-formable, and repairable through welding [3]. Several studies have confirmed that thermoplastic-based composite systems maintain their mechanical stability in

marine environments [4]. Furthermore, PA-based additive manufacturing products have been shown to be suitable for small craft applications in terms of both structural durability and production flexibility [5]. Recent literature on polymer composite recycling also demonstrates that such materials can be mechanically and thermally processed into granules and reused in second-life applications [6]. In this context, PA-CF composites offer a strong alternative to thermoset materials in small craft applications, both in terms of technical performance and environmental sustainability.

Keywords: [PA matrix composites, carbon fiber reinforced polymers (CFRPs), additive manufacturing, atmospheric conditioning, moisture effect.]

Özet

Poliamid (PA) ve %10 karbon elyaf takviyeli PA (PA-CF) plakalar, malzeme ekstrüzyonu temelli eklemeli imalat yöntemiyle üretilmiş ve farklı sürelerde çeşitli atmosferik çevresel koşullar altında iklimlendirilmiştir (2 hafta, bir ay ve 2 ay). Bu çalışma, karbon elyaf takviyesinin PA matris üzerindeki yapısal etkilerini incelemekte ve PA-CF kompozitlerin çevresel koşullara karşı direncini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Lif-matris arayüzünün stabilitesi, karbon elyaf takviyeli PA kompozitlerin nem ve sıcaklık gibi dış etkenlere karşı daha dirençli olduğunu bildiren literatürle uyumludur [1]. Ayrıca, poliamid ara tabakalarının karbon elyaf takviyeli laminatlarda çatlak tokluğunu ve delaminasyon direncini artırdığı da çeşitli çalışmalarla gösterilmiştir [2].

Bu değerlendirme, “küçük tekne (small craft)” (≤ 24 m) segmentinde yaşanan malzeme dönüşüm süreciyle örtüşmektedir. Termoset kompozitler, kimyasal yapıları gereği yeniden şekillendirilemez ve geri dönüştürülmeleri zordur; bu da Avrupa Birliği’nin döngüsel ekonomi ilkeleri bağlamında çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle, denizcilik sektöründe yeniden işlenebilir, ısı ile şekillendirilebilen ve kaynakla onarılabilir termoplastik kompozitlere olan ilgi giderek artmaktadır [3]. Termoplastik bazlı kompozit sistemlerin deniz ortamında mekanik kararlılığını sürdürdüğü çeşitli çalışmalarla belgelenmiştir [4]. Ayrıca, PA bazlı eklemeli imalat ürünlerinin hem yapısal dayanıklılık hem de üretim esnekliği açısından küçük tekne uygulamalarına uygun olduğu ortaya konmuştur [5]. Polimer kompozitlerin geri dönüşümüne yönelik güncel literatür de, bu tür malzemelerin mekanik ve termal işlemlerle yeniden granül forma getirilerek ikinci ömür uygulamalarına kazandırılabilirdiğini göstermektedir [6]. Bu bağlamda, PA-CF kompozitler hem teknik performans hem de çevresel

sürdürülebilirlik açısından küçük teknelerde termoset malzemelere güçlü bir alternatif sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [PA matrisli kompozitler, Karbon fiber takviyeli polimerler, eklemeli imalat, atmosferik koşullandırma, Nem etkisi.]

References

- [1] Zhang, S., & Li, Y. (2024). Effects of hydrothermal aging on moisture absorption and property prediction of short carbon fiber-reinforced polyamide 6 composites. *Polymer Composites*, 45(4), 1123-1137.
- [2] Beylergil, B., Tanoğlu, M., & Aktaş, E. (2020). Experimental and statistical analysis of carbon fiber/epoxy composites interleaved with nylon 6,6 nonwoven fabric interlayers. *Journal of Composite Materials*, 54(27), 4173-4184.
- [3] Noonan, M., Obande, W., & Ray, D. (2024). Simulated end-of-life reuse of composites from marine applications using thermal reshaping of seawater-aged, glass fibre-reinforced acrylic materials. *Composites Part B: Engineering*, 270, 111118.
- [4] Bel Haj Frej, H., Léger, R., Perrin, D., & Ienny, P. (2021). A novel thermoplastic composite for marine applications: Comparison of the effects of aging on mechanical properties and diffusion mechanisms. *Applied Composite Materials*, 28(4), 899-922.
- [5] Altunsaray, E., Türkmen, S., Sözen, A., Doğru, A., Liu, P., Halilbeşe, A. N., & Neşer, G. (2024). On the hydrodynamic and structural performance of thermoplastic composite ship propellers produced by additive manufacturing method. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(12), 2206.
- [6] Jones, P., Williams, G., & Brown, R. (2024). Feasibility of recovering and recycling polymer composites from end-of-life marine renewable energy structures: A review. *Sustainability*, 16(23), 10515.

GÜNEŞ ENERJİSİ SİSTEMLERİNDE LİF TAKVİYELİ POLİMER KOMPOZİTLERİN KULLANIMI VE FOTOVOLTAİK HÜCRELERİN MOBİL PLATFORMLARA ENTEGRASYONU

USE OF FIBER-REINFORCED POLYMERIC COMPOSITES IN SOLAR ENERGY SYSTEMS AND INTEGRATION OF PHOTOVOLTAIC CELLS INTO MOBILE PLATFORMS

Gülnur Başer¹, Melisa Yeke¹

¹Metyx Composites-Telateks A.Ş., Keçiliköy OSB, Malazgirt Cd. No:2, Manisa,
Manisa 45030, Türkiye

gulnur.baser@telateks.com

As global energy demand continues to increase, the need for environmentally friendly, accessible, and sustainable energy sources has become more critical than ever. Solar energy stands out as one of the most promising renewable energy alternatives due to its carbon-free generation process, low installation and operational costs, and applicability across a wide range of geographic conditions. This study presents innovative material and design approaches using fiber-reinforced polymeric composites to improve the performance of solar panels in both stationary and mobile applications.

In the first stage of the study, conventional aluminum profiles used in solar panel supporting frames were replaced with high-modulus glass fiber-reinforced pultruded composite profiles. These composite profiles offer several advantages, including significantly reduced weight, superior mechanical performance, and low thermal expansion coefficients, which help minimize structural deformation and cracking under varying temperature conditions. Additionally, their corrosion resistance allows for long-term use even in highly corrosive environments such as coastal or offshore installations. Importantly, the non-conductive nature of the composites eliminates the need for grounding, simplifying the installation process. Beyond these material advantages, the use of composite profiles provides enhanced design flexibility, enabling the development of smart joining

and modular assembly methods that improve manufacturability and system integration.

In the second stage, integration methods for photovoltaic (PV) cells into mobile platforms such as vehicles were explored, using composite manufacturing techniques. A multilayer composite structure was developed to allow for seamless and flexible integration of solar cells onto various curved or customized surfaces without compromising energy efficiency. The front surface of the PV cell consists of a highly transparent glass fiber/epoxy composite, ensuring optimal light transmission. The rear surface features a carbon fiber-reinforced sandwich structure designed to absorb mechanical impacts and protect the cell during operation. Furthermore, phase change materials (PCM) were incorporated into the carbon fiber rear layer to regulate operating temperature and reduce efficiency losses under high thermal loads. This configuration enables PV modules to maintain structural integrity and high performance even under external physical stress.

The developed composite structures were tested under free-fall impact conditions to evaluate mechanical durability and optical performance. Electroluminescence (EL) imaging conducted after impact tests confirmed that the PV cells sustained no internal microcracks or functional damage, while the optical transmittance of the top composite surface remained constant.

In conclusion, fiber-reinforced polymeric composites offer significant advantages in terms of weight reduction, mechanical resilience, corrosion resistance, optical transparency, and design adaptability. These properties not only enhance the efficiency and durability of stationary solar energy systems but also enable the integration of PV technologies into mobile platforms. The findings of this study highlight the transformative potential of advanced composites in the development of next-generation, multifunctional, and sustainable solar energy solutions.

Özet

Küresel enerji talebinin artmaya devam etmesiyle birlikte, çevre dostu, erişilebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaç her zamankinden daha kritik hale gelmiştir. Karbon salınımı olmayan üretim süreci, düşük kurulum ve işletme maliyetleri ile geniş coğrafi koşullarda uygulanabilirliği sayesinde güneş enerjisi,

en umut verici yenilenebilir enerji alternatiflerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışma, hem sabit hem de mobil uygulamalarda güneş panellerinin performansını artırmak amacıyla elyaf takviyeli polimer kompozitlerin kullanıldığı yenilikçi malzeme ve tasarım yaklaşımlarını sunmaktadır.

Çalışmanın ilk aşamasında, güneş panellerinin taşıyıcı çerçevelerinde geleneksel olarak kullanılan alüminyum profiller, yüksek modüllü cam elyaf takviyeli pultruzyon kompozit profillerle değiştirilmiştir. Bu kompozit profiller; önemli ölçüde hafiflik, üstün mekanik performans ve düşük termal genleşme katsayıları gibi birçok avantaj sunmaktadır. Bu özellikler, değişken sıcaklık koşullarında yapısal deformasyon ve çatlama riskini azaltmaktadır. Ayrıca, kompozitlerin korozyona karşı dirençli olması, onları kıyı bölgeleri veya açık deniz kurulumları gibi yüksek oranda aşındırıcı ortamlarda uzun vadeli kullanım için uygun hale getirmektedir. Elektriksel iletkenliklerinin olmaması ise topraklama gereksinimini ortadan kaldırarak kurulum sürecini kolaylaştırmaktadır. Tüm bu malzeme avantajlarının ötesinde, kompozit profillerin sağladığı tasarım esnekliği, üretilebilirliği ve sistem entegrasyonunu iyileştiren akıllı bağlantı ve modüler montaj yöntemlerinin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise, fotovoltaik (PV) hücrelerin araçlar gibi mobil platformlara entegrasyon yöntemleri kompozit üretim teknikleriyle araştırılmıştır. Güneş hücrelerinin çeşitli eğimli ya da özel yüzeylere enerji verimliliğinden ödün vermeden entegre edilebilmesini sağlayan çok katmanlı bir kompozit yapı geliştirilmiştir. PV hücresinin ön yüzeyinde, optimum ışık geçirgenliği sağlamak amacıyla yüksek şeffaflığa sahip cam elyaf/epoksi kompozit yapı yer almaktadır. Arka yüzeyde ise mekanik darbelere karşı koruma sağlamak için karbon elyaf takviyeli sandviç yapı tasarlanmıştır. Ayrıca, yüksek ısı yükleri altında verim kaybını azaltmak ve çalışma sıcaklığını dengelemek amacıyla karbon elyaf arka katmana faz değiştiren malzemeler (PCM) entegre edilmiştir. Bu yapı sayesinde PV modülleri, dış fiziksel gerilim altında dahi yapısal bütünlüklerini ve yüksek performanslarını koruyabilmektedir.

Geliştirilen kompozit yapılar, mekanik dayanım ve optik performansı değerlendirmek amacıyla serbest düşme darbe testlerine tabi tutulmuştur. Darbe testleri sonrasında yapılan elektrolüminesans (EL) görüntüleme, PV hücrelerinde iç mikro çatlak ya da işlevsel bir hasar oluşmadığını ortaya koymuş; üst yüzey kompozit tabakanın optik geçirgenliğinde ise herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.

Sonuç olarak, elyaf takviyeli polimer kompozitler; ağırlık azaltma, mekanik dayanıklılık, korozyon direnci, optik şeffaflık ve tasarım uyarlabilirliği

açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu özellikler, sabit güneş enerjisi sistemlerinin verimliliğini ve dayanıklılığını artırmanın yanı sıra, PV teknolojilerinin mobil platformlara entegrasyonunu da mümkün kılmaktadır. Bu çalışmanın bulguları, ileri kompozit malzemelerin yeni nesil, çok işlevli ve sürdürülebilir güneş enerjisi çözümlerinin geliştirilmesindeki dönüştürücü potansiyelini ortaya koymaktadır.

ATIK KAYNAKLI ZnFe_2O_4 'NUN GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ POLİETİLEN KOMPOZİTLERDE FONKSİYONEL KATKI MADDESİ OLARAK KULLANIMI

USE OF WASTE-DERIVED ZnFe_2O_4 AS A FUNCTIONAL ADDITIVE IN RECYCLED POLYETHYLENE COMPOSİTES

Hüsnu Onur Ertürk¹, Metehan Atagür¹, Ahmet Yavaş¹

¹Department of Metallurgical and Materials Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, İzmir Katip Çelebi University Balatçık, Airport Road No:33/2, Çiğli, İzmir 35620, Türkiye

husnuonure@gmail.com

Abstract

The environmental impact of industrial waste continues to be a major global concern, prompting the search for sustainable strategies that integrate waste materials into value-added applications. This study focused on the utilization of two significant industrial by-products—oxide scale from the iron and steel industry and zinc oxide (ZnO) recovered from electroplating sludge—as precursors for the synthesis of zinc ferrite (ZnFe_2O_4). The synthesized ZnFe_2O_4 powder, obtained through a solid-state process, was used as a functional additive in recycled polyethylene (rPE) composites. Composite pellets were prepared by incorporating the filler at varying weight fractions (0%, 5%, 10%, 15%, and 20%). All raw materials used in this study were derived from industrial waste or surplus, in line with circular economy principles.

This approach aims to contribute to the development of environmentally responsible composite materials. It was specifically intended to enhance the technical properties of rPE composites—primarily mechanical performance—and to impart electromagnetic interference (EMI) shielding capability through the inclusion of the ZnFe_2O_4 filler.

Keywords: [Upcycling, Recycled Polyethylene, Zinc Ferrite, EMI Shielding, Polymer Composite]

Özet

Endüstriyel atıkların çevresel etkisi, atık malzemeleri katma değerli uygulamalara entegre edilen sürdürülebilir stratejiler arayışını teşvik eden önemli bir küresel endişe olmaya devam etmektedir. Bu çalışma, iki önemli endüstriyel yan ürünün (demir çelik endüstrisinden elde edilen tufal ve elektrokaplama çamurundan geri kazanılan çinko oksit (ZnO) çinko ferrit (ZnFe_2O_4) sentezi için öncül olarak kullanılmasına odaklanılmıştır. Katı hal prosesi ile elde edilen sentezlenmiş ZnFe_2O_4 tozu, geri dönüştürülmüş polietilen (rPE) kompozitlerinde fonksiyonel bir katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Kompozit peletler, dolgu maddesinin değişen ağırlık fraksiyonlarında (%0, %5, %10, %15 ve %20) dahil edilmesiyle hazırlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan tüm hammaddeler, döngüsel ekonomi ilkeleri doğrultusunda endüstriyel atık veya artıklardan elde edilmiştir.

Bu yaklaşım, çevreye duyarlı kompozit malzemelerin geliştirilmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Özellikle rPE kompozitlerinin teknik özelliklerini (özellikle mekanik performans) geliştirmek ve ZnFe_2O_4 dolgu maddesinin dahil edilmesiyle elektromanyetik girişim (EMI) kalkanlama özelliği kazandırılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: [İleri dönüşüm, Geri Gönüştürülmüş Polietilen, Çinko Ferrit, EMI Kalkanlama, Polimer Kompozit]

VİTRİMER TEMELLİ KOMPOZİTLER: HAVACILIK İÇİN PREPREG UYGULAMALARI

VITRIMER BASED COMPOSITES: PREPREG APPLICATION FOR AEROSPACE

Merve Erdeğer¹, Yiğit Ilgaz¹, Emre Hoplamaz¹, Mehmet Konyar¹, Cem Öztürk¹

¹Kordsa Teknik Tekstil A.Ş., Sanayi Mah. Teknopark Bulvarı No: 1/1B, İstanbul
34906, Türkiye

merve.erdeger@kordsa.com

Abstract

The growing demand for high-performance, sustainable composite materials in transportation, wind energy, and aerospace sectors has accelerated the search for advanced matrix systems that can overcome the inherent limitations of traditional thermoset resins [1]. Conventional thermosets offer excellent mechanical strength, fatigue, and creep resistance, but their permanently crosslinked structure makes them impossible to reshape. As a result, recycling and reshaping are highly challenging, leading to increased waste and environmental concerns, especially as the consumption of composite materials continues to rise in high-value industries [2].

In response, vitrimers have emerged as a promising class of covalent adaptable networks (CANs) that bridge the gap between thermosets and thermoplastics [3,4]. Unlike conventional thermosets, vitrimers feature dynamic covalent bond exchange reactions that enable reshaping, repairing, and recycling of crosslinked polymer networks without significant loss in mechanical integrity or thermal stability [5]. This innovative chemistry combines the desirable robustness of thermosets with the processability and recyclability previously exclusive to thermoplastics, paving the way for more sustainable composite solutions.

To determine the fundamental resin properties of the vitrimer system, a two-stage thermal curing process was applied to the uncured resin in a metal mold: 30

minutes at 150 °C followed by 1 hour at 180 °C. The vitrimer resin exhibited a gelation time of 1.73 minutes at 180 °C, with a corresponding viscosity of 509 Pa s. Rheological measurements further indicated a viscosity of 197 Pa s at 130.42 °C after 40.4 minutes. Thermal behavior was analyzed using differential scanning calorimetry (DSC), showing an exothermic onset at 118.37 °C and an endset at 240.93 °C, with a normalized enthalpy of reaction of 77.06 J/g. The glass transition temperature (T_g) was observed at -9.54 °C, and the cured vitrimer resin exhibited a T_g of 83.74 °C as determined by dynamic mechanical analysis (DMA). Following this characterization, the vitrimer system was used to produce carbon and glass fiber reinforced prepregs through a hot melt process.

Both carbon and glass fiber prepregs underwent comprehensive mechanical and thermal characterization, including viscosity, DSC, DMA, and mechanical property evaluation (tensile, flexural, and interlaminar shear strength). Following the mechanical assessment, flame retardant vitrimer formulations were developed by incorporating ammonium polyphosphate (APP) or zinc borate additives. These fire-retardant modified vitrimers were used to produce glass fiber reinforced prepregs, and the resulting laminates were subjected to detailed flame, smoke, and toxicity (FST) performance analysis. The choice to focus on glass fiber systems for FST evaluation was guided by industry relevance and safety requirements in markets such as aerospace and transportation.

Results indicate that vitrimer matrices, when combined with carbon and glass fibers, yield composites with excellent mechanical strength and thermal stability, comparable to conventional epoxy-based systems. The unique dynamic chemistry of vitrimers further enables the reprocessing and repair of damaged or end-of-life laminates through simple thermal treatment, promoting sustainability and waste reduction. Moreover, the addition of APP or zinc borate significantly enhanced the FST properties of glass fiber reinforced vitrimer composites, expanding their applicability to safety-critical applications.

In summary, this work demonstrates the transformative potential of vitrimer-based matrices for next-generation fiber-reinforced prepregs, offering both high performance and advanced sustainability. The results indicate the broader adoption of vitrimers in composite manufacturing and point toward new opportunities for closed-loop production and end-of-life management in advanced industries, especially where flame retardancy is essential.

Keywords: [Vitrimer, Composites, Aerospace]

Özet

Ulaşım, rüzgar enerjisi ve havacılık gibi sektörlerde yüksek performanslı ve sürdürülebilir kompozit malzemelere yönelik artan talep, geleneksel termoset reçinelerin yapısal sınırlamalarını aşabilecek gelişmiş matris sistemlerine olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır [1]. Geleneksel termoset yapılar, yüksek mekanik dayanım, yorulma ve sürünme direnci gibi üstün özellikler sunmasına rağmen, kalıcı çapraz bağ yapıları nedeniyle yeniden şekillendirilememektedir. Bu durum, geri dönüşüm ve yeniden işleme süreçlerini oldukça zorlaştırmakta; özellikle yüksek katma değerli endüstrilerde kompozit kullanımının hızla artmasıyla birlikte çevresel etkilerin büyümesine neden olmaktadır [2].

Bu soruna çözüm olarak, vitrimer adı verilen ve termoset ile termoplastikler arasındaki boşluğu dolduran kovalent uyarlanabilir ağlar son yıllarda dikkat çekici bir malzeme sınıfı olarak ortaya çıkmıştır [3,4]. Vitrimerler, dinamik kovalent bağ değişim reaksiyonları sayesinde çapraz bağlı polimer ağlarının yeniden şekillendirilmesine, onarılmasına ve geri dönüştürülmesine olanak tanır [5]. Bu yenilikçi kimyasal yapı, termosetlerin mekanik sağlamlığını, yalnızca termoplastiklerde görülen işlenebilirlik ve geri dönüştürülebilirlik özellikleriyle birleştirerek sürdürülebilir kompozit çözümleri için yeni fırsatlar yaratmaktadır.

Bu çalışmada, vitrimer sisteminin temel reçine özelliklerini belirlemek amacıyla, metal bir kalıpta iki aşamalı bir ısıl kürleme prosesi uygulanmıştır: önce 150 °C'de 30 dakika, ardından 180 °C'de 1 saat süreyle kürleme gerçekleştirilmiştir. Reçine, 180 °C'de 1,73 dakikada jelleşme göstermiş ve bu sıcaklıkta 509 Pa.s viskozite değerine ulaşmıştır. Reolojik analizler sonucu, ayrıca 130,42 °C'de 40,4 dakika sonunda 197 Pa.s viskozite değeri vermiştir. DSC (Diferansiyel Taramalı Kalorimetri) analizleri, ekzotermik reaksiyonun 118,37 °C'de başladığını ve 240,93 °C'de sonlandığını göstermiştir; normalize entalpi değeri ise 77,06 J/g olarak ölçülmüştür. Camsı geçiş sıcaklığı (T_g) başlangıcı -9,54 °C olarak belirlenmiş, kürlenmiş reçinenin nihai T_g değeri ise DMA (Dinamik Mekanik Analiz) testine göre 83,74 °C olarak ölçülmüştür. Bu karakterizasyon çalışmalarını takiben, vitrimer sistemi sıcak eriyik yöntemiyle karbon ve cam elyaf takviyeli prepreg üretiminde kullanılmıştır.

Üretilen karbon ve cam elyaf takviyeli prepregler, viskozite, DSC, DMA ve mekanik testler (çekme, eğilme ve ara tabaka kesme dayanımı) dahil olmak üzere kapsamlı mekanik ve termal karakterizasyonlara tabi tutulmuştur. Mekanik değerlendirmelerin ardından, vitrimer formülasyonlarına amonyum polifosfat (APP) ya da çinko borat katkı maddeleri eklenerek alev geciktirici özellik

kazandırılmıştır. Bu katkılarla modifiye edilen reçinelerle cam elyaf takviyeli prepregler üretilmiş ve bu yapılar alev, duman ve toksisite (FST) performansı açısından detaylı şekilde analiz edilmiştir. Cam elyaf sistemlerinin seçilmesinin nedeni, endüstrideki yaygın kullanımı ve güvenlik gereklilikleridir.

Sonuçlar, vitrimer matrislerin karbon ve cam elyaflarla birlikte kullanıldığında, geleneksel epoksi sistemlerle karşılaştırılabilir seviyede mekanik ve termal performans sunduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, vitrimerlerin dinamik kimyası, hasar görmüş veya kullanım ömrünü tamamlamış yapıların ısıyla kolayca yeniden şekillendirilmesine ve onarılmasına olanak tanımakta; bu da sürdürülebilirliği ve atık azaltımını desteklemektedir. APP veya çinko borat ilavesi, cam elyaf takviyeli vitrimer kompozitlerin yangın, duman üretme ve toksisite (FST) özelliklerini belirgin şekilde iyileştirerek, bu malzemelerin güvenlik açısından kritik uygulamalarda kullanım alanını genişletmiştir.

Özetle, bu çalışma vitrimer bazlı matris sistemlerinin, yeni nesil elyaf takviyeli prepreglerde yüksek performans ve sürdürülebilirliği birlikte sunan dönüştürücü bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen bulgular, vitrimerlerin ileri düzey kompozit üretiminde daha geniş ölçekte benimsenmesini desteklemekte ve özellikle alev geciktirici özelliklerin kritik olduğu sektörlerde kapalı döngü üretim ve geri dönüşüm için yeni fırsatların önünü açmaktadır.

Anahtar Kelimeler: [Vitrimer, Kompozitler, Havacılık]

References

- [1] Denissen, W., Winne, J. M., & Du Prez, F. E. (2016). Vitrimers: Permanent organic networks with glass-like fluidity. In *Chemical Science* (Vol. 7, Issue 1, pp. 30–38). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c5sc02223a>
- [2] Schenk, V., Labastie, K., Destarac, M., Olivier, P., & Guerre, M. (n.d.). Vitrimer composites: current status and future challenges. *Vitrimer composites: current state and future challenges*. <https://doi.org/10.1039/d2ma00654e>
- [3] Guerre, M., Taplan, C., Winne, J. M., & Du Prez, F. E. (2020). Vitrimers: directing chemical reactivity to control material properties. In *Chemical Science* (Vol. 11, Issue 19, pp. 4855–4870). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d0sc01069c>
- [4] Zheng, J., Png, Z. M., Ng, S. H., Tham, G. X., Ye, E., Goh, S. S., Loh, X. J., & Li, Z. (2021). Vitrimers: Current research trends and their emerging applications. In *Materials Today* (Vol. 51, pp. 586–625). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2021.07.003>

[5] Alabiso, W., & Schlögl, S. (2020). The impact of vitrimers on the industry of the future: Chemistry, properties and sustainable forward-looking applications. In *Polymers* (Vol. 12, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/POLYM12081660>



PRACTICAL WORKSHOP / UYGULAMALI ÇALIŞTAY

FUTURE IN COMPOSITE MATERIALS: SUSTAINABLE, HIGH-PERFORMANCE, DIGITALLY-DRIVEN APPLICATIONS

KOMPOZİT MALZEMELERDE GELECEK: SÜRDÜRÜLEBİLİR, YÜKSEK PERFORMANSLI VE DİJİTAL ODAKLI UYGULAMALAR

The objective of the workshop is to provide participants with fundamental knowledge and hands-on experience in polymer composites and related manufacturing technologies. Through current topics such as 3D scanning, additive manufacturing, structural strengthening, mold repair, infusion, and RTM processes, the workshop aims to enhance the technical competence of participants. In this context, the workshops also aim to strengthen academia-industry collaboration, support knowledge transfer, and facilitate participants' adaptation to sectoral innovations.

Çalıştayın amacı; katılımcılara polimer kompozitler ve ilgili üretim teknolojileri konusunda temel bilgi ve uygulama deneyimi kazandırmayı amaçlamaktadır. 3D tarama, eklemeli imalat, yapısal güçlendirme, kalıp onarımı, infüzyon ve RTM yöntemleri gibi güncel konular üzerinden katılımcıların teknik donanımı artırılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda çalıştaylar, akademi-sanayi iş birliğini güçlendirmeyi, bilgi transferini desteklemeyi ve katılımcıların sektörel yeniliklere adapte olmasını amaçlamaktadır.

PRACTICAL WORKSHOP SCHEDULE / UYGULAMALI ÇALIŞTAY
PROGRAMI

2 OCTOBER 2025 THURSDAY - 2 EKİM 2025 PERŞEMBE

COORDINATORS / KOORDİNATÖRLER

Serhat KARABAĞ (Enercon Aero Rüzgar Endüstrisi A.ş.)

İbrahim KÖSE (Kosse Kompozit Pazarlama ve Mühendislik Ltd. Şti.)

SUBJECT/KONU: Next-Generation Digital Technologies in Composite
Manufacturing/ Kompozit Üretiminde Yeni Nesil Dijital Teknolojiler

TIME / SAAT SUBJECT / KONU

13:30-13:50 Opening / Açılış - Hasan ÖMER (Herkim Polimer Kimya San. Tic.
Ltd. Şti.)

13:50-14:50 3D Scanning of Manufactured Parts and Comparison with CAD
Models/ 3D Tarayıcılar ile Üretilmiş Parçaların Taranması ve Bunların CAD
Verileri ile Karşılaştırmasının Yapılması

Koordinatör - Dr. Alperen DOĞRU (Ege Üniversitesi) Abdullah ATA (Hexagon)

14:50-15:05 Coffee Break / Kahve Arası

15:05-16:05 Additive Manufacturing of Composite Structures / Kompozit
Yapıların Eklemeli İmalatı

Koordinatör - Dr. Alperen DOĞRU (Ege Üniversitesi)

Alper TOKKUŞ (Başaran Teknoloji San. Tic. Ltd. Şti)

Oktay TURAN (Omniiform A.Ş)

SUBJECT/KONU: Strengthening of Structures with Polymer Composites/
Yapıların Polimer Kompozitler ile Güçlendirilmesi

16:05-17:40 Strengthening of Structures with Polymer Composites/ Yapıların Polimer Kompozitler ile Güçlendirilmesi

Koordinatör – Dr. Volkan ACAR (Atatürk Üniversitesi)

Prof. Dr. Ferit ÇAKIR (Gebze Teknik Üniversitesi)

Doç. Dr. M. Selim ÖKTEN (Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi)

Yalın AYDIN (Spinteks Tekstil İnşaat San ve Tic A.Ş.)

Koray AYDIN (Tetraglobe Yapı Malzemeleri Pazarlama A.Ş.)

Tolga KUTLUĞ (Omnis Kompozit Ltd.)

Yavuzhan Hezer (Omnis Kompozit Ltd.)

PRACTICAL WORKSHOP PROGRAMME/ UYGULAMALI ÇALIŞTAY PROGRAMI

3 OCTOBER 2025- FRIDAY /3 EKİM 2025-CUMA

COORDINATORS / KOORDİNATÖRLER

Serhat KARABAĞ (Enercon Aero Rüzgar Endüstrisi A.Ş.)

İbrahim KÖSE (Kosse Kompozit Pazarlama ve Mühendislik Ltd. Şti.)

SUBJECT / KONU: Mold Repair and Maintenance/ Kalıpların Tamiri ve Korunması

TIME / SAAT SUBJECT / KONU

09:20-10:50 Mold Repair and Maintenance/ Kalıpların Tamiri ve Korunması

Koordinatör - Hasan ÖMER (Herkim Polimer Kimya San. Tic. Ltd. Şti.)

İbrahim KÖSE (Kosse Kompozit Pazarlama ve Mühendislik Ltd. Şti.)

Ali KARAMAN (Herkim Polimer Kimya San. Tic. Ltd. Şti.)

10:50-11:05 Coffee Break / Kahve Arası

SUBJECT / KONU: Technology of Polymeric Composite Materials Production/
Polimerik Kompozit Malzemelerden Üretim Teknolojisi

11:05-12:35 Composite Production Using RTM and Resin Infusion
Technologies/ RTM ve İnfüzyon Teknolojileri ile Kompozit Üretimi

Koordinatör - Sadık ASLITÜRK (Polkima Polyester Kimya Ve Makina
San.Tic.A.Ş)

Mertcan ASLITÜRK (Polkima Polyester Kimya Ve Makina San.Tic.A.Ş)

12:35–13:35 Lunch Break/Öğle Yemeği

13:35-15:05 SMC/BMC/CF-SMC Composite Manufacturing/SMC/BMC/CF
- SMC Kompozit üretimi

Koordinatör – Özgür SÖNMEZ(Literatur Kimya Elek. Ins.Taah. Turz. Ve Oto
Ith. Ihr. San. Tic. Ltd. Sti.)

Özlem URAL (Literatur Kimya Elek. Ins.Taah. Turz. Ve Oto Ith. Ihr. San. Tic.
Ltd. Sti.)

SUBJECT / KONU: Technology of Polymeric Composite Materials Production/
Polimerik Kompozit Malzemelerden Üretim Teknolojisi

15:05-16:35 Silicone Bagging Process/ Silikon Kalıp ile Reçine Transferi

Koordinatör – Burak DARCAN (Tila Composite Representation Domestic and
Foreign Trade. Ltd. Şti.)

İbrahim KÖSE (Kosse Kompozit Pazarlama ve Mühendislik Ltd. Şti)

Prof.Dr. Abdullah Tuğrul SEYHAN (Eskişehir Teknik Üniversitesi)

Murat KAYA (Northstar A.ş.)

16:05 – 16:35 Critical Failures and Their Consequences on Wind Power Plants
/ Rüzgar Enerji Santrallerinde

Kritik Hasarlar ve Yarattığı Sonuçlar

Nur KARAŞAHİN - (Nova Power & Kompotek Kompozit)

16:35-16:50 Coffee Break / Kahve Arası

16:50–18:00 Workshop panel/ Çalıştay Paneli

Hasan ÖMER (Herkim Polimer Kimya San. Tic. Ltd. Şti.)

İbrahim KÖSE (Kosse Kompozit Pazarlama ve Mühendislik Ltd. Şti)

Serhat KARABAĞ (Enercon Aero Rüzgar Endüstrisi A.Ş.)

Burak DARCAN (Tila Composite Representation Domestic and Foreign Trade.
Ltd. Şti.)

Özgür SÖNMEZ(Literatur Kimya Elek. Ins.Taah. Turz. Ve Oto Ith. Ihr. San. Tic.
Ltd. Sti.)

Sadık ASLITÜRK (Polkima Polyester Kimya Ve Makina San.Tic.A.Ş)

Dr. Volkan ACAR (Atatürk Üniversitesi)

Dr. Alperen DOĞRU (Ege Üniversitesi)

Avrupa'nın en hızlı büyüyen Türk kompozit markası.

Düğmeden rüzgar türbin kanatlarına, mutfak tezgahlarından otomotiv parçalarına kadar, hayatın her alanında kullanılan ürünlerde katkımız var.



40 yılı aşkın süredir; Ar-Ge odaklı iş modelimiz, sunduğumuz yüksek performans ürünler ve müşteriye özel çözümlerle kompozit sektörüne yön veriyoruz. Büyüyen iş hacmimizle bu yıl Türkiye'nin ilk 500 büyük sanayi kuruluşu arasında yer aldık.

Doymamış poliester reçineleri başta olmak üzere; yüksek performans jelkotlar, vinilester reçineler, pigment pastalar, masif yüzey sistemler, yapıştırıcı pastalar, kalıp ayırıcı ve vakslara kadar kapsamlı ürün portföyümüz ve A'dan Z'ye kompozit çözümlerimiz ile Türk sanayisinin önemli bir parçası olmaktan gurur duyuyoruz.



Headquarters | Merkez Ofis
Fevkîy Bulvarı, No:46
Avicör 34325 İstanbul, Turkey
T +90 (212) 509 31 90
F +90 (212) 509 31 94

www.poliya.com

© Poliya Inc. 1983 - 2025. All Rights Reserved.



Symposium & Workshops
6th International
POLYMERIC
composites

CONTRIBUTORS/DESTEKLEYENLER



EGE BÖLGESEL SANAYİ ODASI
AEGEAN REGION CHAMBER OF INDUSTRY



SPONSORS/SPONSORLAR

