



International Conference on Materials Science and Manufacturing

Editor:
Prof. Dr. Uğur KÖKLÜ

PROCEEDINGS

ISBN: 978-625-99488-7-4

17-18
November

2023

Turkey

url: <https://matsciman.com>

INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATERIALS SCIENCE AND
MANUFACTURING (ICMSM 2023)

November 17-18, 2023

ULUSLARARASI MALZEME BİLİMİ VE İMALAT KONFERANSI
(ICMSM 2023)

17-18 KASIM 2023

PROCEEDING E-BOOK/ BİLDİRİLER KİTABI

Karaman/TÜRKİYE

COPYRIGHT © 2023

BY ASES CONGRESS ORGANIZATION

PUBLISHING COMPANY LIMITED

ALL RIGHTS RESERVED. NO PART OF THIS PUBLICATION MAY BE REPRODUCED, DISTRIBUTED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING OR OTHER ELECTRONIC OR MECHANICAL METHODS, WITHOUT THE PRIOR WRITTEN PERMISSION OF THE PUBLISHER, EXCEPTIN THE CASE OF BRIEF QUOTATIONS EMBODIED IN CRITICAL REVIEWS AND CERTAIN OTHER NONCOMMERCIAL USES PERMITTED BY COPYRIGHT LAW. ASES CONGRESS ORGANIZATION PUBLISHING® IT IS RESPONSIBILITY OF THE AUTHOR TO ABIDE BY THE PUBLISHING ETHICS RULES.

ASES PUBLICATIONS – 2023©

LICANCE KEY: 2022/ 6 3715

12.12.2023

ISBN: 978-625-99488-7-4

ICMSM 2023

International Conference on Materials Science and Manufacturing

November 17-18, 2023

Online-Live

<https://matsciman.com>

This conference proceedings book is published as an electronic format as e-book.

Tüm Hakları Saklıdır / All Rights Reserved.

* Bu kitapta yazılı olan her türlü bilgi ve yorumun sorumluluğu yazara aittir/ The responsibility for any information and comments written in this book belongs to the authors.

It may not be copied or reproduced without permission.

Kasım, 2023/ November, 2023

International Conference on Materials Science and Manufacturing ICMSM 2023

Speakers



Dr. R.A. Ilyas
Universiti Teknologi
Malaysia, Malaysia



Dr. Muhammad Pervej Jahan
Miami University, United States



Dr. Ionut Cristian Scurtu
Naval Academy Mircea cel
Batran, Romania



Dr. Mahmoud Khedr
Benha University, Egypt

Conference web page: <https://matsciman.com>

Conference Date:	November 17-18, 2023
Abstract Submission Deadline:	October 25, 2023
Full Paper Submission Deadline:	November 5, 2023
Registration Deadline:	November 10, 2023
Venue:	Online platform

Karamanoglu Mehmetbey University, Karaman-TÜRKİYE
URL: <https://matsciman.com>
Phone/WhatsApp: +90 506 234 4820
E-mail: kongre@matsciman.com

General Information

Genel Bilgi

ICMSM 2023

International Conference on Materials Science and Manufacturing

November 17-18, 2023

Online-Live

<https://matsciman.com>

Zoom Meeting Information

Please click on the zoom link provided for each session below or the link located in the each session on the program to attend the session of your choice. The Zoom application is free and no need to create an account. Any session can be joined without a password. Meeting passcode will be encrypted and included in the invite link to allow participants to join with just one click without having to enter the passcode. Speakers must be connected to the session 10 minutes before the presentation time.

Technical Information

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as PDF at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname
exp. NAME SURNAME

Zoom Toplantı Bilgileri

İstedığınız oturuma katılmak için lütfen aşağıda her oturum için verilen Zoom bağlantısına veya programdaki her oturumda yer alan bağlantıya tıklayın. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmanıza gerek yoktur. Herhangi bir oturuma şifre gerekmeden katılabilirsiniz. Toplantı şifresi şifrelenecek ve katılımcıların şifreyi girmeye gerek kalmadan tek tıklamayla toplantıya katılmasına olanak sağlamak için davet bağlantısına eklenecek. Konuşmacıların sunum saatinden 10 dakika önce oturuma bağlanması gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir.

Teknik Bilgiler

- Bilgisayarınızda mikrofon olduğuna ve çalıştığına emin olun.
- Zoom'da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz.
- Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza PDF olarak gönderilecektir.
- Moderatör - oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.
- Zoom'a giriş yapmadan önce lütfen adınızı soyadınızı belirtiniz. Örnek: AD SOYAD

Communication

İletişim

Principal Contact

E-mail: kongre@matsciman.com

Web page: <https://matsciman.com>



International Conference on Materials Science and Manufacturing
November 17-18, 2023-Turkey

ICMSM 2023

International Conference on Materials Science and Manufacturing

November 17-18, 2023

Online-Live

<https://matsciman.com>

Moderating a Session

We appreciate all of the moderators' contributions to the conference. The moderators are expected to assist us in the smooth functioning of the conference.

- ❖ Please keep in mind that each presenter has a total of 20 minutes. It's important to have perfect timing.
- ❖ The moderator decides whether to take questions from the audience: at the end of each presentation or at the end of the session.
- ❖ Please remind attendees to send their questions and comments to the Zoom chat.
- ❖ Finally, if any of the presenters in your session does not participate and present her/his paper, please notify us by sending an email to kongre@matsciman.com.

Presentation Information

Each presentation has a **total time limit of 20 minutes**: 15 minutes for the presentation + 5 minutes for questions & answers. The moderator has the authority to rearrange the presentation order in the session. Please arrive at least 5 minutes prior to the start of your session and turn on your camera during your presentation. Please keep in mind that each presenter is required to remain for the duration of the session.



ICMSM 2023

International Conference on Materials Science and Manufacturing

November 17-18, 2023

Online-Live

<https://matsciman.com>

Committees

Komiteler

Organizing Committee

- Aamer Sharif, Ph.D, Cecos University of IT and Emerging Science, Pakistan.
- Daniel Chuchala, Ph.D, Gdansk University of Technology Poland.
- Ekrem Oezkaya, Ph.D, Institute of Machining Technology, TU Dortmund, Germany.
- Eva Schmidova, Ph.D, University of Pardubice, Czech Republic.
- Fuat Kara, Ph.D, Düzce University, Türkiye.
- Gururaj Bolar, Ph.D, Manipal Academy of Higher Education, India.
- Khaled Giasin, Ph.D, University of Portsmouth, United Kingdom.
- Uğur Köklü, Ph.D, Karamanoğlu Mehmetbey University, Turkey (Conference Chairman)
- *Listed alphabetical order by name

Science Committee

- A.Tamilarasan, PhD. Er.Perumal Manimekalai Engineering College, India.
- Engin Kocaman, PhD. Zonguldak Bulent Ecevit University, Turkey.
- Erkin Akdoğan, PhD, Karamanoğlu Mehmetbey University, Turkey.
- Grzegorz M. Królczyk, PhD, Opole University of Technology, Poland.
- Ionut Cristian SCURTU, PhD. Eng., Naval Academy Constanta Romania
- Levent Urtekin, PhD, Kırşehir Ahi Evran University, Turkey.
- LokeshK Sri Ramamurth, PhD, Srinivas Institute of Technology, India.
- Mahmoud Khedr, PhD, Benha University, Egypt.
- Mitsuo Niinomi, PhD, Tohoku University, Japan.
- Mohamed A. Eltaher, PhD. King Abdulaziz University, Saudi Arabia.
- Muhammad Faisal, PhD. Allama Iqbal Open University, Pakistan
- Muhammad Pervej Jahan, PhD. Miami University, United States
- Murat Sarıkaya, PhD, Sinop University, Turkey.
- Mustafa Kuntoğlu, PhD, Selçuk University, Turkey.
- Oğuz Koçar, PhD. Zonguldak Bulent Ecevit University, Turkey.
- Shujian Li, PhD, Hunan University of Science and Technology, China.
- Şakir Yazman, PhD, Selçuk University, Turkey.
- *Listed alphabetical order by name



International Conference on Materials Science and Manufacturing
November 17-18, 2023-Turkey

From the President of the Conference,

Greetings to all participants,

It is a great pleasure for me to welcome you to the International Conference on Materials Science and Manufacturing (ICMSM) 2023 Conference.

We hope that this conference will create a friendly occasion for all to share perspectives and research findings from a wide variety of all engineering. We also dearly value possible friendships and partnerships made and insights gained at the conference and hope they will go beyond your participation in the conference, leading to better understanding and appreciation of our profession from an international stance.

With very best wishes,

Prof. Dr. Uğur KÖKLÜ

President of ICMSM 2023

Açılış Konuşması

Değerli katılımcılar Uluslararası Malzeme Bilimi ve İmalat konferans başkanı olarak sizleri en kalbi duygularıyla selamlıyorum ve konferansımıza hoş geldiniz diyorum. Değerli katılımcılar davetimizi dikkate alarak Uluslararası Malzeme Bilimi ve İmalat Konferansına bildiri ile katılım sağladığınız için çok teşekkür ederiz. Uluslararası Malzeme Bilimi ve İmalat Konferansı çevrimiçi olarak gerçekleştirilecektir. Konferans, malzeme bilimi ve imalat alanındaki teknolojik gelişmeleri ve araştırma sonuçlarını sunmak ve paylaşmak için uluslararası bir platform görevi görecektir. Sanal ortamda dahi olsa sizleri ağırlamaktan ve bilgi paylaşımından dolayı çok mutlu oluyoruz. Umut ediyoruz ki sizlerle verimli ve unutulmaz bir konferans yaşayacağız. Konferansta ABD den, Dr. Muhammad Pervej Jahan, Malaysia Dr. Ilyas, Çin den Dr. Mahmoud Khedr, ve Romanya dan Dr. Ionut Cristian Scurtu davetli konuşmacı olarak katılım sağlayacaklar. Davetimizi kabul ettikleri için bilim insanlarına da çok teşekkür ederim. Konferansta toplam 27 bildiri sunulacaktır. Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Malezya, Romanya, Macaristan, İtalya, İspanya, Endonezya, Çek Cumhuriyeti ve İrlanda'dan bilim insanlarının yer aldığı bildiriler sunulacaktır. Konferansımızda hem endüstriden hem de akademik camiadan bildiriler bulunmaktadır. Umut ediyorum ki arzulanan Üniversite ile endüstri bir araya gelerek çok başarılı çalışmalar yapılacaktır. Konferansta 7 oturum olacaktır. Bir sonraki konferansta görüşmek temennisiyle

Konferansımıza katıldığınız için tekrar teşekkür ederim.

Saygılarımla

Programme

Program

Hall 1	Friday, November 17, (17 Kasım, Cuma)	08:20 AM - 07:45 PM
Hall 2	Friday, November 17, (17 Kasım, Cuma)	09:00 AM - 12:10 PM

Friday, November 17, 2023 Time zone in Turkey (UTC+3)	17 Kasım Cuma 2023
Meeting ID: 269 738 6033 Password: 2023	
https://us06web.zoom.us/j/2697386033?pwd=0CVVVNjiWfUks9zj58wzLVSLraRyo.1	
Click to connect/bağlanmak için tıklayınız	

Opening speech/ Açılış konuşması	
08:00-08:15 AM	Dr. Uğur Köklü , Conference Chairman
Session 1 Hall 1	(08:20-09:40 AM) Session Chair: Dr. Levent Urtekin
08:20-08:40 AM	Nano Grafen Takviyeli Polipropilen Kompozit Malzemesinin Mekanik ve Termal Davranışlarının İncelenmesi <u>Ömer Sengül</u> , Ferhat Çalışkan, Kadir Yalçın
08:40-09:00 AM	Çok Malzemeli Parçaların Yapıştırılma İşleminde Parça Doluluk Oranı ve Malzeme Faktörlerinin Değerlendirilmesi İrem Kurt Benli, Nergizhan Anaç, Oğuz Koçar, <u>Furkan Parmaksız</u>
09:00-09:20 AM	MIG/MAG Kaynağında Koruyucu Kaynak Gazı Debisinin Kaynak Nüfuziyetine Etkilerinin Analizi ve İncelenmesi Anıl Şeker, Furkan Değirmencioglu, Mesut Karakuş
09:20-09:40 AM	Otomobil Depo Yakıt Seviye Kapağının Metalden Plastiğe Dönüşümü ile Ağırlık Azaltma Uygulaması Üzerine Bir Araştırma Uğur Efe
09:40-10:00 AM Break	

Session 1 Hall 1	(10:00-11:50 AM) Session Chair: Dr. Sezer Morkavuk
10:00-10:30 AM	Keynote speaker Dr. Ilyas R.A. Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia. Nanocellulose: Unlocking Its Potential from Bioresource to Material Development and Varied Applications
10:30-10:50 AM	Project Cost Efficiency with Collated Carbon Reinforced (CORO) Implementation for Concrete construction in PT Pertamina Patra Niaga Regional Papua Maluku, Much Arif Amrulloh, Sandi Mulya, Hasbi Fahada, Digby Febri A A
10:50-11:10 AM	Investigation of Cobalt Recovery from End of Life Li-Ion Batteries <u>Sevde Rana Günal</u> , Mert Saraçoğlu, Utku Orçun Gezici, Servet Timur
11:10-11:30 AM	Enrichment of PGMs From Waste Auto-catalytic Convertors: Lab-scale Arc Furnace Design and Slag Optimization <u>Mert Saraçoğlu</u> , Bora Ayvaz, Semih Karaman, Sevde Rana Günal, Kerem Can Dizdar, Utku Orçun Gezici, Servet Timur
11:30-11:50 AM	The Investigation of Mechanical Properties and Performance of Additively Manufactured Stainless Steel Bolts <u>Burak Hizli</u> , Sarper Dogan, M. Burak Toparli, Umut Ince, Paul Boreham, Kyriakos Kourousis
11:50 AM-02:00 PM Break	

Session 1 Hall 1		(02:00-03:20 PM)	Session Chair: Dr. Fuat Kara
02:00-02:20 PM	Düşük Alaşım ve Yalın Karbonlu Çeliklerin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Östemperleme Proseslerinin Etkisi <u>Şerife Helvacıoğlu</u> , <u>Gökhan Sağlam</u> , <u>Ayşe Erkan</u> , <u>Ümmihan T. Yılmaz</u>		
02:20-02:40 PM	Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Sıvı Tip Gözetleme Camlarının İmalatında Karşılaşılan Problemlerin Çözümü ve Tasarım Optimizasyonu <u>Kasım Karataş</u> , <u>Emin Yiğit Umur</u>		
02:40-03:00 PM	Tel Alev Sprey, Yüksek Hızlı Oksi Yakıt ve Toz Alev Sprey Teknikleri ile Birleştirilen Molibden Kaplamaların Mikroyapısal Karakterizasyonu Ve Mekanik Özellikleri <u>Cihan Ergun</u> , <u>Amir Motallabzadeh</u>		
03:00-03:20 PM	Armor Steel Ballistic Test Processes <u>Melek Altay</u> , <u>Ali Orhan</u>		
03:20-03:30 PM Break			

Session 1 Hall 1		(03:30-05:20 PM)	Session Chair: Dr. Murat Mayda
03:30-04:00 PM	Keynote speaker Dr. Mahmoud Khedr , Jiangsu University, Zhenjiang, China The effect of friction stir drilling on the mechanical properties of 6082 Al-alloy		
04:00-04:15 PM	Keynote speaker Dr. Ionut Cristian Scurtu Naval Academy Mircea cel Batran, Romania. Manufacturing and design of the offshore structure Froude scale model		
04:20-04:40 PM	Synthesis, Biodegradation and Application of Biopolymers Derived from Starch in the Treatment of Hard Water <u>Adrián Matencio</u> , <u>Edoardo Fioravanti</u> , <u>David Rupérez-Cebolla</u> , <u>Filomena Silva</u> , <u>Danielle dalla Pria</u> , and <u>Francesco Trotta</u>		
04:40-05:00 PM	Development of Sustainable, Active and Intelligent Packaging Solutions Utilizing Natural-Based Components <u>Katalin Halász</u> , <u>Edit Erdősi</u> , <u>István Erdősi</u> , <u>Tamás Dobronyi</u>		
05:00-05:20 PM	An Investigation of The Fatigue Life of WC- 26 Wt.% Co Material Used in Cold Forging Dies <u>Burak Hizli</u> , <u>Kubra Ozturk</u> , <u>M. Burak Toparli</u> , <u>Umut Ince</u>		
05:20-06:00 PM Break			

Session 1 Hall 1		(06:00-07:45 PM)	Session Chair: Dr. Zahid Hamarat
06:00-06:45 PM	Invited speaker Dr. Muhammad Pervej Jahan , Miami University, United States Sustainable post-processing of 3D printed CFRP composites - A numerical and experimental study		
06:45-07:05 PM	Investigation of the Effect of the Cutting Parameters on Surface Roughness and Machining Accuracy of the Workpiece in the Milling Operation of AL 7075-T6 <u>Eymen Akdeniz</u> , <u>Mustafa Bozdemir</u>		
07:05-07:25 PM	Chemical foaming of compatibilized wollastonite filled polypropylene composites <u>Mert Çalışkan</u> , <u>Meral Akkoyun Kurtlu</u>		
07:25-07:45 PM	Investigation of the New Sgns Type Wagon Design with Different Loading Scenarios <u>Fatih Sarucan</u> , <u>Mustafa Özyurt</u> , <u>Ömer Faruk Erol</u>		

Session 1 Hall 2		(09:00-10:20 AM)	Session Chair: Dr. Mehmet Şahin ATAŞ
09:00-09:20 AM	Influence of Chemical Etchings on Roughness, Degradation, and Ion Release of Niti Alloys Yakup Say		
09:20-09:40 AM	Farklı Metakrilat Monomerleri İçeren Maleik Anhidrit-Stiren Bazlı Terpolimerlerin Sentezi Karakterizasyonu ve Termomekanik Özelliklerinin Belirlenmesi Ersen Yılmaz		
09:40-10:00 AM	Precipitation of Erbium Molybdates from Molybdenum-Containing Leaching Solution Mehmet Kayra Karacahan		
10:00-10:20 AM	3 Boyutlu Yazıcıyla Üretilmiş Plakaların Sürtünme Karıştırma Kaynağı Nergizhan Anaç, Oğuz Koçar, Emre Kanlı, Cihan Altuok		
10:20-10:30 AM Break			

Session 1 Hall 2		(02:00-04:00 PM)	Session Chair: Dr. Oğuz Koçar
10:30-10:50 AM	Improvement of Seat Bracket Design Using Finite Element Analysis Mert Lüye, Emre Sevenol, İlayda Aldatmaz		
10:50-11:10 AM	Mikrokapsül Destekli Termokromik Göstergeli Bebek Örtüsü Hüner Aydın, Şule Bayram		
11:10-11:30 AM	Savurma Döküm Yöntemi Kullanılarak Paslanma Süresi Uzatılmış Vals Silindir Üretiminin Gerçekleştirilmesi Mehmet Solmaz, Battal Yalım, Mehmet Bağcı		
11:30-11:50 AM	Gofret İmalat Hatlarında Kullanılan Gofret Taşıma Makarası Kadir Bakırtaş, Uğur Köklü		
11:50AM-12:10PM	Post-Tüketici Kaynaklı Polietilen/Thermoplastik Nişasta Karışımlarının Hazırlanması ve Karakterizasyon Barış Oner, Tolga Gokkurt, Yasemen Gokkurt, Ayşe Aytac		

Evrak Tarih ve Sayısı: 06.10.2023-153327



T.C.
KARAMANOĞLU MEHMETBEY ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Personel Daire Başkanlığı

Sayı :E-97863528-050.02-153327
Konu :Yönetim Kurulu Kararı (Görevlendirme-
Prof. Dr. Uğur Köklü)

06.10.2023

MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 05.10.2023 tarihli ve 153236 sayılı yazı.

Fakülteniz Makine Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Uğur KÖKLÜ'nün 17-18 Kasım 2023 tarihlerinde düzenlenecek olan Uluslararası Malzeme Bilimi ve İmalat Konferansında (ICMSM2023) akademisyen temsilcisi ve konferans başkanı olarak görevlendirilmesine ilişkin Yönetim Kurulunuzun 05/10/2023 tarihli ve 39-2023/171 sayılı kararı uygun görülmüştür.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Nevzat AYDIN
Rektör V.

Ek :Yönetim Kurulu Kararı (1 sayfa)

Mevcut Elektronik İmzalar

NEVZAT AYDIN (Rektörlük - Rektör V.) 06.10.2023 14:28

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :BS9BRET4R

Belge Doğrulama Adresi : <https://www.turkiye.gov.tr/karamanoglu-mehmetbey-universitesi-ebys>

Adres :Yunus Emre Yerleşkesi 70100/KARAMAN

Tel:0338 226 20 42 Belgegeçer :0338 226 20 40

E-Posta :personel@kmu.edu.tr Elektronik Ağ :<https://kmu.edu.tr/personel>

Keş Adresi: kmu.rektorluk@hs01.kep.tr

Bilgi için: Ramazan AY

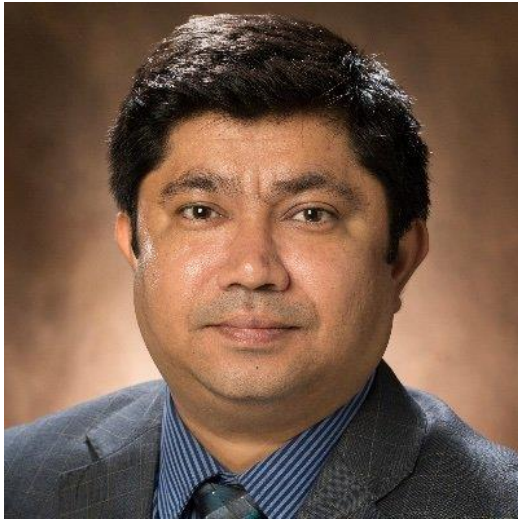
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni

Tel No: 0 338 226 20 00-3354



Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Keynote and Invited speakers- Davetli Konuşmacılar



Dr. Muhammad Pervej Jahan, Miami University, United States

The speech title: Sustainable post-processing of 3D printed CFRP composites - A numerical and experimental study



Dr. R.A. Ilyas, Universiti Teknologi Malaysia, Malaysia

The speech title: Nanocellulose: Unlocking Its Potential from Bioresource to Material Development and Varied Applications



Dr. Mahmoud Khedr, Jiangsu University, Zhenjiang, China

The speech title: The effect of friction stir drilling on the mechanical properties of 6082 Al-alloy



Dr. Ionut Cristian Scurtu Naval Academy Mircea cel Batran, Romania

The speech title: Manufacturing and design of the offshore structure Froude scale model

PROCEEDINGS / BİLDİRİLER

TAM METİN SUNUMLAR

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN SIVAMALI TİP GÖZETLEME CAMLARININ İMALATINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLERİN ÇÖZÜMÜ VE TASARIM OPTİMİZASYONU

Kasım KARATAŞ¹, Emin Yiğit UMUR²

¹Ar-Ge Makina Mühendisi, E.C.A. Valf Sanayii A.Ş., kasimkaratas@valf.com.tr,
<https://orcid.org/0000-0002-3520-3399>

² Ar-Ge Makina Mühendisi, E.C.A. Valf Sanayii A.Ş., eminyigitumur@valf.com.tr,
<https://orcid.org/0009-0001-5000-5841>

Özet

Soğutucu sistem tesisatlarında sistemdeki nem seviyesini göstermeye yarayan gözetleme camları, sistemin güvenliği için oldukça önemli bir bileşendir. Dişli ve bakır boru bağlantılı olmak üzere farklı tiplerde konstrüksiyonlara sahip gözetleme camlarının özellikleri, sistemin basınç sınıfı ve bağlantı tipi ihtiyaçlarına göre değişkenlik göstermektedir. Kapaklı tip gözetleme camlarının nispeten daha az basınç sınıflarında kullanılabilmesi ve üretim proseslerinin uzun süreler alması sebebiyle sıvamalı tip gözetleme camlarının kullanımı son yıllarda yaygınlaşmaktadır. Soğutucu akışkanların küresel ısınmaya sebep olması sebebiyle soğutma sektöründe alternatif soğutucu akışkan arayışları başlamıştır. CO₂ ve HC/HO sınıfı soğutucu akışkanların CFC akışkanlara alternatif olarak piyasaya sürülmesi, sistem kamyonetlerinin akışkan özelliklerine uygun bir şekilde tasarlanması ve revizyonunu gerektirmiştir. CO₂ sınıfı akışkanların soğutucu akışkan olarak kullanılabilmesi için yüksek basınçlara kadar sıkıştırılması gerektiği için daha düşük çalışma basınçlarında yüksek verim alınabilen HC/HO soğutucu akışkanlar tercih edilmektedir. HC/HO soğutucu akışkanlar, çevreci özelliğinin yanında A2L ve A3 yanıcılık sınıfına girmesi gibi dezavantajlara sahiptir. Yanıcılık özelliği bulunan bu akışkanların tesisattan sızıntısını minimuma indirmek için standart kapsamında izin verilen dış kaçak sızdırmazlık miktarı 10 katına çıkarılmıştır ve sınır değeri 5×10^{-6} mbar*lt/s olarak belirlenmiştir. Sızdırmazlıkla ilgili hassasiyetin artması yeni üretim yöntemleri ve yeni tasarımların oluşturulması gibi ihtiyaçları doğurmuştur. 60 bar anma basıncında HC/HO soğutucu akışkanlar ile uyumlu çalışabilecek sıvamalı gözetleme camlarının imalat sürecinde, eksantrik presteki sıvama aşamasında cam kırılması gibi sorunlar ile karşılaşmıştır. Sıvama esnasında cam kırılmaları ve istenilen sızdırmazlık sınır değerlerine ulaşılamaması sebebiyle yeni gözetleme camı konstrüksiyonlarına ihtiyaç duyulmuştur. Yeni tasarımda mevcut cam kırılması probleminin ortadan kaldırılmasıyla helyum test cihazında sızdırmazlık testleri yapılmıştır. Hidrostatik yüksek basınç dayanım testleri sonucunda camın yüksek basınçta hareket etmesi sonucu kaçak meydana gelmiştir. Tasarım optimizasyonu ve sıvama aparatlarının geliştirilmesi sonucunda darbe kuvveti daha homojen bir şekilde dağıtılarak sorun çözülmüştür. Geliştirilen yeni tasarım ile yanıcı ve patlayıcı akışkanlar ile uyumlu, güvenlik ve risk faktörlerinin göz önünde bulundurulduğu tasarım başarıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sıvama işleminde karşılaşılan problemlerin çözümü için sızdırmazlık elemanı ve sıvama bölgesi kalınlık optimizasyonları, camın paslanmaz çelik gömlek içerisine hapsedildiği tasarımın geliştirilmesi ve darbe sonucu oluşan deformasyonların ortadan kaldırılması gibi çalışmalar gösterilmiştir. A2L ve A3 yanıcı soğutucu akışkanların kullanıldığı soğutma tesisatları için geliştirilen yenilikçi sıvamalı tip gözetleme camı tasarımı, güvenlik katsayısının artırılması ve sızdırmazlık performansının iyileştirilmesi gibi önemli sorunlara etkili çözümler sunmuştur.

Anahtar kelimeler: Soğutma sistemi, gözetleme camı, eksantrik pres, hidrostatik basınç testi, darbe enerjisi

Abstract

Sight glasses, which are used to show the humidity level in the system in refrigeration system installations, are a very important component for the safety of the system. The features of sight glasses with different types of construction, including threaded and copper pipe soldering connections, vary according to the pressure class and connection type needs of the system. The use of plastered type sight glasses has become widespread in recent years because sight glasses can be used in relatively lower pressure classes and the production processes take a long time. Since refrigerants cause global warming, the search for alternative refrigerants has begun in the cooling industry. The introduction of CO₂ and HC/HO class refrigerants as alternatives to CFC refrigerants requires the design and revision of system valves in accordance with the fluid properties. Since CO₂-class refrigerants must be compressed to high pressures in order to be used as refrigerants, HC/HO refrigerants, which can achieve high efficiency at lower operating pressures, are preferred. HC/HO refrigerants, in addition to their environmentally friendly features, have disadvantages, such as being in the A2L and A3 flammability classes. In order to minimize the leakage of these flammable fluids from the installation, the amount of external leakage sealing allowed within the scope of the standard has been increased by 10 times, and the limit value has been determined as 5×10^{-6} mbar*lt/s. Increasing sensitivity regarding sealing has led to the need for new production methods and the creation of new designs. During the manufacturing process of plastered sight glasses that can work with HC/HO refrigerants at 60 bar nominal pressure, problems such as glass breakage were encountered during the plastering stage in the eccentric press. New sight glass constructions were needed due to glass breakage during plastering and the inability to reach the desired sealing limit values. By eliminating the existing glass breakage problem in the new design, leakage tests were carried out on the helium test device. As a result of hydrostatic high pressure resistance tests, a leak occurred as a result of the glass group moving at high pressure. As a result of design optimization and the development of plastering apparatus, the problem was solved by distributing the impact force more homogeneously. The newly developed design, which is compatible with flammable and explosive fluids and takes into account safety and risk factors, has been successfully achieved. In this study, studies such as sealing element and plastering zone thickness optimizations, the development of the design in which the glass is confined within the stainless-steel sleeve, and elimination of deformations resulting from impact are shown to solve the problems encountered in the plastering process. The innovative plastered-type sight glass design developed for cooling installations where A2L and A3 flammable refrigerants are used has provided effective solutions to important problems such as increasing the safety coefficient and improving the sealing performance.

Keywords: Refrigeration system, sight glass, eccentric press, hydrostatic pressure test, impact energy

1. Giriş

Gözetleme camları, soğutma sistemlerinde nem indikatörü olarak kritik bir rol oynamaktadır. Soğutma sistemlerinde kullanılan önemli bir araçtır ve genellikle soğutucu akışkan içindeki nem miktarını veya yağın dönüş hattındaki miktarını belirlemek için tasarlanmıştır. Bu özel camlar, içerdikleri özel indikatörler sayesinde soğutucu akışkanın nem seviyesine veya yağ içeriğine tepki verirler, bu da renk değişiklikleriyle gözlemlenebilir. Bu renk değişiklikleri,

akışkanlar, güvenlik ve çevresel etkiler açısından ASHRAE 34 Standardı tarafından belirlenen sınıflandırmalara tabi tutulmaktadır. Bu sınıflandırmalardan biri A2L sınıfıdır, ki bu sınıf düşük yanabilirlik özelliklerine sahip akışkanları kapsar. A2L sınıfındaki akışkanlar atmosferde düşük yanıcılığa sahiptir ve aynı zamanda düşük toksiklik gösterirler, bu da insan sağlığına zarar verme riskini minimize eder. Diğer bir sınıf ise A3 sınıfıdır ve bu sınıf düşük alevlenme ve yanma özelliklerine sahip olmasına rağmen yüksek toksiklik gösteren akışkanları içerir. Bu sınıftaki akışkanlar, endüstriyel uygulamalarda kullanılırken özellikle dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir. Sınıflandırmalar, soğutma sistemlerinin tasarımı ve kullanımı sırasında güvenlik standartlarını belirleme ve çevresel etkileri değerlendirme amacıyla endüstri profesyonellerine rehberlik etmektedir [2]. Gözetleme camlarındaki yüksek sızdırmazlık hassasiyeti nedeniyle, dişli kapak bağlantılı modeller yerine sıvama tip gözetleme camları tercih edilmektedir. Bu modeller, özel sızdırmazlık malzemeleri ve güçlendirilmiş yapısıyla daha etkili sızdırmazlık sağlar. Sıvama yöntemi, gövdeyi sıkıca sararak çevresel etmenlere karşı dayanıklılığı artırır. Endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bu modeller hem sızdırmazlık hassasiyetini hem de yüksek mukavemet gereksinimlerini karşılar. Yüksek basınç altında çalışan soğutma sistemlerinde kullanılan gözetleme camlarındaki sıvama yapılan bölgelerde deformasyon olasılığı göz önüne alınarak mukavemet hesapları gerçekleştirilmektedir. Genellikle soğuk şekillendirme ile eksantrik pres aracılığıyla uygulanan ani şok darbe, cam gövde üzerine sabitlenerek ürün üzerinde deformasyon yaşanmaması için darbe testlerine tabi tutulmaktadır. Bu özel tasarım, geleneksel uygulamalardan farklı olarak, gözetleme camlarındaki anma basınçlarının güvenlik katsayısını önemli ölçüde artırmaktadır ve dış kaçak sızdırmazlık oranlarını 10 katına çıkartarak 5×10^6 mbar lt/s kaçak sınır değeri mertebesinde olmalıdır. Üstelik, atmosfere zarar vermeyen bu gaz sınıfının kullanımı arttıkça, yanıcılık riski de yükselmektedir. Ancak, hassas toleranslarda yapılan sızdırmazlık önlemleriyle bu riski ortadan kaldırmaya yönelik adımlar atılmıştır [3].

Soğuk şekillendirme ve presle soğuk dövme, metal işleme endüstrisinde önemli bir yer tutan, malzeme özelliklerini iyileştiren ve karmaşık şekiller elde etmeyi sağlayan kritik imalat yöntemleridir. Bu süreçler, metal parçaların dayanıklılığını, yüzey kalitesini ve mukavemetini artırarak çeşitli endüstriyel uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle, sıvama ile kapatılan pirinç gövdeli gözetleme camları üretiminde soğuk preste sıvama işlemi, metalin özel bir şekillendirme yöntemi olarak öne çıkar. Bu işlem, pirinç gövdeye hassas bir şekilde uygulanan soğuk presleme ile sıvama tekniklerini birleştirerek hem dayanıklılığı hem de sızdırmazlık özelliklerini optimize eder. Bu sayede, endüstriyel uygulamalarda kullanılan gözetleme camları hem estetik hem de fonksiyonel açıdan üst düzey performans sunar [4]. Pirinç, kullanım amacına bağlı olarak bakır, çinko ve kurşun gibi diğer metalleri içeren bir alaşım grubudur. Bu metal, yüksek korozyon direnci, işlenebilirlik kolaylığı ve estetik görünümü ile metal sektöründe önemli bir yer tutar. Pirinç, özellikle bakır ve çinko oranlarına bağlı olarak farklı renklere sahiptir. Örneğin, bakır oranı %20-38 arasında ise sarı, %15 altın rengini, %10 çinko ilavesi bronz rengini ortaya çıkarır. Çinko miktarı %45'i aştığında ise alaşımın rengi gümüşü beyaza dönüşür ve aynı zamanda kırılğan bir yapı sergiler. Pirinç, çekme mukavemeti açısından bakıra göre %55'e kadar daha yüksek bir performans sergilerken, süneklik bakırda %70'e kadar gözlemlenir [5].

Mukavemet hesaplamalarında genellikle bir noktada sadece tek bir gerilme türü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Eksenel yüklenme ve eğilme durumlarında sadece σ_x gerilmesi ele alınır ve $\sigma_{emniyet}$ ile karşılaştırılır. Burulma ve kesme yüklemelerinde ise sadece τ_{xy} gerilmesi göz önüne alınır ve tem ile karşılaştırılır. Ancak, aynı anda bir noktada birden fazla gerilme türünün (σ_x , τ_{xy} , σ_y vb.) etkili olduğu durumlar için hangi gerilme türünü sem veya

tem ile kıyaslayacağımızı belirlemek için birkaç kriter bulunmaktadır. Akma kriterleri, sünek malzemelerde akma olup olmadığını kontrol etmemize izin verirken; kırılma kriterleri, gevrek malzemelerde kırılma olup olmadığını değerlendirmemize yardımcı olur. Bu çoklu kriterler, malzemenin davranışını daha ayrıntılı bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır. Pirinç sünek bir malzeme olduğu için akma kriterleri dikkate alınmaktadır.

Plastik şekil değiştirme işlemleri, temel olarak kütle biçimlendirme ve sac şekillendirme olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Kütle biçimlendirmede, iş parçası genellikle tüm doğrultularda büyük şekil değişiklikleri ile kesit değişiklikleri oluşturur. Öte yandan, sac şekillendirme işlemlerinde genellikle içi boş parçaların üretimi söz konusudur ve burada gerekli gerilme ve kuvvet değerleri oldukça yüksektir. Kütle biçimlendirme işlemleri, çok eksenli basma yükleri ile tanımlanırken, sac şekillendirme işlemlerinde karşılaşılan kuvvetler genellikle yüksektir. Plastik şekil değiştirme, sıcak, ılık ve soğuk şekillendirme yöntemleriyle gerçekleştirilebilir ve gerilmeler 50-2500 MPa arasında değişebilir. Kütle biçimlendirme işlemleri genellikle büyük kuvvetler gerektirir, bu nedenle kullanılan takımlar genellikle büyük, ağır ve maliyetlidir. Metal biçimlendirme kalıplarının üretimi için iyi donanımlı bir atölye ve yüksek kalifiye elemanlar gereklidir, çünkü tolerans aralığı oldukça dar bir şekilde belirlenmiştir [6]. Bu çalışmada basma türü şekillendirme türlerinden sıvama ile gövde deforme edilmiştir. Bu yöntemde, malzeme hacmi ve kütlesi sabit kalırken, yalnızca şekil değiştirir. Yüksek sıcaklıklarda uygulandığında, malzemenin birincil katılma sırasında oluşan boşluklar ve gözenekler kapanır, yeniden kristalleşme sonucunda ince taneli, homojen bir iç yapı elde edilir. Bu iyileşmeler, sıvama bölgesindeki mekanik özelliklerde (akma dayanımı, çekme dayanımı, yorulma dayanımı, darbe dayanımı, kırılma tokluğu, süneklik vb.) önemli artışlara neden olur. Plastik biçimlendirme soğuk olarak uygulandığında, pekleşmeden faydalanarak malzemenin dayanımı artırılabilir. Ayrıca, plastik şekillendirme yöntemleriyle dar toleranslı hassas parçalar üretilebilir; özellikle soğuk şekillendirmeye yüksek kaliteli yüzeyler elde edilebilir. Ancak, tezgâh ve takım maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle, yöntem genellikle seri üretim için ekonomik bir tercih olmaktadır.

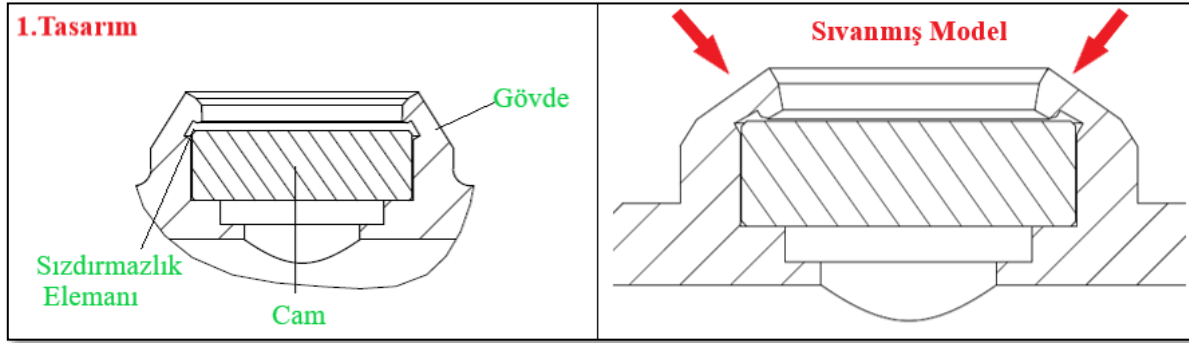
Malzemenin şekillendirme davranışının şekillendirme hızına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Sünek halden gevreğe geçiş ve sertleşme, özellikle hızlı şekillendirme işlemlerinde daha belirgin bir hal alır. Bu davranış, malzemenin içinde bulunduğu sıcaklık koşullarına da bağlıdır. Örneğin; demir ve çelik, oda sıcaklığının altında hızlı bir şekilde çekişlenirse çatlamaya eğilimlidir. Ancak aynı sıcaklıkta daha yavaş bir şekil değişimi sırasında çatlamalar gözlemlenmez. Şekil değiştirme hızı arttıkça, malzemenin şekil değiştirme kabiliyetinde bir azalma meydana gelir. Yüksek hızda yapılan ani şok darbesiyle dövme işlemi sırasında, malzemenin sertleşme eğilimi göstermesinin nedeni, kısa sürede büyük bir kuvvet etkisiyle şekillendirilmesi ve bu süreçte kristal yapıda düzenin bozulması, tane boyutlarının küçülmesi ve sonuç olarak malzemenin sertleşmesidir. Pres hızının çarpılma enerjisi üzerindeki etkisi, malzemenin çekme mukavemetini ve sertliğini artırabilir, ancak çok yüksek hızlarda çatlaklara neden olabilecek aşırı kuvvet etkisi yaratabilir. Bu nedenle, dövme işlemlerinde ideal bir pres hızının belirlenmesi, malzemenin özellikleri ve işlemin amaçlarına bağlı olarak dengelenmelidir [7].

Bu çalışma kapsamında eksantrik pres kullanılarak gözetleme camlarının sıvama (ezme işlemleri) gerçekleştirilmiştir. 40 ton kapasiteye sahip eksantrik preste yapılan denemelerde farklı numuneler üzerinde en iyi sıvama yöntemi seçilmiştir. Çalışma sürecinde presteki sıvama işlemlerinde camda kırılmalar, bakır boru bağlantılı modellerde boru yamulmaları ve pirinç gövdede çarpılmalar meydana gelmiştir. Eksantrik preste koçun darbe enerjisini ayarlamak için kuvvetin büyüklüğü ile ilgili araştırma yapılarak PTC CREO yapısal analiz

programında da simülasyonu yapılmıştır. Gövdelerdeki ezilme probleminin çözümü için darbe enerjisini dağıtıcı malafa ve kalıp kullanılmıştır. Sıvama işlemi sonrasında E.C.A Valf Sanayii A.Ş. bünyesinde yer alan Helyum sızdırmazlık test cihazı ve Patlatma test cihazları ile mamuller test edilerek başarıyla kontrol edilmiştir.

2. Malzeme ve Yöntem

Gözetleme camlarının temel bileşeni olan pirinç gövde dışındaki elemanları sıralarsak, neme duyarlı hassas indikatör kâğıt, akışkanın dış ortamdan kolaylıkla izlenebilmesi için kullanılan saydam cam ve sızdırmazlık için kullanılan conta veya o-ringler bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında camın pirinç gövde içerisindeki muhafaza edilmesi için üstten sıvaması yapılmıştır. Camın yüksek basınçta gövdeden fırlamasını engellemek için cam gövde içerisine yerleştirilerek sızdırmazlık elemanları veya koruyucu elemanlar ile desteklenir. Gövdeye montajı yapılan cam grubu, gövdenin en üst tarafından sıvanarak kapatılmaktadır. Soğutma sistemlerinde kullanılan gözetleme camının kesit görüntüsü ve sıvama sonraki görünümü Şekil 2.'de gösterilmiştir. Sıvama işlemlerinin yapılması esnasında sıvama bölgesi kalınlıkları ve sıvama açıları optimize edilerek en dayanımlı sıvamanın yapıldığı tasarım belirlenmiştir.



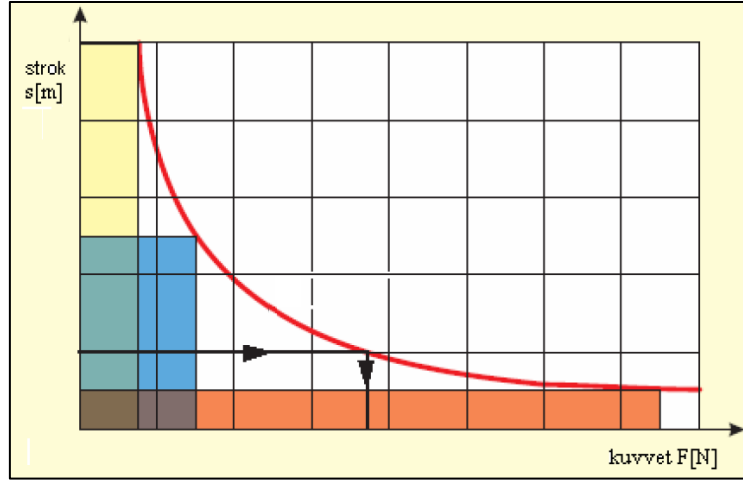
Şekil 2. Sıvama öncesi ve sonrası görünüm

Tasarım çalışmalarının ardından eksantrik preste sıvama işlemi yapılacak olan parçalardaki fazlaca görülen yamulma ve deformasyonlar incelenmiş olup uygulanan kuvvet PTC CREO yapısal analiz modülünde simüle edilmiştir. Sıvama işlemi önce yapılan yapısal analizin aşamaları Şekil 4.'te verilmiştir. 40 ton kapasiteli eksantrik presteki yükün valf gövdesinde meydana getireceği deformasyonun öngörülmesi için analiz programları fayda sağlamaktadır. Mekanik preslerdeki kuvvet, iş ve enerji dönüşümleri incelendiğinde koçun sıvama esnasındaki darbe enerjisi malzeme üzerinde plastik deformasyon gerçekleştirerek akmasını sağlamaktadır. Çarpılmanın olmaması ve enerji yayılımının düzenli olması için preste vurulacak olan kuvvet öncesinde iyi analiz edilmelidir. Altta kuvvet ve strok mesafenin yapılan işe olan etkisi gösterilmektedir. Denklemden parça üzerinde yapılan iş (W), darbe kuvveti (F) ve strok mesafesi (x) ile gösterilmiştir [7].

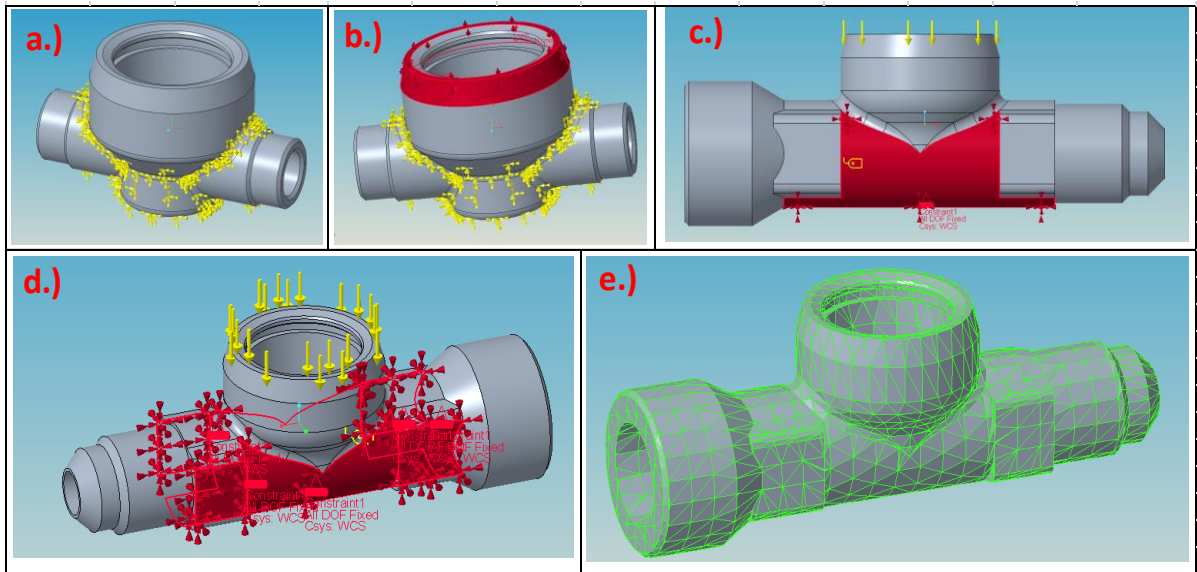
$$W = F * X \quad (1)$$

Presle yapılan dövme işlemleri, malzemelerin şekil değiştirmesi ve özelliklerinin geliştirilmesinde etkilidir. Bu süreçte, presin çekiç kısmı belirli bir ağırlığa sahiptir ve yukarı kaldırılarak potansiyel enerji depolar. Depolanan enerji, darbe anında kalıba iletilir ve

malzemenin şeklini değiştirir. Ancak, bu süreçte kuvvet, mesafe ve iş arasındaki denge önemlidir. Kuvvetin şiddeti, deformasyonu oluşturan yer-değiştirme miktarına bağlıdır. Yer-değiştirme çok küçükse, kuvvet aniden artabilir ve presi zarar verebilir. Aksine, yer-değiştirme çok büyükse, potansiyel enerji yetersiz kalabilir ve dövme işlemi başarısız olabilir. Bu nedenle, presle yapılan dövme işlemlerinde malzeme özellikleri, kuvvet uygulaması ve enerji transferi dikkatlice dengelemelidir. Bu denge, malzemenin istenen özelliklere sahip olmasını sağlarken presin güvenli ve etkili bir şekilde çalışmasını temin eder [7].



Şekil 3. Strok mesafesi ile darbe kuvveti arasındaki ilişki



Şekil 4. Yapısal analiz hazırlık aşamaları a.) Sınır değerlerin oluşturulması, b.) Kuvvetin uygulanması, c.) Diş bağlantılı model, d.) diş bağlantılı gövdenin sınır şartları, e.) Mesh ağ örüntüsü

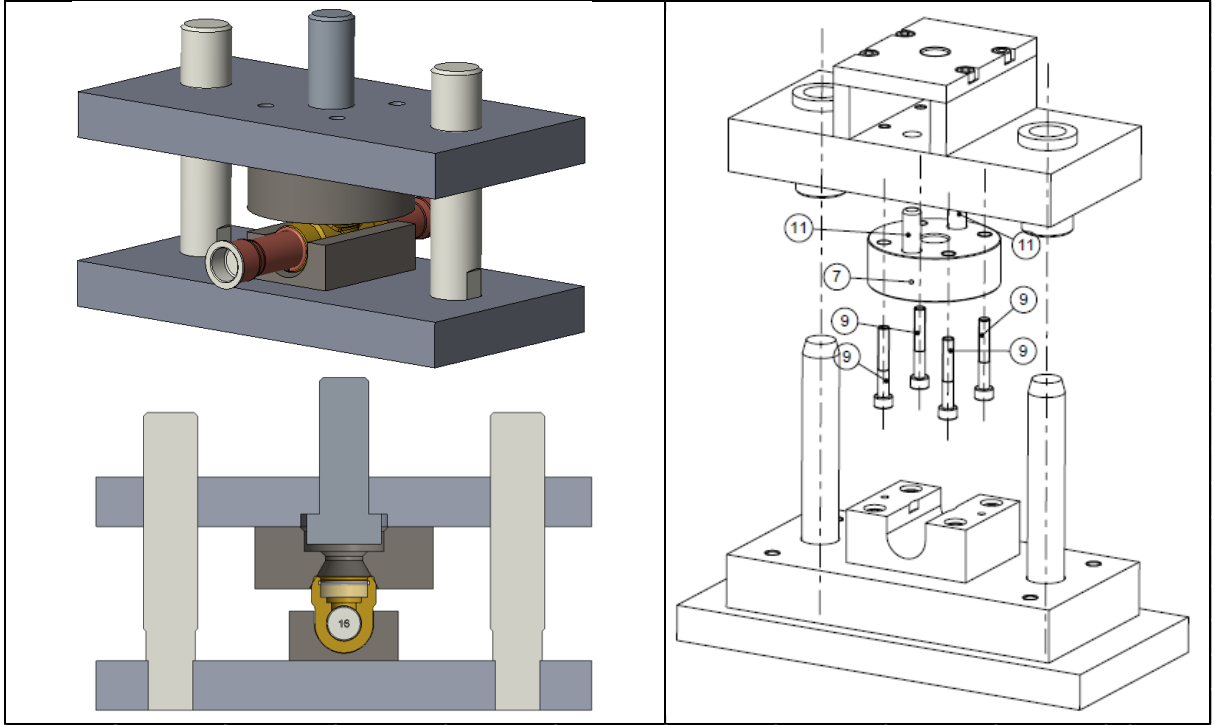
Şekil 4.a, Şekil 4.c'de malzemenin yer değiştirme ve dönme girdileri programa x, y ve z eksenlerinde de sıfır kabul edilerek sabitlenmiştir. Parça preste kalıp içerisine yerleştirileceği için gelen darbe enerjisi direkt olarak kullanılan malzeme ve kalıba aktarılacaktır. Şekil 4.d'de kuvvetin uygulanması aşamasında 10 mm strok mesafesinde yapılacak olan sıvama işlemi için 5 ton kuvvetten 40 ton kuvvete kadar değişken kuvvetlerde yapısal analiz yapılmıştır. Analiz

öncesinde programa girilen değerler alttaki gibidir. Tablo 1’de Isıl işleCuZn40Pb2 Pirinç malzeme için mekanik özellikler verilmiştir.

Tablo 1 Pirinç Malzeme Mekanik Özellikleri

Yoğunluk	8,43 [g/cm ³]
Termal İletkenlik	114 [W/(m.K)]
Termal Genleşme Katsayısı (0 – 300 °C)	20,8 [10 ⁻⁶ /K]
Modulus of Elasticity	97 [GPa]
Çekme Dayanımı	430[MPa]
Akma Dayanımı	220 [MPa]
Sertlik	90 [HB)

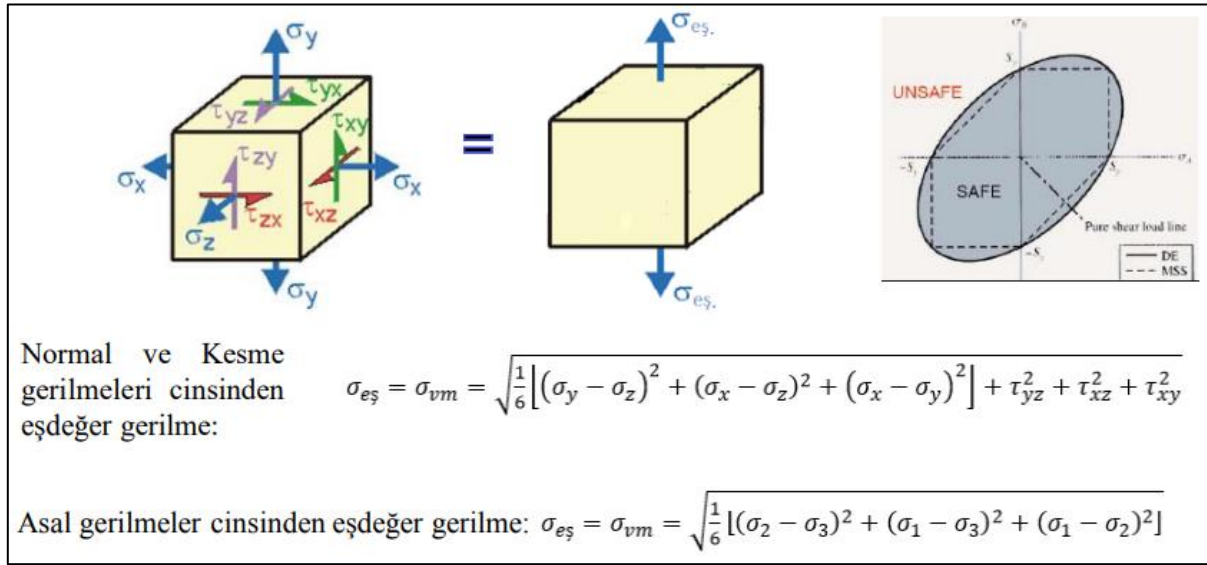
Gövdenin eksantrik preste dövülmesi için gereken kalıbın tasarımı yapılarak sıvama açıları PTC Creo programında 3D modellenerek belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu 60° ‘lik bir sıvama açısı seçilerek gövde üzerinde kalıpla örtülecek bir yüzey oluşturulmuştur. Sıvama sırasında camın kırılması problemini ortaya çıkmış ve bakır boru bağlantılı modellerde malafa ile iç destek oluşturulmuştur. Sıvama esnasında presten gövdeye iletilen darbe enerjisinin gövde üzerinde homojen yayılması için gövdenin dizaynıyla eş boşluklu kalıp yapılarak çarpılmaların önüne geçilmiştir. Şekil 5’te sıvama kalıbı ve sıvama pozisyonlarının belirlenmesi gösterilmektedir.



Şekil 5. Sıvama kalıbı ve sıvama pozisyonlarının belirlenmesi aşaması

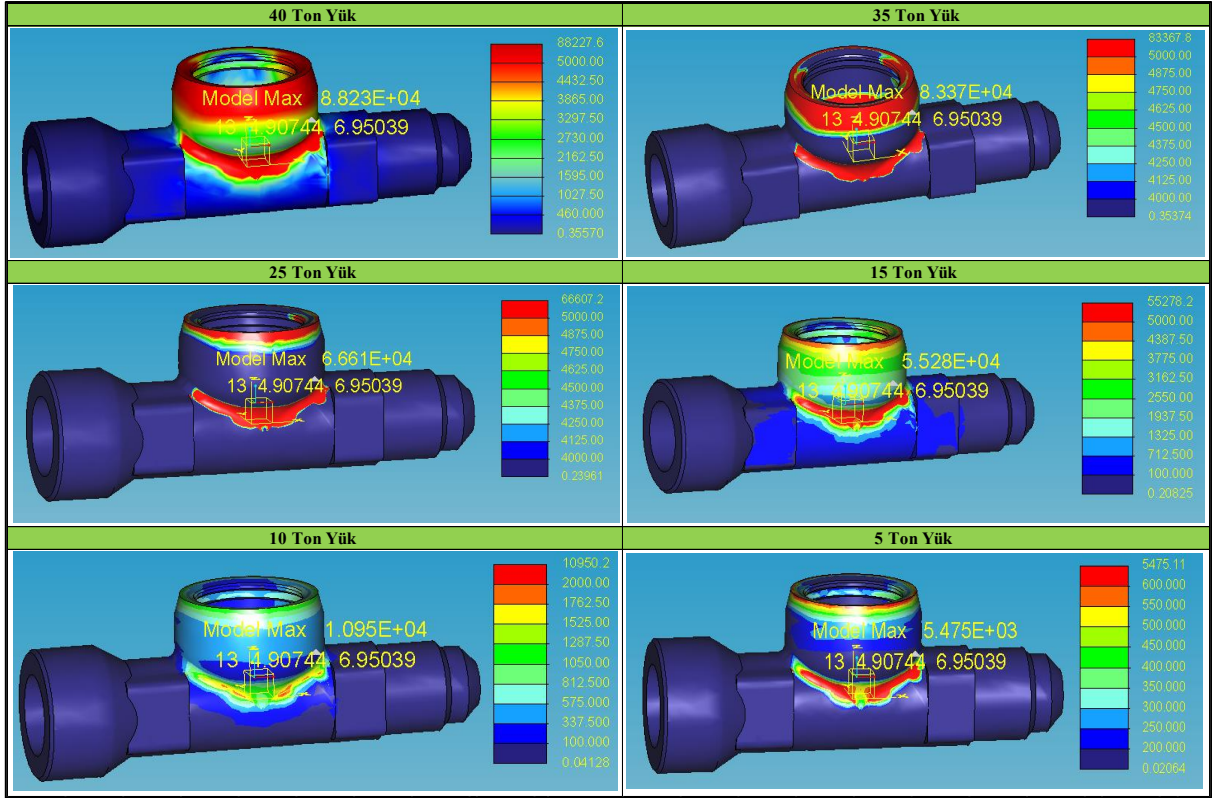
3. Sonuçlar ve Tartışma

Von-Mises akma kriteri, malzeme mühendisliği ve yapısal analizlerde kullanılan bir teoridir. Bu kriter, bir malzemenin plastik deformasyon (kalıcı deformasyon) başlangıcını belirlemek için kullanılır ve genellikle gerilme durumlarını değerlendirmek amacıyla kullanılır. Eşdeğer gerilme veya maksimum çarpılma enerjisi kriteri olarak da bilinen Von-Mises kriteri, bir malzemenin plastik deformasyona uğraması için gerekli olan eşdeğer gerilmeyi belirler. Bu kriter, malzemenin gerilme durumlarını tek bir eşdeğer gerilme değeri ile temsil etmeye çalışır. Von-Mises kriterine göre, bir malzeme plastik deformasyona uğradığında, eşdeğer gerilme değeri belirli bir sınır değeri aşmalıdır [8]. Matematiksel olarak belirtmek Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Von-Mises Akma Kriterine göre gerilme denklemleri

Yapılan yapısal analizler sonucunda Von-mises maksimum akma gerilmeleri incelenmiş olup akma gerilemelerinin en fazla camın üzerindeki sıvama bölgelerinde ve gövde alt tarafında olduğu görülmüştür. Çarpılmaların önüne geçmek için 10 ton ile sıvama yapılmasının analizler sonucunda yeterli olacağı kararlaştırılmıştır. Şekil 7'de analiz sonuçları farklı yüklere göre gösterilmiş olup [MPa] cinsinden gerilmeler de verilmiştir.

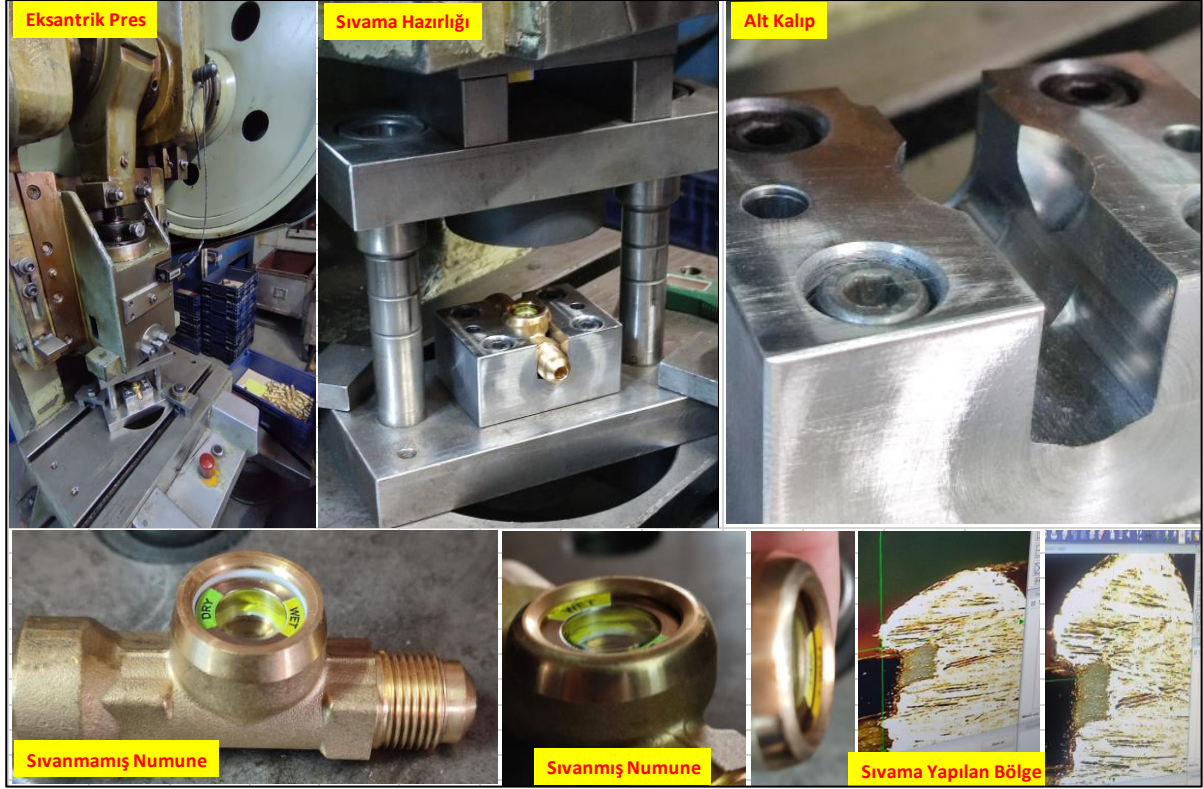


Şekil 7. Analiz sonuçları

Sıvama işlemine geçildiğinde pres tezgâhında yapılabilmesi için Şekil 8 ve Şekil 9'da gösterildiği gibi sıvama işlemi yapılmış olup camın tamamen kapandığı görülmüştür. Camın tamamen kapanmadığı bölümlerde 2-3 tekrar yaparak çalışma tamamlanmıştır.



Şekil 8. Sıvama yapılan ürün



Şekil 9. Sıvama işlemi ve ürün fotoğrafları

4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Titiz analizler ve deneysel çalışmaların sonuçlarıyla, sıvama proseslerimiz başarıyla tamamlanmış ve Helyum test cihazında gerçekleştirilen testler sonucunda ürün, 5×10^{-6} mbar lt/s sızdırmazlık sınır değerinin altında kusursuz bir sızdırmazlık sağlamıştır. Nominal basıncı 45 bar olan ürün için yapılan hidrostatik testler, 452 bar basınca kadar dayanıklılığını göstermiş ve ürün, 10 kat emniyetli bir seviyede üretilmiştir. Bu süreçte yapılan analiz çalışmaları sayesinde kuvvet optimal bir şekilde optimize edilmiş ve uygun sıvama enerjisi belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar, yüksek kaliteli bir ürünün başarıyla üretildiğini ve belirlenen standartların üzerinde performans sergilendiğini göstermektedir.

Yapılan analiz ve deneysel çalışmalar arasındaki uyum, modern mühendislikte sonlu elemanlar yönteminin kritik önemini vurgulamaktadır. Analizler, gerçek dünya koşullarında deneyimlenen gerilmeleri bilgisayar ortamında simüle etme avantajını sağlar. Bu durum, deneme yanılma yöntemlerinin yerine geçerek hem maliyetleri düşürür hem de zaman tasarrufu sağlar. Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık yapıların davranışlarını modellemede ve tasarım süreçlerini optimize etmede oldukça etkili bir araçtır. Analizler, bilgisayar ortamında gerçekleştirildiğinden, gerçek deneylerde görülebilecek maliyetli hataların önüne geçer. Gelişmiş simülasyon teknikleri sayesinde, malzeme özellikleri, geometrik yapısı ve uygulanan kuvvetlerin etkileşimleri çok daha hassas bir şekilde incelenebilir. Bu da ürün veya yapı tasarımının daha güvenilir ve dayanıklı olmasını sağlar. Sonlu elemanlar yöntemi aynı zamanda numune israfını da önler. Farklı malzemelerin ve tasarım seçeneklerinin sanal ortamda test edilmesi, gereksiz fiziksel numunelerin üretilmesini engeller. Bu da hem çevre dostu bir yaklaşımı destekler hem de maliyetleri azaltır. Sonuç olarak, analiz ve deneysel sonuçlar arasındaki uyum, mühendislik projelerinin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi için önemlidir. Sonlu elemanlar yöntemi, bu uyumu sağlayarak, tasarım süreçlerini daha etkili, ekonomik ve çevre dostu hale getirir.

Kaynaklar

- [1] Yakut, A. (2012). Yeni nesil soğutucu akışkan: R32. Daikin Türkiye Kurumsal Planlama Departmanı.
- [2] Kim, D. H., Byun, H. W., Yoon, S. H., Song, C. H., Lee, K. H., & Kim, O. J. (2016). The latest review of low GWP (< 100) HFO refrigerants and studies on the pool boiling heat transfer. *International Journal of Air-Conditioning and Refrigeration*, 24(04), 1630009.
- [3] TS EN 378-1+A1. (2021). Soğutma sistemleri ve ısı pompaları- Güvenlik ve çevre kuralları - bölüm 1: Temel kurallar, tarifler, sınıflandırma ve seçim kriterleri (Rev. A1). Türk Standardları Enstitüsü.
- [4] Zeren, B. (2019). Soğuk çekilmiş alfa-beta pirincinde gerilim giderme tavlamaının kalıntı gerilim etkisinin incelenmesi (Master's thesis, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [5] Brady, G.S., (1991). *Materials handbook: an encyclopedia for purchasing managers, engineers, executives, and foremen*, McGraw-Hill Book Company INC, New York.
- [6] Çetinarslan, C. S. (2003). Farklı malzemelerin yığılmasında malzeme akışının incelenmesi (Master's thesis).
- [7] Fındık, A. (2004). *Mekanik sac şekillendirme pres tasarımında sistematik konstrüksiyon ve sonlu elemanlar yöntemlerinin kullanımı* (Doctoral dissertation).
- [8] Zienkiewicz, O. C., & Taylor, R. L. (2005). *The finite element method for solid and structural mechanics*. Elsevier.

DÜŞÜK ALAŞIMLI VE YALIN KARBONLU ÇELİKLERİN MİKROYAPI VE MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ÖSTEMPERLERME PROSESLERİNİN ETKİSİ

Şerife HELVACIOĞLU¹, Gökhan SAĞLAM², Ayşe ERKAN³, Ümmihan T. YILMAZ⁴

¹ Ar-Ge Uzmanı, Döksan Isıl İşlem ve Ar-Ge Merkezi A.Ş., Isıl İşlem,
serife.helvacioglu@doksanisilislem.com, 0009-0006-3259-0852

² MSc Metalurji ve Malzeme Mühendisi, Döksan Isıl İşlem ve Ar-Ge Merkezi A.Ş., Isıl İşlem,
gokhan.saglam@doksanisilislem.com, 0009-0007-5149-5137

³ Ar-Ge Direktörü, Döksan Isıl İşlem ve Ar-Ge Merkezi A.Ş., Isıl İşlem,
ayse.erkam@doksanisilislem.com, 0000-0002-6060-1815

⁴ Prof. Dr., Kırıkkale Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü,
ummihan@kku.edu.tr, 0000-0002-3919-7061

Özet

Çelikler, yıllar içerisinde otomotiv, uçak ve diğer mühendislik uygulamalarında çok işlevli olması ve uyarlanabilirliği ile yer almışlardır. Makine bileşenlerinin yüksek performans ve ağır çalışma ortamlarına yönelik taleplerden dolayı çelik bileşenlerde yüksek mukavemet, yeterli tokluk ve aşınma direnci gibi özellikler aranmaktadır. Bu taleplere cevap vermek adına, mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Su verilmiş ve temperlenmiş farklı yapısal uygulamalarda kullanılan çeliklerin dayanımları düşüktür. Çeliklerde beynit martenzit çift fazlı mikroyapının geliştirilmesi ile daha iyi kombinasyonlarda mekanik özellikler elde edilebilmektedir. İzotermal dönüşüm (östemperleme), beynit-martensit mikroyapısını elde etmek için en yaygın kullanılan yöntemdir. Östemperleme ekstra temperleme basamağı içermediği için zaman ve enerji tasarrufu ile öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, düşük alaşımlı AISI 4140 çeliği ve yalın karbon çeliğine (AISI 1040) Ms altında östemperleme ısıl işlem prosesi uygulanmıştır. Elde edilen mikroyapılar ve mekanik özellikler incelenmiştir. Sonuçlar geleneksel Ms üstü östemperleme işlemi sonuçları ile karşılaştırıldı. Her bir çelik için, Ms altı ve Ms üstü östemperleme işlemleri (sonucusu geleneksel bir beynitik dönüştürme işlemidir) incelenmiştir. Martenzit, beynit ve kalıntı östenitin farklı hacim miktarlarına sahip mikro yapıları elde edilmiş ve bunların faz içerikleri ile mekanik özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beynit, Martenzit, Östemperleme, Düşük Alaşımlı Çelik, Yalın Karbon Çeliği

Abstract

Steels have been used in automotive, aircraft and other engineering applications over the years due to their multifunctionality and adaptability. Due to the demands for high performance and heavy working environments of machine components, features such as high strength, sufficient toughness and wear resistance are sought in steel components. In order to respond to these demands, various studies are being carried out to improve mechanical properties. The quenched and tempered steels used in different structural applications have low strength. By developing the bainite-martensite dual-phase microstructure in steels, mechanical properties can be obtained in better combinations. Isothermal transformation (austempering) is the most commonly used method to obtain the bainite-martensite microstructure. Austempering stands out with its time and energy savings as it does not include any extra tempering steps. In this study, austempering heat treatment process under M_s was applied to low alloy AISI 4140 steel and plain carbon steel (AISI 1040). The obtained microstructures and mechanical properties were examined. The results were compared with the traditional M_s -above austempering process. Below M_s and above M_s austempering processes (the last one being a traditional bainitic transformation process) were examined for each steel. Microstructures of martensite, bainite and residual austenite with different volume amounts were obtained and the relationship between their phase contents and mechanical properties was investigated.

Keywords: Bainite, Martensite, Austempering, Low Alloy Steel, Plain Carbon Steel

1. Giriş

Çelik, düşük maliyeti ve alaşım ilavesi, mekanik çalışma veya mikro yapı manipülasyonu yoluyla çok çeşitli mekanik özellikler elde etme olasılığı nedeniyle genellikle yapısal uygulamaların çoğunda kullanılır. Örneğin çeliklerde martensitik yapının geliştirilmesi, tokluk ve sünekliğin aksine yüksek gerilme mukavemeti ve sertlik sağlar [1].

Çelikler, yıllar içerisinde otomotiv, uçak ve diğer mühendislik uygulamalarında çok işlevli olması ve uyarlanabilirliği ile yer almışlardır [1]. Makine bileşenlerinin yüksek performans ve ağır çalışma ortamlarına yönelik taleplerden dolayı çelik bileşenlerde yüksek mukavemet, iyi tokluk ve aşınma direnci gibi özellikler aranmaktadır. Bu taleplere cevap vermek adına, mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar alaşımlı çelikler üzerinde yoğunlaşmıştır [2]. Son yıllarda, düşük alaşımlı çelikler havacılıkta kritik yapısal hava araçları ve katı yakıtlı roket uygulamaları için su verilmiş ve tavlınmış haliyle kullanılmaktadır. Fakat bu çeliklerin zayıf sünekliklerinden dolayı mekanik uygulamalarda yerleri sınırlıdır.

Çeliklerin östemperlenmesi ısı işlemi incelendiğinde parçanın mekanik özellikleri artırılırken, süneklikten ödün verilmez. Çelik östemperlenmesi sayesinde parçaların akma dayanımı, tokluk, aşınma dayanımı, darbe dayanımı ve sertlik özelliklerinde gelişme elde edilir. Üstün özellikleriyle çeliğin östemperlenmesi, geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesine sahiptir.

Geleneksel su verme ve temperleme ısıl işlemi ile kıyaslandığında bazı önemli avantajları sayesinde su verme ve temperleme işleminin yerine geçebilir. Bu avantajlar, parçanın sertlik özelliğini arttırması, malzemenin sünekliği ve darbe dayanımını geliştirmesi, kırılma direncini artırması, aşınma direncini artırması ve ısıl işlem süresinde parçada oluşabilen çatlak ve distorsiyonları azaltmasıdır [3]. Bunun yanında diğer ısıl işlemlerin aksine östemperleme sonrası tavlama işlemi zorunlu görülmez. Çünkü bu işlemde parçaya verilmek istenen sertlik, ısıtma sonrası uygulanan tuz banyosu bekleme süresinin soğutma sıcaklığından elde edilir. Diğer ısıl işlem türlerinde temperleme işlemi beklenir, çünkü parçalar beklenenden yüksek sertlikte çıkar ve yumuşatma ihtiyacı duyulur. Östemperleme ısıl işlemi sonradan bir temperleme ihtiyacı duymadığı için ıslah ısıl işlemi ile karşılaştırıldığında zaman kazancı ve enerji tasarrufu ile öne çıkmaktadır [4]. Östemperlemede sertleşme için daha yüksek sıcaklıklarda su verme, parçaların yağdaki su vermeye kıyasla deformasyon riskini büyük ölçüde azaltır. Bunun nedeni, soğutma parçalarının yağdaki gibi daha düşük sıcaklıklarda değil daha yüksek sıcaklıklarda gerçekleşmesidir. Bu durum soğutma oranını önemli ölçüde yavaşlatır. Daha yavaş soğutma, parçaların termal genleşme ve büzülme nedeniyle daha az stres ile karşılaşması ve dönüşümde daha az strese neden olması sağlar.

Geniş uygulama alanına sahip östemperlenmiş çelik mikro yapısında beynit bulundurur. Bu ısıl işlem geleneksel ısıl işlemlerden farklıdır çünkü burada perlit veya martenzit oluşumu önlenmektedir. Östemperleme, demir alaşımlarına dayanıklılığı ve tokluğu arttırmak için uygulanan bir izotermal ısıl işlemidir. Standart bir çelik östemperleme işleminde, hipötektoid çelik için çelik üst kritik sıcaklığın (AC3) yukarısına ısıtılır. Burada karbonun östenit matriste çözünmesine izin verecek sürede tutulur. Daha sonra parça eriyik tuz içeren banyoda 260-385°C sıcaklık aralığında su vererek, izotermal dönüşüm için bırakılır. Parça tuz banyosunda beynitik yapı oluşana kadar tutulur ardından parça havada soğumaya bırakılır. Parçada gerçekleşen izotermal dönüşüm sonucu eğer malzeme dökme demir ise iğnemsiz ferrit ve östenitten oluşan ösferrit yapısı elde edilirken, çelik ise iğnemsiz ferrit ve karbürden oluşan beynit yapısı elde edilir [5].

Östemperleme işleminde östemperleme sıcaklığı ve süresi parçanın mikroyapısında değişikliğe sebep olduğu gibi sertlik, darbe dayanımı, çekme dayanımında da değişikliklere sebep olmaktadır. Östemperleme sıcaklık oranına bağlı olarak üst beynit veya alt beynit elde edebilir. AISI 4340 çeliği için 300-600°C östemperleme sıcaklığı sonucu üst beynit elde edilirken, 200-300°C arası östemperleme sıcaklığında alt beynit elde edilmesi beklenmektedir [6].

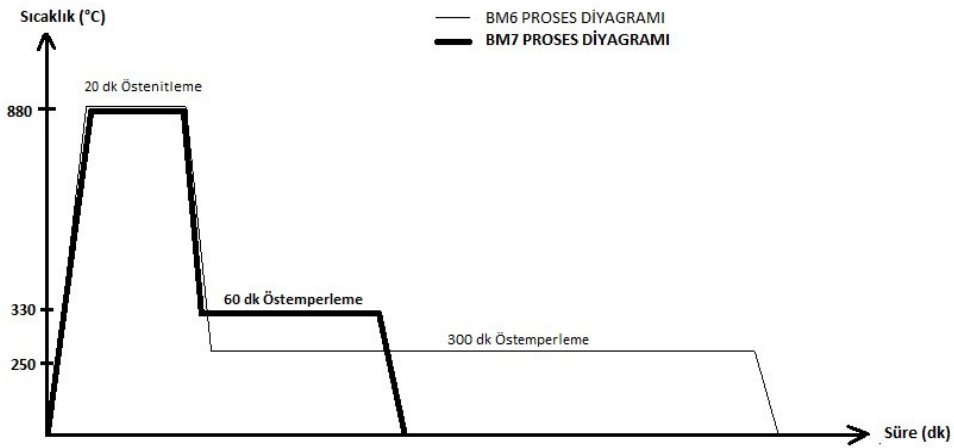
Çelik östemperleme işlemine bir yenilik olarak, Feng ve arkadaşları AISI 4140 çeliğini martenzit başlangıç sıcaklığının altında bir sıcaklıkta östemperlemiş ve martenzit-alt beynit karışımı bir mikroyapı elde etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada 4140 çelikleri 2 farklı döngüde ısıl işleme maruz bırakılmış. Bunlardan birisi martenzit başlangıç sıcaklığının Ms üzerinde olan geleneksel östemperleme diğeri ise Ms sıcaklığının altında izotermal dönüşüm ile gerçekleştirilmiş östemperleme ısıl işlemidir. Çekme testlerinin sonucunda Ms altında yapılan östemperlenmiş numunelerin sünekliğe zarar vermeden UTS ve proof strengthlerinin önemli miktarda geliştirildiğini göstermiş. Su verme ile Ultra ince taneli ve nanoyapılı altbeynit-martenzit karışımı mikroyapı elde edilmiştir.

Genel olarak karma beynit ve martenzit mikroyapısı elde etmek için iki olası işleme yolu vardır. İlk rota beynit oluşumu ve ardından martenzit oluşumudur. Bu işlem östenitleme ile başlar ve beynit aralığında gerçekleşen bir izotermal dönüşüm ile devam eder. Geleneksel östemperemeden farklı olarak izotermal dönüşümün akabinde proses temperlemeli veya temperlemesiz bir su verme işlemi ile sona erer. Beynit ve martenzit oranı beynit aralığındaki bekleme süresi ile kararlaştırılır. Uzun bekleme süreleri daha fazla beynitik dönüşümün tamamlanmasını sağlar ve böylece daha büyük miktarda beynit ve aynı zamanda daha az miktarda dönüşmemiş östenit ile sonuçlanır. İzotermal dönüşümden sonra uygulanan su verme işlemi dönüşmemiş östenitten martenzit oluşturulmasını sağlar [7].

2. Yöntem

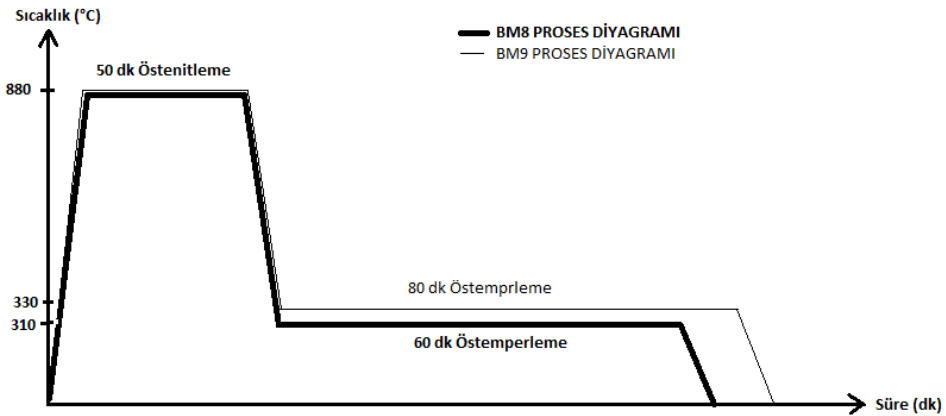
Proje kapsamında AISI 4140 ve AISI 1040 çeliklerine, literatür çalışmalarından elde edilen bilgiler doğrultusunda oluşturulan östempereleme prosesleri uygulanmıştır. Uygulanan prosesler BM6, BM7, BM8 ve BM9 olarak adlandırılmıştır.

İlk denemede uygulanan BM6 ve BM7 proses diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. BM6 ve BM7 proses diyagramları

Sonraki denemede uygulanan BM8 ve BM9 proses diyagramları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. BM8 ve BM9 proses diyagramları

Numuneler proseslere ve malzeme cinsine göre harflendirilerek adlandırılmıştır. Harflendirilerek yapılan adlandırma Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Numunelerin adlandırması

BM6	AISI 1040 (A)
	AISI 4140 (B)
BM7	AISI 1040 (C)
	AISI 4140 (D)
BM8	AISI 1040 (E)
	AISI 4140 (F)
BM9	AISI 1040 (G)
	AISI 4140 (H)

Östempereleme ısısal işlem prosesi uygulanan AISI 1040 ve AISI 4140 çelik numunelerinin sertlik, çekme ve darbe testleri yapılarak mekanik incelemeleri, optik mikroskop ile de metalografik incelemeleri yapılmıştır.

Proje çalışmaları hedeflenen mekanik değerler şu şekildedir:

1. Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa): 1400-1550
2. Akma Mukavemeti (MPa): min. 1260
3. Kopma Uzaması (%): $\geq 10\%$ (ISO standardına göre)

2.1. Sertlik

Sertlik ölçümleri, Bulut Makine Rockwell Sertlik Ölçme Cihazı ile yapılmıştır.

2.2. Çekme Testi

Çekme testinde, numuneler standarda uygun hazırlanmış ve testler TS EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak 300 kN kapasiteli ZWICK/ROEL Çekme-Basma Cihazı ile yapılmıştır.

2.3. Darbe Testi

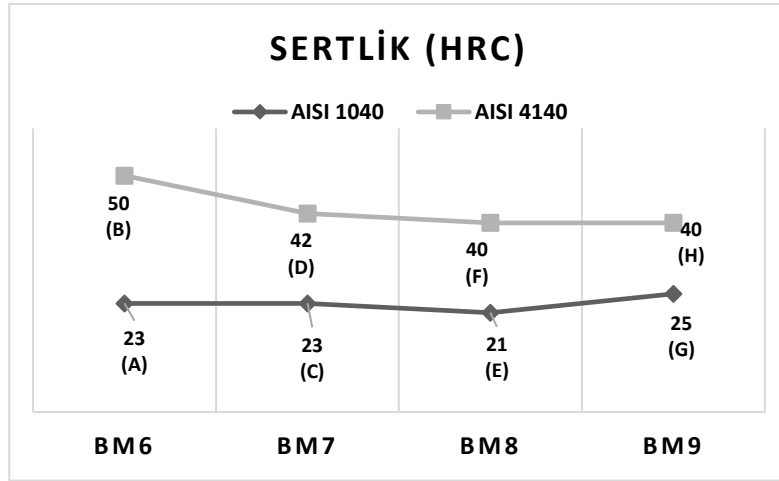
Darbe testi numuneleri standartlara uygun 10x10x55 mm ölçülerinde hazırlanmıştır. Darbe testleri Alşa marka darbe cihazı ile 25°C oda koşullarında yapılmıştır. Cihaz max. 300 J'lük enerji uygulamaktadır.

2.4. Mikroyapı İncelemeleri

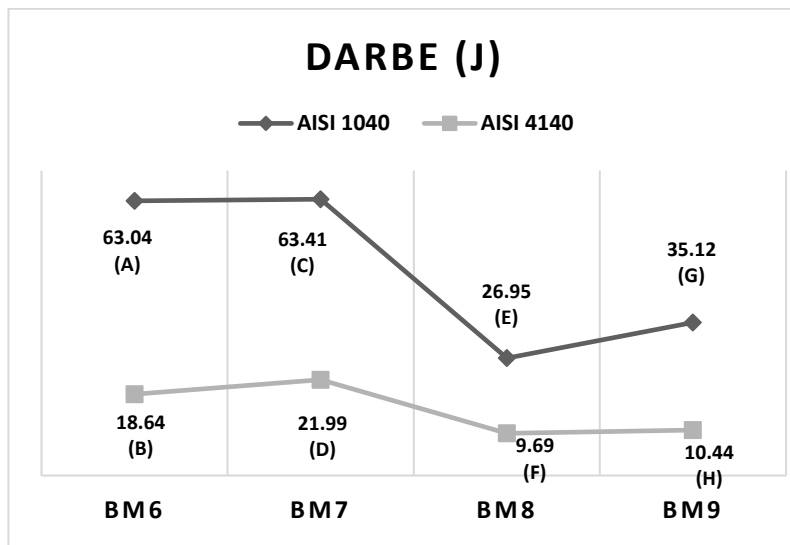
Numuneler içyapı incelemeleri için önce farklı boyutlarda zımpara kağıtları ile zımparalanmış ve parlatılmıştır. Parlatılan numuneler önce %3 nital çözelti, ardından %10 sodyum metabisülfid ile dağlanmıştır. Optik içyapı incelemelerde Leica marka DM 2700 model optik mikroskop kullanılmıştır.

3. Bulgular

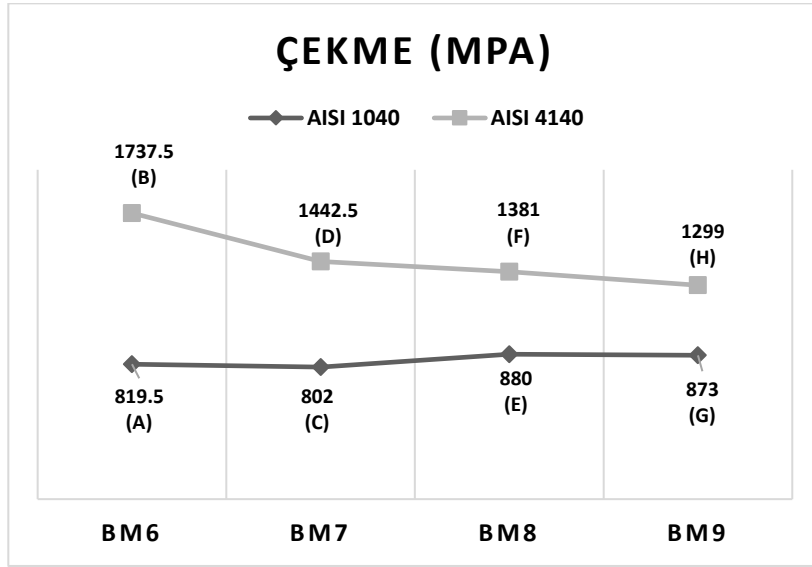
AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin uygulanan östempereleme prosesleri sonunda yapılan mekanik test sonuçlarından sertlik değişim grafiği şekil 3’ te, darbe değişim grafiği şekil 4’ te, çekme mukavemeti değişim grafiği şekil 5’ te, akma mukavemeti değişim grafiği şekil 6’ da ve uzama değişim grafiği şekil 7’ de verilmiştir.



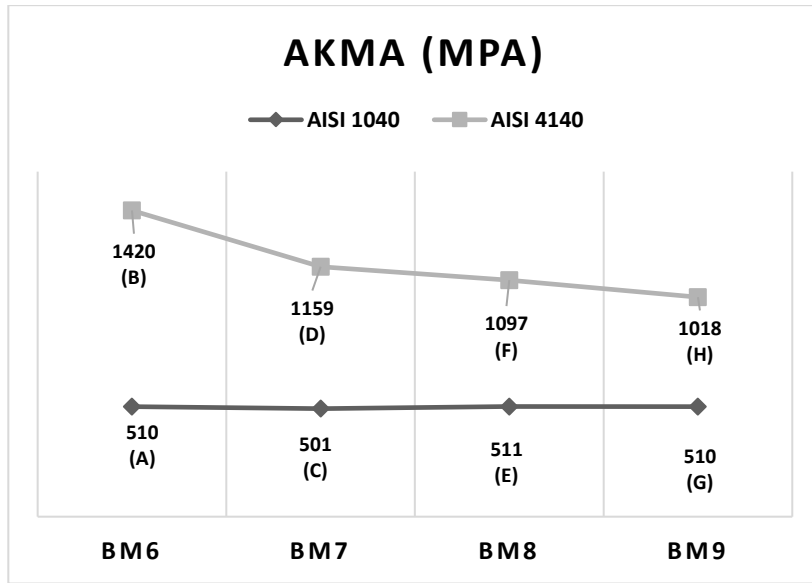
Şekil 3. AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin östempereleme proseslerine bağlı sertlik değişim grafiği



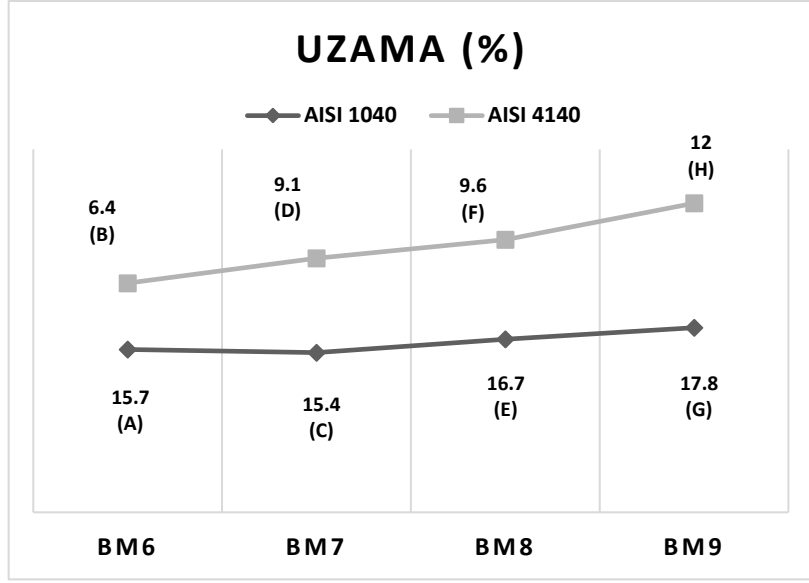
Şekil 4. AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin östempereleme proseslerine bağlı darbe değişim grafiği



Şekil 5. AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin östempereleme proseslerine bağlı çekme mukavemeti değişim grafiği

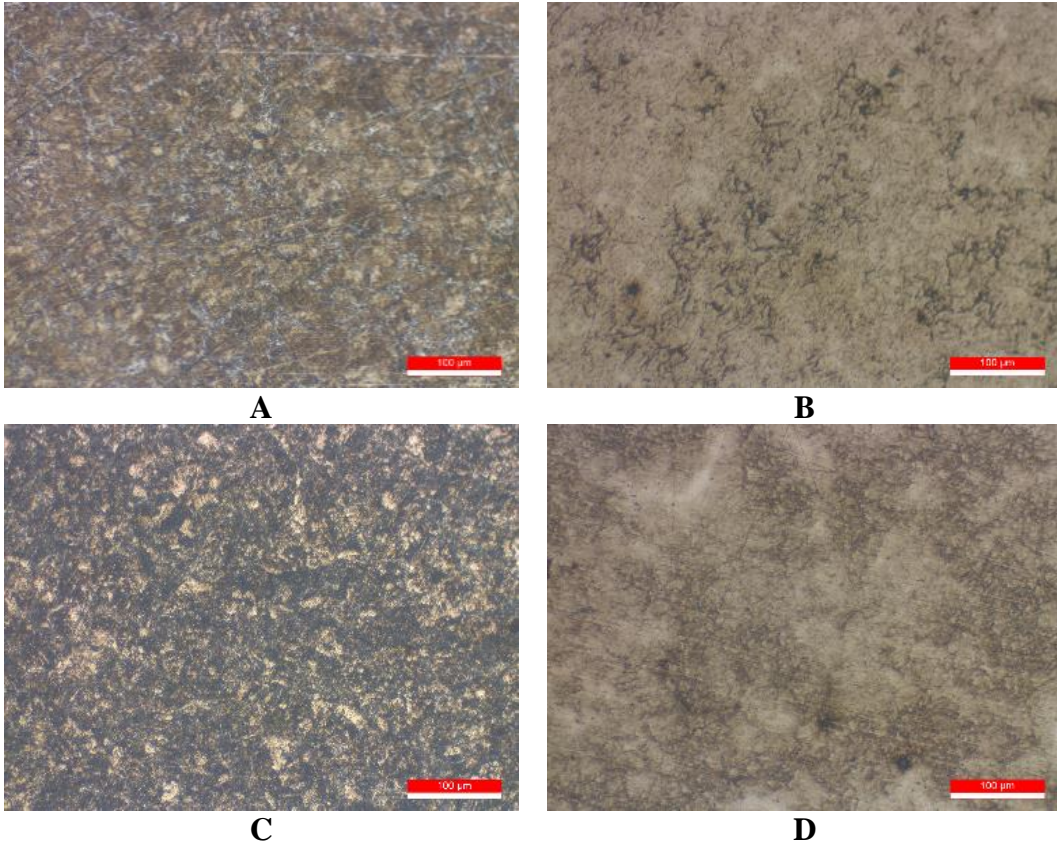


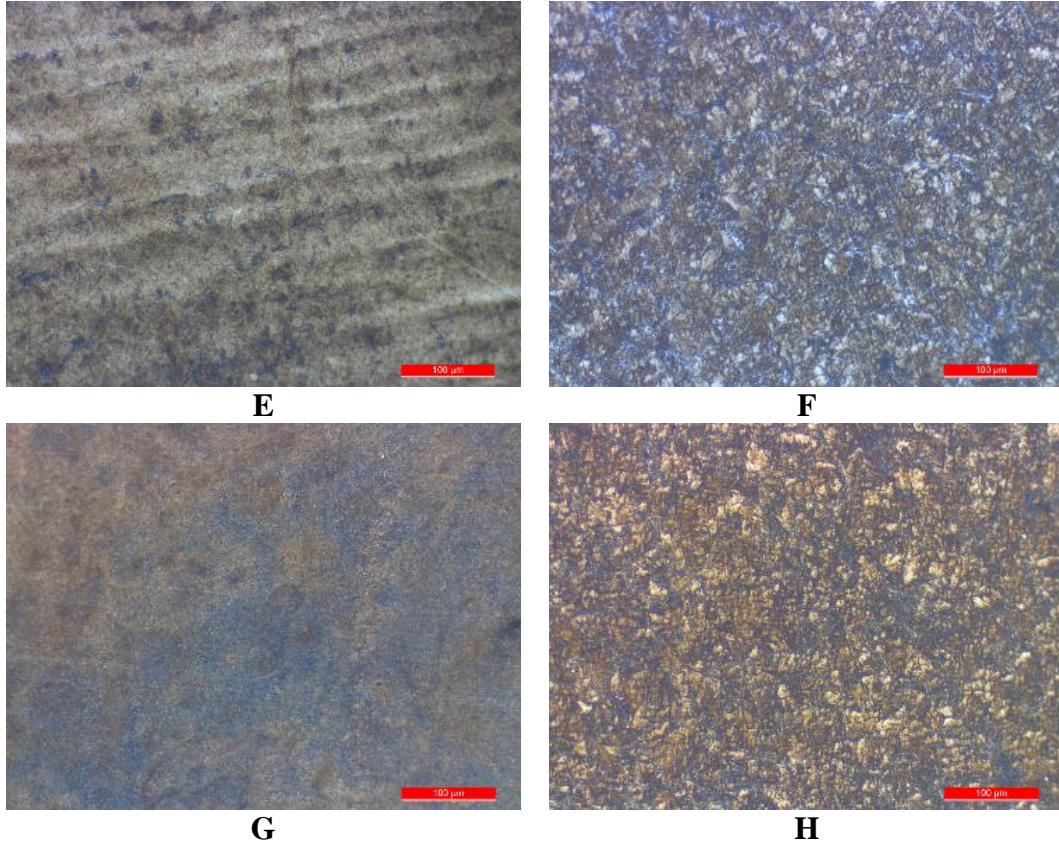
Şekil 6. AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin östempereleme proseslerine bağlı akma mukavemeti değişim grafiği



Şekil 7. AISI 1040 ve AISI 4140 çeliğinin östempereleme proseslerine bağlı uzama değişim grafiği

Östempereleme ısı işlem prosesleri uygulanan AISI 1040 ve AISI 4140 çeliklerinin mikroyapı incelemeleri yapılarak şekil 8’ de verilmiştir. Şekilde sol sütunda AISI 1040, sağ sütunda AISI 4140 çelikler, uygulanan proseslere göre 200X büyütmede karşılaştırılmıştır.





Şekil 8. (A) BM6, AISI 1040 çeliği (B) BM6, AISI 4140 çeliği (C) BM7, AISI 1040 çeliği (D) BM7, AISI 4140 çeliği (E) BM8, AISI 1040 çeliği (F) BM8, AISI 4140 çeliği (G) BM9, AISI 1040 çeliği (H) BM9, AISI 4140 çeliği

4. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- AISI 1040 ve AISI 4140 çeliklerine, östenitleme sıcaklığı sabit tutularak farklı östenitleme sürelerinde, farklı östemperleme sıcaklıkları ve sürelerinde östemperleme ısıl işlem prosesleri uygulanmıştır.
- Östemperleme ısıl işlem proseslerinde 250°C ve 310°C’ de M_s altı ve 330°C sıcaklıkları çalışılmıştır.
- Basamaklı dağlama sonucu gözlenen mikroyapılarda, martenzit kahverengi ve beynit mavi (koyu) olarak değişen oranlarda belirgin görülmüştür.

5. KAYNAKLAR

- [1] S.M., Safi, S.Y., Ahmadi Brooghani, H. Amirabadi, K. Khalili, M.K Besharati Givi, A Comparison of Tensile Strength and Impact Energy of Austempered versus Step Quenched 4340 Ultra High Strength Steel, Key Engineering Materials Vol. 553 (2013) pp 41-45, 2013
- [2] S.S., Sharma, K. Jagannath, P.R. Prabhu, Gowri Shankar M.C, Mechanical Property Assessment Of Austempered And Conventionally Hardened Aisi 4340 Steel, International Journal Of Mechanical Engineering And Technology (IJMET) Volume 5, Issue 9, September, pp. 08-14, 2014

- [3] Niazi, Najeeb & Nisar, Salman & Shah, Aqueel. (2014). Austempering Heat Treatment of AISI 4340 Steel and Comparative Analysis of Various Physical Properties at Different Parameters. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*. 5. 6-11
- [4] R., Habarakada H. M. Martempering and Austempering of Steel. 2007. 060150L
- [5] Lefevre, Justin & Hayrynen, Kathy. (2013). Austempered Materials for Powertrain Applications. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 22. 10.1007/s11665-013-0557-4
- [6] X. Han, J. Hou, Z. Zhang, G. C. Barber, F. Qiu, F. Chang, Shu-Qing Kou, Bainite Kinetic Energy, Activation Energy, and Tribological Behavior of Austempered AISI 4340 Steel, *journal of materials research and technology* 2021;14:1473 -1481
- [7] Jian Feng, Timo Frankenbach, Marc Wettlaufer, Strengthening 42CrMo4 steel by isothermal transformation below martensite start temperature, *Materials Science and Engineering: A*, Volume 683, 2017, Pages 110-115, ISSN 0921-5093]

TEL ALEV SPREY, YÜKSEK HIZLI OKSİ YAKIT VE TOZ ALEV SPREY TEKNİKLERİ İLE BİRİKTİRİLEN MOLİBDEN KAPLAMALARIN MİKROYAPISAL KARAKTERİZASYONU VE MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Cihan Ergun¹, Amir Motallabzadeh²

Şenmak Makina San ve Tic. A.Ş., ¹cihanergun@senmak.com, ²amir@senmak.com

ÖZET

Bu proje kapsamında Tel Alev Sprey, Toz Alev Sprey ve HVOF (Yüksek Hızlı Oksi Yakıt) yöntemler ile Molibden kaplama, AISI 4140 düşük alaşımlı çelik üzerinde kaplanıp, mikro yapı ve mekanik özellikleri incelenecektir. Biriktirilen Tel Alev Sprey, Toz Alev Sprey ve HVOF kaplamaların mikroyapıları optik mikroskop, taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve X-ışınları kırınımı teknikleri (XRD) ile incelenecektir. Kaplamaların mekanik özellikleri (sertlik ve elastisite modülü) nanosertlik (Nanoindentation) ve mikrosertlik cihazlarında ölçülecektir. Abrazif ve korozyon polimer sistemlerindeki sürekli büyüme nedeniyle, gerilme seviyesindeki eş zamanlı artışla birlikte, sürekli artan işleme sıcaklıkları nedeniyle nitrürlenmiş çeliğin aşınma ve korozyon direnci makine ömrü beklentileri sağlamamaktadır. Günümüzde pek çok sektörde yoğun bir talep gören Molibden kaplamaların meydana getirdiği pek çok avantaj bulunmaktadır. Öncelikle uygulanan çeliğe çok güçlü bir şekilde tutunma sağladığı için, kaplamanın bozulması, kararması ve soyulması mümkün değildir.

Anahtar Kelimeler: Molibden kaplamalar, Tel Alev Sprey, Toz Alev Sprey, HVOF (Yüksek Hızlı Oksi Yakıt), Mo (Molibden)

MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION AND MECHANICAL PROPERTIES OF MOLYBDENUM COATING DEPOSITED BY WIRE FLAME SPRAY, HVOF AND POWDER FLAME SPRAY TECHNIQUES

ABSTRACT

Within the scope of this project, Molybdenum coating will be coated on AISI 4140 low alloy steel using Wire Flame Spray, Powder Flame Spray and HVOF (High Velocity Oxy Fuel) methods, and its microstructure and mechanical properties will be examined. The microstructures of the deposited Wire Flame Spray, Powder Flame Spray and HVOF coatings will be examined by optical microscope, scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction techniques (XRD). Mechanical properties (hardness and modulus of elasticity) of the coatings will be measured in nanohardness (Nanoindentation) and microhardness devices. Due to the continuous growth in abrasive and corrosive polymer systems, with the simultaneous increase in stress level, the wear and corrosion resistance of nitrided steel doesn't meet machine life expectations due to ever-increasing processing temperatures. There

are many advantages offered by Molybdenum coatings, which are in high demand in many sectors today. First of all, since it provides a very strong adhesion to the applied steel, it is not possible for the coating to deteriorate, darken or peel off.

Key Words: Molybdenum coatings, WFS (Wire Flame Spray), PFS (Powder Flame Spray), HVOF (High Velocity Oxy Fuel), Mo (Molybdenum)

1. GİRİŞ

Molibden (Mo), gelecek vadeden aşınma ve sürtünme direnci özellikleri nedeniyle termal sprey endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Bu nedenle, aşınma mekanizmalarını dengelemek için daha yüksek sertliğe ve düşük sürtünme katsayısına ihtiyaç duyulan yerlerde molibden kaplama üretilir. Molibden pek çok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır [1]. Molibden kaplamalar, kaplanmamış sertleştirilmiş çeliğe kıyasla düşük sürtünme, mükemmel kayma ve aşınma direnci gösterir [2]. Molibden ve alaşımlarının termal sprey kaplamaları, mükemmel tribolojik özelliklerinden dolayı birçok otomotiv parçasında kullanılmaktadır. Örneğin; conta, rulman, şaft, türbin kanatları ve aşınma bilezikleri gibi birçok endüstriyel uygulamada, termal püskürtme kaplamalar, yüzey bozunmalarını azaltıcı ekonomik bir çözüm olmasından kullanımı hızla yaygınlaşmaktadır [3,6]. Molibden; bakır, %20'den fazla bakır ihtiva eden alaşımlarda, krom kaplanmış veya nitrürlenmiş parçalarda kullanılamaz [4]. Uygulamanızda minimum termal genleşme, ısı direnci ve mukavemet kombinasyonu gerekiyorsa, istisnai bir seçenek kaplamalı molibdendir. Korozyonu önlemek için kaplandığı sürece genleşmeden veya yumuşamadan ısıyı taşıyacak ve tolere edecektir [5]. Yüksek ergime sıcaklığına (2600°C) sahip Mo kaplamalar, oksitli ve sülfürik ortamlarda dirençlidir. Sülfürlenme, birçok enerji dönüşüm sistemlerinde önemli bir sorundur. Sülfürlenme genellikle düşük oksijen ($pO_2 \sim 10^{-18}$ Pa) ve yüksek sülfür ($pS_2 \sim 10^{-1-10-3}$ Pa) içeren ortamlarda özellikle 700°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda meydana gelmektedir. Rekrakter malzemelerin yüksek sülfürlenme direncine sahip olması nedeniyle kaplama malzemesi olarak kullanımı büyük ilgi görmektedir [6]. Molibden, Mo teli veya tozu kullanılarak alev püskürtme yöntemiyle biriktirilir. Alev spreysi, molibden telin yüksek sıcaklıktaki bir alev yoluyla eritildiği ve basınçlı havanın erimiş teli birkaç küçük damlacıklara böldüğü, sıçrama oluşumuna neden olduğu ve bunun biriktiği geniş termal püskürtme kategorisinde yaygın olarak kullanılan bir kaplama biriktirme yöntemidir. Bu işlemdeki tek sorun yüksek derecede oksidasyona sahip olmaktır. Bu oksidasyon, molibden kaplamanın performansını düşürür ve kaplamaların nispeten kısa bir ömre sahip olmasına neden olur [7]. Plazma sprey genellikle molibden kaplamaları biriktirmek için kullanılır [8-14]. Ancak bazı yeni çalışmalar, plazma püskürtmeli molibden kaplamaların, mikro sertliği 300-500 HV aralığına düştüğünden, %5'ten fazla gözenekliliğe ve düşük aşınma direncine sahip olduğundan nispeten yumuşak olduğunu göstermektedir [15-18].

Yüksek hızlı oksijen-yakıt (HVOF) kaplamalar birçok endüstride çeşitli parça ve bileşenler üzerinde kaplama birikmesi için kullanılmaktadır. HVOF kaplamalar, hava plazma püskürtmeli (APS) kaplamalara göre daha iyi bir avantaj sunar. Ancak HVOF kaplamalar, hammadde malzemesi olarak sprey kalitesinde tozlar kullanılarak uygulanır. Püskürtme dereceli tozların, besleme stoku malzemesi olarak kullanılan püskürtme dereceli tellerden

daha pahalı olduğu iyi bilinmektedir. Toz-HVOF prosesinde, yüksek parçacık hızı nedeniyle toz parçacıkları alev içinde kısa süre hareket eder. Bu nedenle kaplamada erimemiş veya yarı erimiş parçacıkların bulunma olasılığı inkar edilemez ve bunlar gözenekliliği artırabilir ve kaplamaların diğer mekanik özelliklerini azaltabilir. Son yapılan çalışmalarda, mevcut diğer püskürtme yöntemleriyle uygulanan kaplamalara kıyasla daha iyi kaplama özellikleri (daha yüksek sertlik, yüksek yapışma mukavemeti, çok düşük gözeneklilik, daha yüksek aşınma direnci) elde etmek amacıyla modifiye HVOF termal püskürtme sistemi W-HVOF kullanılarak yumuşak çelik altlıklar üzerine molibden kaplama kaplanmıştır. Kaplama özellikleri araştırılmış ve ark, alev ve plazma püskürtmeli Mo kaplamalarla karşılaştırılmıştır [19].

2. MALZEME VE YÖNTEM

60 mm çapında 500 mm boyunda AISI 4140 çeliğinden üretilen 3 adet vidanın tüm yüzeyine molibden kaplanacaktır. Ark Sprey ve APS yöntemleri ile kaplanan molibden kaplamanın sertliği 300-500HV arası olduğu için HVOF , WFS ve PFS yöntemleri tercih edilmiştir. Yeni nesil yöntem W-HVOF tabancası ülkemizde bulunmadığından dolayı bu yöntem ile deneme yapılamamıştır. Kaplama öncesinde vidalar 20 mesh büyüklüğündeki Al₂O₃ bilyeler ile kumlanarak yüzey temizlenmiş ve pürüzlendirilerek kaplanacak tozların yüzeye bağlanmasına olanak sağlanmıştır.

1.vida MEC Hipojet 2700 HVOF tabancası propan gaz yakıtı kullanılarak Praxair Mo-102 (45-90micron) %99,5 saf Mo toz ile kaplanmıştır.

2.vida GTV 15E WFS tabancası oksijen ve asetilen gazları kullanılarak Polymet PMET 899 3,17mm %99,95 saf Mo tel ile kaplanmıştır.

3.vida CastoDyn DS 8000 PFS tabancası oksijen ve asetilen gazları kullanılarak Praxair Mo-102 (45-90 micron) %99,5 saf Mo toz ile kaplanmıştır.

Molibden kaplı numunelerin mikroyapılarının analizleri, Leica S9i Stereo Mikroskobu, Leica DM750 M Işık Optik Mikroskobu (LOM) ve Zeiss Ultra Plus Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca numunelerin kimyasal bileşimi, Enerji Dağılım Analizi (EDS) ile donatılmış SEM kullanılarak incelenmiştir. Sertlik ölçümleri Agilent Nano Indenter G200 nano izdüşüm ve Emcotest Durascan 20 micro Vickers sertlik cihazı ile yapılmıştır.

3. SONUÇLAR

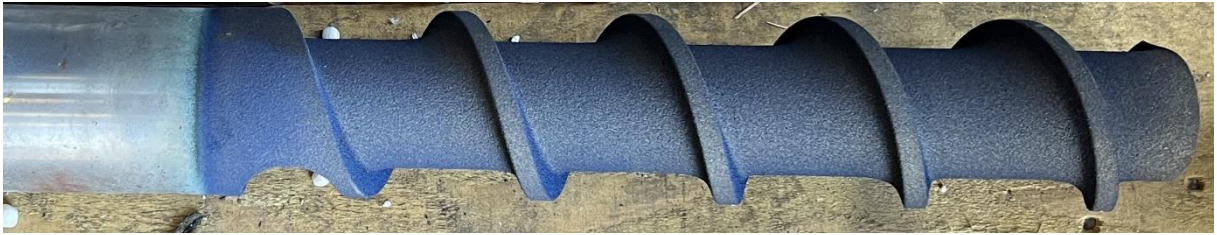
Deneme vidaların yüzeyine WFS, HVOF ve PFS yöntemleri kullanılarak molibden kaplanmıştır. Şekil 1.a'da WFS yönteminde oksijen ve asetilen gazları saf molibden tel ergitilerek püskürtülmüştür. Şekil 1.b'de propan gazı ile ergitilen saf molibden tozları püskürtülmüştür. Şekil 1.c'de oksijen ve asetilen gazları ile ergitilen saf molibden tozları püskürtülmüştür. Püskürtme esnasında molibden oksitlenmektedir. WFS ve HVOF yöntemlerinde yaklaşık %13-18 arasında oksitlenen molibden, PFS yöntemiyle %30-35 oranında oksitlenmektedir. Bu nedenle PFS yöntemiyle püskürtülen molibden mavi rengini alırken WFS ve HVOF yöntemleriyle püskürtülen molibden toz ve tel formundaki gri rengini korumaktadır. Vidaların yüzey pürüzlülüğüne bakıldığında en az pürüzlülük HVOF yönteminde, en fazla pürüzlülük PFS yönteminde görülmektedir. Şekil 1 de Termal Sprey yöntemleri ile yapılan molibden kaplamalar verilmiştir.



Şekil 1.a : WFS yöntemiyle molibden kaplama



Şekil 1.b : HVOF yöntemiyle molibden kaplama



Şekil 1.c: PFS yöntemiyle molibden kaplama

3.1. Mikroyapı Analizleri

Molibden kaplanmış vidalardan numune alma amacıyla kesit alınmıştır. Numune Şekil 2.a'daki gibi bakalite alınmıştır. Ardından Şekil 2.b'de gösterilen Stereo mikroskopta ve Şekil 2.c'de gösterilen Optik mikroskopta incelenmiştir.



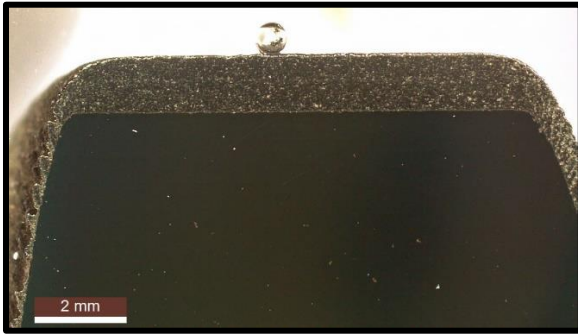
Şekil 2.a : Bakalite alınmış numune



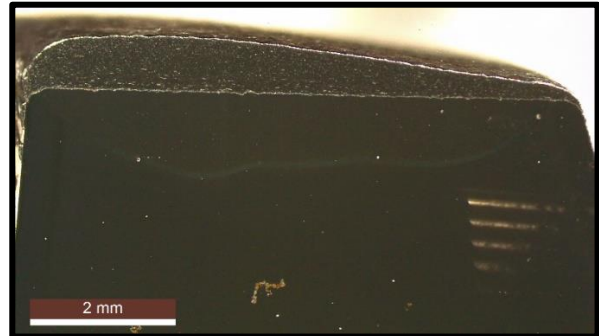
Şekil 2.b : Leica S9i Stereo Mikroskobu Mikroskobu



Şekil 2.c : Leica DM750 M Işık Optik Mikroskobu



Şekil 2.d : WFS Mo kaplanmış numunenin kesit alanı görüntüsü



Şekil 2.e : HVOF Mo kaplanmış numunenin kesit alanı görüntüsü

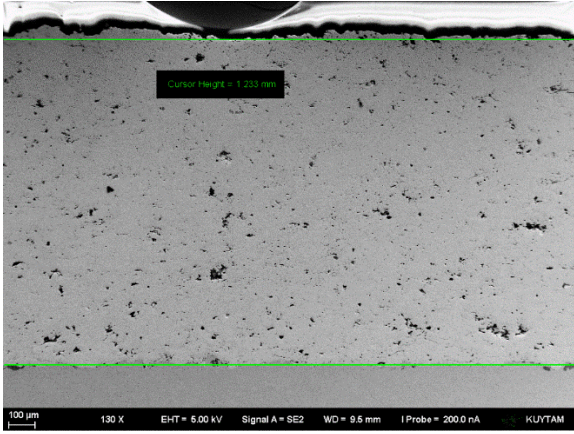


Şekil 2.f : PFS Mo kaplanmış numunenin kesit alanı görüntüsü

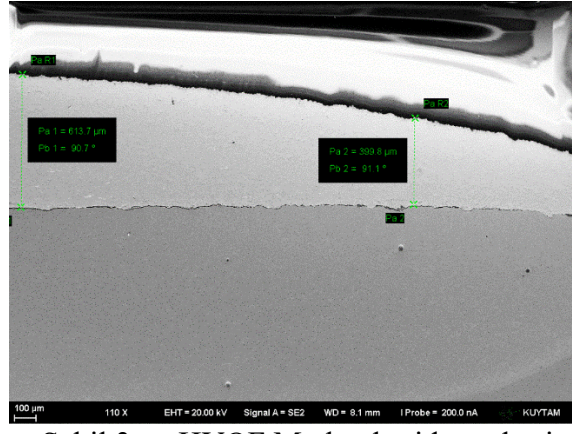
Stereo mikroskobu görüntüleri, WFS yöntemi kullanılarak kaplanmış numunenin yaklaşık 1,2 mm kalınlığında homojen bir Molibden kaplamaya sahip olduğunu ve HVOF makinesi ile kaplanmış numunenin 0,650 ile 0,150 mm arasında değişen homojen olmayan bir kalınlığa sahip olduğunu göstermiştir. PFS yöntemi kullanılarak kaplanmış Molibden kaplamanın 0,460-0,520 mm arasında değişen homojen olmayan bir kalınlığa sahip olduğu ve molibden oksit tabakasının yoğun miktarda olduğunu göstermiştir.



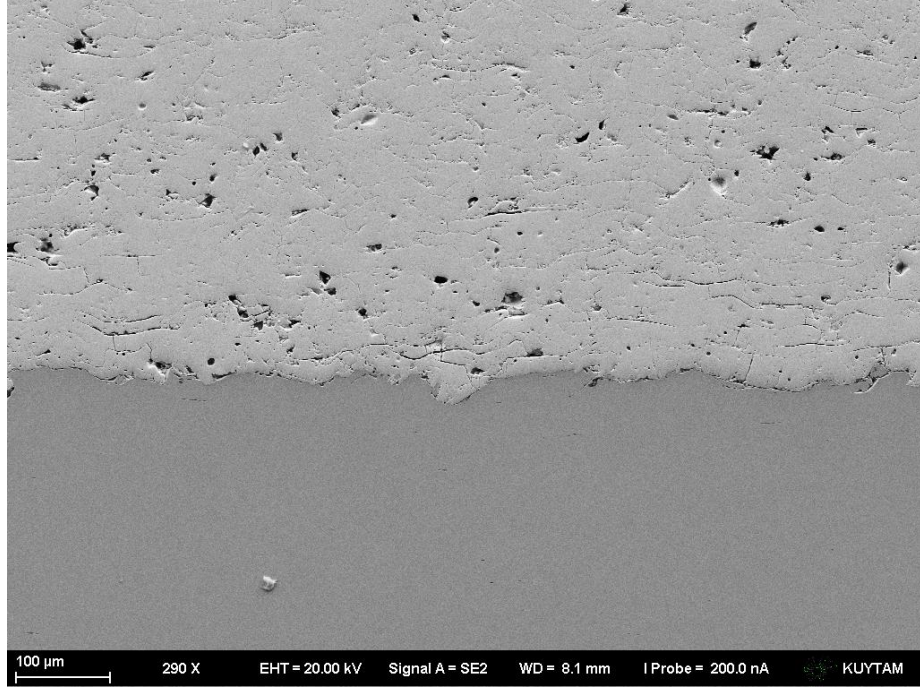
Şekil 3.a : Zeiss Ultra Plus Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu



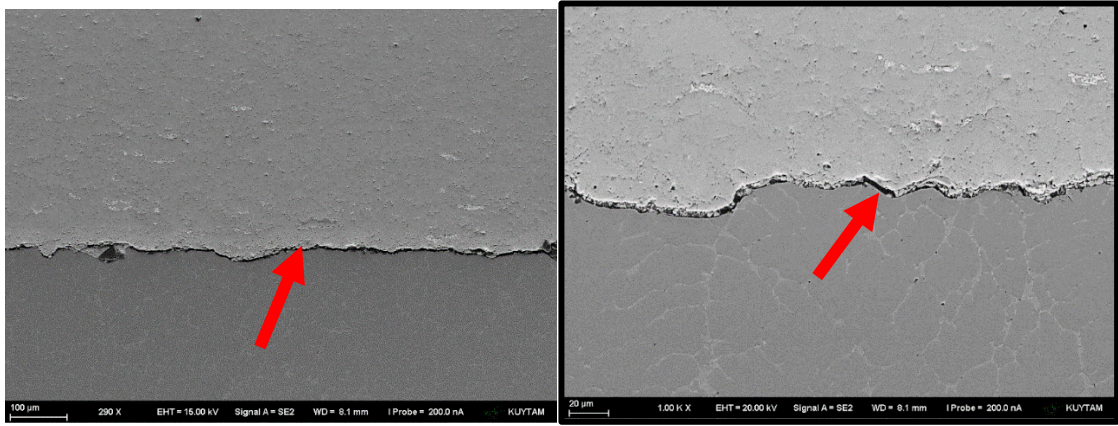
Şekil 3.b : WFS Mo kaplı vidanın kesit alanının SEM görüntüsü



Şekil 3.c : HVOF Mo kaplı vidanın kesit alanının SEM görüntüsü

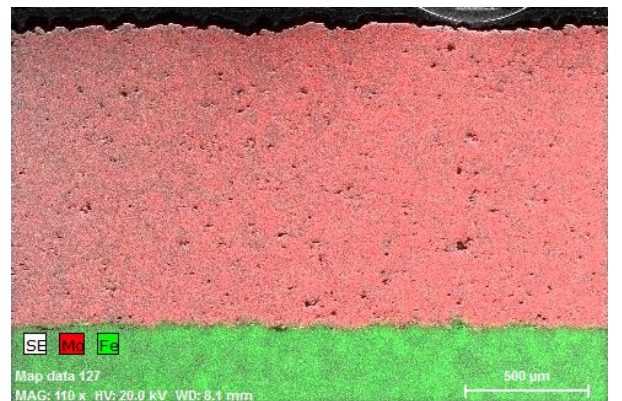
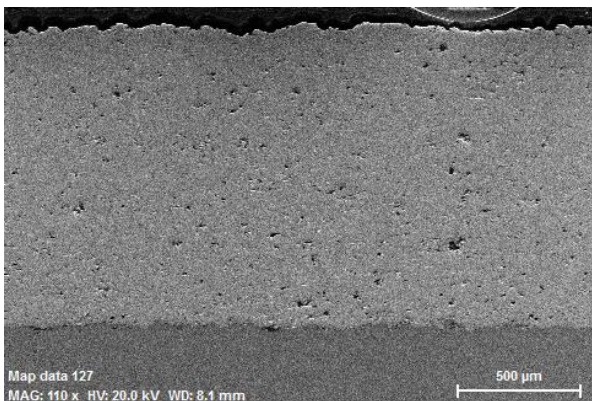


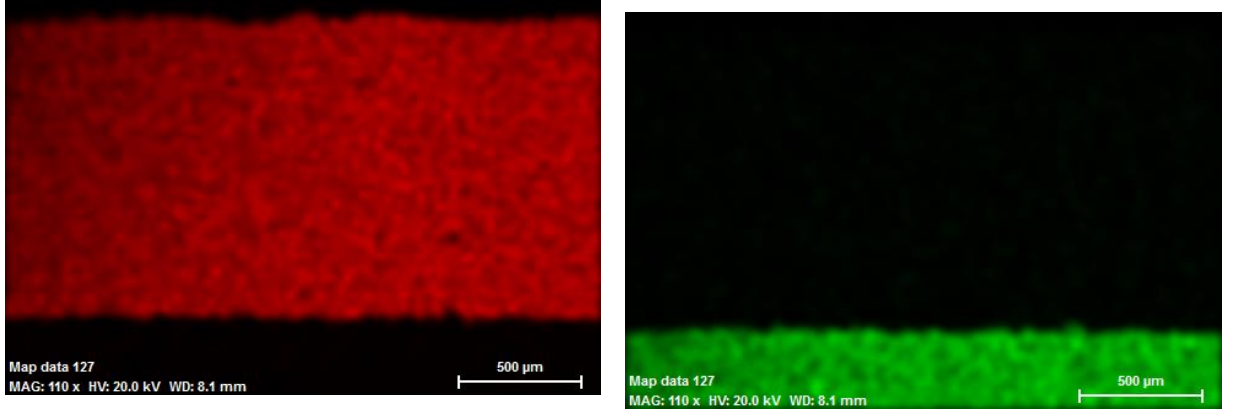
Şekil 3.d : WFS Mo kaplanmış numunedeki alt tabakanın arayüzey SEM görüntüsü



Şekil 3.e : HVOF Mo kaplanmış numunedeki alt tabakanın arayüzey SEM görüntüsü

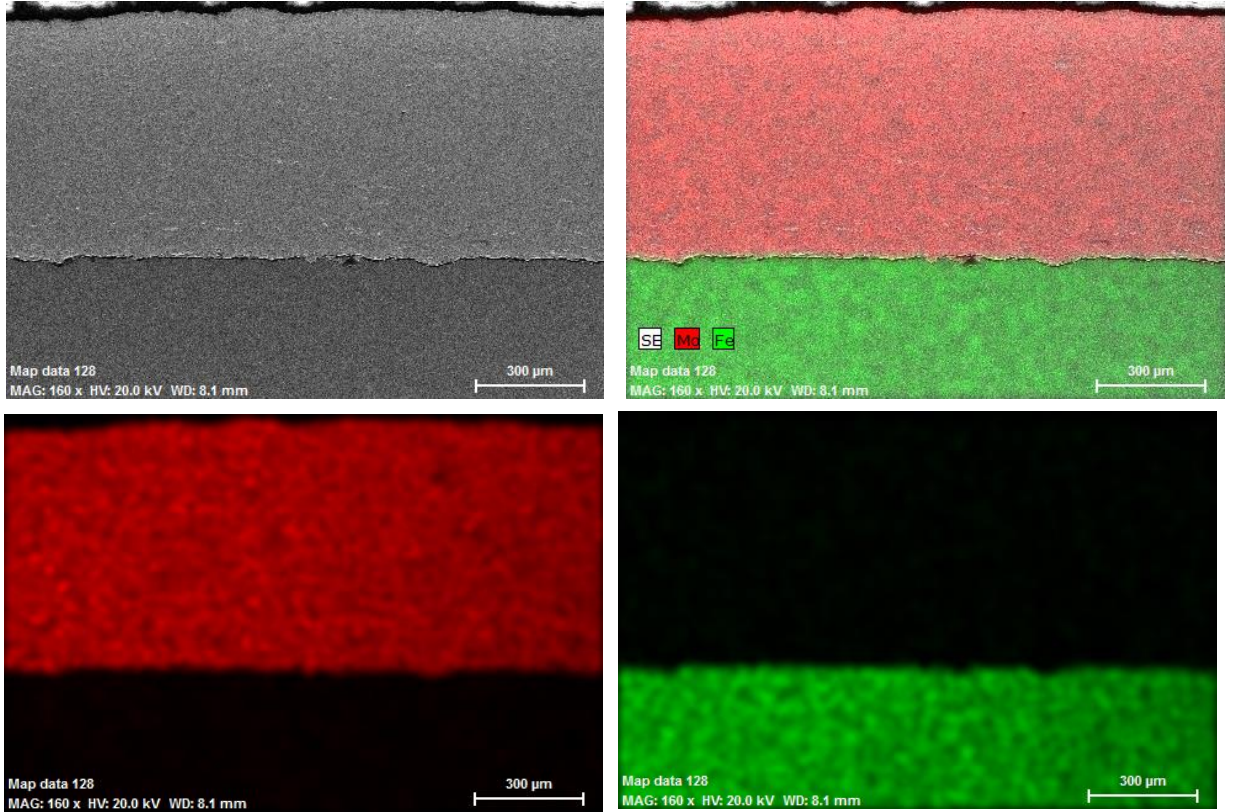
Molibden kaplama ile altlıklar arasındaki arayüz SEM ile araştırılmış ve sonuçlar Şekil 3.e ve Şekil 3.d'de sunulmuştur. Çalışmalar, WFS yöntemi kullanılarak numunede mekanik bağlama ile Molibden kaplamanın alt tabakaya iyi bir şekilde bağlandığını ortaya koydu. Bununla birlikte, HVOF yönteminin kullanıldığı numunede, Molibden kaplama alt tabakaya düzgün bir şekilde bağlanmamıştır.





Şekil 4.a : WFS yöntemiyle kaplanmış numunenin SEM mikrografi ve EDS elementel haritalaması.

Şekil 4.a'da sunulan SEM-EDS çalışmaları, WFS ile kaplanmış hatvelerin tamamen ve homojen bir şekilde saf Molibden ile kaplandığını açıkça göstermiştir.



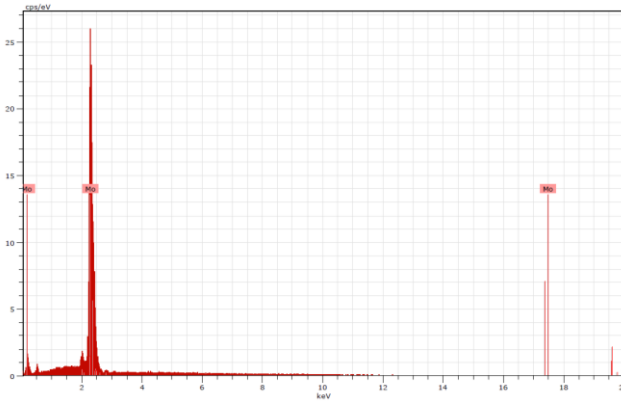
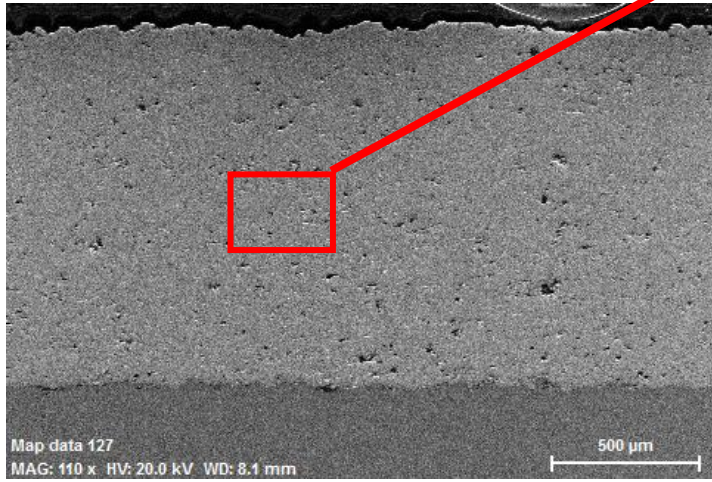
Şekil 4.b : HVOF yöntemiyle kaplanmış numunenin SEM mikrografi ve EDS element haritası.

Şekil 4.b'de sunulan SEM-EDS çalışmaları, HVOF yöntemiyle kaplanmış hatvelerin üst bölümünün saf Molibden ile kaplandığını göstermiştir.

3.2. Kimyasal Analizler

Tablo 1: SEM-EDS kullanılarak analiz edilen Molibden kaplamamanın kimyasal bileşimi.

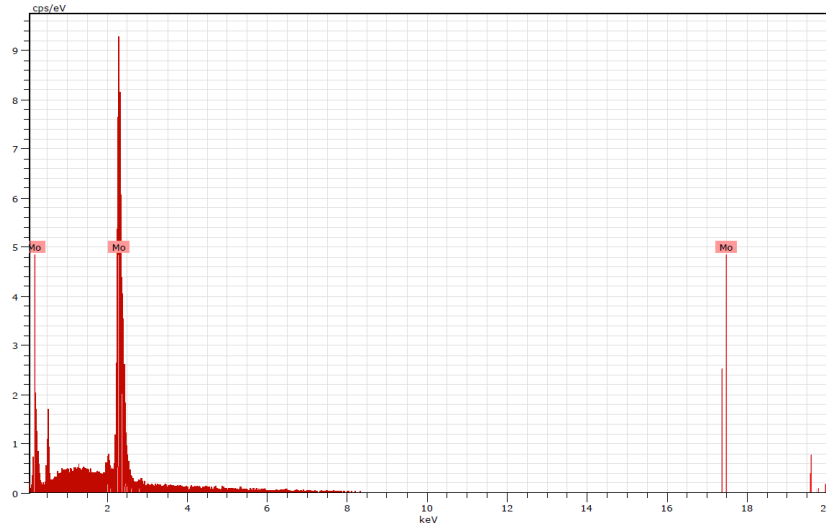
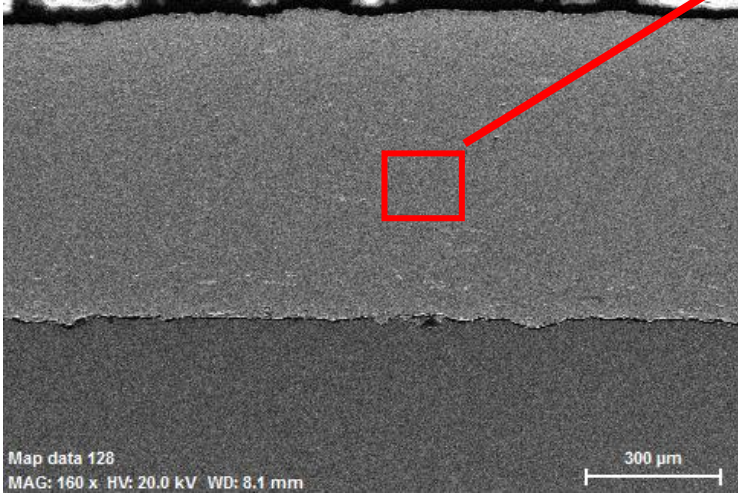
Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Molybdenum	L-series	89.82	100.00	100.00	3.3
Total:		89.82	100.00	100.00	



WFS yöntemiyle çöktürülen Molibden kaplamamanın kimyasal bileşimi SEM-EDS kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Sonuçlar, kaplamamanın saf Molibden olduğunu göstermiştir.

Tablo 2: SEM-EDS kullanılarak analiz edilen Molibden kaplamamanın kimyasal bileşimi.

Element	Series	unn. C [wt.%]	norm. C [wt.%]	Atom. C [at.%]	Error [%]
Molybdenum	L-series	63.23	100.00	100.00	2.3
Total:		63.23	100.00	100.00	



HVOF yöntemiyle çöktürülen Molibden kaplamanın kimyasal bileşimi SEM-EDS kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Sonuçlar, kaplamanın saf Molibden'den olduğunu göstermiştir.

3.3. Sertlik Ölçümleri



Şekil 5.a : Micro Vickers Sertlik Testi



Şekil 5.b : Nano İzdüşüm Sertlik Testi

WFS, HVOF ve PFS yöntemleri kullanılan Molibden kaplamaların ortalama sertlik değerleri Tablo 3 ve 4'te rapor edilmiştir. Tablo 3'te Şekil 5.a'da gösterilen Mikro Vickers Sertlik cihazı ile; Tablo 4'te Şekil 5.b'de gösterilen nano izdüşüm cihazı ile sertlik ölçümleri yapılmıştır.

Tablo 3 : WFS, HVOF ve PFS yöntemi kullanılarak biriktirilen Molibden kaplamanın mikro Vickers sertlik değerleri.

Yöntem	Minimum	Maksimum	Ortalama
WFS	624	766	699
HVOF	336	684	494
PFS	270	792	526

Tablo 4 : WFS, HVOF ve PFS yöntemi kullanılarak biriktirilen Molibden kaplamanın nano izdüşüm yöntemiyle ölçülen Vickers sertlik değerleri.

Yöntem	Minimum	Maksimum	Ortalama
WFS	743	1640	1335
HVOF	840	1674	1288
PFS	468	945	674

Mikro Vickers ölçüm methodunda nano izdüşüm sertlik ölçüm methoduna göre daha geniş bir yüzeyin ve derinliğin ölçülmesi ile mikroyapıda oluşan porozite, oksit tabakaları, ergimemiş partiküller ve inklüzyonların daha fazla etkilemesi nedeniyle daha düşük değerler elde edilmiştir. Nano izdüşüm yöntemi ile edinilen sonuçlar PFS yönteminde çok yüksek miktarda porozite ve oksit tabakalarını açıkça ortaya koymaktadır. HVOF methodu ile uygulama sırasında yapılacak gelişmeler umut vericidir. WFS methodu her iki sertlik ölçümünde de en güvenilir sonuçları vermiştir.

4. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

- 1- Molibden WFS, HVOF ve PFS yöntemleri kullanılarak başarılı bir şekilde kaplanmıştır. En yüksek ve stabil ortalama sertlik değerlerine WFS yöntemiyle ulaşılmıştır. Molibden oksit ve porozite miktarı çok düşüktür.
- 2- HVOF yöntemiyle, propan gazının Mo tozlarını tamamen ergetemediği, bu nedenle altlık malzemeye tamamen bağlanamadığı ve sertliğin düşük çıktığı görülmüştür. Tekrar deneme yapılacak ise kerosen yakıt sistemli HVOF makinesi kullanılmalı ve Mo kaplama öncesi Ni-Cr tampon uygulanmalıdır.
- 3- PFS yöntemiyle Mo tamamen ergimiş ve altlık malzemeye başarılı bir şekilde yapışmıştır. Ancak tozların düşük hızda fırlatılması nedeniyle çok yoğun miktarda porozite ve molibden oksitlere rastlanmıştır. Bu nedenle sertlik düşük çıkmaktadır.
- 4- 3 farklı yöntemle deneme sonucunda Mo kaplama için en başarılı yöntemin WFS olduğu kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. S. Usmani and S. Sampath, Time-Dependent Friction Response of Plasma-Sprayed Molybdenum, *Wear*, 1999, 225-229, p 1131-1140
2. Z. Liu and M. Hua, Wear Transition and Mechanism in Lubricated Sliding of a Molybdenum Coating, *Tribol. Int.*, 1999, 32(9), p 499-506
3. B. Hwang, J. Ahn, and S. Lee, Effects of Blending Elements on Wear Resistance of Plasma-Sprayed Molybdenum Blend Coatings Used for Automotive Synchronizer Rings, *Surf. Coat. Technol.*, 2005, 194(2-3), p 256-264
4. <https://cremer-coating.com/metal-spraying/molybdenum-coating.html>
5. <https://www.thermalspray.com/understanding-molybdenum-and-tungsten-as-coating-base-materials/>
6. Soykan S., Üstel F., Çelik E., Avcı E., (1997): "Investigation of friction and wear behaviours of plasma-sprayed ceramic coatings", *Journal of Turkish Engineering and Environmental Sciences*, vol.21, No: 6, pp.417-423
7. S.C. Modi and Eklavya Calla, A Study of High-Velocity Combustion Wire Molybdenum Coatings, *J. Therm. Spray Technol.*, 2001, 10(3), p 480-486
8. S.F. Wayne, S. Sampath, and V. Anand, Wear Mechanisms in Thermally-Sprayed Mo-Based Coatings, *Tribol. Trans.*, 1994, 37(3), p 636-640
9. Y.S. Kim, Influences of Alloyed Molybdenum and Molybdate Addition on the Corrosion Properties and Passive Film Composition of Stainless Steels, *Metall. Mater. Intern.*, 1998, 4, p 183-191
10. Z. Liu and M. Hua, Wear Transitions and Mechanisms in Lubricated Sliding of a Molybdenum Coating, *Tribol. Intern.*, 1999, 32, p 499-506
11. B. Hwang, S. Lee, and J. Ahn, Correlation of Microstructure and Wear Resistance of Molybdenum and Molybdenum Blend Coatings Fabricated by Atmospheric Plasma Spraying, *Mater. Sci. Eng. A*, 2004, A366, p 152-163

12. S. Sampath, S. Usmani, and D.L. Houck, Applications of Mo and Mo-alloys as thermal spray coatings, Molybdenum and Molybdenum Alloys, A. Crowson, E.S. Chen, J.A. Shields, and P.R. Subramanian, Ed., TMS, Pittsburgh, 1998, p 415-424
13. J.M. Tura, A. Traveria, M.D. de Castellar, J. Pujadas, J. Blouet, R. Gras, H.G. Magham, P. Belair, T. Hanau, and A. Romero, Frictional Properties and Wear of a Molybdenum Coating and a Bronze (Cu-10%Sn) with Friction Modifier Fillers, *Wear*, 1995, 189, p 70-76
14. K. Nakashima, M. Hosoda, W. Yago, and K. Inagaki, Synchronizer Ring Having a Spray-Coated Film of a Wear-Resistant Brass Material, US Patent 5 326 646, July 1994
15. S. Sampath and S.F. Wayne, Microstructure and Properties of Plasma-Sprayed Mo-Mo₂C Composites, *J. Therm. Spray Technol.*, 1994, 3(3), p 282-288
16. S. Sampath et al., Development of Process Maps for Plasma Spray: Case Study for Molybdenum, *Mater. Sci. Eng. A*, 2003, 348, p 54-66
17. J. Yan, Z. He, Y. Wang et al., Microstructure and Wear Resistance of Plasma-Sprayed Molybdenum Coating Reinforced by MoSi₂ Particles, *J. Therm. Spray Technol.*, 2016, 25, p 1322
18. G. Matache et al., Investigation of Some Intrinsic Properties of Thermal Sprayed Molybdenum Coatings for Railway Axle Applications, *Appl. Mech. Mater.*, 2015, 811, p 19-23
19. Tailor, S., Modi, A. & Modi, S.C. High-Performance Molybdenum Coating by Wire-HVOF Thermal Spray Process. *J Therm Spray Tech* 27, 757–768 (2018)

INFLUENCE OF CHEMICAL ETCHINGS ON ROUGHNESS, DEGRADATION, AND ION RELEASE OF NiTi ALLOYS

Yakup SAY¹

¹Department of Machine and Metallic Technology, Munzur University, Tunceli, Turkey

*¹yakupsay@gmail.com, yakupsay@munzur.edu.tr

Abstract

Metallic biomaterials are commonly preferred in orthopedic applications due to their superior mechanical properties. However, their corrosion and biocompatibility properties need to be improved. For this purpose, the surfaces of metallic biomaterials are generally coated with bio-ceramic materials that provide high bio-compatibility and corrosion resistance. Various chemical/electrochemical surface treatments are applied to increase the efficiency of bio-ceramic coatings. In this study, NiTi alloy, which is frequently used as a metallic biomaterial, was subjected to immersion in two different chemical environments (NaOH and Na₂CO₃), four different concentrations (1, 2, 3, and 4 M), and three different immersion times (10, 60, and 180 minutes), and the surface roughness, degradation analyses, and Ni ion release of the samples were determined. The highest roughness value was measured in the 4 Molar 10 minutes NaOH etching process, while the lowest roughness value was measured in the 2 Molar 180 minutes Na₂CO₃ etching process. It was determined that the sample group that caused the highest weight loss due to etching processes was the 8 Molar 60 minutes NaOH group. The samples were immersed in simulated body fluid for a period of 4 weeks, and the degradation amounts were determined by measuring the weight losses. Degradation analyses showed that the highest degradation occurred on the surface obtained after the 8 Molar 10 minutes NaOH etching process. However, the lowest degradation was detected in the 1 Molar 10 minutes NaOH sample. It was determined that the amount of Ni ion release was highest in the 2 Molar 10 minutes Na₂CO₃, 2 Molar 10 minutes NaOH, and 4 Molar 10 minutes NaOH samples. The study found that there was no direct relationship between the surface roughness and the concentration or immersion time. Similarly, the degree of degradation and the amount of ion release did not change based on the roughness of the samples.

Keywords: NiTi, Chemical Etching, Surface Roughness, Degradation, Ion-release

1. Introduction

In-vivo applications require biomaterials with sufficient strength, adequate corrosion resistance, and high biocompatibility. NiTi alloys are frequently preferred materials in hard tissue applications due to their sufficient strength values, adequate corrosion resistance, as well as their superelasticity and shape memory properties [1,2]. NiTi alloys are frequently preferred in short bone parts, fractured jawbones, and skulls applications, especially due to their shape memory properties. NiTi alloys are also preferred in maxillofacial surgery, living

tissue prosthesis, and removal of stenotic vessels or urinary tract systems applications [3]. NiTi alloys are also used in orthodontics and endodontics, such as braces and rotary root canal apparatus [4]. According to the search results, one of the most significant risks associated with long-term implantation of NiTi alloys is biological corrosion [5] and the release of Ni ions [6]. There are some studies that show that NiTi alloys do not exhibit any cytotoxic effects [7,8]. However, some studies have reported that NiTi alloys can exhibit toxic effects due to their high release of Ni ions [9-12]. Therefore, it is important to carefully evaluate the potential risks and benefits of using NiTi alloys in medical applications.

Metallic biomaterials are frequently preferred in orthopedic applications due to their high strength. However, the corrosion and biocompatibility properties of these materials need to be improved [13,14]. The biocompatibility of metallic biomaterials is related to their susceptibility to corrosion in the body. As mentioned in the search results, insufficient corrosion resistance in metal implants can lead to unwanted biological and mechanical damage. Therefore, studies are being conducted to ensure the functionality of implants for long-term use after implantation [15,16]. To improve the corrosion and biocompatibility properties of metallic biomaterials, their surfaces are being modified with alternative materials [17-19]. According to the search results, bioceramics such as hydroxyapatite and bioglass are frequently preferred in surface coating processes to improve the corrosion and biocompatibility properties of metallic biomaterials [20-23]. To increase the efficiency of bioceramic surface modifications, various surface preparation processes are applied before coating. The main purpose of surface preparation processes is to ensure sufficient surface cleaning before coating and to improve the adhesion strength of the coating by increasing surface roughness and surface area.

As mentioned in the search results, many studies have been conducted on the surface modifications of metallic implants in recent years. However, these studies have mainly focused on bioceramic coatings and their effects. In this study, the behavior, roughness, degradation, and Ni ion release of NiTi alloys were evaluated in different concentrations and immersion times of Na_2CO_3 and NaOH surface treatments, which is different from the existing literature.

2. Material and Methods

In this study, NiTi alloy surfaces with 45 (wt%) Ti and 55 (wt%) Ni content and dimensions of 10x15 mm were subjected to chemical etching in two different chemical environments, four different concentrations, and three different waiting times. Before the chemical etching process, the sample surfaces were subjected by a series of ultrasonic cleaning processes (distilled water, acetone and ethanol) to ensure surface cleaning. The sample groups and surface treatments applied to the samples are presented in Table 1.

Table 1. Sample groups and applied process details

Sample Code	Env.	Cons. (M)	Time (min.)	Sample Code	Env.	Cons. (M)	Time (min.)
Na ₂ CO ₃ -1-10	1		10	NaOH-1-10	1		10
Na ₂ CO ₃ -1-60			60	NaOH-1-60			60
Na ₂ CO ₃ -1-180			180	NaOH-1-180			180
Na ₂ CO ₃ -2-10	2		10	NaOH-2-10	2		10
Na ₂ CO ₃ -2-60			60	NaOH-2-60			60
Na ₂ CO ₃ -2-180			180	NaOH-2-180			180
Na ₂ CO ₃ -4-10	4		10	NaOH-4-10	4		10
Na ₂ CO ₃ -4-60			60	NaOH-4-60			60
Na ₂ CO ₃ -4-180			180	NaOH-4-180			180
Na ₂ CO ₃ -8-10	8		10	NaOH-8-10	8		10
Na ₂ CO ₃ -8-60			60	NaOH-8-60			60
Na ₂ CO ₃ -8-180			180	NaOH-8-180			180

The surfaces of the chemically etched samples were subjected to another ultrasonic cleaning process and then left to dry at room temperature. The weight loss caused by the chemical etching process on the sample surface was determined by measuring the weight of the samples before and after the etching process. The weight difference between the sample weights before and after chemical etching was recorded as corrosion loss. The roughness values (Ra) of all sample surfaces after the etching process were measured using a surface test instrument (MITUTOYO 211). At least 6 repeated measurements were taken for roughness measurements, and the average and standard deviation values were calculated. Additionally, during the 4-week immersion period in simulated body fluid (SBF), the amount of nickel ions released from NiTi alloy surfaces to the SBF solution was determined using ICP-MS (PerkinElmer, Jiangsu, China, Nexion 350) analyses. Similar to degradation analyses, ion release analyses were performed in triplicate, and average values were considered. The SBF composition prepared for degradation and ion release analyses is presented in Table 2.

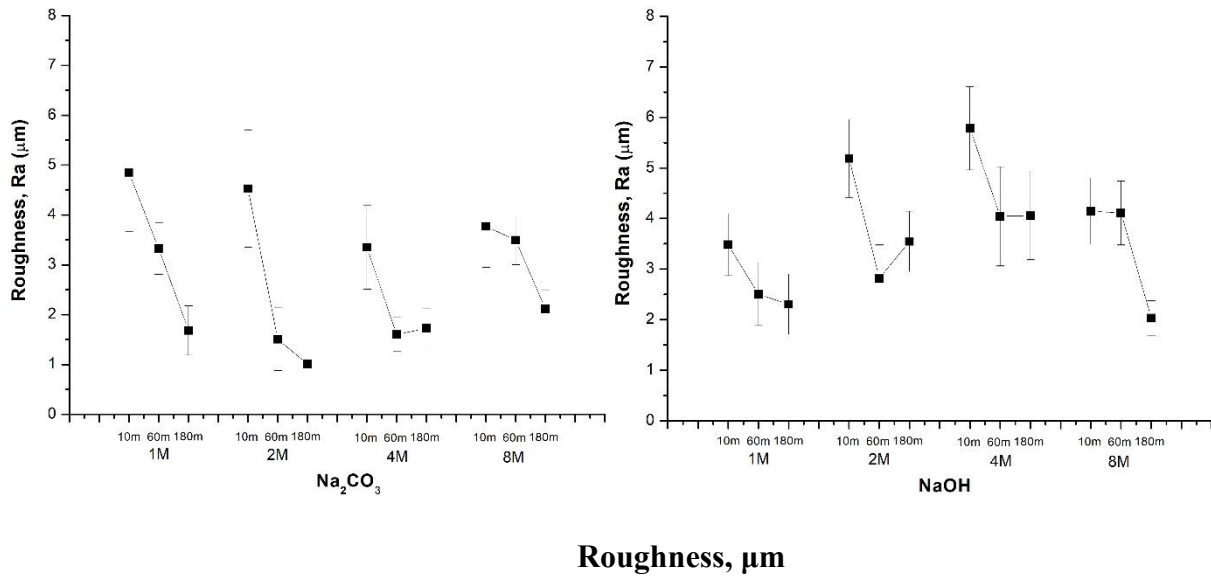
Table 2. Chemical composition of simulated body fluid (SBF) solution [24].

Reagents	Amount in 1000 mL
NaCl	8.035 g
NaHCO ₃	0.355 g
KCl	0.225 g
K ₂ HPO ₄ .3H ₂ O	0.231 g
MgCl ₂ .6H ₂ O	0.311 g
HCl (1 Molar)	39.0 mL
CaCl ₂	0.292 g
Na ₂ SO ₄	0.072 g
(HOCH ₂) ₃ CNH ₂	6.118 g
HCl (1 Molar)	0-5 mL*

* The suitable amount to achieve a pH~ 7.4

3. Results and Discussion

The physical and chemical properties of implant materials, such as surface morphologies, surface characteristics, and chemical compositions, directly affect biocompatibility [25]. The surface roughness of implant materials is of vital importance in tissue-implant interaction [26]. This is because the surface properties of the implant directly affect the quantity and quality of cells that will adhere to the implant surface after implantation, and thus determine how the implant will interact with the surrounding tissue [27-29]. The surface roughness values measured after the chemical etching process applied to NiTi implant surfaces are presented in Figure 1. It has been observed that the surface roughness decreases with the increase in waiting time in almost all concentrations in Na₂CO₃ environment. Similar results were obtained for NaOH environment. It is known that all metals except gold and platinum produce oxides and hydroxides in corrosive environments [30]. In Na₂CO₃ environment, the hydrolysis of CO₃⁻² ions can cause the release of OH⁻ ions into the environment, leading to the formation of M(OH)_x [31]. Similarly, NaOH is a basic compound that can affect the pH and ion balance of the environment it is used in. The reason for the decrease in roughness values with the increase in waiting time can be explained as the triggering of M(OH)_x formation by OH⁻ ions in the environment and their accumulation on the surface. Roughness measurements confirm this assumption. The highest roughness values in all concentrations of Na₂CO₃ and NaOH environments were measured at the lowest waiting times. Among all sample groups, the highest roughness value in Na₂CO₃ environment was measured as 4.85 μm in 1M10m group samples, and the lowest roughness value was measured as 1.01 μm in 2M180m group samples. In NaOH environment, the highest roughness value was measured as 5.79 μm in 4M10m group samples, and the lowest roughness value was measured as 2.03 μm in 8M180m group samples. According to the search results, studies have shown that cell adhesion and proliferation in metallic implants are related to surface roughness. An increase in roughness will increase the surface energy and, therefore, the wettability of the implant surface, which will rapidly increase cell proliferation [32-34]. In light of these results, the 4M10m NaOH chemical etching that provides the highest surface roughness can be recommended to improve osteointegration.

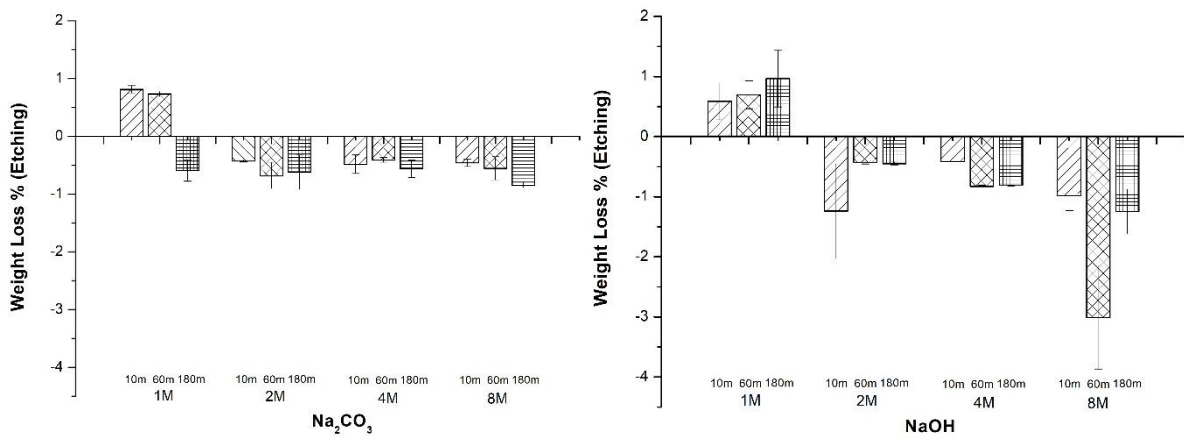


	1M			2M			4M			8M		
	10	60	180	10	60	180	10	60	180	10	60	180
	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Na₂CO₃	4,85	3,33	1,68	4,53	1,51	1,01	3,35	1,6	1,73	3,77	3,49	2,12
NaOH	3,48	2,51	2,31	5,19	2,82	3,55	5,79	4,04	4,06	4,15	4,11	2,03

Fig. 1. Roughness values of surfaces (Ra, μm).

To determine the corrosive effect of the chemical etching process, the weights of the samples were measured before and after the process, and the difference was calculated and recorded as weight loss. The measured weight loss values are given graphically in Figure 2. The first noticeable result is that weight gain instead of weight loss was observed at 1M concentration in both environments. This can be explained by the formation and accumulation of $M(\text{OH})_x$ due to the hydrolysis of CO_3^{2-} ions in the environment. With an increase in concentration, the re-dissolution of impurities on the surface and, consequently, an increase in the severity of weight loss may occur. In addition, it can be said that the NaOH environment has a more corrosive effect on the surface than the Na_2CO_3 environment and causes more severe weight losses. Although there is no linear relationship between weight loss and waiting time in both environments, it was found that weight loss increased with an increase in concentration in the NaOH environment. The most severe weight loss in the Na_2CO_3 environment was measured

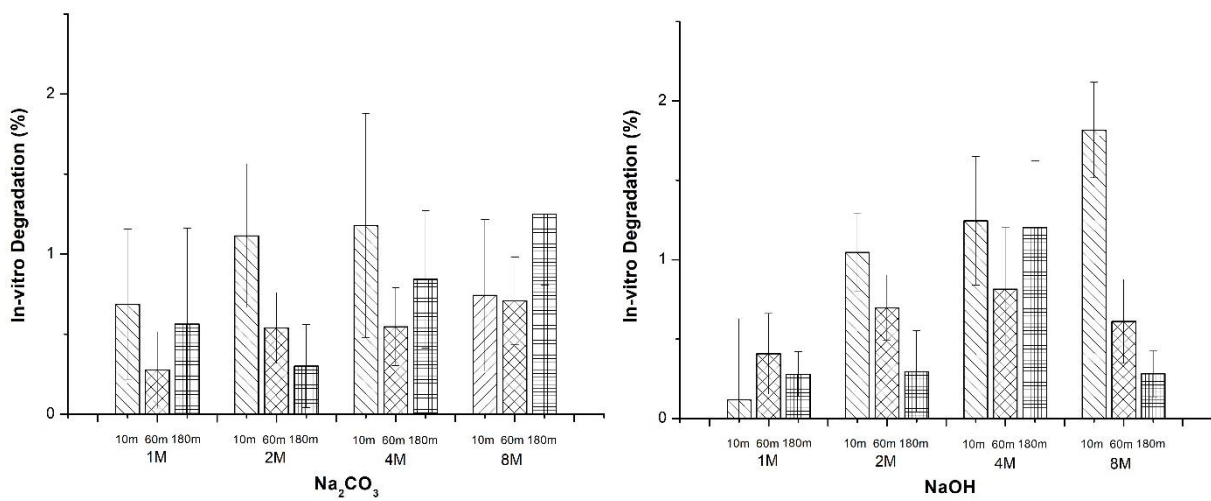
as -0.85% in the 8M180m sample group, while in the NaOH group, it was determined as -3.01% in the 8M60m sample group.



Weight Losses %

	1M			2M			4M			8M		
	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m
Na₂CO₃	0,81	0,74	-0,59	-	-	-0,62	-	-	-0,56	-	-	-0,85
				0,42	0,68		0,48	0,41		0,46	0,55	
NaOH	0,59	0,69	0,97	-	-	-0,45	-	-	-0,81	-	-	-1,25
				1,24	0,43		0,42	0,83		0,98	3,01	

Fig. 2. Weight losses (%) due to chemical etching.

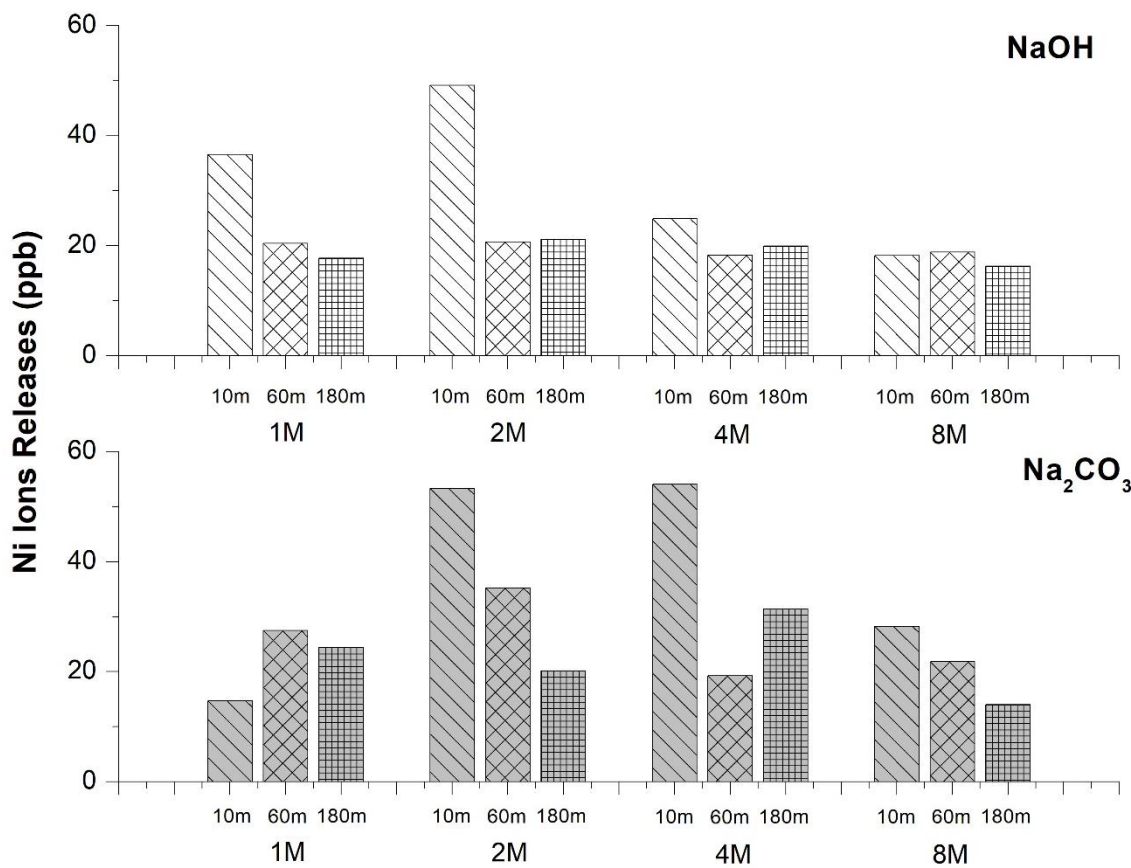


In-Vitro Degradation (%)

	1M			2M			4M			8M		
	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m
Na₂CO₃	0,68	0,28	0,56	1,12	0,54	0,3	1,18	0,55	0,84	0,74	0,71	1,25
NAOH	0,12	0,41	0,28	1,05	0,69	0,29	1,25	0,81	1,2	1,82	0,61	0,28

Fig. 3. In-Vitro Degradation (%) resulting from a 4-week immersion in SBF.

Another parameter that affects biocompatibility in metallic implants is the degree of degradation that will occur in the implant after implantation. The amount of degradation that occurred in NiTi alloys with different surface roughness after 4 weeks of waiting in SBF is given in Figure 3. Normally, with an increase in roughness, an increase in surface area and therefore an increase in the intensity of dissolution in SBF is expected. However, the findings show that there is no clear linear relationship between surface roughness and degradation. The highest degradation in the Na₂CO₃ group samples was measured as 1.25% in the 8M180m group samples, while the lowest degradation was measured as 0.28% in the 1M60m group samples. In the NaOH group samples, the highest degradation was measured as 1.82% in the 8M10m group samples, while the lowest degradation was measured as 0.12% in the 1M10m group samples. Although it cannot be said that there is a clear relationship between waiting time and degradation intensity, it has been concluded that an increase in the concentration of the environment increases the intensity of degradation.



Ni Ions Releases (ppb)

	1M			2M			4M			8M		
	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m	10m	60m	180m
NAOH	36,5	20,3	17,7	49,1	20,7	21,1	24,9	18,2	19,9	18,2	18,8	16,2
	8	9	2	7	3	6	2	6	3	1	7	6
NA₂C	14,7	27,4	24,4	53,3	35,2	20,1	54,0	19,2	31,4	28,2	21,8	14,0
O₃	4	9	3	3	3	7	9	9	5	6	1	3

Fig. 4. Ni Ions releases recorded by ICP-MS.

NiTi alloys have high corrosion resistance and advanced biocompatibility properties due to the natural oxide layer on their surfaces. However, in long implantation periods, it is possible for toxic and allergenic Ni release to occur, even in small amounts. Corrosion in metallic implants causes prosthetic loosening and the release of metal ions such as Fe, Cr, and Ni. Ion release from implant materials poses a risk to the surrounding tissue. For example, high Ni release affects cellular activities and causes various pathological conditions, including

toxicity, allergic reactions, and inflammation [35-37]. In addition, some studies have reported that Ni ions may have carcinogenic and toxic effects [38,39]. The amounts of Ni ion release measured after a 4-week immersion period in SBF for NaOH and Na₂CO₃ group samples are given in Fig. 4. The results show that Ni ion releases were at ppb levels in all samples. The highest Ni ion release in the NaOH group samples was measured as 49.17 ppb in the 2M10m group samples, while the lowest release was measured as 16.26 ppb in the 8M180m group samples. In the Na₂CO₃ group samples, the highest Ni ion release was measured as 54.09 ppb in the 4M10m group samples, and the lowest release was detected again in the 8M180m group samples. Although a linear relationship between Ni ion release and concentration and immersion time in the chemical etching process could not be detected, it can be said that an increase in concentration and waiting time leads to a decrease in ion release amounts. In light of the findings, it is recommended to use the 8M180m chemical etching process for both chemical environments, considering the amounts of Ni ion release.

4. Conclusion

Chemical etching was applied to NiTi alloys in NaOH and Na₂CO₃ environments at 4 different concentrations and 3 different waiting times, and roughness, degradation, and Ni ion release after a 4-week waiting period in SBF were determined. The findings are summarized as follows:

- In both NaOH and Na₂CO₃ chemical etching processes, surface roughness decreased as waiting time increased for all concentrations. The highest roughness value in the Na₂CO₃ environment was measured as 4.85 μm in the 1M10m group samples, while the highest roughness value in the NaOH environment was measured as 5.79 μm in the 4M10m group samples.
- It has been determined that NaOH has a more corrosive effect on the surface compared to Na₂O₃ and causes more severe weight losses. It has been found that there is no linear relationship between waiting time and weight loss in both environments. However, it has been determined that weight loss increases with increasing concentration in the NaOH environment.
- It has been observed that there is no clear relationship between surface roughness and degradation. Similarly, although there is no clear relationship between waiting time and degradation intensity in both environments, it has been observed that increasing the concentration of the environment increases the intensity of degradation
- It has been determined that Ni ion releases were at ppb levels in all samples. Although no linear relationship was found between Ni ion release and waiting time or concentration, it was observed that the amount of ion release decreased with increasing concentration and waiting time.

References

- 1 Shabalovskaya, S. A. (1996). On the nature of the biocompatibility and on medical applications of NiTi shape memory and superelastic alloys. *Bio-medical materials and engineering*, 6(4), 267-289.
- 2 Biesiekierski, A., Wang, J., Gepreel, M. A. H., & Wen, C. (2012). A new look at biomedical Ti-based shape memory alloys. *Acta biomaterialia*, 8(5), 1661-1669.
- 3 Brunette, D. M., Tengvall, P., Textor, M., & Thomsen, P. (2012). Springer Science & Business Media.
- 4 Dee, K. C., Puleo, D. A., & Bizios, R. (2003). An introduction to tissue-biomaterial interactions. John Wiley & Sons.
- 5 Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International journal of biomedical science: IJBS*, 4(2), 89.
- 6 Markesbery, W. R., & Lovell, M. A. (2006). DNA oxidation in Alzheimer's disease. *Antioxidants & redox signaling*, 8(11-12), 2039-2045.
- 7 MR, G. (1992). Cytotoxic effect of orthodontic appliance. *Europ J Orthod*, 14, 47-53.
- 8 Ryhänen, J., Niemi, E. U. O. O., Serlo, W., Niemelä, E., Sandvik, P., Pernu, H., & Salo, T. (1997). Biocompatibility of nickel-titanium shape memory metal and its corrosion behavior in human cell cultures. *Journal of Biomedical Materials Research* 35(4), 451-457.
- 9 O'Brien, B., Carroll, W. M., & Kelly, M. J. (2002). Passivation of nitinol wire for vascular implants—a demonstration of the benefits. *Biomaterials*, 23(8), 1739-1748.
- 10 Surmenev, R. A., Ryabtseva, M. A., Shesterikov, E. V., Pichugin, V. F., Peitsch, T., & Epple, M. (2010). The release of nickel from nickel–titanium (NiTi) is strongly reduced by a sub-micrometer thin layer of calcium phosphate deposited by rf-magnetron sputtering. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 21, 1233-1239.
- 11 McKay, G. C., Macnair, R., MacDonald, C., & Grant, M. H. (1996). Interactions of orthopaedic metals with an immortalized rat osteoblast cell line. *Biomaterials*, 17(13), 1339-1344.
- 12 Kerosuo, H., Kullaa, A., Kerosuo, E., Kanerva, L., & Hensten-Pettersen, A. (1996). Nickel allergy in adolescents in relation to orthodontic treatment and piercing of ears. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 109(2), 148-154.
- 13 Garcia, J. A., & Rodriguez, R. J. (2011). Ion implantation techniques for non-electronic applications. *Vacuum*, 85(12), 1125-1129.
- 14 Kirkpatrick, C. J., Wagner, M., Kohler, H., Bittinger, F., Otto, M., & Klein, C. L. (1997). The cell and molecular biological approach to biomaterial research: a perspective. *Journal of materials science: Materials in medicine*, 8(3), 131-141.
- 15 Singh, V., Marchev, K., Cooper, C. V., & Meletis, E. I. (2002). Intensified plasma-assisted nitriding of AISI 316L stainless steel. *Surface and Coatings Technology*, 160(2-3), 249-258.
- 16 Sumita, M. (1997). Present status and future trend of metallic materials used in orthopedics. *Orthop. Surg*, 48, 927-934.
- 17 Qiu, D., Wang, A., & Yin, Y. (2010). Characterization and corrosion behavior of hydroxyapatite/zirconia composite coating on NiTi fabricated by electrochemical deposition. *Applied Surface Science*, 257(5), 1774-1778.
- 18 Say, Y., & Aksakal, B. (2019). Silver/Selenium/Chitosan-doped Hydroxyapatite coatings on biological NiTi alloy: In vitro biodegradation analysis. *Journal of Sol-*

- Gel Science and Technology, 90, 434-442.
- 19 Say, Y., Kanca, M. S., & Kök, M. (2023). Silver and Copper Coating Effects on Surface Morphology, Crystal Structure and Corrosion Behavior of NiTiNol Shape Memory Alloy Plate. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 1-10.
 - 20 Say, Y., & Aksakal, B. (2020). Enhanced corrosion properties of biological NiTi alloy by hydroxyapatite and bioglass based biocomposite coatings. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(2), 1742-1749.
 - 21 Maleki-Ghaleh, H., Khalil-Allafi, J., Khalili, V., Shakeri, M. S., & Javidi, M. (2014). Effect of hydroxyapatite coating fabricated by electrophoretic deposition method on corrosion behavior and nickel release of NiTi shape memory alloy. *Materials and Corrosion*, 65(7), 725-732.
 - 22 Boccaccini, A. R., Peters, C., Roether, J. A., Eifler, D., Misra, S. K., & Minay, E. J. (2006). Electrophoretic deposition of polyetheretherketone (PEEK) and PEEK/Bioglass® coatings on NiTi shape memory alloy wires. *Journal of materials science*, 41, 8152-8159.
 - 23 Sabzi, M., Far, S. M., & Dezfuli, S. M. (2018). Characterization of bioactivity behavior and corrosion responses of hydroxyapatite-ZnO nanostructured coating deposited on NiTi shape memory alloy. *Ceramics International*, 44(17), 21395-21405.
 - 24 Kokubo, T., & Takadama, H. (2006). How useful is SBF in predicting in vivo bone bioactivity?. *Biomaterials*, 27(15), 2907-2915.
 - 25 Kang, S., Herzberg, M., Rodrigues, D. F., & Elimelech, M. (2008). Antibacterial effects of carbon nanotubes: size does matter!. *Langmuir*, 24(13), 6409-6413.
 - 26 Webster, T. J., & Ejiogor, J. U. (2004). Increased osteoblast adhesion on nanophase metals: Ti, Ti6Al4V, and CoCrMo. *Biomaterials*, 25(19), 4731-4739.
 - 27 Boyan, B. D., Hummert, T. W., Dean, D. D., & Schwartz, Z. (1996). Role of material surfaces in regulating bone and cartilage cell response. *Biomaterials*, 17(2), 137-146.
 - 28 Healy, K. E., Thomas, C. H., Reznia, A., Kim, J. E., McKeown, P. J., Lom, B., & Hockberger, P. E. (1996). Kinetics of bone cell organization and mineralization on materials with patterned surface chemistry. *Biomaterials*, 17(2), 195-208.
 - 29 Nishiguchi, S., Kato, H., Neo, M., Oka, M., Kim, H. M., Kokubo, T., & Nakamura, T. (2001). Alkali-and heat-treated porous titanium for orthopedic implants. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials and The Japanese Society for Biomaterials*, 54(2), 198-208.
 - 30 Moudgil, H. K. (2010). *Textbook of physical chemistry*. PHI Learning Pvt. Ltd..
 - 31 Heslop, R. B., & Kones, K. (1976). *Inorganic Chemistry; a guide to advanced study*.
 - 32 Bernard, S. A., Balla, V. K., Davies, N. M., Bose, S., & Bandyopadhyay, A. (2011). Bone cell-materials interactions and Ni ion release of anodized equiatomic NiTi alloy. *Acta biomaterialia*, 7(4), 1902-1912.
 - 33 Balla, V. K., Banerjee, S., Bose, S., & Bandyopadhyay, A. (2010). Direct laser processing of a tantalum coating on titanium for bone replacement structures. *Acta biomaterialia*, 6(6), 2329-2334.
 - 34 Roy, M., Balla, V. K., Bose, S., & Bandyopadhyay, A. (2010). Comparison of tantalum and hydroxyapatite coatings on titanium for applications in load bearing implants. *Advanced engineering materials*, 12(11), B637-B641.
 - 35 Hanawa, T. (2004). Metal ion release from metal implants. *Materials Science and Engineering: C*, 24(6-8), 745-752.
 - 36 Okazaki, Y., & Gotoh, E. (2008). Metal release from stainless steel, Co-Cr-Mo-

- Ni–Fe and Ni–Ti alloys in vascular implants. *Corrosion science*, 50(12), 3429-3438.
- 37** Wataha, J. C., O'Dell, N. L., Singh, B. B., Ghazi, M., Whitford, G. M., & Lockwood, P. E. (2001). Relating nickel-induced tissue inflammation to nickel release in vivo. *Journal of Biomedical Materials Research*: 58(5), 537-544.
- 38** Wataha, J. C., Hanks, C. T., & Craig, R. G. (1991). The in vitro effects of metal cations on eukaryotic cell metabolism. *Journal of biomedical materials research*, 25(9), 1133-1149.
- 39** Sunderman Jr, F. W. (1978). Carcinogenic effects of metals. *Fed. Proc.:(United States)*, 37(1).

NANO GRAFEN TAKVİYELİ POLİPROPİLEN KOMPOZİT MALZEMESİNİN BAZI MEKANİK VE ISIL DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

Ömer ŞENGÜL¹, Ferhat ÇALIŞKAN², Kadir YALÇIN³

¹Dr., Hatice Bayraktar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, omersengulll@gmail.com

²Teknik Öğretmen, Hatice Bayraktar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi,
ferhatcaliskan_38@hotmail.com

³Teknik Öğretmen, Hatice Bayraktar Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi,
kadiryalcin1@yandex.com

Özet

Günümüzde,teknolojideki gelişmeler birçok yenilikleri beraberinde getirmektedir. Bu gelişmeler sanayi ve teknoloji alanında nitelikli malzeme ihtiyaçlarına verimli çözümler getirmiştir. Endüstrinin her alanında kullanılan termoplastik malzemelerden polipropilen bazı durumlarda istenilen özellikleri gösterememektedir. Bu sebepten dolayı yeni kompozit malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Kompozit malzemelerin günümüzde mühendislik alanındaki önemi de büyük ölçüde artmaktadır. Özellikle otomotiv sanayisinde, sivil ve askeri uçaklarda ileri kompozit malzemeleri de kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada; endüstride yaygın olarak kullanılan termoplastik polimer malzemelerden olan polipropilen polimer malzemesine %0,02 oranında nano grafen partikülleri ile çift vidalı ekstrüder yardımıyla, homojen karışımı yapılmıştır. Homojen karışımı yapılan nano grafen partikül takviyeli polipropilen kompozit malzeme, enjeksiyon kalıplama yöntemi ile test numunelerinin imalatı yapılmıştır. Bu numunelerin mekanik ve ısıl davranışlarının tespiti için; erime akış indeksi (MFI), çekme testi, izod darbe testi, shore-D sertlik ölçüm testleri yapılmıştır. Yapılan bu testlerden elde edilen veriler doğrultusunda, yeni üretilen nano grafen partiküllü polipropilen kompozit malzemenin mekanik ve ısıl davranışlarında önemli derecede iyileşmeler meydana gelmiştir. Özellikle polipropilen kompozit malzemenin katkısız polipropilen polimer malzemeye ısıl davranışlarda %70, mekanik davranışlarında da %40 civarında iyileşmeler olduğu tespit edilmiştir.Bu iyileşmeler metal malzemeleri kullanmaya gerek duymadan plastik kompozit malzeme ile endüstrinin bir çok alanında kullanılmaya başlayacaktır. Özellikle mekanik özelliklerinin iyileşmesi plastik sektöründe büyük çığır açarak, savunma teknolojileri ve havacılık ve otomotiv endüstrisinde yeni ürün olarak kullanılabilinecektir.

Anahtar kelimeler: Enjeksiyon kalıplama, termal davranış, nano grafen, kompozit malzeme, mekanik davranış, polipropilen

Abstract

Nowadays, the developments in technology bring many innovations with them. These developments have brought efficient solutions to the qualified material needs in the field of industry and technology. Polypropylene, one of the thermoplastic materials used in all areas of industry, cannot show the desired properties in some cases. For this reason, new composite materials are needed. The importance of composite materials in the field of engineering is also increasing greatly today. Advanced composite materials have also started to be used, especially in the automotive industry, civil and military aircraft. In this study, a homogeneous mixture of 0.02% nano graphene particles with a twin-screw extruder was made to

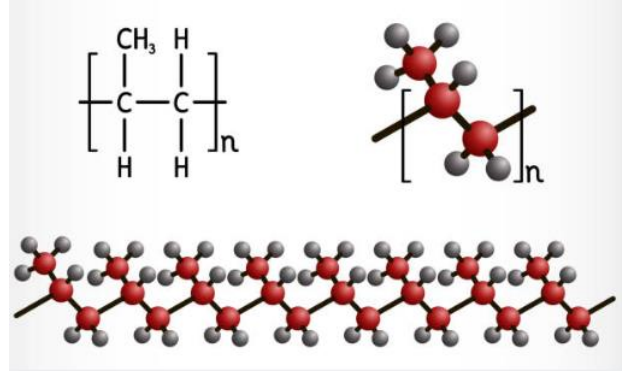
polypropylene polymer material, which is one of the thermoplastic polymer materials widely used in industry, with the help of a twin-screw extruder. Nano graphene particle reinforced polypropylene composite material, which is made of homogeneous mixture, test samples were manufactured by injection molding method. To determine the mechanical and thermal behaviour of these samples, melting flow index (MFI), tensile test, Izod impact test, shore-D hardness measurement tests were performed. According to the data obtained from these tests, significant improvements have been made in the mechanical and thermal behaviour of the newly produced nano graphene particle polypropylene composite material. It has been found that there are improvements in thermal behaviour of polypropylene composite material to unadulterated polypropylene polymer material by about 70% and in mechanical behaviour by about 40%. These improvements will begin to be used in many areas of the industry with plastic composite material without the need to use metal materials. Especially the improvement of mechanical properties will be used as a new product in the defence technologies and aerospace and automotive industries by making a great breakthrough in the plastics sector.

Keywords: Injection moulding, thermal behaviour, nano graphene, composite material, mechanical behaviour, polypropylene

1. GİRİŞ

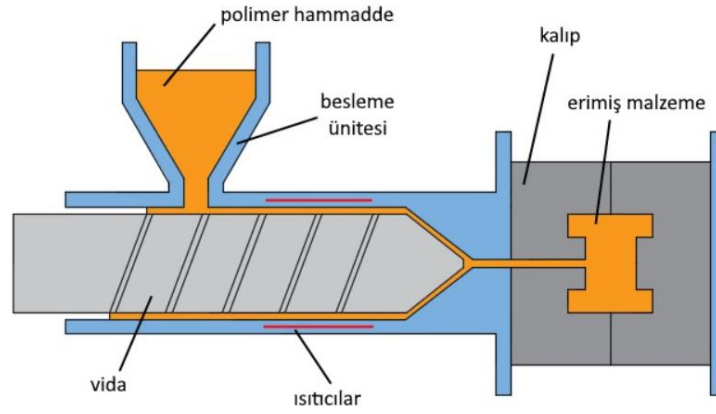
Günümüzde, yaygın olarak kullanılan termoplastikler polimer malzemelerin hafif olmaları, ucuz ve geri dönüşümünün de kolay olduklarından endüstri için büyük öneme sahiptir [1]. Yüksek kırılma tokluğu sahip olmaları, darbe dayanımının iyi olması ve ayrıca geri dönüşebilir malzeme olması kullanılabilirliğini de artırmaktadır [2]. Plastik malzemeler uygun maliyetlerinin yanında mekanik ve kimyasal özellikleriyle, günümüzde salgın virüslere karşı kullan-at özelliği ile pek çok malzeme yerine kullanılabilir [1-3].

Birçok ülkede meydana gelen orman yangınları, zararlı böcek vb. sebepler, küresel ısınma gibi nedenlerden dolayı, odunun hammaddesinden imal edilen arz talebini karşılaması için bilim insanlarının buna alternatif malzeme arayışlarına girmesine sebep olmuştur [4]. Daha temiz ve yaşanabilir bir dünya için geri dönüşümü olan birçok alanda kullanışlı olan polipropilen polimer malzemesi kullanılmaktadır [1-5,6]. Polipropilen polimer malzemesi ile üretilen ürünler, su buharı tutma özelliği iyidir fakat gaz geçirmeme özelliği kötüdür [7]. Polipropilen, hayvansal yağlara iyi bir bariyerdir [7-8]. Radyatör fanlarının yapımında, çamaşır makinesi tank ürünlerinde, ev eşyası gövde ve parçalarında yaygın olarak da kullanılmaktadır [3-9-10]. Polipropilen termoplastiğin birçok üstün özelliği olmasına rağmen özellikle otomotiv sanayisi ve savunma sanayisi ürünleri gibi gereçlerde istenilen ısı ve mekanik özelliği gösterememektedir. Bu sebepten dolayı yeni plastik kompozit malzeme ihtiyacı günümüzde büyük önem arz etmektedir [11].



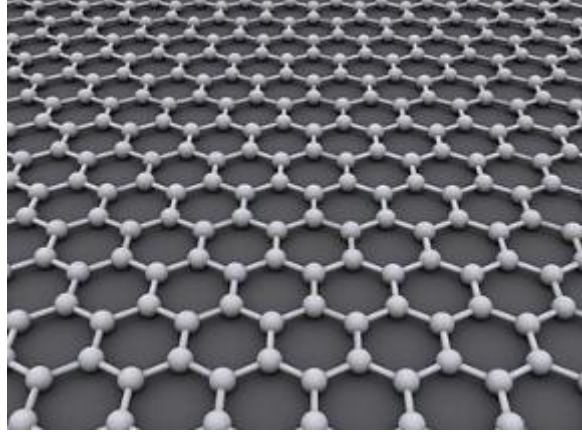
Şekil 1. Polipropilenin Kimyasal Yapısı [10].

Termoplastik polimerler de ürün için daha çok plastik işleme yöntemlerinden enjeksiyonla işleme yöntemi kullanılmaktadır [11].



Şekil 2. Enjeksiyon Makinesi Sistemi [12].

Plastik enjeksiyon işleme sistemi, erimiş plastik hammaddenin kalıp içine doğru itilip şekillendirilir ve soğutulurak kanalları ile kalıptan çıkarılmasını içeren bir üretim yöntemidir [13]. Bu işleme yöntemi ile birçok karmaşık parçaların imalatı kolay yapılmaktadır. Polimer malzemelerle yapılan birçok ürün kullanışlı ve ucuz olmaktadır fakat bu plastik malzemenin mekanik ve termal özelliklerindeki yetersizliklerinden dolayı kompozit malzeme yapımına ihtiyaç duyulmuştur. Kompozit malzeme, iki veya daha fazla malzemenin belirli oranlarda karıştırılarak yeni malzeme üretim yöntemidir [14]. Grafen, doğada bulunan en yumuşak elementlerden olan grafit maddesinin yapıtaşdır [14]. Grafenin kimyasal yapısı bal peteği yapısına benzemektedir.



Şekil 3. Grafen maddesinin yapısı [14].

Grafen maddesinin, birçok üstün kimyasal ve fiziksel özellikleri vardır. Grafen, nano kompozit sentezi ile güneş pillerinde, transistörlerde, diş dolgusu vb. alanlarda kullanılmaktadır [16,17]. Esnek ve sağlam olma özelliğinden dolayı da enerji verimliliği yüksek uçaklar, yapay retinalar gibi birçok alanda da kullanılması beklenmektedir [18,19]. Günümüzde yapılan birçok çalışmada grafen partikülleri ile metal vb. ürünlerle sentezi yapılmıştır [20]. Biz bu çalışmamızda yaygın kullanılan termoplastiklerden olan polipropilen ile sentezi yapıldı. Yapılan yeni kompozit prototip ürünün termal ve fiziksel özellikleri katkısız polipropilen ile kıyaslanmıştır. Bu çalışmada; endüstride yaygın olarak kullanılan termoplastik polimer malzemelerden olan polipropilen polimer malzemesine %0,02 oranında nano grafen partikülleri ile çift vidalı ekstrüder yardımıyla, homojen karışımı yapılmıştır.

2. MALZEME VE YÖNTEM

Bu çalışmada yaygın olarak plastik işleme metotlarından olan enjeksiyon işleme yöntemi kullanılmıştır. Hammaddeyi, bausona marka çift vidalı ekstrüzyon makinesi ile homojen karışımı yapılmıştır. Test plakası hazırlamak için de haitian marka enjeksiyon tezgâhı kullanılmıştır.



Şekil 4. Enjeksiyon Makinesi



Şekil 5. Standart Plastik Test Çubukları

2.1. Deneysel Çalışmalar

Katkısız polipropilen ve grafen partikül takviyeli kompozit malzeme ile standart test çubukları imal edilmiştir. Isı Deformasyon testi ve izod darbe testi için ayrıca malzemeler istenilen ölçüye getirilmiştir. Bu çalışmada katkısız polipropilen ve grafen partiküllü kompozit ürüne bazı termal ve mekanik testler yapılmıştır. Her deney için 3 farklı numuneden ölçümler yapılmıştır ve bunların ortalama değerleri alınmıştır.

2.2. Mekanik ve Termal Testler

Isıl analiz, polimer malzemelerin fiziksel özelliklerinin ısı verilerek malzemenin davranışlarındaki değişimlerin incelendiği bir yöntemdir [21,22]. Polimer malzemelerin belirli sıcaklıklarda ısıtılıp soğutulurken, malzeme davranışındaki değişimlerin sıcaklığın ölçüldüğü yöntemleri içerir [23]. Mekanik testler, cisme uygulanan dış kuvvetler karşısında gösterdiği dirençtir [24-25]. Bu davranış biçimleri mekanik özellikleri belirler.

2.2.1. Eriyik akış indeksi (MFI)

Eriyik akış indeksi testi, ergimiş plastiğin akış kolaylığını ölçüm yöntemidir [26]. Genellikle termoplastik polimer malzemelerin viskozitelerini belirlemek için ve kalıplanmış parçada kalıp yolluklarından malzemenin akması hakkında önemli bilgiler verir [27]. Şekil 6'de test cihazı, tablo 1'de test cihazı özellikleri tablo 2'de ölçüm değerleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Eriyik Akış Endeksi cihazı

Tablo 1. Eriyik akış indeksi cihaz özellikleri

Özellikler	Değerler
Sıcaklık	220°
Yer çekimi	0,975
Yükleme süresi ile ön ısıtma	5sn
Ölçüm Süresi Sayısı	10sn
Yük	2,75 kg
Meme çapı	2,095mm
Yük uzunluğu	8mm
10 sn de adımlardaki kesim ölçüsü	0,25mm

Tablo 2. Eriyik akış indeksi test sonucu ve değişim yüzdesi

MALZEME	Eriyik Akış Endeksi (MFI) Sonucu (g/10dak)	% Artış değişim Oranı
Saf polipropilen	3,13	-
Nano grafen takviyeli polipropilen	3,40	8,62

2.2.2. Isı Deformasyon Testi

Isı Deformasyon Testi (HDT); yüksek sıcaklığa maruz kalınan polimer malzemenin, hangi sıcaklık değerlerinde sınırı olduğunu ölçmek için kullanılan ölçme yöntemidir [27]. Bu çalışma ISO 75 standardına göre yapılmıştır. Şekil 7’de test cihazı, tablo 3’ de test cihazı özellikleri, tablo 4’te ölçüm sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 7. Test Cihazı (HDT)

Tablo 3. Isı Deformasyon (HDT) Test Ölçüm sonuçları

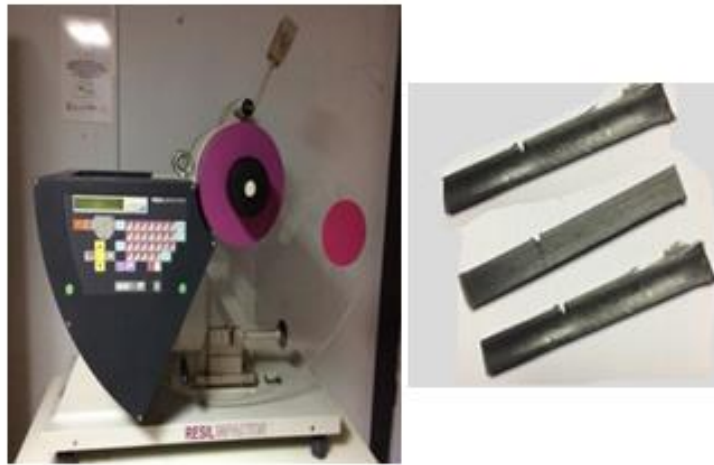
MALZEME	Derinlik (mm)	Sıcaklık (°C)	% Artış değişim Oranı
Katkısız polipropilen	0,118	33,061	-
Nano grafen takviyeli polipropilen	0,118	53,487	61,78

2.2.3. Darbe Testi

Darbe Testi, cismin kırılmaya neden olabilecek şartlar altında malzemenin mekanik davranışlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır [28]. Izod Darbe Testi yapmak için çentik atma cihazı Şekil 8’de ve dikdörtgen prizma şeklindeki prototip ürünün çentik atma ölçüleri ise Şekil 9’de gösterilmiştir. Test sonuçları da tablo 5’te gösterilmiştir.



Şekil 8. Çentik cihazı



Şekil 9. Izod darbe cihazı ve test numuneler

Tablo 4. Izod Darbe Test Sonuçları

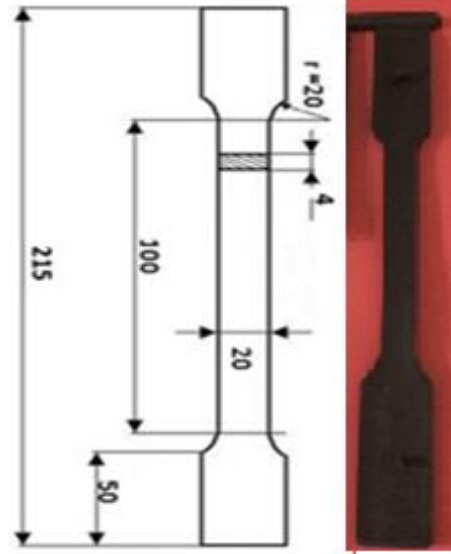
MALZEME	Malzeme Ölçüleri (mm)	Çekicinin Harcanan Enerjisi (Joule)	Izod Sonucu (kJ/m ²)	% Artış değişim Oranı
Katkısız polipropilen (PP)	100x10x4	0,091	3,030	-
Nano grafen takviyeli polipropilen	100x10x4	0,145	4,915	62,211

2.2.4. Çekme Kopma Testi

Çekme- kopma deneyi, malzemelerin mekanik davranışlarını belirlemek için kullanılır [29]. Şekil 7’de standart test çubuğu numunelerinin ölçüleri verilmiştir. Tüm testler laboratuvar ortamında yapılmıştır. Test sonuçları tablo 6’ de gösterilmiştir. Çekme- kopma test cihazı şekil 10’de, standart çekme test çubuğu şekil 11’te gösterilmiştir.



Şekil 10. Çekme test cihazı



Şekil 11. Standart test çubuğu

Tablo 5. Çekme Test Sonuçları

MALZEME	Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Akmada Uzama (mm)	Kopmada Uzama (mm)
Katkısız polipropilen (PP)	30,231	26,084	1672,06	3,58	16,01
Nano grafen takviyeli polipropilen	32,810	28,755	1910,04	3,20	7,69

3.SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan testler sonucunda malzemelerin mekanik ve ısıl davranışları tablo 6 ve tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 6. Malzemelerin mekanik Davranışları

MALZEME	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Elastikiyet Modülü (MPa)	Çekiçde Harcanan Enerjisi (Joule)	İzod Sonucu (kJ/m²)
Katkısız polipropilen	30,23	26,08	1672,06	0,091	3,030
Nano Nano grafen takviyeli polipropilen	32,81	28,755	1910,04	0,145	4,915
Polipropilen standart sapma (S)	0,012	0,011	0,019	0,010	0,028
Kompozit malzeme standart sapma (S)	0,025	0,035	0,021	0,031	0,016

Tablo 7. Malzemelerin Isıl Davranışları

MALZEME	Isı Deformasyon (HDT) °C	Eriyik Akış Endeksi g/10dak
Katkısız polipropilen	33,061	3,13
Nano grafen takviyeli polipropilen	53,487	3,40
Polipropilen standart sapma (S)	0,017	0,021
Kompozit malzeme standart sapma (S)	0,045	0,032

Termoplastik ve geri dönüşümü kolay ve ucuz olan polipropilen polimer nano grafenle uyumlu şekilde kompozit malzeme olmuştur. Sonuçlar doğrultusunda yeni kompozit malzemenin mekanik ve ısıya karşı direnci (termal özelliği) belirgin ölçüde artmıştır.

3. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada yaygın olarak kullanılan termoplastik polimerlerden polipropilen ile plastik kompozit malzeme üretimi yapılmıştır. Grafen partiküllü plastik kompozit malzeme üretimi yapılmıştır. Katkı maddesinin oranı %0,02'dir. Çalışmada mikser ve çift vida burgulu ekstrüder ile malzemelerin homojen olarak karışımı yapılmıştır. Enjeksiyon makinesinde standart plastik test çubuğu imalatı yapılarak bu ürünler üzerinden malzemenin termik ve mekanik analizleri deneysel olarak incelenmiştir. Nano grafen takviyeli polipropilen kompozit üründe de eriyik akış indeksi sonuçlarına göre viskozitelerinde azalma oldukları gözlenmiştir. Bu veri de bize bu kompozit ürünlerin ekstrüzyon işleme yöntemi ile üretilen ürünler için daha avantajlı olduğu verisine ulaştırmıştır. Katkısız polipropilene nano grafen eklendiğinde oluşan kompozit malzemenin kovalent bağlarının kuvvetlendiği ve kompozit malzemede mekanik özelliklerinde iyileşmeler olmuştur. Ayrıca nano grafenin erime sıcaklığı plastiğe göre çok iyi olduğundan, oluşan kompozit malzemenin de ısıl davranışlarında iyileşmeler meydana gelmiştir. Grafen miktarının artmasıyla malzemede iletkenlik artacağından plastik kompozit sektöründe istenmeyen durum olduğundan ideal oran %0,02 olarak eklenmiştir.

4. KAYNAKLAR

- [1] Şen, N., Şengül Ö., Ugur, İ., Geri Dönüşümü Yapılmış PP ve ABS Prototip Malzemelerin Bazı Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi, Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, (2020)
- [2] Avcı, H., Üreyen, M. E. , Kılıç, A. , Sağlam, A. E. & Demir, A. (2019). Güç Tutuşur Polipropilen Polimeri ve Lif Uygulamalarında Son Gelişmeler ve Gelecek Beklentileri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 24 (2) , 609-632 . DOI: 10.17482/uumfd.479415
- [3] Hill MK (2010) Understanding Environmental Pollution, Third Edition Cambridge University Press, New York, 534 s.
- [4] Korucu T, Mengeloğlu F (2007) Potentials of Agricultural Residues as Raw Materials and Their Alternative Usage Possibilities in Turkey. 24th National Agricultural Mechanization Congress, Kahramanmaraş, s. 297-307.
- [5] Stokke DD, Gardner DJ (2003) Fundamental Aspects of Wood as a Component of Thermoplastic Composites, Journal of Vinyl and Additive Technology, 9, 2, 96–104.
- [6] M. Saçak, ; "Polimer Teknolojisi kitabı", Gazi Kitabevi, Ankara, Türkiye, Sayfa:1-18, 2005.
- [7] Şengül,Ö., Tugaytimur, C., Şremet, M., , (05.09.2019-07.09.2019) , *Geri Dönüşümü Yapılmış Polietilen Malzemenin Mekanik ve Termal Özelliklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi*, Yayın Yeri:3rd International Engineering Research Symposium (Iners'2019) , 2019

- [8] Yıldırım, A., (2007) Öğütülmüş fındık kabuğunun polipropilen matrisli kompozitlerde kullanılabilirliği, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [9] Czigany T, Karger-Kocsis J. 1993, Determination of The Damage Zone size in Textile Fabric Reinforced Polypropylene Composites by Locating The Acoustic Emission, Polym and Polym Compos., Vol. 1(5), p. 329.
- [10] <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraflar/polipropilen> (Erişim: Ekim 2023)
- Yücel, K. T. & Erten, K. M. (2023). Effects of Additives on Concrete-Rebar Adherence . International Scientific and Vocational Studies Journal , 7 (1) , 47-54 . DOI: 10.47897/bilmes.1293025
- [11] Katı Sunay, E. & Cankara, S. G. (2022). Farklı Karbon Esaslı Polipropilen Nanokompozitlerin Efektif Isı İletim Katsayılarının Farklı Modellerle Hesaplanması . Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi , II (34) , 1-12 . DOI: 10.47118/somatbd.1142088
- [12] Ulutaş, E. , Gümüş, B. & Taşdemir, M. (2023). Yüksek Yoğunluklu Polietin (YYPE)/Çinko Borat Polimer Kompozitinin Mekanik Özelliklerine Grafenin Etkisi . Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology , 11 (1) , 133-142 . DOI: 10.29109/gujsc.1237516
- [13] Tambrallimath V., Keshavamurthy R., Bavan SD., Patil AY., Khan TMY., Badruddin IA., Kamangar S., Mechanical properties of PC-ABS-based graphene-reinforced polymer nanocomposites fabricated by FDM process, Polymers, 13 No.17 (2021) 2951.
- [14] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Grafen> (Erişim Ekim, 2023)
- [15] Yücel, K. T. & Erten, K. M. (2023). Effects of Additives on Concrete-Rebar Adherence . International Scientific and Vocational Studies Journal , 7 (1) , 47-54 . DOI: 10.47897/bilmes.1293025
- [16] ÖMER ŞENGÜL, CANAN TUGAYTİMUR, MUSA ŞEREMET, (05.09.2019-07.09.2019) , Polietilen-Grafen Takviyeli Kompozitlerin Mekanik ve Termal Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi, Yayın Yeri:3rd International Engineering Research Symposium (INERS'2019) , 2019
- [17] A. Kaçar, “Atık kâğıt katkılı çimento harçlarının bazı mekanik özellikleri”, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, vol. 6, no.1, s. 1-6, 2018.
- [18] B. Yıldız, “Cam elyaf katkısının geri dönüştürülmüş polyamid 6.6 plastiğinin mekanik özelliklerine etkisinin deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray Üniversitesi, Aksaray, 2018.
- [19] Güler Ö., Güler S.H., Selen V., Albayrak M.G., Evin E., Production of graphene layer by liquid-phase exfoliation with low sonication power and sonication time from synthesized expanded graphite. 24, sayı 2, 2016, 123-12
- [20] Li, G. L., ve Wang, G. H.,(1999). “Synthesis of Nanometer-Sized TiO₂ Particles by A microemulsion Method”, Nano Structured Materials, 11/5:663-668

- [21] Hatipođlu, G. , Ünal, H. & Yetgin, S. H. (2023). Karbon Fiber Takviyeli Poli-fital-amit (PPA) Kompozit ve Saf PPA Polimerinin Tribolojik Özelliklerinin Karşılaştırılması . Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology , 11 (3) , 744-755 . DOI: 10.29109/gujsc.1288917
- [22] <https://merlab.metu.edu.tr/tr/system/files/Belgeler/TanitimBrosurleri/TAL.pdf> (erişim 2020 mart)
- [23] Djukic S., Anthony B., Jerome B., Didier R.L., Mechanical Properties of Amorphous and Semi-crystalline Semi-aromatic Polyamides, Heliyon, 6 (2020) 03857.
- [24] Şahin, M. & Başboğa, İ. H. (2023). Aralama çalışması sonrasında elde edilen kayın odunlarının ve kupulasının odun plastik kompozit (OPK) üretiminde değerlendirilmesi. Turkish Journal of Forestry , 24 (2) , 139-149 . DOI: 10.18182/tjf.1239103
- [25] Keleş, M., Yıldırım, K. & Topbaşoğlu, M. C. (2023). Vakum İnfüzyon Yöntemi ile Üretilen Parçalarda Jelkot Kullanımı ve Elyaf Laminasyonunun Mekanik Özelliklere Etkisi . Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology , 11 (1) , 197-209 . DOI: 10.29109/gujsc.1208334
- [26] Dursun, S. & Kaya, N. (2023). Çok Ölçekli Malzeme Modellemesi İle Kısa Elyaf Takviyeli Kompozitlerin Yapısal Analizi: Araç Pedalı Örneđi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 28 (1) , 217-232 . DOI: 10.17482/uumfd.1092248
- [27] Kandemir, Y. , Varol, T. & Aslan, M. (2023). Silah gövdeleri için geliştirilen polimer kompozit malzemeler için çok kriterli karar verme yöntemleri ile doğal takviye malzemesinin seçimi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13 (4), 911-926. DOI: 10.17714/gumusfenbil.1215620
- [28] S. F. Diltemiz and E. Erođlu, "Raylı Sistem Araçlarında Kullanılan Kompozit Malzemelerin Termografik Muayene ile Kontrolü", Demiryolu Mühendisliği, no. 17, pp. 186-198, Jan. 2023, doi:10.47072/demiryolu.1202657
- [29] Arı, A. C. (2022). Kompozit Malzemelerin Tahribatsız Muayene Yöntemlerinden Olan Ultrasonik Test ile Ölçülmesi Üzerine Yapılan Çalışmaların İncelenmesi. Uluslararası Mühendislik Tasarım ve Teknoloji Dergisi, 4 (1-2) , 1-10 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijedt/issue/75595/1241980>

IMPROVEMENT OF SEAT BRACKET DESIGN USING FINITE ELEMENT ANALYSIS

Mert LÜYE¹, Emre SEVENOL², İlayda ALDATMAZ³

¹Koluman Automotive Industry Inc.. Mersin/Türkiye, 0000-0001-9933-3144

²Koluman Automotive Industry Inc.. Mersin/Türkiye

³Koluman Automotive Industry Inc.. Adana/Türkiye

Abstract

In this study, the shock and vibration analyses of a structure called a seat bracket integrated into a military logistics support vehicle are conducted, along with the approaches to these analyses. The finite element (FE) model of the structure has been created, and boundary conditions have been defined according to MIL-STD-810G standards. The aim of the study is to determine the behavior of the seat bracket design in static conditions, its natural frequencies, and its behavior in transit conditions, with the goal of design improvement. Under the specified boundary and loading conditions, the numerical analyses of the structure have been performed using modal-based linear analyses. As a result of the analysis, equivalent stresses, damage values, and displacement values have been obtained for static and transit conditions. Under shock loads, the "Neuber Correction Method" approach has been applied to account for the material non-linear effects of the components constituting the design. Through this approach, the "plastic strain" value occurring in the seat bracket design under high shock loads has been determined, leading to an advanced strength assessment. The numerical results have been interpreted, and geometric improvements have been made in the preliminary design stage of the seat bracket, resulting in a seat bracket design with higher strength while maintaining its weight.

Keywords: FEA, Plastic Strain, Non-Linear, Mil-Std-810g, Equivalent Stress

INTRODUCTION

The automotive and defense industries prioritize meticulous design and testing to ensure driving safety and durability, adhering to military standards. Key factors like seat adjustments, such as height, legroom, and head and shoulder positions, are critical for passenger comfort and safety. Additionally, damping structure design and material selection are crucial to mitigate vibrations and shock loads encountered by ground vehicles. Vibrations and shock-induced damages, though unpredictable, are a significant concern, often resulting from prolonged exposure to vibration-induced fatigue. Military vehicles, operating in diverse conditions, face a wide range of dynamic loads, including regular and random combinations.

Studying the dynamic responses of these designs is essential. While it may be tempting to apply simpler theories, real engineering problems are inherently complex. Valid predictions require meticulous work. This study aims to contribute to shock, vibration, and fatigue studies in automotive and defense industries through an engineering case study.

In study [1], a construction machine design was examined using the finite element method under vibration loads to observe the vibration pattern at different locations using experimental and numerical data. In the study [2], the crankshaft of a ship power engine piston was modeled under operating conditions. The reaction forces on the crankshaft connection points were calculated with the help of "Ansys Mechanical Module". In the thesis numbered [3], it was prepared on obtaining approximate weak solutions of second-order boundary value problems given with different boundary conditions using the finite element method. The finite element method is discussed using three different types of basis functions. [4] This article presents the principles of optimal support conditions that enable elimination. Sample calculations of the deflections of the crankshafts under their own weight, elastic deformation amounts and reaction force values were made using the Nastran FX 2010 program. In studies [5,6], strength calculations were made under the influence of the shear force and bending moment value acting on a pin in different assembly groups. In this Study [7], a backhoe loader machine has been analyzed under vibration and shock loads according to the military standards. As a result of the analysis, the backhoe design behaviour has been improved under mechanic conditions. As the difference of the study from the literature, to obtain design improvements, the response of the each designs, shock analyses are conducted using MIL-STD-810G standards.

1.1 Seat Subassembly Design

In seat subassembly design, the most fundamental consideration is that the personnel seated within it can easily access all equipment, and that the field of vision and space align with the standard requirements.



Figure 1 Seat Subassembly

1.2 Design Details

Two different structural designs have been developed and a set of scientific criteria is used to compare these designs. These designs have been developed for comparison based on their performance under dynamic, sudden, and random conditions in accordance with MIL-STD-810G. In the process of the first design, it was maintained without making any geometric changes to reduce the weight or enhance the performance of the structure, as the most preliminary design was created in accordance with the requirements as shown in.

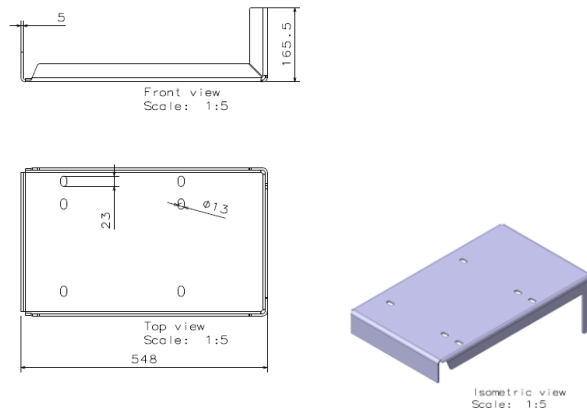


Figure 2 R00 Design Details

In the process of the second design, it was maintained with making geometric changes to keep the optimized weight while enhancing the performance of the structure. These geometric changes is marked with circle in Figure 3 and Figure 4.

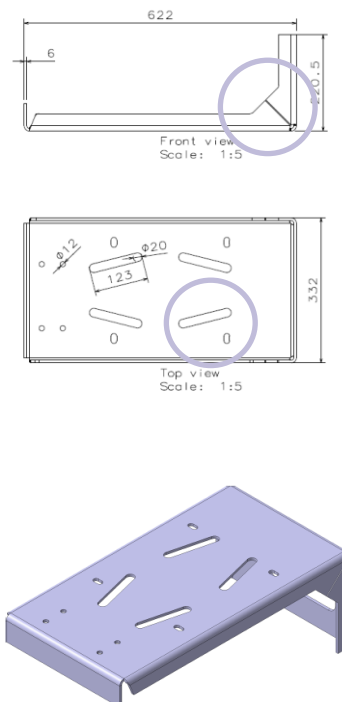


Figure 3 R01 Design Details

2. MATERIAL

The Seat Subassembly consists solely of fasteners and S355J2 quality sheet metal materials. The mechanical properties of the S355J2 quality material are provided in Table 1.

Table 1 S355J2 Mechanical Properties

Material	Density(kg/m³)	Modulus Of Elasticity (Gpa)	Poisson's Ratio	Yield Strenght (Mpa)
S355J2	7850	210	0,29	355

3. METHOD

To conduct a fatigue analysis based on vibration, it is crucial to prepare a finite element model of the structure. Initially, we created the preliminary design of the model using CATIA V5 software and utilized the ANSYS Spaceclaim module to generate the finite element model. This design includes fasteners and sheet metal parts, which need to be simplified for proper modeling. To simplify the model, we eliminated radii from the sheet metal parts formed by bending and converted them into 2D elements by extracting the mid-surface. Additionally, we addressed connection elements like bolts and nuts, which can complicate finite element analysis due to their threads and hexagonal heads, by deactivating them physically and replacing them with beam elements from the mechanical interface. After simplification, the model was transferred to the Ansys Workbench module. Since the entire model comprises the same type of sheet metal, we defined the material as S355J2. Even improvements have been done on each designs, both of the designs have same weight which is around 15kg.

3.1 Contacts And Boundry Conditions

In the finite element model, all connection elements have been defined as rigid structural steel beam elements. In this section, contact and boundary conditions have been defined for two different designs. The first is the initial version of the model without any improvements. In the second part, certain design enhancements and weight reduction efforts have been implemented. In the finite element model, all connection elements have been consistently defined as rigid structural steel beam elements. Since the analysis will proceed with the modal module, two types of contact types can be used.

3.1.1 Design R00's Contacts and Boundry Conditions

Since the analysis will proceed with the modal module, two types of contact types can be used. The first one is the 'no separation' contact type, which has been defined between the surfaces in surface-to-surface connections provided by conn Here, sliding is allowed along their tangents but separation along their normals has been prevented. To ensure the correct setup of the finite element model, a part of the vehicle cabin, the floor, has been added to the model, and the added model has been fixed at all its open edges. To meet regular conditions, bonded contact type has been defined in welded contact regions. Assuming a person will be sitting on the seat, a point mass has been defined using a personnel weight from the standards as a reference. However, the need to see how the design behaves under extreme conditions has shaped the evaluations towards a safer design. Therefore, a weight of 142.8 kg has been considered. The coordinates of the point mass are as follows: (993.24, 738.52, 650).

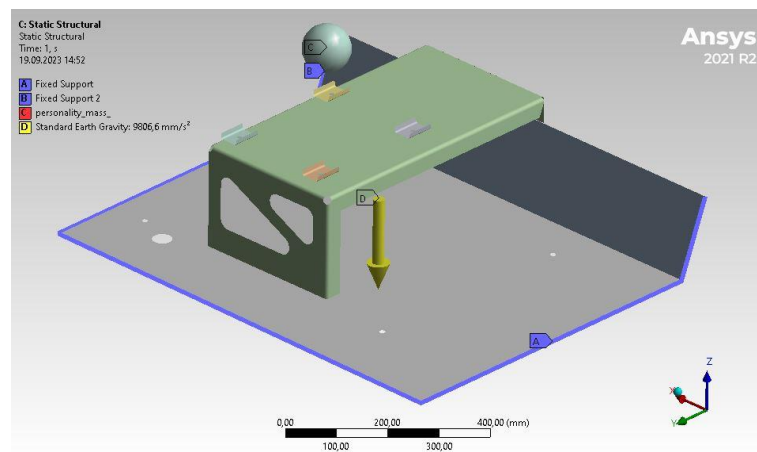


Figure 5 Seat Subassembly R00 Boundry Conditions

3.1.2 Seat Subassembly R01's Contacts and Boundry Conditions

The second part of contacts and boundary conditions, certain design enhancements and weight reduction efforts have been implemented. However, no changes have been made to the boundary conditions and loading conditions.

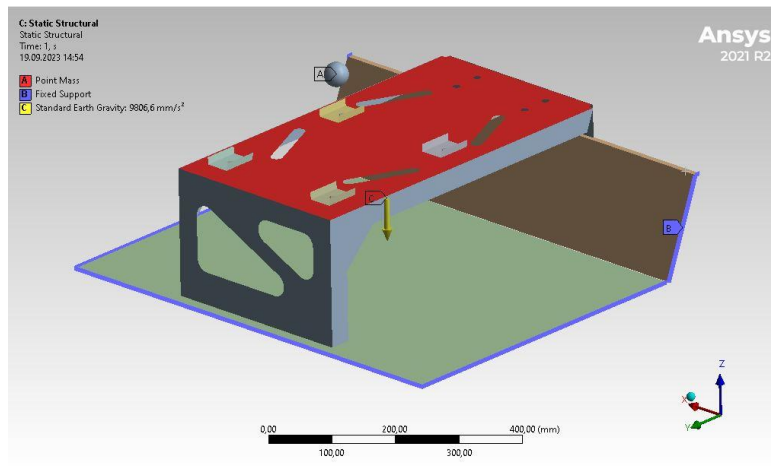


Figure 6 Design R01 Boundry Conditions

3.2 Mesh

In this section, the mesh, as in the previous section, has been examined under two headings. Mesh convergence studies also have been conducted considering four different element sizes (Table 2) . For mesh convergence rate, 5% and below is considered valid. As given in table 2, all results are evaluated. Thus, considering the sheet thicknesses and their geometries, only rectangular and triangular elements have been used with 6 mm element size.

Table 2 Mesh Convergence Values

Element Size (mm)	Equivalent Stress (MPa)
9	18,054
8	17,86
7	18,22
6	19,48
5	21,37

3.2.1 Design R00 Mesh

In the mesh method applied to shell elements is predominantly rectangular, forming the majority of the element count. Given that the majority of these elements are simple in structure and belong to sheet metals, it directly influences the mesh quality, resulting in an element quality value of 0.98. In the initial model, the element and node counts are 25,455 and 92,478, respectively.

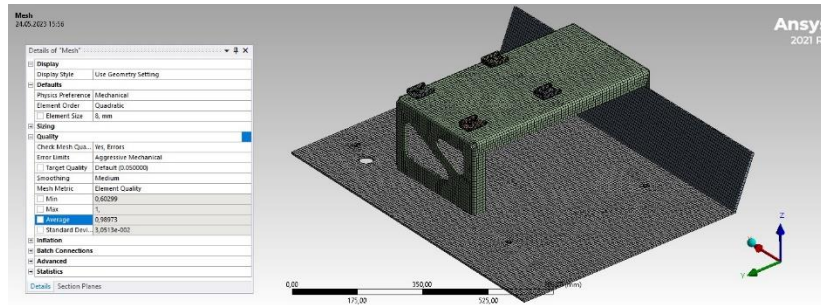


Figure 7 Design R00 Mesh

3.2.2 Design R01 Mesh

In the second design, the mesh method applied to shell elements is also predominantly rectangular, forming the majority of the element count. The element and node counts for the second model are 26,329 and 30,792, respectively.

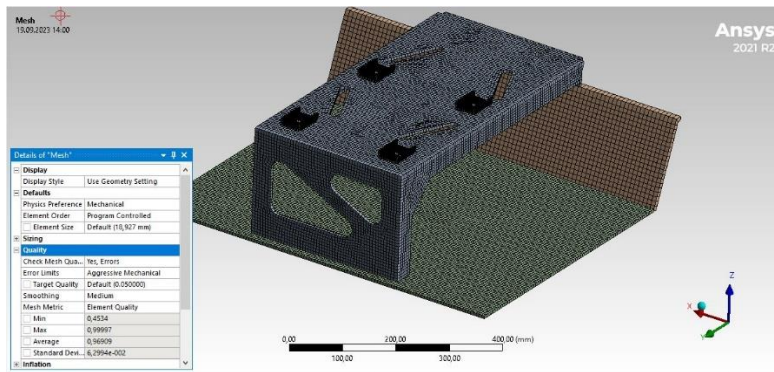


Figure 8 Design R01 Mesh

3.3 Loading Conditions

Modal analysis has been performed with a mode count of 75, considering the solution time and mass participation factors.

Table 3 Modal Analysis Setting

Options		Solver Controls		
Max Modes to Find	Limit search to range	Spin Softening Program Controlled	Damped No	Solver Type Direct
75	No			

3.3.2 Random Vibration Loading Condition

Dynamic analyses have been conducted in accordance with MIL-STD-810G, Method 514.6, Procedure 1, Category 4, as shown in vibration load profiles defined for each axis, X, Y, and Z, in Figure 6, Figure 7, and Figure 8.

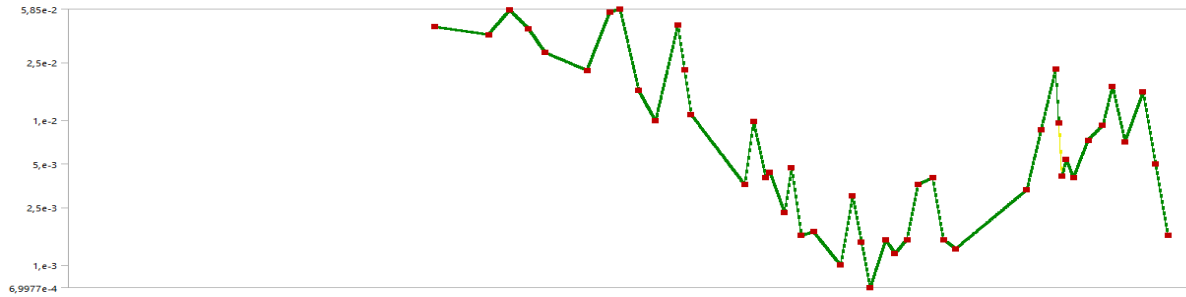


Figure 9 Vibration Load Profile in X Axis

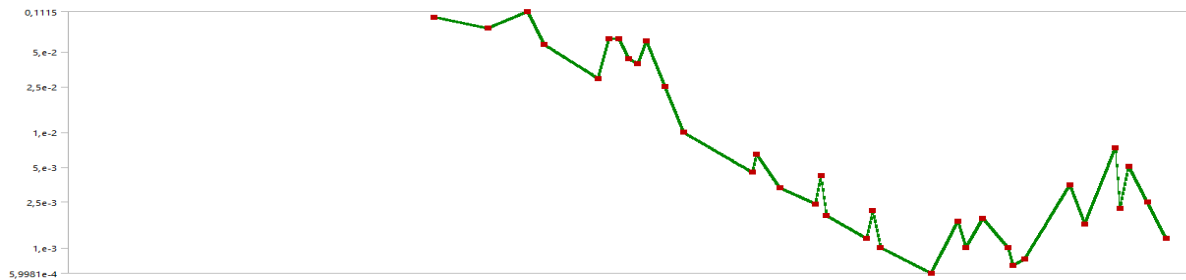


Figure 10 Vibration Load Profile in Y Axis

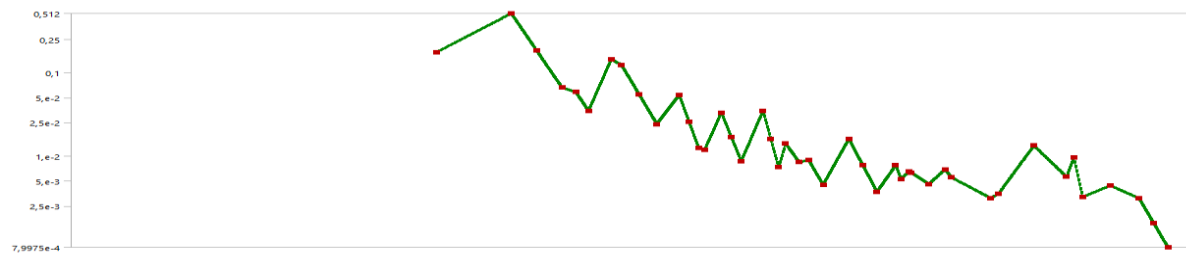


Figure 11 Vibration Load Profile in Z Axis

3.3.3 Shock Analysis Loading Conditions

Dynamic analyses have been performed in accordance with MIL-STD-810G, Method 514.6, Procedure 1, Category 4, applying a 20G magnitude shock load with a sawtooth profile defined for each axis. The applied shock load profile is shown in Figure 9.

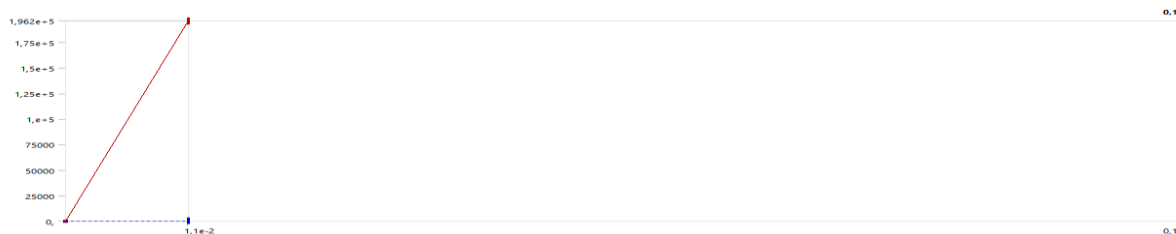


Figure 12 Shock Load Profile

4. RESULTS AND DISCUSSION

Here, all analysis results are examined in tables. Static, vibration and shock analysis results are given in Table 4, Table 5 and Table 6 below. In the following headings, analysis-specific

evaluations were made. The results will be examined under four separate headings, each of which has two sub-sections: the first design and the second design, which includes improvements and weight reduction efforts. The first of the examined headings pertains to the analysis conducted in the static structural module, where loading results under static conditions were obtained. The second heading includes modal analysis, followed by results of random vibration analysis, and finally, the shock analysis results solved in the transient structural module.

Table 4 Static Analysis Results

	Load Condition	Max. Equivalent Stress (MPa)-R00	Max. Equivalent Stress (MPa)-R01	Yield Strength (MPa)
Static Analysis	<i>Static</i>	19	20	355

Table 5 Random Vibration Analysis Results

Random Vibration Analysis	Direction	Damage-R00	Damage-R01	Yield Strength(MPa)
	X	5,4	0,74	355
	Y	2,39	0,23	
	Z	0,85	0,00019	

Table 6 Shock Analysis Results

	Direction	Max. Equivalent Stress(MPa)	Max. Equivalent Stress (MPa)
Shock Analysis	X	0.0048	604
	Y	0.008	804
	Z	0.0052	635

4.1 Static Structural

4.1.1 Design R00

The analysis results have been examined by measuring at different points. As seen in Figure 10 and Figure 11, the maximum equivalent stress occurred in the rear bending section of the seat bracket. However, under static loading conditions, 29,43 MPa stress is much smaller compared to the material's yield strength and does not induce any plastic deformation since it remains below the yield strength.

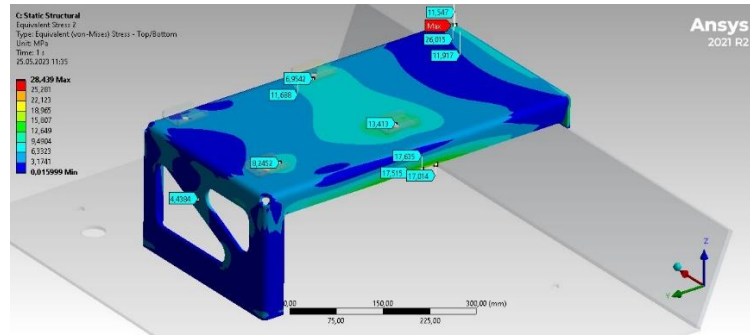


Figure 13 Design R00 Equivalent Stress Results

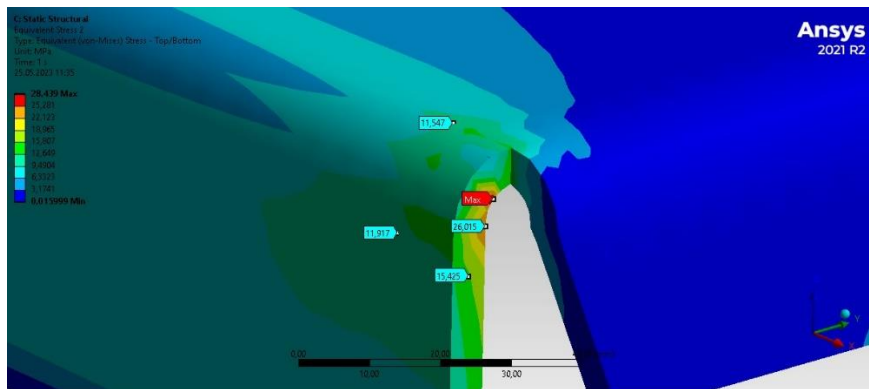
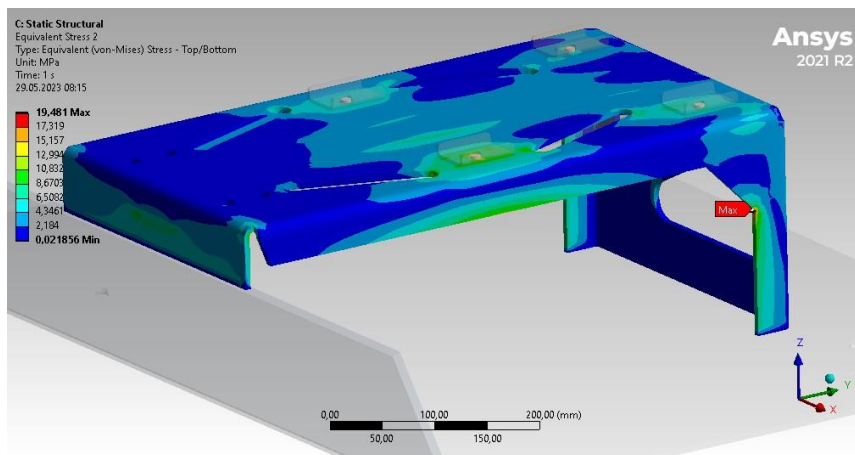


Figure 14 Design R00 Equivalent Stress Results

4.1.2 Design R01

The maximum equivalent stress is measured at 19.48 MPa in the rear bending section of the seat bracket. . However, under static loading conditions, this stress is significantly lower than the material's yield strength and remains below the yield strength, causing no plastic deformation.



Şekil 15 Design R01 Equivalent Stress Result

4.2 Modal

Modal analyses have been conducted with a mode count of 75, taking into account the frequency range, solution time and mass participation ratios. The mass participation ratios obtained from modal analysis results for each case are provided in Table X and Table Y. This analysis is carried in the frequency range of 30 Hz to 1600 Hz to observe in case of an excitation coincides with a natural frequency of the structure, the structure may exhibit very high level of vibrations that can lead to structure fatigue and failure.

Table 7 Mass Participation Ratio of Design R00

Axis	Total Effective Mass
	(%)
X	0,77
Y	0,82
Z	0,96

Table 8 Mass Participation Ratio of Design R01

Axis	Total Effective Mass
	(%)
X	0,81
Y	0,86
Z	0,96

4.3 Random Vibration Results

4.3.1.1 Design R00 X Direction Random Vibration Analysis Result

As a result of the random vibration analysis with the applied load along the X-axis, the maximum damage value obtained on the shell elements is 5.6, as shown in Figure 13, occurring in the bending region. This value indicates that under the vibration profiles applied in the X-direction, the design is not safe, and it has exhausted its fatigue life. This situation can be mitigated by preventing stress concentrations in that area.

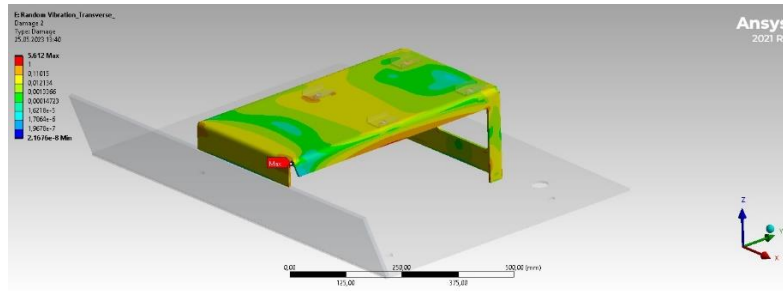


Figure 16 Design R00 Random Vibration Damage Overview In X-direction

4.3.1.2 Design R00 Y Direction Random Vibration Analysis Result

As a result of the random vibration analysis with the applied load along the Y-direction, the maximum damage obtained on the shell elements is 2.39, again occurring on the bending section of the plate. Similar to the X-direction, the damage here is due to stress accumulation. The distribution of damage is detailed in Figure 14. Under these conditions, this design is susceptible to damage from vibrations applied in the Y-direction. This obtained value indicates that this design group has exhausted its fatigue life entirely. Therefore, there is no need for a shock analysis in the Y-direction.

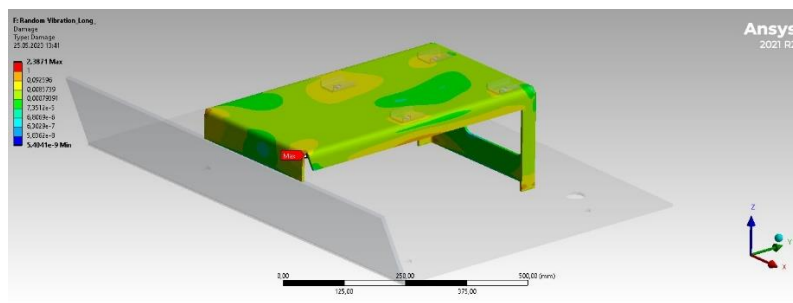
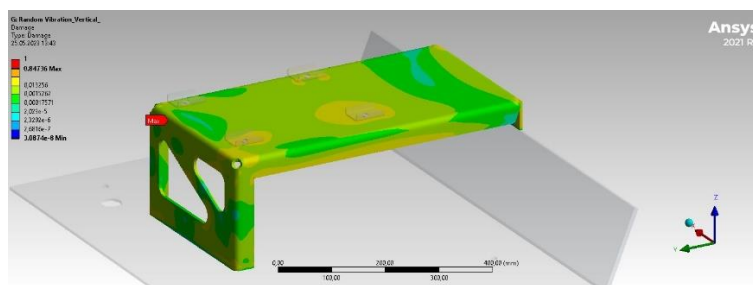


Figure 17 Design R00 Random Vibration Damage Overview In Y-direction

4.3.1.3 Design R00 Z Direction Random Vibration Analysis Results

As a result of the random vibration analysis with the applied vertical load along the Z-axis, the maximum damage obtained on the shell elements is 0.85, detected in the front bending region of the seat design group. The value obtained here indicates that this design has utilized 85% of its fatigue life.



Şekil 18 Design R00 Random Vibration Damage Overview In Z-direction

4.3.2.1 Design R01 Random Vibration Analysis Results In X Direction

As a result of the random vibration analysis with the applied load along the X-axis, the maximum damage value obtained on the shell elements is 0.74, as seen in Figure 16, occurring in the vertical support leg section of the bracket. This value indicates that this design is safe against vibrations applied in the X-direction and has utilized 74% of its fatigue life.

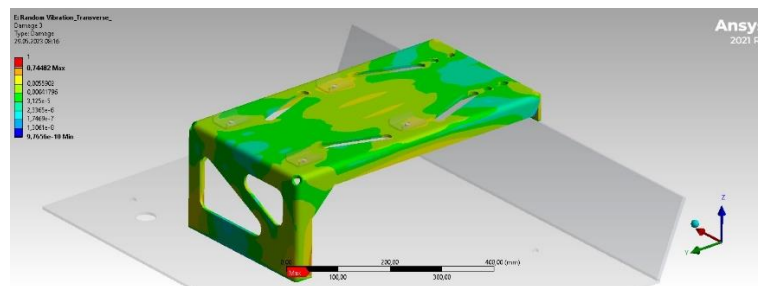


Figure 19 Design R01 Random Vibration Damage Overview In X-direction

4.3.2.2 Design R01 Random Vibration Analysis Results In Y-Direction

As a result of the random vibration analysis with the applied load along the Y-axis, the maximum damage obtained on the shell elements is 0.23, once again occurring in the connection region of the plate. The distribution of damage is detailed in Figure 17. Under these conditions, this design is safe against vibrations applied in the Y-direction. The obtained value indicates that this design group has used 23% of its fatigue life.

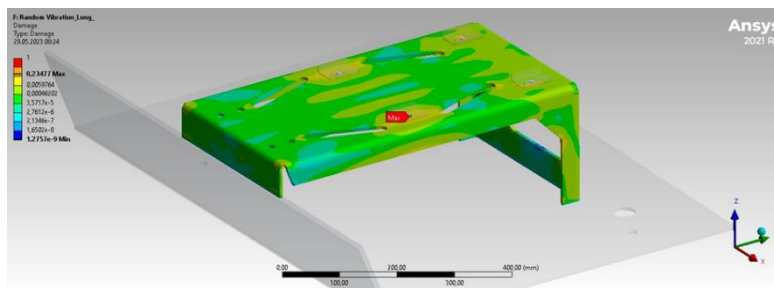


Figure 20 Design R01 Random Vibration Damage Overview In Y-direction

4.3.2.3 Design R01 Random Vibration Analysis Results In Z-Direction

As a result of the random vibration analysis with the applied load along the Z-axis, the maximum damage obtained on the shell elements is 0.00019, once again occurring around the region where the plate is welded to the base plate. The distribution of damage is detailed in Figure 18. Under these conditions, this design is safe against vibrations applied in the Z-direction. The obtained value indicates that this design group has utilized only 0.019% of its fatigue life.

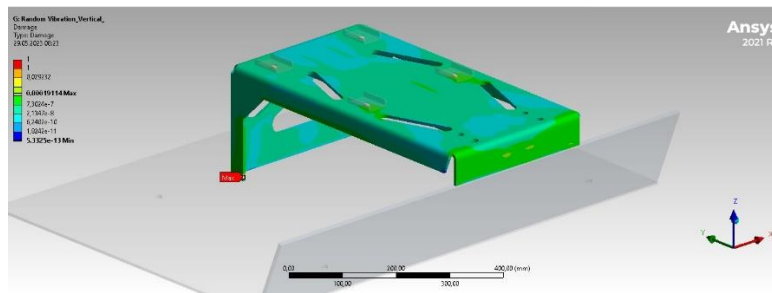


Figure 21 Design R01 Random Vibration Damage Overview In Z-direction

4.4 Transient Structural Analysis

4.4.1 Shock Analysis Results In X-direction

As a result of the shock loads applied in the transverse direction along the X-axis, time-dependent stresses have occurred. It has been determined that the equivalent stresses reached a maximum value of 603.85 MPa due to sudden accelerations. The highest equivalent stress under transverse shock loads has been detected to exceed the material's yield strength. These high stresses occurred in the welding region of the seat bracket design under transverse shock loads. The high-stress region is detailed in Figure 19.

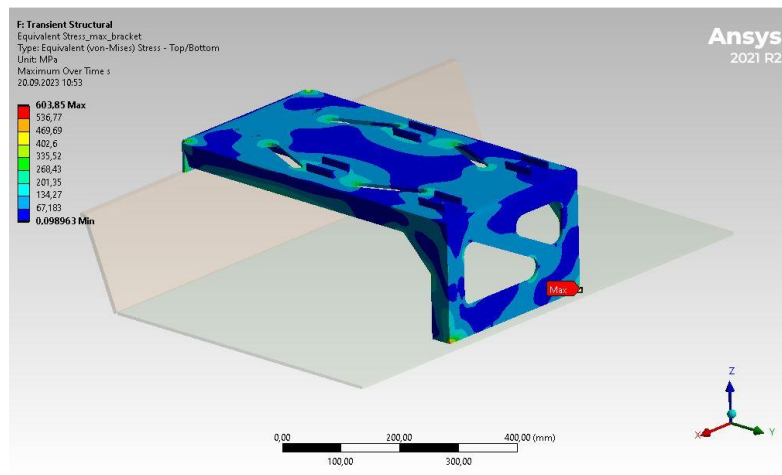


Figure 22 Design R01 Shock Analysis Equivalent Stress Overview

Therefore, a detailed examination of the equivalent stresses in this area is necessary. During the examination of equivalent stresses, the Neuber Plastic Strain Correction method will be used to understand the effects of stress concentrations arising from the design geometry. This method is an ideal choice, especially for analyzing stress concentrations caused by the shape of the design and the resulting stresses.

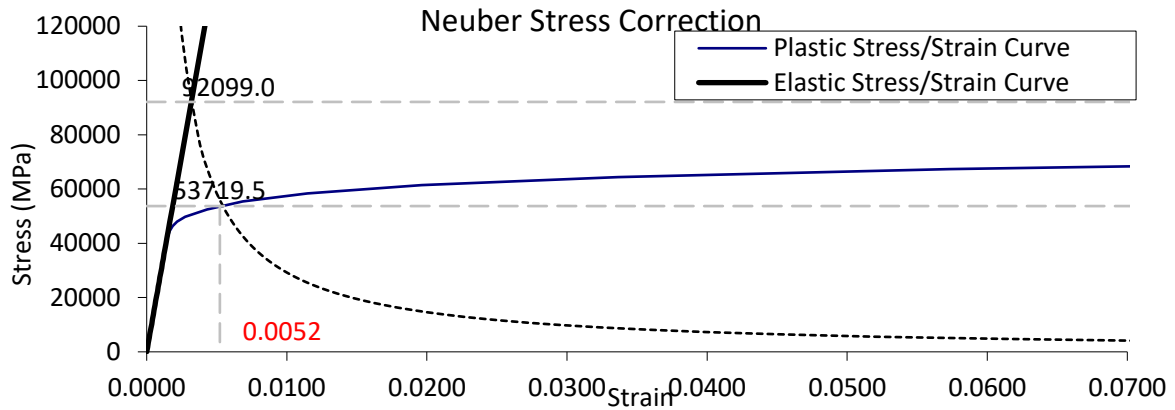


Figure 23 Stress Correction Results In X Axis

After the necessary calculations, it can be observed that the actual area under the stress-strain curve for the elastoplastic behavior is greater than the triangle provided by the Neuber stress level, indicating that this method is potentially consistent. The obtained plastic strain value here is 0.0048.

4.4.2 Shock Analysis Results In Y-direction

As a result of the longitudinal shock loads applied along the Y-axis, time-dependent stresses have occurred. It has been determined that the highest equivalent stress reached a magnitude of 804 MPa due to sudden accelerations. It was observed that under linear directional shock loads, this occurred at the corner of the design where the spring geometry was subsequently included.

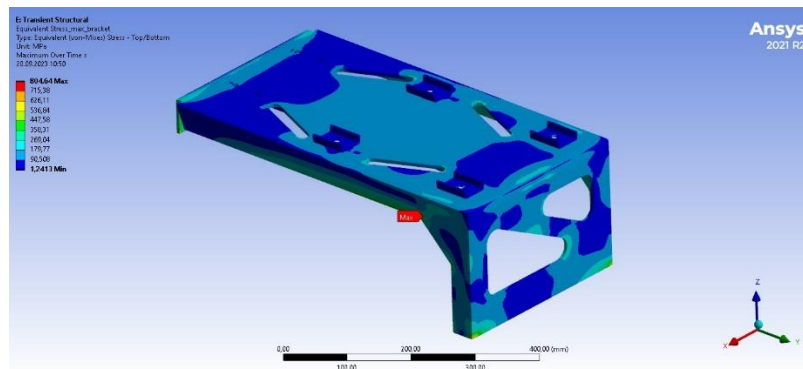


Figure 24 Design R01 Shock Analysis Equivalent Stress In Y-direction Overview

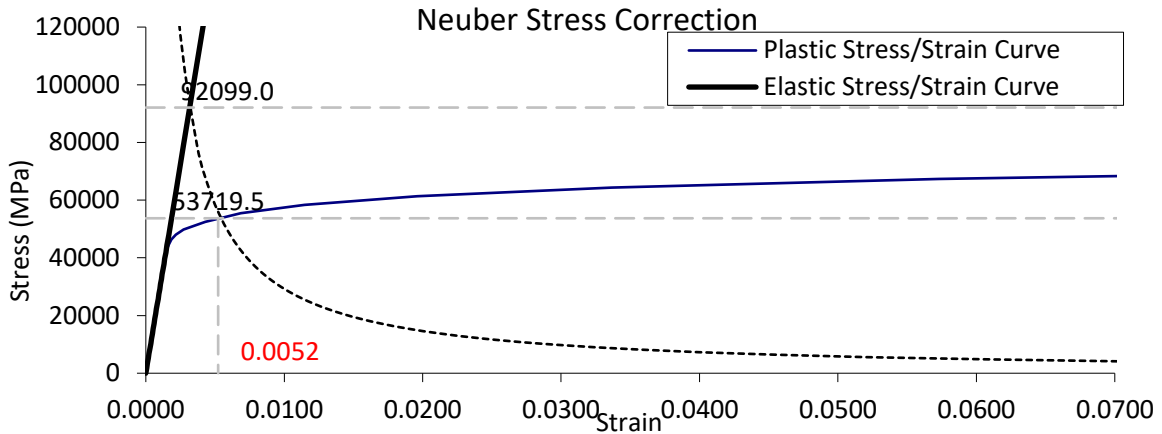


Figure 25 Stress Correction Results In Y Axis

Based on this graph, the plastic strain value corresponding to the intersection point of the lines in the graph is 0.008.

4.4.3 Shock Analysis Results In Z-direction

As a result of the vertical shock loads applied along the Z-axis, time-dependent stresses have occurred. It has been determined that the equivalent stresses reached a magnitude of 635 MPa due to sudden accelerations. The plastic strain value obtained as a result of the calculations is 0.0052, as seen in the Figure 24.

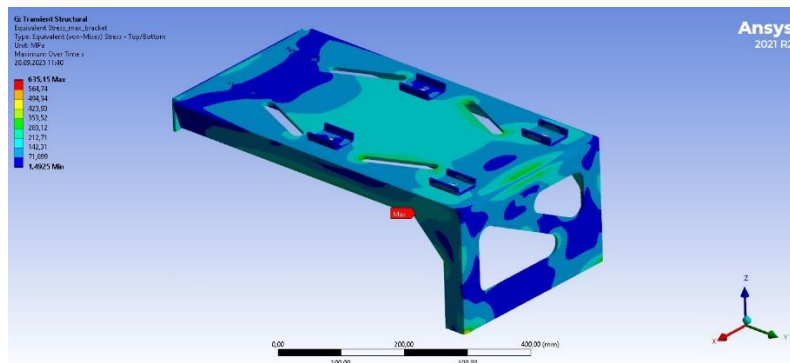


Figure 26 Design R01 Shock Analysis Equivalent Stress In Y-direction Overview

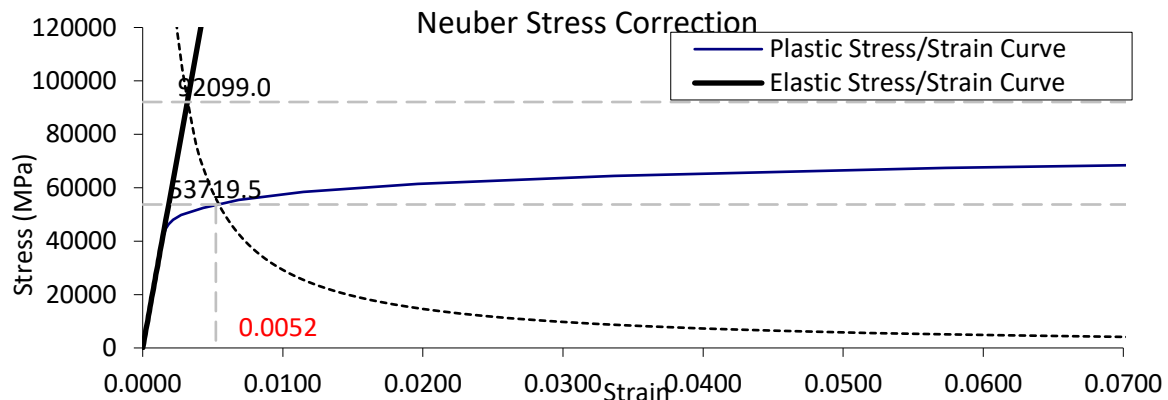


Figure 27 Stress Correction Method Results In Z-Direction

5.CONCLUSION AND FUTURE SCOPE

In the conducted static, random vibration, and shock analyses, the damping effects provided by the suspension and tires are neglected. When the results are examined for both designs, it is observed that the maximum equivalent stress results in static, random vibration, and shock analyses for the first design remain above the material yield strength. Upon reviewing the results, it has been determined that the R01 design remains in a safe zone under operating conditions. Following a thorough analyses, improvements have been implemented on the designs, enhancing the structural integrity of the existing design under various loads without altering its mass.

With the current assumptions, the proposed R01 seat sub-assembly design has better dynamic responses compared to R00 design with additive geometrical parts, keeping the same weight. This work should be extended in the future to include all drivers cabinet to see interaction between floor sheet and the passenger seat.

REFERENCES

- [1] Thorat, A., Rao S. and Munjal. S., 2013. Vibration Analysis of Loader Backhoe chassis 770 Model. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 2(8): 2211-2216.
- [2] Nozdrzykowski, K., Chybowski, L., Dorobczynski, L., Model-Based Estimation of The Reaction Forces in an Elastic System Supporting Large-Size Crankshafts During Measurements of Their Geometric Quantities, Maritime University of Szczecin, Poland, 2020, pp. 2-4.
- [3] Bahar, A., The Finite Element Method of Define Value Problems For Name Differential Equations In Secondary Documents, Atatürk University, *Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Mathematics Applied Mathematics Science, Erzurum*, 2019.
- [4] Nozdrzykowski, K., Appling Harmonic Analysis In The Measurements Of Geometrical Deviations Of The Crankshafts-Selecting Support Conditions, Maritime University of Szczecin, Poland, 2018; pp. 191-195.

[5] Bbalık, F., Çavdar, K., Kıraç, N., Karpat, F., Gerger, N., Machine Elements Problems Book With Solution, 2013, Edition 3.

[6] Akkurt, M., Savcı, M., Machine Elements, 1972, Edition 1.

[7] Lüye, M., Design Based On Dynamic Analysis Of Boom-Stick Group In Backhoe Loaders, Çukurova University of Mechanical Engineering Department, 2022: pp. 31-42

Project Cost Efficiency with Collated Carbon Reinforced (CORO) Implementation for Concrete construction in PT Pertamina Patra Niaga Regional Papua Maluku

Much Arif Amrulloh^{1, a *}, Sandi Mulya^{2, b}, Hasbi Fahada^{3, c}, Digby Febri A A^{4, d}

¹Reliability & Project Development Regional Papua Maluku, PT Pertamina Patra Niaga
Nimboran Street no.2-4, Jayapura, Indonesia 99361

^amuch.amrulloh@pertamina.com, ^bsandi.mulya@pertamina.com,
^chasbi.fahada@pertamina.com ^ddigby@pertamina.com

Abstract

Reliability & Project Development regional Papua Maluku is an investment implementation function based on the budget written in RKAP of each period. The investments carried out are spread in each work location at Papua Maluku Island. Project investment of RPD regional papua maluku consist of civil, mechanical, HSSE and electrical instrumental which civil project have a biggest value equal to IDR 132 billion (60% of total project) compared with other project. The main cause for the high construction cost of civil project is concrete work due too high price of steel bar. To overcome this problem, *Collated Carbon Reinforced (CORO)* is determined as substitution of common steel bar. CORO consist of cocofiber & carbon lane fiber (CLF) to strengthen mechanical properties flexural streangth of concrete. By applying this alternative solution, the quality of flexural strength concrete increased by 81,26% (23,10 Mpa to 41,87 Mpa) and reduce construction cost of concrete to 19,65% (IDR 4.490.195,- to IDR 3.607.693,- per m³)

This innovation has been endorsed by an external party, PT Surveyor Indonesia, PT. Sucofindo and Institut Teknologi Bandung. Replication has been carried out for the construction project in Fuel Terminal Sanana, and Fuel Terminal Masohi.

Keywords : Construction Cost of Concrete , Project Efficiency, Collated Carbon Reinforced, Flexural Strength

I. Introduction

Referring to the Key Performance Indicator (KPI) of Reliability & Project Development Regional Papua Maluku, investment realization (finance) and investment realization (physical) are the cascading KPIs with the most dominant weights. In fulfilling the target realization, the obstacles often arise due to various problems. The pareto analysis is shown in Fig. 1. below.

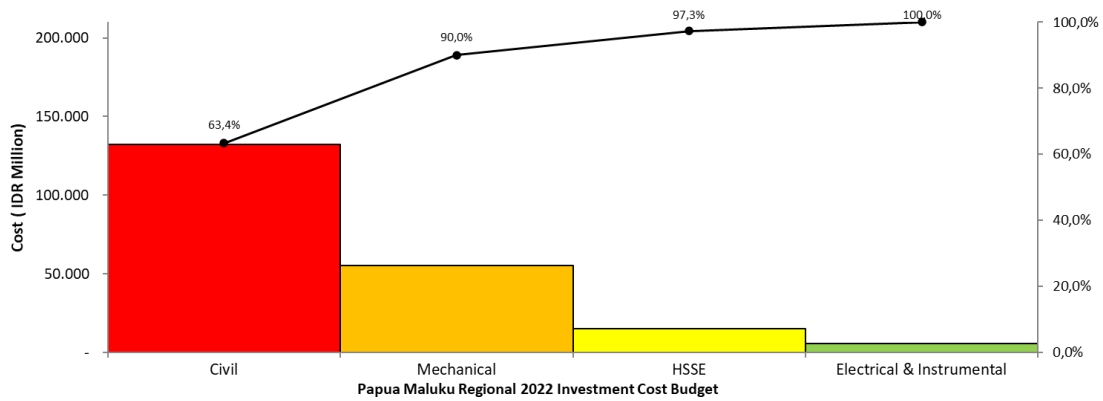


Fig. 1. Pareto for Project Cost

The problem that has the most significant financial impact, namely the "civil" project with a financial impact of IDR 132,11 billion. In the construction phase, the construction cost of concrete are determined as the main focus of the research due to its biggest financial impact. The construction cost of concrete made the highest cost of IDR 71,334 billion. By doing so, the construction cost of concrete supposed to be the focus of the problem solving.

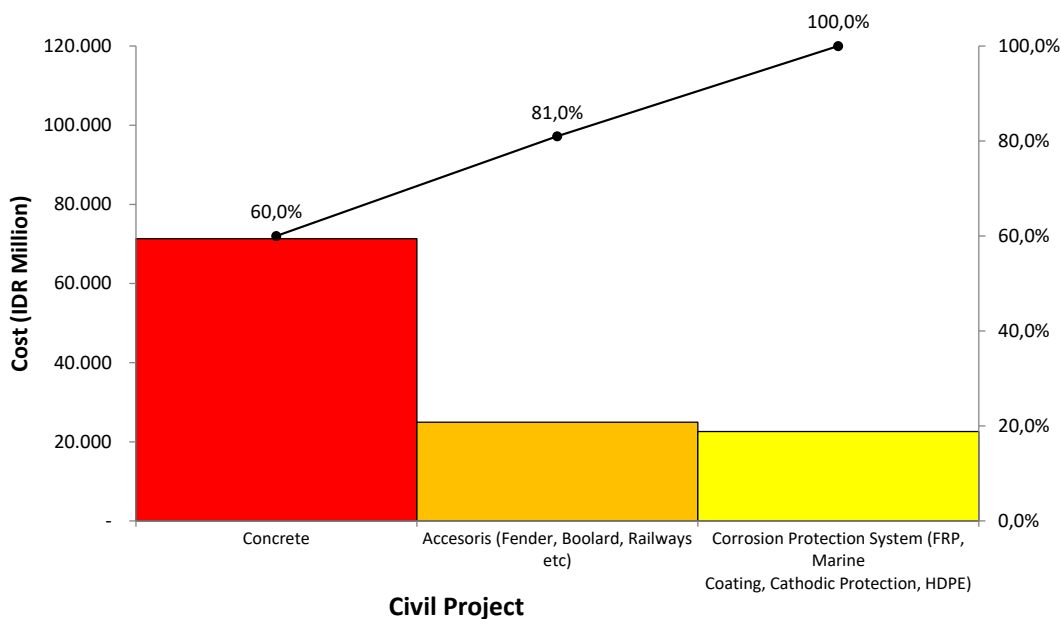


Fig. 2. Pareto for the Construction Cost of Concrete

Followed by using cause and effect analysis, there are 3 (three) potential root cause which are: there aren't substitute material for steel bar (A); there aren't substitute material for concrete material (B); high cost of manpower (C). According (Fig. 3), point A has the highest value to be the root cause.

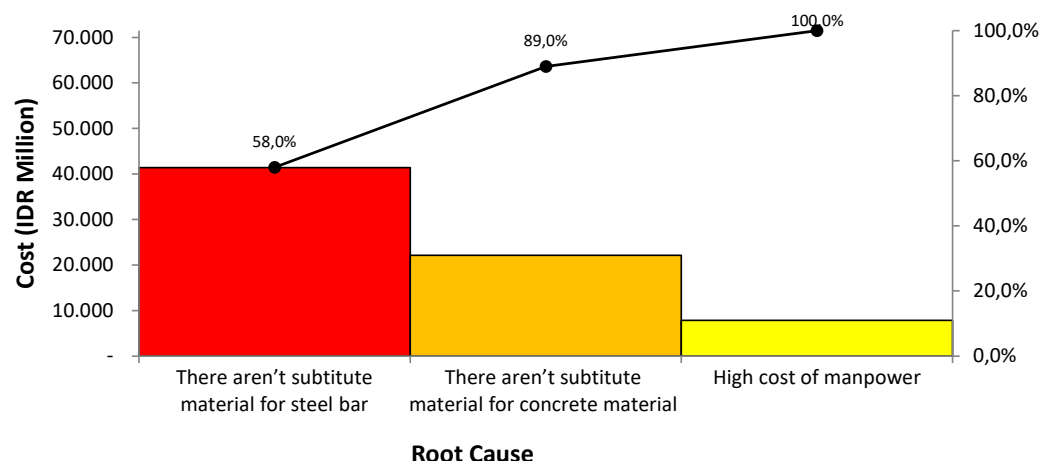


Fig. 3. Pareto for Root Cause

I. Analysis

With the the high construction cost of concrete problem, we have 3 (three) alternative solution that can reduce high construction cost of concrete. The choosing of alternative solution can be seen in Table 1. Collated carbon reinforced (CORO) is chosen due to low effort high impact of implementation.

Table 1. Choosing an Alternative Solution

Root Cause	Alternative Solutions	Cost Estimate per m ³	B/C Ratio	Low Effort High Impact	Chosen Solution
There aren't material substitute for steel bar	Bamboo Modified	IDR 3.900.450,-	1,8	Low Effort High Impact	Collated Carbon Reinforced (CORO)
	Polyester Fiber	IDR 5.877.650,-	0,8	High Effort Low Impact	
	Collated Carbon Reinforced (CORO)	IDR 1.510.339,-	4,9	Low Effort High Impact	

Before this research conducted, the implementation of concrete in PT Pertamina Patra Niaga always uses conventional concrete refer as per SNI (Standard National Indonesia). The first use of concrete using collated carbon reinforced (CORO) was carried out in the Reliability & Project Development Regional Papua Maluku in PT Pertamina Patra Niaga because it cannot be found on the KOMET portal for similar innovations. In addition, the uniqueness of collated carbon reinforced (CORO) are utilizing local raw materials and contributing to the utilization of micro enterprises in the area and also coco fiber waste is a natural and environmentally friendly material that is abundant in Indonesia so it has a replicability value. Main chemical constituents of coconut fibre are polysaccharides and lignin, and physical properties of coco fiber consist of flexural of modulus 150-250 (dynes-cm²) (Mishra, L., & Basu, G. : 2020). Carbon line fiber have studied abouts flexural properties. It have been concluded that carbon-fiber reinforced composites can increased

mechanical properties about 20% (Srivastava, A. K., Gupta, V., Yerramalli, C. S., & Singh, A : 2019).

II. Trial and Error System

Trial and error obtained after conduct sample test as shown in table 2. Test conducted in Civil Engineering Department Test Laboratory University of Indonesia and PT Mixindo Abadi Karya Laboratory Test.

Table 2. Test Result of Sample

No	Sample	No Sample	Flexural Strength (Mpa)	Average (Mpa)
1	Concrete without steel bar	1	2,67	2,10
		2	1,33	
		3	2,30	
2	Concrete with coco fiber 6%	1	10,67	10,30
		2	10,00	
		3	10,22	
3	Concrete with steel bar	1	22,68	23,10
		2	21,86	
		3	24,76	
4	Concrete with carbon line fiber	1	18,01	18,60
		2	19,23	
		3	18,55	
5	Concrete with carbon line fiber & coco fiber 6%	1	38,02	42,15
		2	41,35	
		3	47,074	

From table 2, concrete without steel bar have lowest flexural strength equal to 2,1 Mpa. When using steel bar at concrete construction, it increase flexural strength into 23,1 Mpa. The weakness of conventional concrete construction using steel bar is expensive. To reduce cost of construction, coco fiber and carbon line fiber can used to substitute steel bar, but mechanical properties flexural strength only 10,3 Mpa. Similar with that, carbon line fiber can used to substitute steel bar too, but mechanical properties flexural strength only 18,6 Mpa. Hence it need combined between coco fiber and carbon line fiber to increase mechanical properties flexural strength. After it combined the flexural strength increased into 42,15 Mpa equal to 82,46%. The correlation between composition coco fiber and flexural strength of concrete shown in table 3 and figure 4.

Table 3. Test Result of Sample 28th Concrete Age at various composition coco fiber

No	Sample	No Sample	Flexural Strength (Mpa)	Average (Mpa)
1	Concrete with coco fiber 2%	1	6,23	6,74
		2	7,10	
		3	6,88	
2	Concrete with coco fiber 4%	1	8,10	8,27
		2	7,60	
		3	9,10	
3	Concrete with coco fiber 6%	1	10,67	10,30
		2	10,00	
		3	10,22	
4	Concrete with coco fiber 8%	1	9,20	9,33
		2	9,88	
		3	8,90	
5	Concrete with coco fiber 10%	1	8,22	8,59
		2	8,55	
		3	9,00	

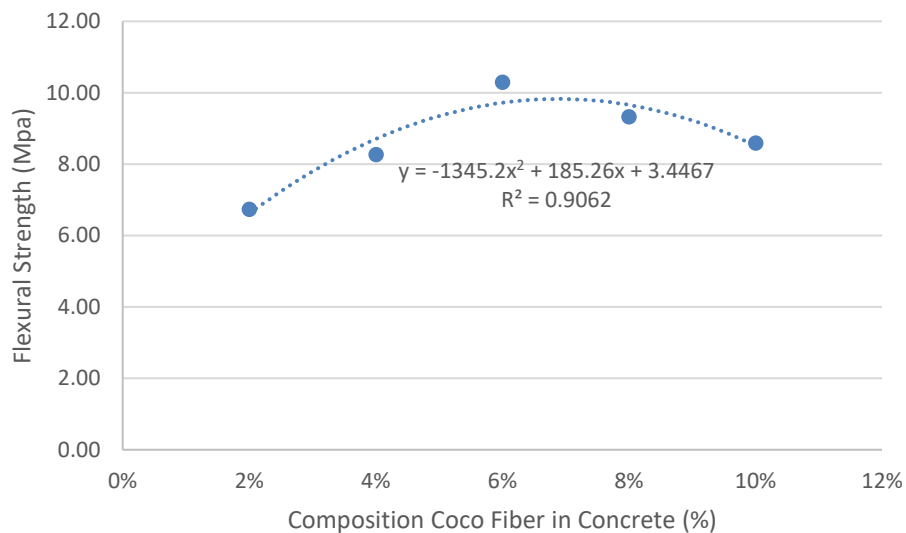


Fig. 4. Trendline Flexural Strength 28th Concrete Age at various composition coco fiber

As per table 3 and fig. 4 shown that optimal flexural strength can be obtained from formula :

$$\begin{aligned}
 x_{optimum} &= \frac{-b}{2a} \\
 &= \frac{-185,26}{-1345,2 \times 2} \\
 &= 6,89\%
 \end{aligned}$$

Collated carbon reinforced have an optimum flexural strength in 28th days age of concrete with composition 6,89% mass coco fiber base on volume concrete per m³.

The correlation between volumetric composition carbon line fiber and flexural strength of concrete shown in table 4 and figure 5.

Table 4. Test Result of Sample 28th Concrete Age at various composition carbon line fiber

No	Sample	No Sample	Flexural Strength (Mpa)	Average (Mpa)
1	Concrete with CLF 4%	1	6,23	6,74
		2	7,10	
		3	6,88	
2	Concrete with CLF 8%	1	9,60	9,38
		2	9,55	
		3	8,99	
3	Concrete with CLF 10%	1	11,56	11,29
		2	11,33	
		3	10,98	
4	Concrete with CLF 16%	1	18,01	18,18
		2	17,88	
		3	18,64	
5	Concrete with CLF 20%	1	23,25	24,02
		2	25,68	
		3	23,12	

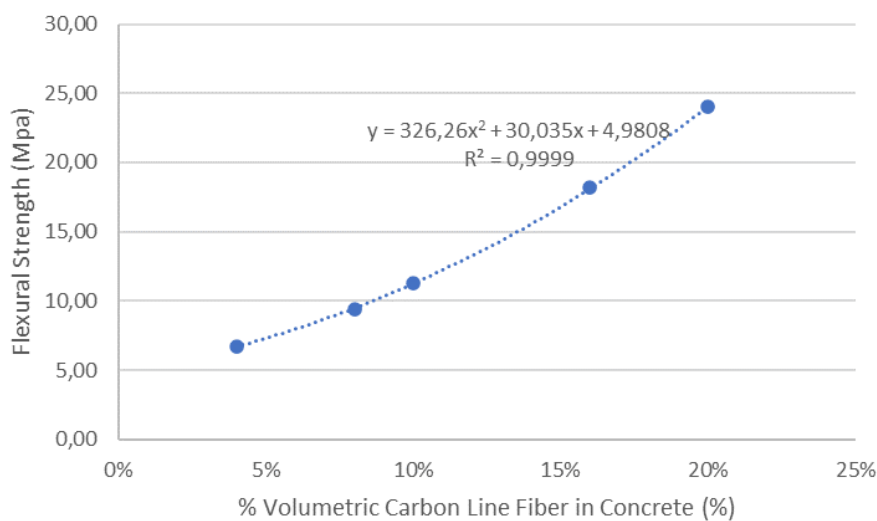


Fig. 5. Trendline Flexural Strength 28th Concrete Age at various composition carbon line fiber

As per table 3 and fig. 4 shown that higher volumetric percentage of carbon line fiber in concrete, the mechanical properties flexural strength of concrete is higher too. The limitation of optimization that composition only in price of carbon line fiber. Compare with concrete using steel bar (flexural strength ; 23,10 mpa) and optimal concrete with coco fiber 6,89% (flexural strength ; 9,82 mpa) it only need 13,275 from carbon line fiber.

The optimal percentage volumetric composition should calculated by formula :

$$\begin{aligned} \text{Optimum Volumetric Composition (\%)} &= \text{FS concrete using steel bar} - \text{FS concrete with coco fiber} \\ &= 13,275 \text{ mpa} \end{aligned}$$

Calculated by Quadratic Equation :

$$\begin{aligned} y &= (326,26x^2 + 30,035x + 4,9808) \\ 13,275 &= (326,26x^2 + 30,035x + 4,9808) \\ 0 &= (326,26x^2 + 30,035x + 4,9808) - 13,275 \\ 0 &= (326,26x^2 + 30,035x - 8,2942) \end{aligned}$$

Solve with Quadratic Equation below :

$$\begin{aligned} a &= 326,26 \\ b &= 30,035 \\ c &= -8,2942 \\ X_{1,2} &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \\ X_{1,2} &= \frac{-30,035 \pm \sqrt{30,035^2 - 4 \times 326,26 \times -8,2942}}{2 \times 326,26} \\ X_1 &= 11,99 \% \\ X_2 &= -21,20\% \text{ (not used)} \end{aligned}$$

As calculated, volumetric percentage of carbon line fiber in concrete is 11,99%.

III. Final Design

As trial error result, hence the final design of collated carbon reinforced concrete :

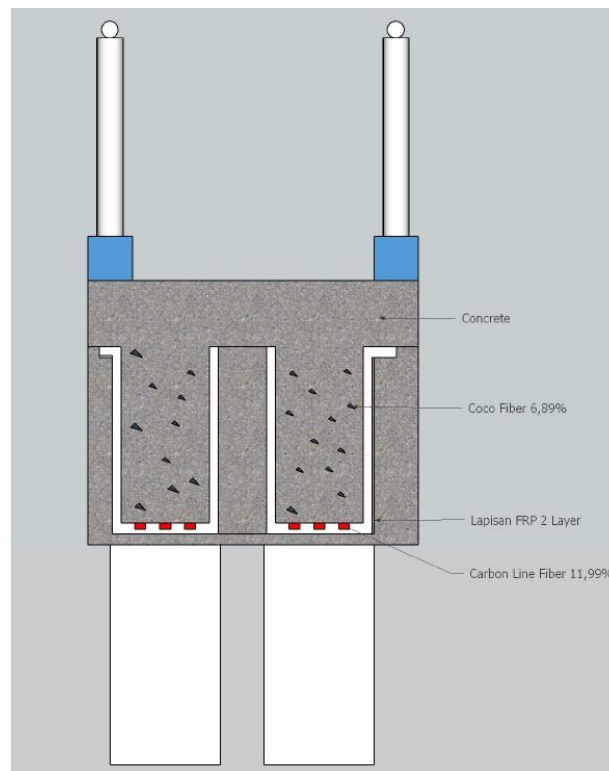


Fig. 6. 2D Visualization of Carbon Collated Reinforced Design at Trestle

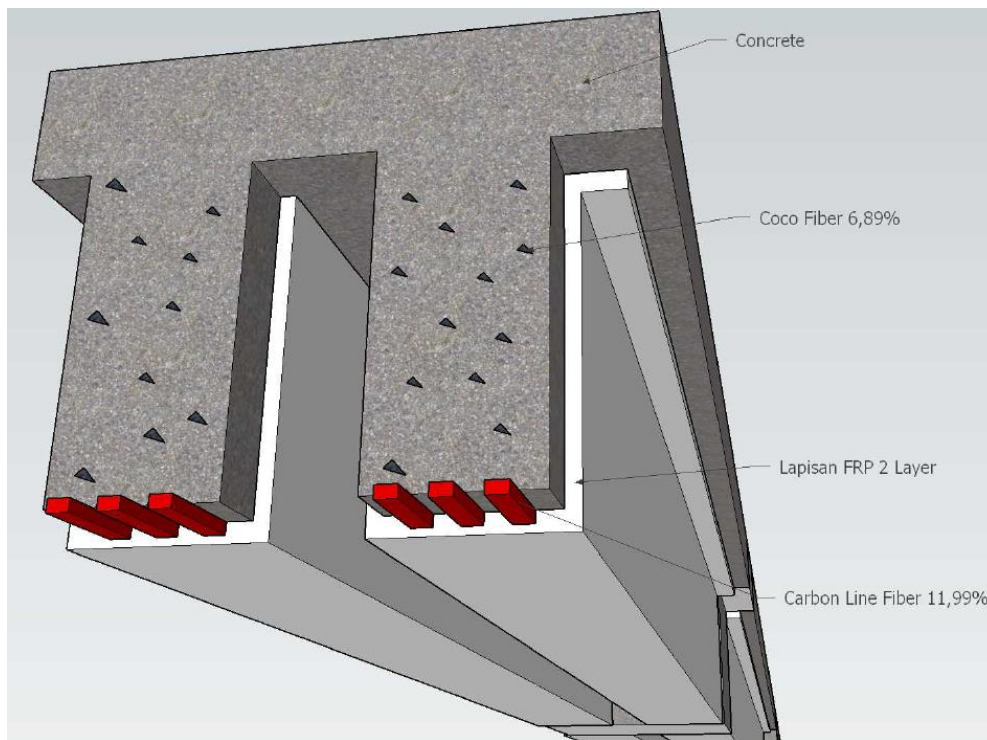


Fig. 7. 3D Visualization of Carbon Collated Reinforced Design at Trestle

As per figure 6 & 7 shown that the design consist of two main part. The first part is concrete with SNI standards reinforced with a mixture of coco fiber 6,89%. The main goal is to strengthen flexural strength of concrete. Second part is carbon line fiber with percentage volumetric 11,99%. Similar with first part, carbon line fiber make a flexural strength of concrete increase significantly. The advantages of this design compared to conventional concrete designs with reinforcing steel iron is cheaper, corrosion resistant and longer life time. The design didn't use steel bar anymore as flexural strength resource, substitute with coco fiber and carbon line fiber.

IV. Result and Discussion

Data after implementation shown in Table 5. is based on insitu test mechanical properties concrete at trestle structure fuel terminal Dobo.

Table 5. Before After Implementation Comparison Root Caused Problem

Root Cause		Rank	Existing			After the Implementation		
			Cost (IDR Million)	%	% Cum	Cost (IDR Million)	%	% Cum
A	There are no substitute material for steel bar	1	41.379	58,0%	58,0%	0	0,0%	0,0%
B	There aren't substitute material for concrete material (cement, sand, gravel)	2	22.116	31,0%	89,0%	22.116	73,8%	73,8%
C	High cost of manpower	3	7.848	11,0%	100,0%	7.848	26,2%	100,0%
Total			71.343			29.964		

Collated carbon reinforced (CORO) can solve root caused problem A (there are no additive substitute material for steel bar) . In the other hand, it can't solve root caused B (There aren't substitute material for concrete material (cement, sand, gravel)) and (C) High cost of manpower because at commercial stage, it take more effort to bring innovation to that mass production and changed SNI.

Steel bar in concrete construction mostly use for increase flexural strength mechanical properties. But the weakness of steel bar is high price, and easily corroded (Taha, N. A., & Morsy, M. : 2016). When stell bar substitute with coco fiber and carbon line fiber, it can increase the mechanical properties of flexural strength in concrete significantly. The pilot project was carried out at the Dobo fuel terminal in jetty structure. Construction is carried out on the trestle section structure which is divided into 5 segments. After construction tests were carried out on the trestle structure with results shown in table 6.

Table 6. Quality of flexural strength concrete at fuel terminal Dobo

No	Sample	Segment	No Sample	Flexural Strength (Mpa)	Average (Mpa)
1	Concrete with carbon line fiber 11,99% & coco fiber 6,89%	Trestle 1	1	37,02	41,15
			2	40,35	
			3	46,074	
2	Concrete with carbon line fiber 11,99% & coco fiber 6,89%	Trestle 2	1	39,02	41,46
			2	41,35	
			3	44,00	
3	Concrete with carbon line fiber 11,99% & coco fiber 6,89%	Trestle 3	1	40,22	41,82
			2	41,35	
			3	43,89	
4	Concrete with carbon line fiber 11,99% & coco fiber 6,89%	Trestle 4	1	39,02	41,76
			2	40,44	
			3	45,82	
5	Concrete with carbon line fiber 11,99% & coco fiber 6,89%	Trestle 5	1	43,00	43,15
			2	41,35	
			3	45,09	
Average					41,87

Collated carbon reinforced (CORO) can increase quality (flexural strength) concrete on Fuel Terminal Dobo from 23,1 Mpa to 41,87 Mpa equivalent to 81,26%.

Carbon fibre reinforced polymer composites have been used to replace metallic components due to their light weight and high strength (Dong, C :2020). The best approach to minimize the deleterious effects on these structures is to use high-strength, high-performance concrete. When a crack starts because of the expansion and shrinkage at splash zones and expansive products are formed because of sulfate attacks, the crack will grow and propagate uncontrollably. (Ramli, M., Kwan, W. H., & Abas, N. F :2013). Ultimately, the durability of the structure is drastically reduced. The aim of this experiment is to mitigate this limitation by incorporating short, discrete coconut fibers into high-strength concrete. This method is based on the idea that the localized reinforcing effect provided by the discrete fiber can restrain the development of cracks caused by aggressive environments. As per table 6 shown that quality of concrete in project design achieved with composition of CORO consist of carbon line fiber 11,99% and coco fiber 6,89%. Hence parameter volumetric composition of carbon line fiber can be increased limited by engineering design and price compare with

conventional steel bar. But coco fiber cant be adjusted because optimal composition at 6,89%. Data after implementation for construction cost of concrete on fuel terminal Dobo shown in Table 7 :

Table 7. Construction cost of concrete fuel terminal Dobo

Concrete	Cost (IDR) / m3	Efficiency
Concrete with steel bar	2.097.354 + 2.392.841	19,65%
Concrete with carbon collated reinforced	2.097.354 + 1.510.339	

As per table 7 shown that construction cost of concrete at fuel terminal Dobo can be reduced 19,65% compared to conventional concrete with steel bar.

VI. Conclusion

Collated carbon reinforced can be used as an alternative to conventional concrete because they achieve the quality & cost targets as targeted in this innovation. The results showed that:

1. Collated carbon reinforced concrete were considered able to reduce construction cost of civil project, especially in the concrete project equal to 19,65%
2. Collated carbon reinforced concrete were considered able to increase quality (Flexural Strength) of concrete equal to 81,26%
3. Optimum composition of collated carbon reinforced concrete consist of carbon line fiber 11,99% and coco fiber 6,89%
4. The application of innovation collated carbon reinforced has received testimony from internal management and external stakeholder.

References

1. Dong, C. (2020). Flexural Properties of Symmetric Carbon and Glass Fibre Reinforced Hybrid Composite Laminates. *Composites Part C: Open Access*, 100047. doi:10.1016/j.jcomc.2020.100047
2. Mishra, L., & Basu, G. (2020). Coconut fibre. *Handbook of Natural Fibres*, 231–255. doi:10.1016/b978-0-12-818398-4.00010-4
3. Ramli, M., Kwan, W. H., & Abas, N. F. (2013). Strength and durability of coconut-fiber-reinforced concrete in aggressive environments. *Construction and Building Materials*, 38, 554–566. doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.09
4. Srivastava, A. K., Gupta, V., Yerramalli, C. S., & Singh, A. (2019). Flexural strength enhancement in carbon-fiber epoxy composites through graphene nano-platelets coating on fibers. *Composites Part B: Engineering*, 107539. doi:10.1016/j.compositesb.2019.10

5. Taha, N. A., & Morsy, M. (2016). Study of the behavior of corroded steel bar and convenient method of repairing. *HBRC Journal*, 12(2), 107–113.
doi:10.1016/j.hbrj.2014.11.004
6. API Standard 650 “Welded tank for oil storage”
7. ASTM C 136-06 Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
8. Standar Nasional Indonesia 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”
9. Standar Nasional Indonesia 2493:2011 “Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium”
10. Standar Nasional Indonesia 03-1974-1990 “Metode Pengujian Kuat Tekan Beton”
11. Standar Nasional Indonesia 7394:2008 “Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan”
12. Standar Nasional Indonesia 1726-2019 “Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung”

MİKROKAPSÜL DESTEKLİ TERMOKROMİK GÖSTERGELİ BEBEK ÖRTÜSÜ

Hüner AYDIN¹, Şule BAYRAM²

¹Ar-Ge Müdürü, Pelsan Tekstil Ürünleri A.Ş., huner.aydin@pelsantekstil.com.tr

²Ar-Ge Mühendisi, Pelsan Tekstil Ürünleri A.Ş., sule.bayram@pelsantekstil.com.tr

Özet

Ateş yeni doğan bebeklerde ve erken dönem çocuklarda sık görülür, ancak yeni doğmuş bir bebek için ateş tehlikeli bir enfeksiyonun işareti olabilir. Bu nedenle 2 aydan küçük çocukların ateşi 38 derece ve üstüne çıkarsa hemen acil servise başvurulması gerekir. Çocuklardaki ateşlerin çoğuna virüsler veya bakteriyel enfeksiyonlar neden olur. Böyle durumlarda yeni ebeveynlerin (özellikle lohusalık döneminde annelerin) de hormonal durumlarından dolayı bebeğin ateşini anlamakta ve algılamakta güçlük çektiği ve bu durumun stres ve kaygıya sebep olduğunu tıbben kanıtlanmıştır. Ayrıca basit ateş gibi durumların yaşam alanlarında kolayca algılanabilmesi ve çözüme kavuşması yine önemli bir husustur.[1]

Ateş genellikle bebeğin sıcak hissetmesine, uykulu olmasına ve iştahsız olması neden olur. Birçok bebek ateşi olduğunda huysuzdur, yemek yeme düzenleri bozulur ayrıca özellikle uyku hassasiyetleri ve ateşleri tekrar düştüğünde kendilerini çok daha iyi hissederler. Pelsan tekstil matris ve takviye olarak iki malzemeyi lamine ederek, ebeveynleri uyarıcı aynı zamanda bebeği rahatlatıcı, özel, ebeveyn hassasiyetine duyarlı, çevre dostu bir ürün geliştirilmiştir. [1]

Katmanlardan biri 'Yeşil Polietilen Film'dir. 'Yeşil' tanımının sebebi filmin hammaddesi olan polietilenin fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynak olan şeker kamışından elde edilmesi ve %100 doğada parçalanabilen (kompostlanabilen) yapıda olmasıdır. Yeşil-bio film üfleme (blown) teknolojisi ile üretilirken makine üretim yönünde oryante etme (MDO-Machine Direction Orientation) teknolojisi ile nefes alma özelliği kazanmaktadır. Bu sayede ortamda bulunan nemi(su buharını) dışarıya atabilme ve termal izolasyonu sağlama özelliğine sahip olur. Bu nefes alabilen PE film katmanına özel bir baskı yöntemiyle termokromik indikatör aktarılır. Termokromik indikatör, ısının kimyasal yapısında meydana getirdiği değişiklikler nedeniyle rengi değişen, görünmez hale gelebilen dış ortama karşı oldukça hassas olan bir pigmenttir. Bu özel gösterge pigment vücut sıcaklığı 37 derecenin üzerine çıktığında görünmez hale gelmekte ve vücut sıcaklığı normale döndüğünde tekrar görünür hale gelmektedir. Mürekkebin görünürlüğü yönünde yapılan gözlem ile ebeveynler çocuklarının ateş dereceleri hakkında fikir sahibi olabilir ve ürün ebeveynlere uyarıcı bir mekanizma görevi görebilir.

Diğer katman olarak ise filmin nefes alma kapasitesini düşürmeyen ve ipek efekti veren bir ısı bağlanmış ve taraklanmış tülbent esaslı yüzey kullanılmaktadır. Bu yüzey soya fasulyesi protein liflerinden (SPF) üretilmektedir. Bu lifler doğada çözünür olmalarının yanı sıra tek yenilenebilir botanik protein lifidir. SPF, aminoasit sayesinde sağlıklı bir cilt için besleyici ve ultraviyole ışınlarından koruyucu özellikler sağlamaktadır. Bu tülbent esaslı yüzey aynı

zamanda mikrokapsül içeriğidir. Mikrokapsüller, bir polimer kabuk içerisinde organik yağ ve maddelerden oluşan çok bileşenli karışımlardır. Fular yöntemi(daldırma) ile emdirilen mikrokapsüller tülbent esaslı taranmış yüzeyin içine penetre edilmiş olur ve vücut ile temas ettiğinde patlayarak doğal etkili soğutucu özelliği, nefes açıcı kokusuyla ferahlatıcı etki ortaya çıkarmaktadır. Mikrokapsül emdirilmiş tülbent esaslı yüzey ile termokromik mürekkep baskılı film tutkal aracılığıyla lamine edilmesi sonucuyla ortaya çıkar bebek örtüsü ebeveynlere çocuğun ateşinin derecesi konusunda uyarıcı gösterge olması amacıyla geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: mikrokapsül, nonwoven, film, mürekkep, bebek

Abstract

Fever is common in babies, but for a newborn, it can be signal of a dangerous infection. Therefore, if a child under 2 months old has a fever of 38 degrees or higher, urgent intervention is required. Viruses or bacterial infections often cause fevers in children. In such cases, new parents may struggle to understand and perceive their baby's fever due to their hormonal state, leading to stress and anxiety, as medically proven. In addition, it is also important that situations such as simple fever can be easily detected and resolved in the home environment.

Fever usually causes the baby to feel hot and it makes the baby flushed. Many babies become irritable when they have a fever and they feel much better when the fever subsides. Pelsan Textile has developed a special product that serves as both a warning for parents and a comfort for the baby. This baby cover consists of two layers.

One layer is made of 'Green Polyethylene Film.' The 'Green' designation is due to the film's raw material, polyethylene, being derived from renewable sources such as sugarcane instead of fossil fuels, making it a 100% biodegradable (compostable) product. Produced using blown film technology, the green-bio film gains breathability through the use of Machine Direction Orientation (MDO) technology. This layer features a print made with thermochromic ink. Thermochromic ink is a highly sensitive pigment that undergoes a chemical change based on temperature and external factors. When body temperature exceeds 37 degrees, the ink becomes invisible, reappearing when the body temperature returns to normal. Observing the visibility of the ink allows parents to gauge their child's fever.

The other layer is a thermally bonded, and carded nonwoven surface that does not diminish the film's breathability and provides a silk-like effect. This surface is made from soybean protein fibers (SPF), the only renewable botanical protein fiber that is soluble in nature. SPF, through amino acids, offers nourishing and UV-protective properties for healthy skin. This nonwoven surface also contains microcapsules. Microcapsules are multi-component mixtures consisting of organic oils and substances encased in a polymer shell. Infused into the nonwoven surface via the foulard method, the microcapsules penetrate the surface and, upon contact with the body, burst, revealing a naturally effective cooling property with a refreshing aroma. The baby cover, created by laminating the microencapsulated nonwoven with thermochromic ink-printed film through adhesive, aims to serve as a warning indicator for parents regarding their child's fever.

Keywords: microcapsule, nonwoven, film, ink, baby

1. GİRİŞ

Anne babalar için çocuklarının sağlığı her şeyden önemlidir. Bebekler sıkıntılarını sözlü olarak anlatamazlar. Bu nedenle anne babaların bebeklerini iyi tanınması ve bebeklerinde meydana gelen değişiklikleri dikkatle takip etmeleri önemlidir. Özellikle hastalıkların çok artış gösterdiği ve daha ağır geçtiği bu dönemlerde gözlem çok önemli bir konumdur. Hastalıkla birlikte gelen ateş uzmanlara göre en çok takip edilmesi gereken belirtiler biridir.

Ateş çocuklarda sık görülür, ancak yeni doğmuş bir bebek için ateş, tehlikeli bir enfeksiyonun işareti olabilir. Bu nedenle 2 aydan küçük çocukların ateşi 38 derece ve üstüne çıkarsa hemen acil servise başvurulması gerekir. Çocuklardaki ateşlerin çoğuna virüsler neden olur. Çok daha küçük bir kısma ise, kulak enfeksiyonları, boğaz ağrısı veya zatürre gibi bakteriyel enfeksiyonlar neden olur. Aynı şekilde yeni ebeveynlerin de hormonal durumlarından dolayı bebeğin ateşini anlamakta ve algılamakta güçlük çektiği ve bu durumun stres ve kaygıya sebep olduğunu tıbben kanıtlanmıştır. Ayrıca basit ateş gibi durumların ev ortamında kolayca algılanabilmesi ve çözüme kavuşması yine önemli bir husustur.[2]

Uzamış ateş, yani bir haftadan uzun süren ateş veya tekrarlayan ateşler, altta yatan kronik bir hastalığın belirtisi olabilir. Bu nedenle çocuğunuzun doktoru ile görüşmeniz gerekir. Yeni doğmuş bebekler 2 aylıktan küçükse ve rektal sıcaklığı 38 santigrat derece veya daha yüksekse yakından takip edilmesi gerekmektedir. Bebekler mikroplarla savaşmak için ateş çıkarır. Bağışıklık sistemi, bebeğe zarar vermeden mikroplardan kurtulmasına yardımcı olmak için vücut ısısını yükseltir. Ateş baş ağrısına veya vücut ağrılarına, terlemeye veya titremeye neden olabilir. Bazı çocuklar ateşle baş ağrısı çeker ve çoğu iştahını kaybeder. Bazı çocuklar normalden daha uykulu hissederler. Birçok bebek ateşi olduğunda huysuzdur ve ateşleri tekrar düştüğünde kendilerini çok daha iyi hissederler. Pelsan tekstil olarak, bu durumda ebeveynleri uyarıcı ve aynı zamanda bebeği rahatlatıcı özel bir ürün geliştirilmiştir.[2]

Mikrokapsül destekli termokromik göstergeli bebek örtüsü, bebeğin ısısını izlemek ve düzenlemek için tasarlanmış yenilikçi bir üründür. Termokromik ekran teknolojisi ve mikrokapsüllerin kullanıldığı bu örtü, bebeğin rahat kalmasını ve aşırı ısınmadan veya ateşten korunmasını sağlar. Bebeğin ateşini takip etmek ve rahatını sağlamak isteyen ebeveynlerin olmazsa olmazı serinletici bebek örtüsüdür. Bu ürün, sıcaklık regülasyonu için etkili bir çözüm sağlamak üzere termokromik gösterge teknolojisi ve mikrokapsülleri içerir.

5 ayrı teknoloji kullanılarak nihai şeklini alan bu ürün ayrıca 2 ayrı nitelikte barındırmaktadır. Son teknoloji blown film hattında üretilen filmin hammadde biyo-bazlı polietilen olmasıyla dikkat çekmektedir. Nefes alabilen mikro gözenekler içeren bu katman ateş sebebiyle olan terlemeyi de ciltte tutmayarak buhar şeklinde dışarı atabilmektedir. Üzerinde bulunan termokromik mürekkep baskısı ile 37°C üzerinde görünürlüğünü kaybetmesi sebebiyle ebeveynlere ateşin ortalama derecesi hakkında gözlem yapma şansı tanımaktadır. İkincil tülbent esaslı yüzey katmanıyla ipeksi bir yumuşaklığa ulaşan ürün bebeklerin anne kollarında

gibi rahat hissetmelerini sağlamaktadır. Ayrıca bu yüzey soya fasulyesi protein liflerinden (SPF) üretilmektedir. Bu lifler doğada çözünür olmalarının yanı sıra tek yenilenebilir bitkisel kökenli doğal protein lifidir. SPF, içerdiği 14 farklı aminoasit sayesinde sağlıklı bir cilt için besleyici, faydalı ve antibakteriyel yapısından dolayı ilave koruyucu özellikler sağlamaktadır. Ek olarak özel uygulanan fular yöntemi sayesinde içerdiği ferahlatıcı mikrokapsüller ile bebeğin rahatlamasına yardımcı olur, uyku kalitesini artırır ve ağrıyı hafifletir.

Mikrokapsül destekli termokromik göstergeli bebek örtüsü hem bebeğe hem ebeveynlere sayısız fayda sağlar. Bebek için optimum sıcaklığın korunmasına yardımcı olurken, aşırı ısınmayı ve ateşi önler. Bebeğin ısınıpı düzenleyerek daha iyi uyku ve genel refah sağlar.

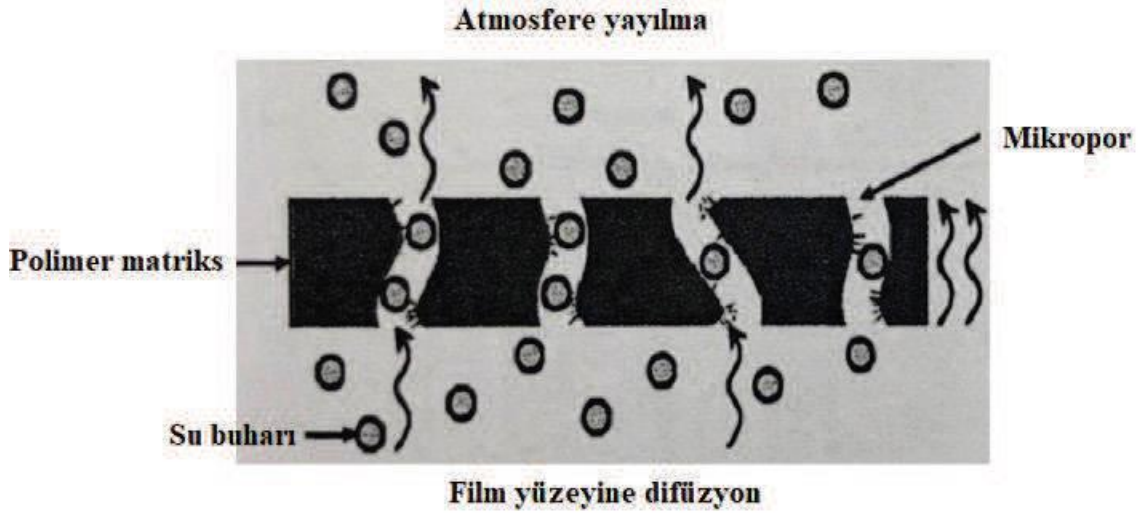
2. MALZEME VE YÖNTEM

Mikrokapsül destekli termokromik göstergeli bebek örtüsü 2 katmandan oluşmaktadır. Üst katman polietilen hammaddeli bir blown film ürünüdür. Bu katmana termokromik indikatör kullanılarak flekso baskı yapılmıştır. Alt katman ise polipropilen ve soya lifinin harmanlanmasıyla taraklanarak tülbent formuna getirilmiş ve sonrasında iki sıcak kalender yardımıyla noktasal ısıl bağlanmış yüzeydir. Bu yüzeyde fular yöntemi kullanılarak ,bir polimer kabuk içerisinde organik yağ ve maddelerden oluşan çok bileşenli karışım olan mikrokapsül penetre edilmiştir.

2.1.Polietilen Filmin Hammadde Özellikleri

Ürünün alt tabakasında kullanılan polietilen film ‘Green Polietilen Film’ olarak adlandırılır. ‘Green’ olarak adlandırılmasının nedeni, filmin hammaddesi olan polietilenin fosil kaynaklar yerine yenilenebilir bir kaynak olan şeker kamışından elde ediliyor olmasıdır. Green polietilen, film özellikleri olarak fosil kaynaklardan üretilen filmlerin özelliklerini karşılamaktadır. Buna ek olarak, green polietilenin doğada çözünür ve gübreleşebilir olması onu doğa dostu yapmaktadır. Örneğin, bir ton yeşil polietilen atmosferden 3.9 tona kadar CO2 emebilir. Böylece zararlı sera gazı etkisinin azaltılmasında yardımcı olur. Ayrıca, green polietilenden üretilmiş ürünler kullanım ömürlerinin onunda %100 geri dönüştürülebilir. Bu yüzden, yeşil polietilen, hayatımızın her alanın kullanılan fosil kaynaklı polietilen yerini tamamen alabilir.[3]

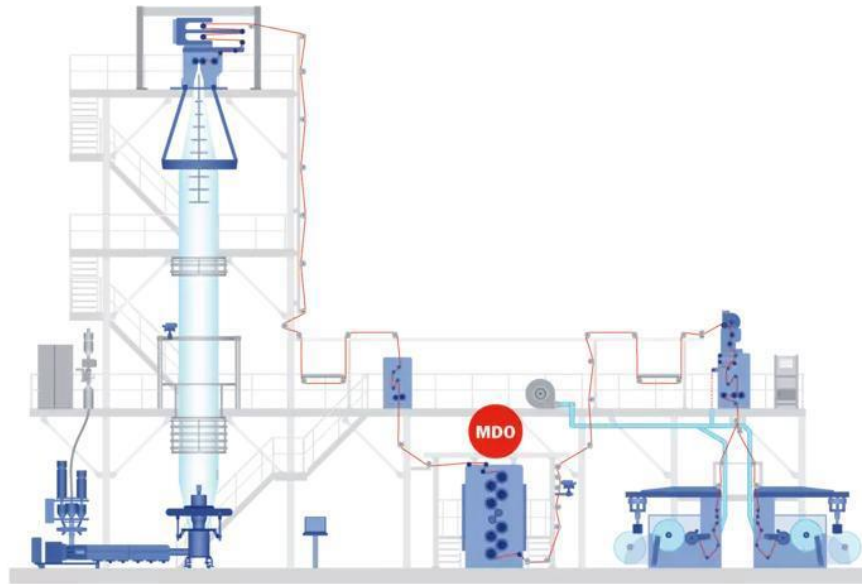
Yeni yatırım gerektirmeyen ‘green polietilen film’ blown teknolojisi ile üretildi. İlk olarak dolgu maddesi ile green polietilen compoundu haline getirildi. Daha sonra, filme blow hattında üretilirken MDO teknolojisi kullanılarak nefes alma özelliği kazandırıldı. [3]



Şekil 1. Filmin Nefes Alma Mekanizması

2.1.1. Polietilen Film Üretim Teknolojisi

Blown film teknolojisi, polietilen veya diğer hammaddelerden MD(makine yönünde) ve CD (makinenin eni yönünde) yönlere gerdirilerek, değişik kalınlıklarda film üretmek için kullanılan yaygın bir yöntemdir [3]. Ekstrüderlerde eritilip tekrar karışan polietilen hammaddesi çember şekliyle kafaya taşınır ve film kalıbından geçirilir. Kalıptan geçen film yukarı doğru üflenir. Kalıptan uzaklaşmaya başlayan film yukarı çıktıkça soğur, gerilir ve katılaşır. Makinanın kulesinde aşağı yönde inmeye başlayan film MDO ünitesine girer. Ünitenin başında biraz ısıtılır sonra gerdirilir. Bu gerdirme sırasında filmde dolgu kaynaklı mikro gözenekler açılır ve film nefes alma özelliği kazanmış olur. Aşağı inip sarıciya sarılan film istenilen alanda kullanılmaya hazırdır [3].



Şekil 2. MDO'lu Blown Film Üretim Hattı

2.2. Termokromik Mürekkebin Özellikleri

Termokromizm kelimesi renk(kromos) ve sıcaklık(termos) kelimelerinden gelir. Optik(renk) özellikleri sıcaklığa göre değişen bir boyadan oluşan bir malzemede bulunan fiziksel bir mekanizmadır. Bu termokromik malzemeler maruz kaldığı ısı boyutuna göre aktifleşir ve renk değiştirirler.

Gerçekte bu mürekkeplerin çalışma şeklinin arkasında bazı temel bilimler var. Teensy kapsülleri renklendirici pigment, organik ve çözücü içerir genellikle. Çözücünün ısındığı durumda renklendirici pigment ve asit ayrılır ve renk görünürlüğünü kaybeder. Düşük sıcaklıklarda katı fazda bulunan solvent bu durumda renklendirici pigmenti ve asidi birbirine yakın tutar. Bu sayede ışık yansıtır ve renk görünür olur. Sıcaklığa maruz kalmanın ardından renk tamamen eski haline döner. Fakat her termokromik mürekkep farklı renge sahip olduğu gibi farklı sıcaklık aralıklarında renk değiştirirler. Bunun sebebi farklı tiplerdeki mürekkeplerin farklı aktivasyon sıcaklığına sahip olmasıdır. [5]

Örneğin, ısıya dayanıklı emaye bunun için ayarlanan aktivasyon sıcaklığına ısıtıldığında, pigment rensiz olur ve dereceler düşürüldüğünde orijinal durumuna geri döner. İzin verilen sıcaklık değişimi - 15 ila + 70 santigrat derece. + 20 derecenin altında - maddeyi alkolsüz içecekler için kullanılacak yemeklere uygulamak için. + 29 ... + 31 derece - vücut sıcaklığına maruz kaldığında (dokunulduğunda) renk değiştirecek yüzeyler için uygundur. Bu etkinin kullanımı reklam amaçlı, tişörtlerde, dergilerde ve kitapçıklarda yaygın olarak kullanılmaktadır. + 43 derecenin üstünde - sıcak sıcaklıkla etkileşime girecek ürünler (sıcak içecekler için yemekler) için tasarlanmış malzemeler. Tüm bu örnekler doğrultusunda bu mürekkepler daha çok dekoratif amaçlı olarak değil işlevsel amaçlarla kullanılmaktadırlar.[4]

Termokromik mürekkep, ısının kimyasal yapısında meydana getirdiği değişiklikler nedeniyle rengi değişen ve dış ortama karşı oldukça hassas olan bir pigmenttir, bu nedenle tekrarlanabilir dayanıklılığı artırmak için mikro kapsüllenmiştir.[5]. Termokromik mürekkebin birçok rengi vardır ve renk değiştirme sıcaklığı serbestçe ayarlanabilir, böylece renge veya sıcaklığa bağlı olarak istediğiniz çeşitli ürünleri elde edebilirsiniz. Termokromik mürekkebi ısıttığımızda mürekkebin içindeki malzemenin yapısında değişiklik meydana gelir ve rengi kaybolur, soğutulduğunda ise kendi rengine geri döner.

Renk değiştirme sıcaklığı: 0~70°C

Basılabilir film: PET, OPP, PE, Naylon, Kağıt vb..

Termokromik mürekkepler üretim esnasında 3 ana malzemedan ve yardımcı malzemelerden oluşur. Polimerler, çözücü ve renk veren pigmentler. Aşağıdaki listede kullanılan hammaddeler kullanılarak oluşturulan termokromik mürekkep örneklerde gördüğümüz amaçlar dışında kullanılacağı için özel olarak formüle edilmiştir.

Kimyasal Karakterler.

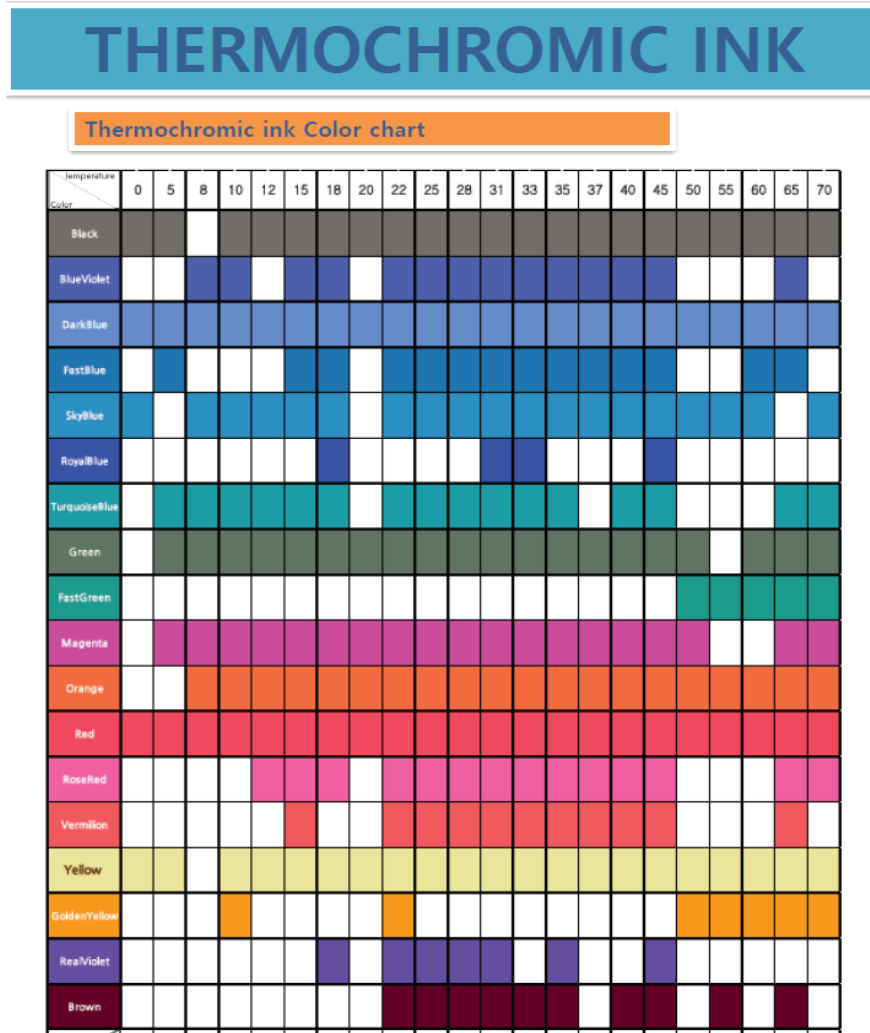
Polyoxymethylenemelamine

Styrene maleic anhydride monomethyl - maleate polymer

Methyl palmitate

Ethyl stearate
Blue-63
Ethanol
Cellulose Resin
Maleic Acid Resin
Polyvinyl Butyral
Ethyl Acetate
2-propoxy Ethanol

Tüm mürekkep ve boyalarda olduğu gibi yüksek oranda etanol ve etil asetat gibi çözücüler içermektedir. Polimerler ve renk veren pigment oranları oldukça düşüktür. TABLO 1’de gördüğünüz tabloda seri üretimde üretilmiş termokromik mürekkeplerin renkleri ve hangi sıcaklık aralıklarında görünür olup olmadıkları bilgisi verilmiştir. Renkler ve sıcaklık aralıkları mürekkebin kullanılacağı yerin işlevine göre karar verilmektedir.



Tablo 1: Termokromik Mürekkepler ve Aktivasyon Sıcaklıkları

Termokromik göstergeli bir ürün oluşturma fikri ile yapılan araştırmada üretici firma iletişime geçildi. Bunun bir bebek örtüsünde kullanılacağı ve aynı zamanda ateş kontrol işlevi görmesi amacıyla termokromik mürekkep seçimi aşamasına geçildi.

Yeni doğan döneminde dönemde birçok yeni doğan bebeğin ateşi düşüktür. Ancak ateşin 38 dereceye çıkması halinde yenidoğan ateşi denilen durum ortaya çıkabilir. Ebeveynlerin bu konuda bilgilendirilmesi bebeğin sağlığı açısından son derece önemlidir.

Yenidoğan ateşi, 0-3 aylık bebeklerde görülen ve vücut ısısının 38 dereceye yükselmesi sonucu ortaya çıkan bir durumdur. Bebeğin bağışıklık sistemi henüz tam olarak gelişmediğinden enfeksiyonlara karşı koruması zayıftır ve ateş çıkması durumunda acil müdahale edilmesi gerekir. Bebeğin sağlığı açısından önemlidir.

Yenidoğan ateşi, bebeğin kendini sıcak hissetmesi, uykulu olması veya uykusuzluk, iştahsızlık, huzursuzluk gibi belirtilerle kendini gösterebilir. Ebeveynler bebeğin vücut ısısını termometre kullanarak kontrol etmeli ve 38 derecenin üzerinde bir değer gördüklerinde hemen doktora başvurmalıdır.

Yeni doğmuş bebekler 2 aylıktan küçükse ve rektal sıcaklığı 38 santigrat derece veya daha yüksekse yakından takip edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden, 38 santigrat derece ve üzerindeki sıcaklıklarda görünürlüğü kaybolan bir termokromik mürekkebe ihtiyaç duyuldu. Daha önce bu amaçla kullanılmayan termokromik mürekkep için yeni bir çalışma başlatıldı. Öncelikle tablodan bir seçim yapıldı ve DARKBLUE rengi seçildi. Sonrasında aktivasyon sıcaklığı için formül çalışması yapıldı. Aynı zamanda 10 tekrara kadar kullanılması istendiği, kullan-at olmayan bir ürün olması için kullanım ve temizleme sonucu deforme olmayan, hala çalışabilen bir baskı olması nedeniyle pigment çeşidi ve formülasyondaki miktar bu şekilde çalışıldı.

Buna ek olarak, bebek örtüsü için kullanılması sebebiyle biyo-bazlı maddeler kullanılması hedeflendi. Böylece, cilde temas halinde herhangi bir rekasyon olma ihtimali sıfıra indirildi.

Formül	Aktivasyon Sıcaklığı
Formül 1	39 °C
Formül 2	34 °C
Formül 3	38 °C

Tablo 2: Formülasyon Deneme Sonuçları

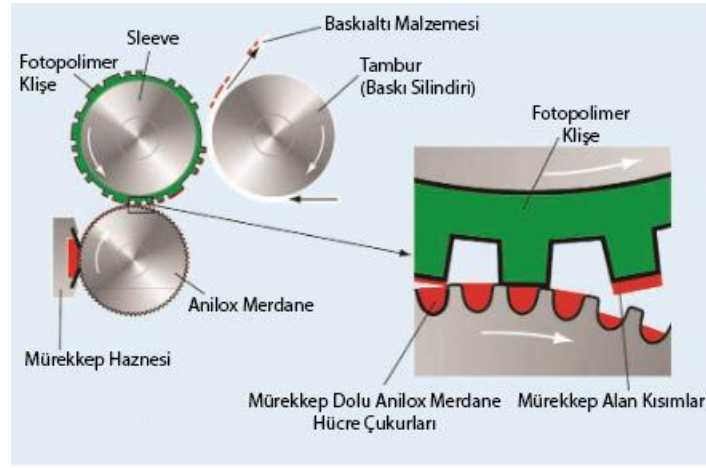
3 ana formül denemesi sonunda istenilen aktivasyon sıcaklığı ulaşıldı ve ön deneme için seri üretim gerçekleşti. 30 kg termokromik mürekkep ile ön seri denemesi yapıldı.

Yapılan formülasyon çalışmalarında, reçine ve pigment başta olmak üzere istenilen sıcaklıktaki renk değişimi hedeflenerek değişiklikler yapıldı. Zaman zaman formüle ilave

katkılarında eklendi fakat çalışmalar neticesinde yukarıdaki listede yer alan girdilere karar verilmiştir.

2.2.1. Termokromik Mürekkebin Baskı Teknolojisi

Flexo baskı yöntemi kullanılarak termokromik mürekkep bio bazlı polietilen filme basıldı. Bu baskı tekniği için kullanılan kalıplar, esneme özelliğine sahip olan kalıplardır. Esnek olan klişe (kalıp) kolayca eğilip bükülebilir durumdadır. Klişe, çift taraflı bant kullanılarak kalıp silindrine montelenir. Tramlı merdane, mürekkep haznesi içinde döner ve mürekkep silindire yüklenir. Daha sonra sıyırıcı, klişenin yüksek yerlerine yüklenen mürekkebi sıyırır. Ardından baskı yapılacak malzeme, gravür silindiri ve baskı silindiri arasından geçerken kanallarda kalan mürekkep baskı malzemesine aktararak görüntü çıkarılmış olur.[3]



Şekil 3: Flexo Baskı Tekniği Görseli

Biyo-bazlı ve hassas bir mürekkeple çalışılması şartlarında flexo baskı yöntemi ile yapılan baskıda verimin daha yüksek olacağı düşüncesiyle bu teknik kullanılmaya karar verildi. Baskı için kullanılacak klişenin bebek örtüsünün işlevine uygun olması göz önünde bulundurulduğunda, devamlı ve olabildiğince yoğun bir desen kullanılması yönünde seçim yapıldı. Daha sonra baskı gerçekleştirildi. [3]



Şekil 4: Lokal Isı Uygulanmış Baskılı Film Numunesi Görseli

Deneme sonrasında yapılan testlerde termokromik mürekkebin istenilen sıcaklıklar çalıştığı gözlemlendi. Yapılan rub-off (mürekkebin şiddetini kaybetmesi) testi ile tekrar tekrar kullanılabilirlik testi yapıldı.

2.3. Taranmış, Isıl Bağlanmış Tülbent Esaslı Yüzey Üretimi (Carded Thermo Bonded Nonwoven)

Thermobond nonwoven üretiminde genel olarak kesikli sentetik, rejener, bikomponent ve farklı kesit yapılarına sahip doğal lifler bir dize işlemlerden geçerek tülbent esaslı yüzey elde edilmektedir. Bu işlemler aşağıda verilmiştir;

- Elyafalara, elyaf açma ünitesinde ön açma işleminin uygulanması,
- Besleme ünitesinde hava yardımı ile karıştırılması,
- Karıştırılan elyafalara silindir ve tamburlar yardımıyla tarama işlemi uygulanması,
- Taranan elyafın yüksek sıcaklık ve basınç ile kalender ünitesinde kalenderlenmesi,
- Son olarak da kalenderlenen elyafın ısı kaynak noktaları aracılığıyla sabitlenerek thermobond tülbent esaslı yüzeyin elde edilmesi.

Elyaf açma işleminde elyafar, elyaf açma ünitesinde, tercihen mekanik olarak, ön açma işlemine tabi tutulur. Ardından toplayıcı, karıştırıcı silindirlere gelir ve elyaf depoya gönderilir. Elyaf besleme işleminde açılan elyafar, depodan besleme ünitesine gelir. Burada elyafar havalandırılarak karıştırılmaktadır. Daha sonra besleme silindirlerine ve ardından tarama işlemi için banda serilmektedir. Tarama işleminde banda gelen elyaf karışımları belirlenen gramaj (g/m^2) ayarı ile farklı çaplarda, farklı hızlarda, farklı yönlerde, farklı teknik donanımlarda organize olmuş silindirler ve tamburlardan oluşan bir sistemde, paralel ve çapraz yönde açılarak serilir, farklı sayıda aktarma tamburu ile bant sistemine yönlendirilir. Bağlama işleminde taranmış elyafar, aktarma bantı üzerine tek bir doku şeklinde organize

edilerek birleştirilmektedir. Taranmış doku içten yağ ısıtmalı kalender ünitesine iletilmektedir. Elyaf, uygun sıcaklık, basınç ve hız değerlerinde sıcak düz kalender ve sıcak desenli kalender arasından geçirilir. Taranmış doku, yüksek sıcaklık ve basınç ile kalenderlenerek, ısı kaynak noktaları aracılığıyla sabitlenir ve taranmış thermobond nonwoven oluşur.

Bu projemizde kullanılmak üzere yapılan araştırmalar neticesinde hem fular sisteminde hem de laminasyon sisteminde optimum çalışacak 26 gsm nonwoven üretimi gerçekleştirildi. Ayrıca yine yapılan incelemelerde bebeğin ipeksi ve yumuşak hissetmesi için 26 gsm CTB NW nin uygun olacağı kanısına varıldı. Tutkal kullanımını azaltmak ve laminasyonda proses kolaylığı sağlamak için de 25-26 gsm tülbent esaslı yüzeylerin uygun olacağı tespit edildi. Bu üretim aynı elyaf çeşidinin 3 farklı üreticisinin elyafları kullanılarak yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda elyaf çeşitleri ve kullanımları hakkında bilgiler verilmiştir.

Harman 1:

Elyaf Adı	Renk	Ham. Oranı (%)
2,9*60 PP M.	BEYAZ	30,0
2,8*60 PP K.	BEYAZ	50,0
Soybean protein fiber 1.5D*38mm	RAW	20,0

Harman 2:

Elyaf Adı	Renk	Ham. Oranı (%)
2,9*60 PP M.	BEYAZ	20,0
2,8*60 PP K.	BEYAZ	50,0
Soybean protein fiber 1.5D*38mm	RAW	30,0

Harman 3:

Elyaf Adı	Renk	Ham. Oranı (%)
2,9*60 PP M.	BEYAZ	30,0
2,8*60 PP K.	BEYAZ	60,0
Soybean protein fiber 1.5D*38mm	RAW	10,0

Tablo 4: Kullanılan Elyaf ve Kullanım Oranları

Bu üretim %80 polipropilen elyaf VE %20 Soya lifi kullanılarak gerçekleştirildi. %20 olarak tercih edilmesinin sebebi ise tarak hattında yapılan gözlemlene de çalışma koşullarında en iyi performansı aldığımız harman olması ve test değerlerinin beklenen kriterlerde gelmesidir.

Elyafın balyalardan ayrılma ve düzgün bir şekilde karıştırılma işlemi sonrasında elyaf taraklama işleminden geçerek ürünün gramaj ayarı yapıldı. Sarımın başladığı ilk kısımlardan örnek numune alınarak gramaj kontrolü yapılmıştır ve bu değer istenileni (26 g/m²) yakalayana kadar bir süre devam etti. Aşağıdaki tabloda çalışma parametreleri verilmiştir;

Proses Parametreleri	Değerler
Alt Sıcaklık (°C)	152,00
Basınç (N/mm)	80,00
Düzeltilme	0,00
Hız (m/dak)	70,00
Üst Sıcaklık (°C)	160,00
Ana Tambur (m/dak)	1000,00
Doffer (D)	35,00
Random(m/dk)	1100,00
Çekme Hızı (m/dk)	40,00

Tablo 5: Çalışma Parametreleri

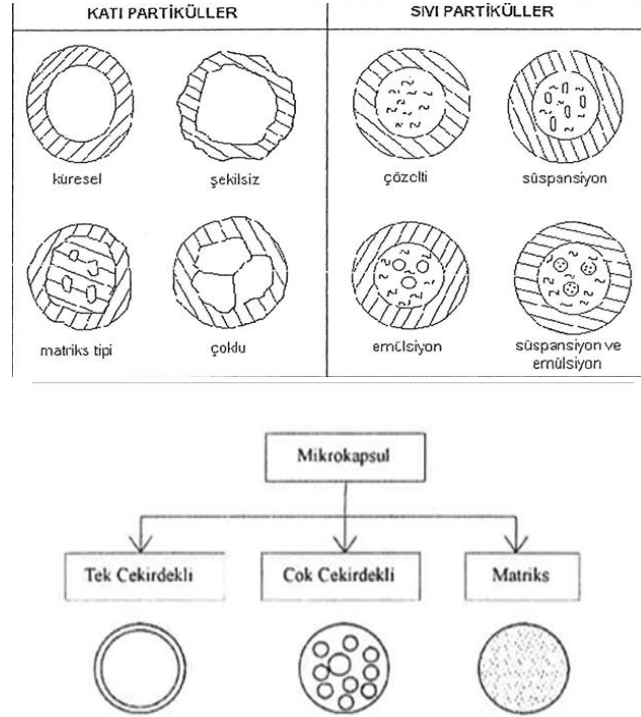
Taraklanmış ısıtılmış bağlanmış tül bent esaslı (Carded Thermo Bonded-CTB) nonwoven üretimi gerçekleştirildikten sonra nihai ürüne Zwick Tensile Tester / Lister ve Run-off cihazlarında gerekli teknik özellikleri sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla bazı testler yapıldı ve bu testlerin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmektedir. Yapılan tüm testler EDANA NWSP standartlarında gerçekleştirilmiştir.

TESTLER	Ortalama Değer
Gramaj [g/m ²]	26,00
Kopma Mukavemeti MD [N/5cm]	47,10
Kopma Mukavemeti CD [N/5cm]	20,30
Kopma Uzaması MD [%]	71,30
Kopma Uzaması CD [%]	94,20
Strike Through [s]	1,54
Rewet [g]	0,08
Run-Off [g]	0

Tablo 6: CTB Ürüne Yapılan Testler ve Sonuçları

2.4. Fulard Ve Mikrokapsülasyon Yöntemi

Mikrokapsülasyon (microencapsulation) veya mikrokapsül oluşturma işlemi, çeşitli kimyasal maddelerin uygun bir kabuk (film) içerisine farklı hallerde (katı, sıvı, gaz) hapsetme işlemidir. İçeride bulunan etkin maddeye çekirdek, kaplama kısmına ise çeper veya kabuk adı verilmektedir. Genel olarak 3-800 µm boyutuna sahip olanlar mikrokapsül olarak adlandırılmaktadır.[6]



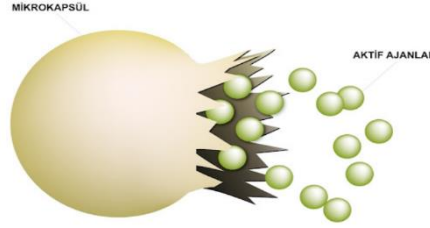
Şekil 5: Mikrokapsüllerin Farklı Konfigürasyonları ve Morfolojileri [6,7]

Mikrokapsül morfolojileri içerisindeki çekirdek maddesine ve uygulanan mikrokapsülasyon işlemine göre farklılık göstermektedir. Şekil 5’de de gösterildiği üzere mikrokapsüller farklı konfigürasyonlara ve morfolojilere sahip olabilirler. Tek çekirdekli olanlarda kabuk kısmı çekirdeği kesintisiz bir şekilde çevrelemektedir. Çok çekirdekli olanlarda ise çekirdek kısmı kabuk kısmının içerisinde rastgele bir biçimde dağılmaktadır. Matris tipi mikrokapsüllerde ise çekirdek, kabuğun içerisinde homojen bir şekilde dağılım göstermektedir. [8]

Mikrokapsülasyon yönteminin kullanım alanları oldukça geniştir. En yaygın kullanıldığı alanlar ilaç endüstrisinde; ilaçların stabilitesini artırmak, gıda endüstrisinde; gıdaların raf ömrünü artırmak ve besin değerlerini korumak, kozmetik endüstrisinde; kozmetiklerin tadını ve kokusunu iyileştirmek, tarımda; bitkilerin büyümesini ve gelişmesini desteklemek amaçlarıyla kullanılmaktadır. [8]

Bunların yanında tekstil alanındaki kullanımı da oldukça önemlidir. Tekstil yüzeyleri insan yaşamında her alanda kullanılabilen ve en önemlisi cilt ile temas halinde olabilen materyallerdir. Bu sebeplerden dolayı bu tekstil ürünlerinin olabildiğince işlevsel olması çokça fayda sağlamaktadır. Tekstil malzemelerine bu fonksiyonel özellikleri kazandırmak için

kullanılan yaygın yöntemlerden bir tanesi mikrokapsülasyon tekniğidir. Aleve dayanıklı ve geç tutuşan malzemeler, antimikrobiyal özelliğindeki ajanlar, boyalar ve farklı kokular bunlara örnek olarak gösterilebilir. Tekstil yüzeyine entegre edilen bu mikrokapsüller, ürünü kullanım esnasında bir dış etken ile karşılaştığında (basınç, sıcaklık vb.) mikrokapsülün dış katmanı olan kabuk kısmı patlayarak içerisinde bulunan etken madde serbest hale gelir. Kabuğun deformasyonu yavaş bir şekilde gerçekleştiği için ürüne vermek istediğimiz özelliğin süresi uzun süreli hale gelmiş olmaktadır. [8]



Şekil 6: Mikrokapsülasyon çalışma mekanizması [9]

Bu projede kullanılan mikrokapsülün özellikleri aşağıdaki tabloda verilmiştir:

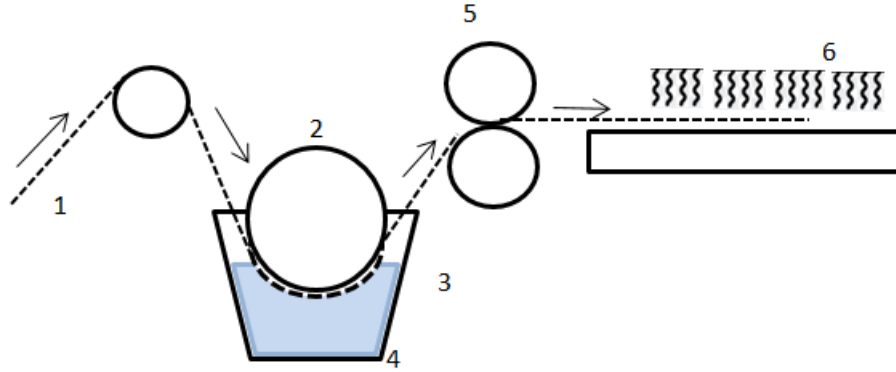
Ticari Adı	MICROCAPSULE (X)
Kullanım Alanı	Her çeşit tekstil ürünü için kullanıma uygundur.
Özellikleri	<ul style="list-style-type: none">- Kendine özgü mentol kokusu- Ilıman yıkamalara dayanıklı- Deri yüzeyinde serinlik hissi oluşturma- Kolay nefes almayı sağlayan etkin yapısı
Teknik Veriler	pH değeri yaklaşık 5,0 - 7,6

Tablo 7: Mikrokapsül (x)'in Özellikleri

Mikrokapsül uygulamasının yapılma amacı, bebeklerde hastalık durumlarında, ateş artışı gerçekleştiğinde bu mikrokapsüller patlayarak etkilerini göstermeye başlarlar. Ve patladıklarında kullanmış olduğumuz mikrokapsülün içeriğinde bulunan etkin maddeler sayesinde etrafa hoş bir mentol kokusu yayarlar ve bebeğin cildinde bir serinlik hissiyatı uyandırırılar. Mikrokapsülasyon yönteminin kullanılmasının bir diğer etkisi ise mikrokapsüllerin deformasyonunun bebeğin hareketleri karşısında tek seferde olmaması ve verdiği etkilerin uzun süreli olmasıdır.

Hazırlanacak olan mikrokapsül içerikli çözeltinin bizim nonwoven yüzeyimize istenilen şekilde emdirilebilmesi için bağlayıcı (binder) kullanılmalıdır. Aksi takdirde mikrokapsüller liflerin üzerine yerleşip orada kalamaz ve istenilen sonuca ulaşamaz.

Mikrokapsüllerin tekstil yüzeyine emdirme işlemi fular yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Fular yöntemi, tekstil üretimlerinde ürünün fonksiyonelliğini arttırmaya yönelik işlemleri uygulayabilmek için kullanılan bir yöntemdir.



Şekil 7: Fular Yönteminin Şematik Gösterimi

Şekil 7’de gösterildiği üzere, fular (emdirme) yöntemi nonwoven’ün silindire (1) gelmesiyle başlamaktadır. Silindirden geçen ürün Daldırma Silindiri (2) yardımı ile Mikrokapül içeren sıvı (4) ile dolu olan Fular Tankına gelir. Fular tankına aktarılan nonwoven mikrokapül içeren sıvı ile buluşmaktadır. Bu işlemde m² başına 0,5 - 1000 gram (ürüne bağlı) aralığında olacak şekilde emdirme işlemi uygulanabilmektedir. Fular tankından çıkan ürün üzerinde fazla kalan miktarlar ise Sıkma Silindiri (5) yardımı ile alındıktan sonra Kurutma İşlemine (6) tabi tutulmaktadır. Daha sonra ürün ruloya sarılarak işlem tamamlanmış olur.

Mikrokapül uygulaması için öncelikli olarak kapül kullanılmadan önce kendi içerisinde iyice karışımı yapıldı. Binder’in içerisine kapül karışımı yavaş yavaş eklenerek ve yüksek devirli mikserler yardımı ile karıştırılarak işleme devam edildi. Çökeltilerin oluşmaması için bu kısımlar oldukça önemlidir. Aşağıda kullanmış olduğumuz binder ve kapül oranlarının hesaplanması verilmiştir;

$$\text{Çözelti (kapül ve binder) konsantrasyonu (g/l)} = (\text{KM} \times 100\,000) / (\text{KA} \times \text{PU})$$

$$\text{Binder miktarı} = \text{Çözelti konsantrasyonu (g/l)} \times 0,20$$

KM: metrekareye uygulanacak kapül miktarı olup

Kokular için 2-2,5 g/m²

KA: Kumaşın gramajı (g/m²)

PU: Alınan banyo oranı (pick-up %)

$$\text{Çözelti (kapül ve binder) konsantrasyonu (g/l): } (2 \times 100\,000) / (26 \times 70) = 109,9 \text{ g/l}$$

$$\text{Binder Miktarı: } 109,9 \text{ g/l} \times 0,2 = 21,8 \text{ g/l}$$

$$\text{Kapül Miktarı: } 88,1 \text{ g/l}$$

Kumaşın her yerine eşit miktarda kapsül uygulayabilmek için fular tankının seviyesi en düşük seviyelerde tutuldu ve sürekli takviye (dozajlama) işlemi yapılarak devam edildi. Uygulama işlemi bittikten sonra 120-140°C’de kurutma yapıldı.

Bazı sektörlerde, bir ürün kullanıma hazır olsa bile hemen tüketiciye ulaştırılmaz. Bazı sektörlerde de ürün tek başına bir anlam Bu nedenle söz konusu ürüne son bir dokunuş daha yapılır. İşte o son dokunuş, pek çok üründe lamine etme işlemidir.

2.5. Laminasyon İşlemi

Laminasyon, kullanıldığı sektörlerdeki ürünlerin daha kaliteli, daha sağlam, daha dayanıklı, daha modern ve işlev değişikliği olmasını sağlayan bir teknolojidir. Kısaca; birbirinden farklı birden fazla materyalin ısı ve/veya bir çeşit yapıştırıcı yardımıyla, basınç uygulanarak bir araya getirilmesidir. İşlem öncesi elde pek çok katman bulunur ve bu işlem yapıldıktan sonra ortaya tek katmanlı bir ürün çıkar. Laminasyon işlemi yapmanın pek çok farklı yöntemi mevcuttur. Geliştirilen bu yöntemlerin uygulanış şekli birbirinden farklı gibi görünebilir. Bu fark, ürünler özelinde değişiklik gösterir. Dolayısıyla bu işleminin nasıl yapıldığı, uygulandığı sektör ve ürüne göre değişir. [10]

Ana malzeme bazen ortada, bazen en altta, bazen de en üstte bulunabilir. Yöntemine göre değişiklik göstermekle birlikte kaplama ya da birleştirme işlemi şeklinde uygulanabilir. Birleştirme işlemlerinde genellikle birbirine benzer malzemeler kullanılır. Fiziksel olarak aynı şekil ve boyutlara sahip olan bu malzemelerin arasına gerekli durumlarda yapıştırıcı bir madde de eklenebilir. Güçlü bir şekilde basım yapabilen bir makine ile söz konusu malzemeler bir araya getirilir. [10]

Bazı sektörlerde, bir ürün kullanıma hazır olsa bile hemen tüketiciye ulaştırılmaz. Bazı sektörlerde de ürün tek başına bir anlam Bu nedenle söz konusu ürüne son bir dokunuş daha yapılır. İşte o son dokunuş, pek çok üründe lamine etme işlemidir. [10]

Bu projede çift taraflı yapışma özelliğine sahip olan yapıştırıcılar (tutkal) kullanılarak laminasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Ekstra bir ilave kullanılmadan sadece tutkal ile yapıştırma tekniğinin kullanılmasıyla filmin ve tülbent esaslı yüzeyin birbirine eklenmesi ile gerçekleşmektedir. Bu işlem ‘Hotmelt Laminasyon’ olarak adlandırılmaktadır. Kullanılan tutkal film ile tülbent esaslı yüzeyin arasına sürülmektedir. Laminasyon uygulaması sırasında yüksek derecede ısı ve basınç tabakaların birbirine yapışmasını sağlayarak tamamen tek bir katman haline gelmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle tekstil ürünlerinde Hot Melt Laminasyon tekniği sıklıkla uygulanmakta olan bir sistemdir.

Kontrol Parametreleri	Değer
Kazan Üst Sıcaklığı (°C)	140
Kazan Alt Sıcaklığı (°C)	140
Hortum Sıcaklığı (°C)	150
Kafa Sıcaklığı (°C)	150
Tutkal Gramaj	2.0
Nonwoven Açma Tan.	10.0
Film Açma Tan.	5.0

Tablo 8. Laminasyon Üretim Parametreleri

	Film + NW
GSM	41,9
Tensile Strength at Break MD (N)	47,7
Elongation at Break MD (%)	50,83
Tensile Strength at Break CD (N)	10,2
Elongation at Break CD (%)	111,79
WVTR (gm/(m ² -gün)	800
Hydrohead	2160
Peeling	2,13

Tablo 9. Laminasyon Uygulandıktan Sonraki Teknik Özellikler

Laminasyon işlemi tamamlandıktan sonra nihai ürüne Zwick Tensile Tester, Mocon, HydroTester cihazlarında gerekli teknik özellikleri sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek amacıyla testler gerçekleştirilmiştir.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Mikrokapsül destekli termokromik göstergeli bebek örtüsü hem bebeğe hem ebeveynlere sayısız fayda sağlar. Ferahlatıcı bebek örtüsünün içine yerleştirilen termokromik gösterge, bebeğin sıcaklığına göre görünmez hale gelir. Bebeğin ateşinin belirli bir eşiği aşması durumunda ebeveynleri uyaran bir erken uyarı sistemi görevi görür. Kılıfın içindeki mikrokapsüller ısıyı emip serbest bırakarak bebeğe dengeli ve rahat ısı denge sağlayarak bu sayede bebeğin rahat nefes almasına ve hayat konforuna yardımcı olur. Bebeğin rahatlamasına yardımcı olur, uyku kalitesini artırır ve ağrıyı hafifletir.

İndikatörlü ferahlatıcı bebek örtüsü bebeğin göğüs kısmına, alın bölgesine ya da ebeynlerin tercihine bağlı olarak doğrudan cilde temas edecek şekilde yerleştirilmelidir.

Üründe kullanılan hammaddelerin tamamı biyo-bazlı olmasıyla bu örtü dikkat çekmektedir. Filmin hammaddesi olan polietilenin fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynak olan şeker kamışından elde edilmesi ve %100 doğada parçalanabilen (kompostlanabilen) yapıda olmasıdır. İkincil tülbent esaslı yüzey katmanıyla ipeksi bir yumuşaklığa ulaşan ürün bebeklerin anne kollarında gibi rahat hissetmelerini sağlamaktadır. Ayrıca bu yüzey soya fasulyesi protein liflerinden (SPF) üretilmektedir. Bu lifler doğada çözünür olmalarının yanı

sıra tek yenilenebilir bitkisel kökenli doğal protein lifidir. SPF, içerdiği 14 farklı aminoasit sayesinde sağlıklı bir cilt için besleyici, faydalı ve antibakteriyel yapısından dolayı ilave koruyucu özellikler sağlamaktadır. Ek olarak, kullanılan termokromik indikatör ve mikrokapsüller biyo-bazlı hammaddelerden üretilmişlerdir.

Sonuç olarak, ateş derecesi göstergesi ve ferahlık verici hissiyle 2 büyük işleve sahip olan mikrokapsül destekli termokromik göstergeli bebek örtüsü ebeveynlere uyarı niteliğinin yanında doğadan gelen hammadde bileşenleri ile de dikkat çekmektedir.

Kaynaklar

- [1] Bülbül, A. (2016) Ateşli Yenidoğan Bebeklerin Yönetimi - Journalagent. https://jag.journalagent.com/sislietfaltip/pdfs/SETB_51_1_26_31.pdf
- [2] Grup Florence Nightingale. (2021, December 24). *Bebeklerde Gribe Ne iyi Gelir? Bebeklerde Grip belirtileri*. <https://www.florence.com.tr/bebeklerde-grip#:~:text=Ani%20ba%C5%9Flayan%2C%2038%2D39%20dereceye,ya%C5%9Famas%C4%B1%20ve%20uzun%20uzun%20a%C4%9Flamas%C4%B1d%C4%B1r>
- [3] Bayram, Şule, & Aydın, H. . (2022). pH Measuring Pad for Underpad. *Orclever Proceedings of Research and Development, 1(1)*, 295–306. <https://doi.org/10.56038/oprd.v1i1.208>
- [4] CİVAN, L., KURAMA, S., & AYAS, E. (2021). Termokromik pigment içeren kaplamalarda işlem Sıcaklık Etkisi. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Gelistirme Dergisi, 13(2)*, 462–477. <https://doi.org/10.29137/umagd.874818>
- [5] Fu, F., & Hu, L. (2017). Temperature sensitive colour-changed composites. *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*, 405–423. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100411-1.00015-7>
- [6] Mikrokapsülasyon - acikders.ankara.edu.tr. (n.d.-b). https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/69372/mod_resource/content/0/7.Hafta_Mikrokapsul%20Mikropellet.pdf
- [7] Özerdam, B. (2011). Ev Tekstilinde Kullanılacak materyallerde multifonksiyonel özellik ... <https://acikerisim.uludag.edu.tr/bitstream/11452/5406/3/284798.pdf>
- [8] ÇOŞKUN, H., & TAYYAR, A. E. (2022). Lavanta kokusu içeren mikrokapsüllerin Pamuklu Dokuma Kumaşlara Aktarılması ve Kumaşlardaki Koku Kalıcılığının incelenmesi. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9(18)*, 491–504. <https://doi.org/10.54365/adyumbd.1085082>
- [9] *Mikrokapsülasyon Nedir, Mikrokapsülasyon Ne Demek*. Google Plus. (n.d.). https://tekstilsayfasi.blogspot.com/2021/07/mikrokapsul-nedir-mikrokapsulasyon-ne.html#google_vignette
- [10] Avansas. (2021, October 17). Laminasyon Nedir? Laminasyon Nasıl Yapılır?. Avansas Blog. <https://www.avansas.com/blog/laminasyon-nedir-laminasyon-nasil-yapilir>

CHEMICAL FOAMING OF COMPATIBILIZED WOLLASTONITE FILLED POLYPROPYLENE COMPOSITES

Mert ÇALIŞKAN^{1,2}, Meral AKKOYUN KURTLU¹

¹Bursa Technical University, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Türkiye

²Valeo Detection Systems, Prague, Czech Republic

mertcaliskan.marun@gmail.com, ORCID NO: 0000-0002-6382-1645

meral.akkoyun@btu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0002-8113-5534

Abstract

In today's world, the automotive industry brings us lots of useful innovations, however these also add carbon footprint to the earth landscape. The main purpose of this study is to find alternative materials to reduce the usage of polypropylene which have been commonly used for automotive interior parts. Furthermore, decreasing carbon emission is another important point which have to be considered in this area. In this work, compatibilized wollastonite (W) filled polypropylene (PP) foam composites were prepared with a twin-screw extruder. In addition, sodium bicarbonate used as chemical foaming agent (CFA) was included in PP/W composites at different amounts in the aim to reduce the weight whereas W was used to improve the mechanical properties of the foam composites. The proportions of chemical foaming agent were fixed as 1, 1.5 and 2 wt.% and the proportions of W were set as 2.5 and 5 wt.%. Subsequently, the standard test specimens have been acquired through a hot press machine and the microstructure and chemical structure analyzes were performed. From the results, the microstructure analysis showed that the use of a hot press caused different cell shapes and an inhomogeneous distribution of the cells. The chemical structure analysis demonstrated that no new formation was observed in all foam composites.

Keywords: Polypropylene, Chemical Foaming, Wollastonite

1. Introduction

A polymer is formed by chemically bonding multiple molecules into a structure composed of repeating units. Polymers are created by the assembly of units called "monomers." Polypropylene polymer was first polymerized in 1951 by J. Paul Hogan and Robert Banks [1]. Isotactic crystalline polypropylene was first produced in 1954 by Giulio Natta and simultaneously by Karl Rehn [2]. Since 1957, it has been commercially produced under the name Moplen by Montedison. Polypropylene is the most widely produced synthetic plastic in the world, following polyethylene [1, 2]. Polypropylene has a density of 0.895-0.92 g/cm³, making it the least dense commercial polymer [3].

Polypropylene is a semi-transparent, white, and solid thermoplastic material. Due to its cost advantage, durability, and ease of molding, it is preferred in various industries. Its resistance to chemical oils and solvents, high strength, low friction coefficient, and resistance to moisture and heat are some of the key reasons for its popularity.

In the automotive sector, polymers are among the most preferred materials. Looking at the dashboard of a car, you can easily see that polymer materials are commonly used. Moreover, they are frequently used in car bumpers and fenders. Despite being lighter in weight and showing weaker mechanical properties compared to metals and similar materials, polymers have a superior strength-to-weight ratio. They can be easily shaped through methods such as extrusion, injection molding, and blow molding. Additionally, their recyclability is another important advantage. Products made from recycled polymers not only offer cost advantages but also contribute to environmental protection by reducing carbon emissions [4-14].

The main polymers used in vehicles are observed to be polypropylene (PP), polyethylene (PE), polycarbonate (PC), polyurethane (PU), polyamide (PA), and acrylonitrile butadiene styrene (ABS).

Recently, as part of the automotive industry's shift toward green policies, foaming methods are considered a significant step in achieving weight reduction in vehicles. This will lead to lower fuel consumption in combustion engine vehicles and longer range in electric vehicles. In recent years, car manufacturers have introduced applications that promote foaming methods as part of weight reduction efforts. This allows for weight reduction through foaming in areas of vehicles, such as the dashboard, where mechanical strength is not the primary concern, without sacrificing appearance quality. Moreover, various additives such as talc, glass fiber, glass microspheres, and calcite have been added to enhance lost mechanical properties. In addition, the foaming method has been observed to prevent warping, distortion, and internal stresses, enabling more efficient part production [4-14].

The aim of this work is to prepare W filled PP foam composites using a twin-screw extruder. In particular, the impact of the use of a coupling agent and chemical foaming agent on the microstructure of the composites was investigated.

2. Materials and Methods

2.1 Materials

Polypropylene has been used as the main material. Maleic anhydride-grafted PP has been chosen to enhance the interface between the additives to be introduced into the structure and the main material. Polypropylene (Buplen) was obtained from Lukoil Petrochemical Company, Russia (density: 0.91 g/cm³). Chemical foaming agent has been chosen as sodium bicarbonate with the reference ITP818 (Clariant Company) with an activation temperature of 160°C. Wollastonite powders were supplied by Quarzwerke GmbH with the reference Tremin 283 010 AST ($\rho = 2.85 \text{ g/cm}^3$ and $d(50\%) = 19 \text{ }\mu\text{m}$). W was a surface treated material and the applied treatment was aminosilane. Wollastonite in powder form have been dried in an oven at 80°C for 2 hours. All materials were used as received.

2.2. Preparation of PP/W/CFA foam composites

The mixtures with 7 different formulations were prepared and given in Table 1. W and CFA particles were at the first stage pre-mixed with PP. Afterwards, PP/WW/CFA mixtures were mixed using a twin-screw extruder (Polmak Plastik Lab. Extruder/18mm, co-rotating) to obtain a homogeneous mixture. During the extrusion, the temperatures were set at 90°C, 190°C, 195°C, 200°C, 205°C, 210°C, 210°C, 210°C, 210°C and 200°C. Then, using a water bath the cooling of the composite was immediately realized after the extrusion through the die which is finally granulated and dehydrated. At the last stage, a CARVER 12-12 compression molding device (3 tons and 200°C) was used for the preparation of appropriate samples to be characterized.

Table 1: Formulations of PP/W foam composites.

Sample	PP (wt.%)	CFA (wt.%)	W (wt.%)
PP	100	0	0
PP/W2.5/CFA1	96.5	1	2.5
PP/W2.5/CFA1.5	96	1.5	2.5
PP/W2.5/CFA2	95.5	2	2.5
PP/W5/CFA1	94	1	5
PP/W5/CFA1.5	93.5	1.5	5
PP/W5/CFA2	93	2	5

2.3. Characterizations of PP/W/CFA foam composites

Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) (ThermoFisher Nicolet IS50) was used to detect the functional groups of the foam composites in the wavelength range of 4000-400 cm⁻¹. Scanning Electron Microscopy (SEM) analysis (Carl Zeiss Gemini 300) was used to obtain images at 5 kV and various magnifications ($\times 20$), from the cross-sectional area of these samples coated previously with gold/palladium.

3. Results and Discussions

3.1. Microstructure results

All results were gathered in Figures 1 and 2. From these Figures 1 and 2, a mean cell size was detected using ImageJ software and the results were given in Table 2. As observed in the SEM images, the formation of porous structures, which is one of the fundamental objective of this study, has occurred for all samples. From Table 2, it can be observed that as the content of the chemical foaming agent increased, the average cell size increased. Furthermore, it can be noticed that the cell size evolution was not affected by the wollastonite content. This behavior can be explained by an important reduction of the mechanical properties depending on the cell size and these results were in correlation with the literature [4].

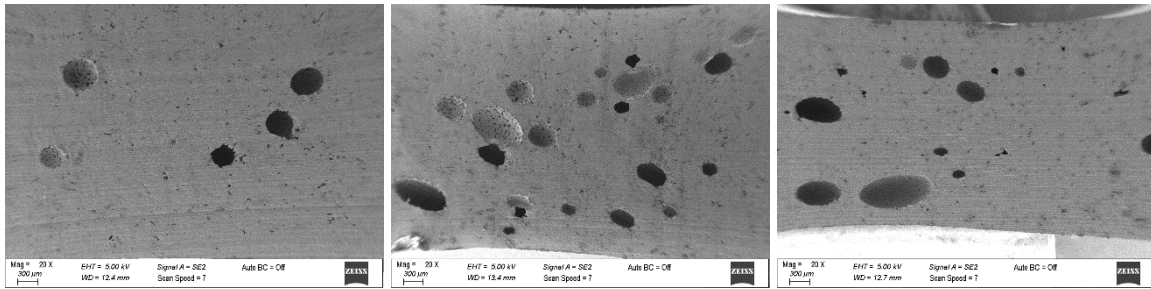


Figure 1: SEM images obtained for PP/W5/CFA1, PP/W5/CFA1.5 and PP/W5/CFA2 foam composites with an increasing CFA content from the left to the right.

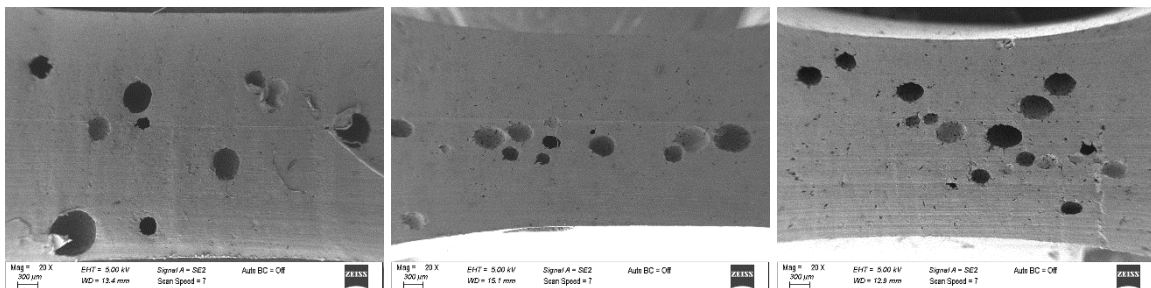


Figure 2: SEM images obtained for PP/W2.5/CFA1, PP/W2.5/CFA1.5 and PP/W2.5/CFA2 foam composites with an increasing CFA content from the left to the right.

Table 2: Mean cell size of PP/W/CFA foam composites.

Sample	Average cell size (µm)
PP/W2.5/CFA1	360,332
PP/W2.5/CFA1.5	381,309
PP/W2.5/CFA2	404,288
PP/W5/CFA1	342,172
PP/W5/CFA1.5	379,283
PP/W5/CFA2	423,180

3.2. Chemical structure results

3.2 Chemical Structure Analyses

The FTIR spectra of all PP/W/CFA foam composites were given in Figure 3. From this Figure 3, it can be observed that the typical peaks of neat PP can be observed at 1376 cm^{-1} , $1455\text{--}1453\text{ cm}^{-1}$, and $2950\text{--}2838\text{ cm}^{-1}$ which were connected to -CH_3 bending, C-H bending and C-H stretching, respectively [15]. The comparison of FTIR spectra of all foam composites can allow to conclude that that no new formation was observed in all foam composites.

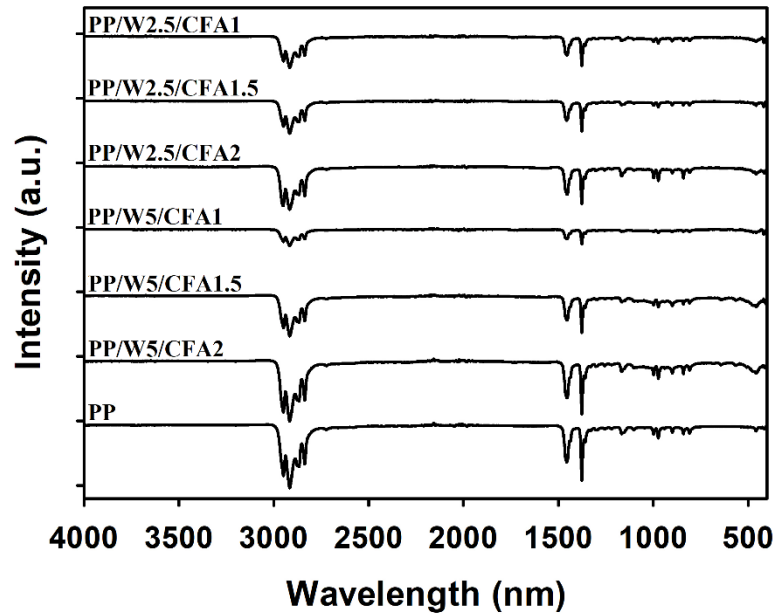


Figure 3: FTIR spectra of PP/W/CFA foam composites and PP.

4. Conclusion

First and foremost, as seen in microstructure analyses and as mentioned in objectives of this study, a foamed structure has been achieved for all PP/W/CFA foam composites. Furthermore, an increase of the chemical foaming agent amount increased the mean cell size of the composites. This behavior can probably affect directly the density that it supposed to be reduced as observed in the literature [8]. From the results, it can be seen that the impact of wollastonite content on the cell size is very low.

References

- [1] Stinson, S. (1987). Discoverers of Polypropylene Share Prize, *Chemical & Engineering News*, 65(10): 30. American Chemical Society.
- [2] Peter, J.T. (2005). *Polymer Pioneers: A Popular History of the Science and Technology of Large Molecules*. Chemical Heritage Foundation. p. 76. ISBN 0-941901-03-3.
- [3] Tripathi, D. (2001). *Practical guide to polypropylene*. Shrewsbury: RAPRA Technology. ISBN 1859572820.
- [4] Akkoyun, M., Badem, İ., Öztoksoy, M., Aslan, Y. (2020). Polypropylene/Chemical Blowing Agent Foams: Effect of the Injection Speed and Core Back Distance on Microstructure and Mechanical Properties. *Uluslararası Muhendislik Arastirma ve Gelistirme Dergisi*. 638-647. 10.29137/umagd.711692.
- [5] Aslan, Y., Albrechtsen, Y., Tasdemir, M. (2022). The Effect of Foaming on Mechanical and Morphological Properties of Polypropylene. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*. 11. 784-790. 10.17798/bitlisfen.1097813.

- [6] Bledzki, A.K., Faruk, O. (2004). Injection moulded microcellular wood fibre–polypropylene composites. *Compos Part A: Appl Sci Manufact* 2006; 37(9): 1358–1367.
- [7] Cakir, S., Aycicek, M., & Akinci, A. (2018). Investigation of the mechanical and physical properties of PLA produced by injection molding for matrix material of polymer composites. *Mater. Sci. Adv. Compos. Mater*, 2, 1-7.
- [8] Luyt, A. S., Dramićanin, M. D., Antić, Ž., & Djoković, V. (2009). Morphology, mechanical and thermal properties of composites of polypropylene and nanostructured wollastonite filler. *Polymer testing*, 28(3), 348-356.
- [9] Reedy, M. (2002). New chemical foaming agents expand wood/plastic composite market. *Plastics, Additives and Compounding*, 4(5), 24-26.
- [10] Ries, S., Spoerrer, A., Altstaedt, V. (2014). Foam injection molding of thermoplastic elastomers: Blowing agents, foaming process and characterization of structural foams. *AIP Conference Proceedings*, 1593, 401.
- [11] Cakir, S., Aycicek, M., Altun, E., Akinci, A. (2018) The effect of foaming agent on mechanical and physical properties of polypropylene, *Mater Sci: Adv Compos Mater*, vol. 2, pp.1-7.
- [12] Yetgin, S.H., Unal, H., Mimaroglu, A. (2014). Influence of foam agent content and talc filler on the microcellular and mechanical properties of injection molded polypropylene and talc filled polypropylene composite foams. *Journal of Cellular Plastics*, 563-576.
- [13] Zhou, X., Yu, Y., Lin, Q., & Chen, L. (2013). Effects of maleic anhydride-grafted polypropylene (MAAPP) on the physico-mechanical properties and rheological behavior of bamboo powder-polypropylene foamed composites. *BioResources*, 8(4), 6263-6279.
- [14] Zhou, X.X., Yu, Y. Chen, L.H. (2015). Effects of zirconaluminat coupling agent on mechanical properties, rheological behavior and thermal stability of bamboo powder/polypropylene foaming composites. *Eur. J. Wood Prod.* 73, 199–207.
- [15] A. Anstey, A. Codou, M. Misra, A. K. Mohanty, *ACS Omega* 2018, 3, 2845.

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE CUTTING PARAMETERS ON SURFACE ROUGHNESS AND PROCESSING PRECISION OF THE WORKPIECE IN THE MILLING OPERATION OF AL 7075-T6

Eymen AKDENİZ¹, Mustafa BOZDEMİR²

¹ Sinerji Silah ve Mühimmat A.Ş. Ar-Ge merkezi, Kırıkkale/TÜRKİYE

² Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, TÜRKİYE

Abstract

Aluminum alloys are widely used in various manufacturing industries due to their unique lightweight performance, high strength-to-weight ratio, and high corrosion resistance. Therefore, aluminum alloys should be thoroughly studied during machining to determine how to achieve a well-machined surface and increase machining accuracy. In this study, the effects of cutting parameters (cutting speed, feed rate, and peripheral depth of cut) on surface roughness and machining accuracy in CNC milling of AL 7075-T6 alloy were investigated using Taguchi method. The cutting parameters, including speed (5000, 7000, 9000 rpm), feed rate (1000, 1500, 2000 mm/min), and peripheral cutting depth (0.5, 1, 1.5 mm), were determined. In addition, a variance analysis (ANOVA) was performed to determine the effect ratios of cutting parameters on surface roughness and machining accuracy. The results revealed that peripheral depth of cut had the most significant effect on surface roughness, accounting for 52.7%, while both feed speed and cutting speed contributed approximately 20% each. On the other hand, concerning machining accuracy, cutting parameters had a more pronounced influence, with the peripheral depth of cut responsible for 77.4%, whereas feed speed and rotation speed had smaller impacts of 8.3% and 4.7%, respectively. It is recommended to choose a high speed and a low peripheral depth of cut to achieve a good surface roughness to the machining workpieces.

Keywords: Milling, surface roughness, processing precisions, cutting parameters, tool holder.

1. Introduction

In the industry, the most popular method for processing metals is milling. Most parts manufacturing involves milling processes at least in one stage. CNC milling is one of the most commonly used processes due to its flexibility, allowing products to be produced more quickly, with high quality, and at a reasonable cost. Determining the optimal machining conditions to reduce production costs and achieve the required product quality is an effective engineering work in terms of time savings and accuracy. Surface roughness and machining precision are the most important performance indicators in milling processes. Many new scientific research studies have utilized Variance Analysis (ANOVA) due to its strong predictive capabilities [1-5].

Numerous mathematical models have been developed to predict the surface roughness of different materials during the milling process [6-7]. Changes in surface roughness and the

effects of cutting parameters on the surface roughness of AISI 1060 and AISI 4140 steels were investigated using the RSM (Response Surface Methodology) method [8]. Rajdran and colleagues used a mathematical regression model, including parameters like feed rate, cutting depth, and cutting speed, to calculate tool wear during milling [9]. Azln and Safiian developed a mathematical model to understand the milling process, where surface quality is one of the key features used to measure milling performance [10]. Khair and his team focused on reducing surface roughness during the turning process by optimizing cutting parameters such as cutting speed, feed rate, and cutting depth [11]. As a result of this study, it was demonstrated that the best surface quality can be achieved using a minimum cutting speed of 140 m/minute, a feed rate of 0.01 mm/rev, and a cutting depth of 1 mm. Additionally, the feed rate and cutting speed have proven their reliability in significantly influencing the surface roughness of AISI D3 steel, ensuring the attainment of the desired surface roughness level.

Lubaid et al. examined how the dimensional inaccuracy of carbide tools affected the surface roughness of workpieces in milling processes [12]. The Taguchi L9 orthogonal method was used to maximize the performance characteristics of pocket milling, and the GRA method was subsequently employed to determine the ideal cutting parameters. According to ANOVA results, the dimensional accuracy of the workpiece had the greatest impact on surface roughness, followed by cutting speed and chip depth. Lujain H. Kashkool used a TiN-coated carbide cutting tool to investigate how turning processes affected the surface roughness of AISI 1045 steel [13]. The results showed that higher cutting speeds resulted in better surface quality. Recent studies have emphasized the importance of using certain alloy types in cutting tools to improve surface quality and reduce vibration. Akdeniz and Arslan used NiTi alloy in an internal turning tool to reduce tool vibration and enhance the surface quality of the workpieces in turning processes [14]. As a result of this study, surface quality was improved by up to 32% by using the new tool.

AL 7075 alloy is widely used in advanced industries such as aviation, automotive, marine, electrical, chemical, food processing, and sports equipment due to its high strength, moderate fatigue strength, and excellent corrosion resistance.

In this study, the effects of cutting parameters and tool holder in the milling operation of Al 7075-T6 material were investigated using the Taguchi L27 method to assess their impact on surface quality and processing accuracy. Additionally, variance analysis (ANOVA) was conducted to determine the most influential parameters on surface quality and processing accuracy during the milling of aluminum 7075-T6 material.

2. Material and Method

The most suitable method for examining the impact of cutting parameters on the accuracy and surface roughness of the machined workpiece is the experimental method because experimental methods consider all real-world conditions. Therefore, in this study, the effect of cutting parameters and tool holder varieties on the surface roughness and processing accuracy during the machining of AL 7075-T6 material was investigated experimentally.

The chemical composition and physical-mechanical properties of the AL 7075-T6 experimental material are provided in Table 1.

Table 1. Chemical Composition and Physical-Mechanical Properties of AL 7075-T6.

Component elements properties						
Aluminum, Al	87.1–91.4%	Manganese, Mn	<= 0.30%			
Chromium, Cr	0.18–0.28%	Silicon, Si	<= 0.40%			
Copper, Cu	1.2–2.0%	Titanium, Ti	<= 0.20%			
Iron, Fe	<= 0.50%	Zinc, Zn	5.1–6.1%			
Magnesium, Mg	2.1–2.9%	Others	<= 0.15%			
Mechanical Properties						
Density (g/cm ³)	Ultimate Tensile Strength (MPa)	Tensile Yield Strength (MPa)	Modulus of Elasticity (GPa)	Poisson's Ratio	Shear Modulus (GPa)	Shear Strength (MPa)
2.81	572	503	71.7	0.33	26.9	31

Experiments were conducted using the Micro Dynamics Mega 40V CNC milling machine. This machine is a vertical machining center equipped with a Mitsubishi control unit that can perform three-axis linear and circular interpolation and is programmable in ISO format. The vertical machining center used is shown in Figure 1.



Figure 1. The Vertical Machining Center Used in the Experiments.

The experimental design used the 3-factor, 3-level Taguchi L27 method. The cutting parameters were applied as follows: Spindle speed (5000, 7000, 9000 rpm), feed rate (1000, 1500, 2000 mm/min), and axial depth of cut (0.5, 1, 1.5 mm). The used tool holders are shown in Figure 2. The Taguchi L27 experimental design is presented in Table 2.

Table 2. Cutting Parameters Used in the Experiments.

Experiment	Cutting speed (RPM)	Feed speed (mm/min)	Peripheral depth of cut (mm)
1	5000	1000	0,5
2	5000	1000	1
3	5000	1000	1,5
4	5000	1500	0,5
5	5000	1500	1
6	5000	1500	1,5
7	5000	2000	0,5
8	5000	2000	1
9	5000	2000	1,5
10	7000	1000	0,5
11	7000	1000	1
12	7000	1000	1,5
13	7000	1500	0,5
14	7000	1500	1
15	7000	1500	1,5
16	7000	2000	0,5
17	7000	2000	1
18	7000	2000	1,5
19	9000	1000	0,5
20	9000	1000	1
21	9000	1000	1,5
22	9000	1500	0,5
23	9000	1500	1
24	9000	1500	1,5
25	9000	2000	0,5
26	9000	2000	1
27	9000	2000	1,5

In the experiments, a TiN-coated carbide Ø10 end mill was used for each test. The end mill has a helix length of 23 mm, a total length of 72 mm, and a shank length of 40 mm. The tool used is shown in Figure 2.



Figure 2. The used cutting tool in the experiments.

A 40x30x20 mm piece of Al 7075-T6 material was clamped with a 10 mm vise. The workpiece and clamping method used are shown in Figure 3.



Figure 3. The Workpiece and Clamping Method Used in the Experiments.

The surface roughness measurements on the processed surfaces of the test samples were performed using a "Mitutoyo" brand SJ-210 tabletop surface roughness measuring device (Figure 4).

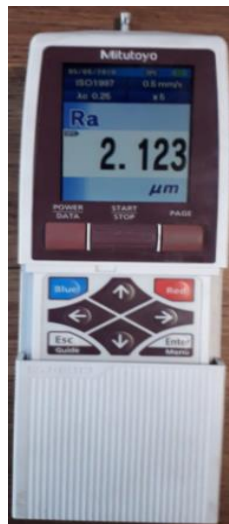


Figure 4. Surface roughness measuring device.

To determine which cutting parameters affected surface roughness and processing accuracy and how they affected it, Variance Analysis (ANOVA) was used. The ANOVA analysis was conducted at a 95% confidence level ($\mu=0.05$), and p-values were used to determine the effectiveness of the factors. Therefore, if the p-value is less than 0.05, it indicates the significance of that factor. The MiniTab R16 program was used for conducting the ANOVA analysis. The schematic diagram of the experimental study is shown in Figure 5.

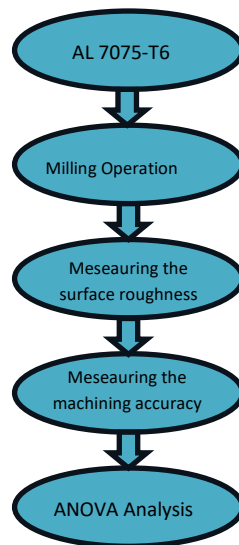


Figure 5. The schematic diagram of the experimental study.

3. Results and Discussion

A total of 27 experiments were conducted using the cutting parameters shown in Table 2, and the surface roughness (Ra) of the obtained workpieces was measured. To measure processing accuracy, the thicknesses of the top and bottom surfaces of the workpieces were measured, and the differences were calculated. The measured values for surface roughness and processing accuracy are presented in Table 3.

Table 3. Values of Surface Roughness and Processing Accuracy.

Experiment	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Surface roughness	0,41	0,4	0,69	0,47	0,71	0,66	1,15	0,93	1,24
Machining accuracy	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
Experiment	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Surface roughness	0,31	0,47	0,51	0,38	0,36	0,41	0,63	0,56	0,64
Machining accuracy	0,01	0,02	0,04	0,02	0,02	0,06	0,01	0,02	0,06
Experiment	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Surface roughness	0,24	0,38	0,5	0,26	0,46	0,44	0,44	0,85	0,58
Machining accuracy	0,01	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03	0,01	0,06	0,04

To examine the effects of cutting parameters on surface roughness and processing accuracy, ANOVA analysis was conducted using MINITAB software, and Signal-to-Noise ratio graphs were obtained. The Signal-to-Noise ratio graph for surface roughness is shown in Figure 6.

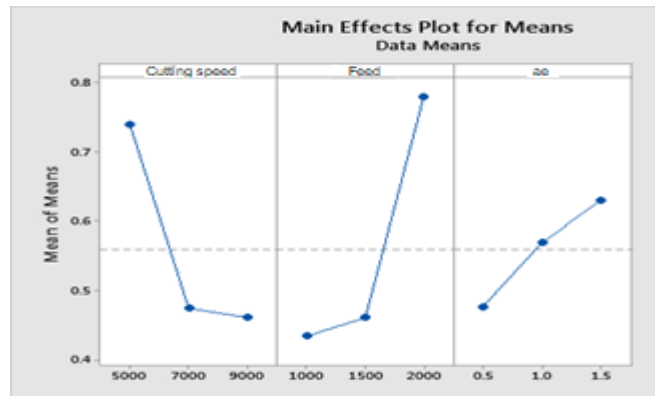


Figure 6. Signal-to-noise ratio graph versus surface roughness.

As seen in Figure 6, based on the Signal-to-Noise Ratio, the optimal values for surface roughness are determined as follows: a spindle speed of 9000 rpm, a feed rate of 1000 mm/min, an axial depth of cut of 0.5 mm.

According to the ANOVA results provided in Table 4, the factor with the greatest impact on surface roughness in the conducted experiments is the axial depth of cut, accounting for 37.7%. Feed rate and cutting speed have an approximately 26% impact, while the tool holder's effect is 1%. The reliability rate of the experiments is found to be 91.25%.

Table 4. ANOVA Results for Surface Roughness.

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Feed	2	0.227830	20.40%	0.227830	0.113915	16.11	0.020
Cutting speed	2	0.224674	20.03%	0.224674	0.112337	15.88	0.020
ae	2	0.273874	52.73%	0.273874	0.136937	19.36	0.030
Error	18	0.127311	6.84%	0.127311	0.007073		
Total	26	0.863074	100.00%				

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)	PRESS	AICc	BIC
0.0841002	91.25%	78.69%	66.81%	0.28645	-	-
					34.27	35.06

The Signal-to-Noise Ratio graph for processing accuracy is shown in Figure 7.

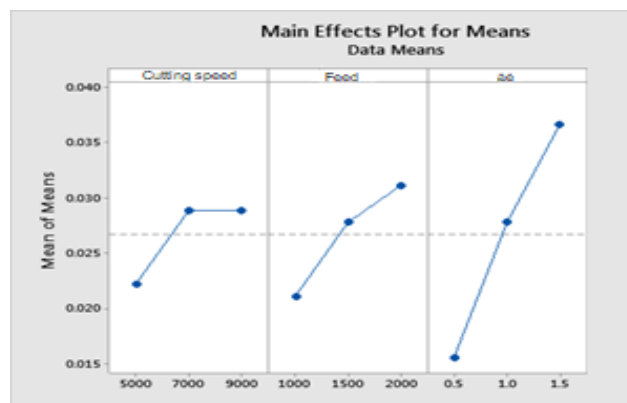


Figure 7. Signal-to-Noise Ratio graph for processing accuracy.

As observed in Figure 7, based on the Signal-to-Noise Ratio, the optimal values for processing accuracy are as follows: a spindle speed of 5000 rpm, a feed rate of 1000 mm/min, an axial depth of cut of 0.5 mm.

According to the ANOVA results provided in Table 5, the factor with the greatest impact on processing accuracy is the axial depth of cut, accounting for 36.1%. The tool holder type comes second with an impact ratio of approximately 31.35%, while the feed rate has an impact ratio of 8.33%, and the spindle speed has the least impact with a ratio of 4.76%. The reliability rate of the experiments is 90.56%.

Table 5. ANOVA Results for Processing Accuracy.

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Feed	2	0.000467	8.33%	0.000467	0.000233	3.86	0.040
Cutting speed	2	0.000267	4.76%	0.000267	0.000133	2.20	0.139
ae	2	0.002022	77.47%	0.002022	0.001011	16.71	0.030
Error	18	0.001089	9.44%	0.001089	0.000060		
Total	26	0.005600	100.00%				

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0.0077778	90.56%	71.91%	0.00245	56.25%	-162.83	-163.62

4. Conclusion:

In this study, the effect of cutting parameters on surface roughness and processing accuracy during the milling process was experimentally examined. The chosen cutting parameters were spindle speed (5000, 7000, 9000 rpm), feed rate (1000, 1500, 2000 mm/min), and peripheral depth of cut (0.5, 1, 1.5 mm). Based on the experimental results, it was observed that the peripheral depth of cut had the most significant impact on surface roughness, accounting for 52.7%. In contrast, both the feed speed and cutting speed contributed roughly 20% each to the

surface roughness. However, when it came to machining accuracy, the cutting parameters played a more substantial role, with the peripheral depth of cut being responsible for 77.4%. In comparison, the feed speed and cutting speed had smaller effects of 8.3% and 4.7%, respectively. Therefore, it is advisable to select a high cutting speed and a low peripheral depth of cut to achieve a satisfactory surface roughness and accuracy for machining workpieces.

5. Thanks:

The authors would like to express their gratitude to Sinerji Silah ve Mühimmat A.Ş Research and Development Center for their contributions and support during the experimental phase.

6. Referances

- [1] D. Bhanu Prakash, "Optimization of machining parameters for aluminium alloy 6082 in CNC end milling" vol. 3, pp. 505-510, 2013
- [2] J Wiley, Fundamentals of modern manufacturing, Wiley I. International edition, 2002.
- [3] F. Puh, Z. Jurkovic, M. Perinic, M. Brezocnik, and S. Buljan, "Optimization of machining parameters for turning operation with multiple quality characteristics using Grey relational analysis," Teh. Vjesn., vol. 23, no. 2, pp. 377–382, 2016
- [4] S. Sakthivelu, M. Meignanamoorthy, M. Ravichandran, and M. Kumar, "Effect of machining parameters on surface roughness and material removal rate in CNC end milling," Int. J. Sci., 2017.
- [5] A. Zerti, M. A. Yallese, O. Zerti, M. Nouioua, and R. Khettabi, "Prediction of machining performance using RSM and ANN models in hard turning of martensitic stainless steel AISI 420," Proc. Inst. Mech. Eng. Part C J. Mech. Eng. Sci., vol. 233, no. 13, pp. 4439–4462, 2019.
- [6] Mahesh, G., Muthu, S. & Devadasan, S.R. "Prediction of surface roughness of end milling operation using genetic algorithm" Int J Adv Manuf Technol 77, 369–381 (2015).
- [7] Raj, P., Praveen Perumal, A., & Elaya Ramu, P. "Prediction of surface roughness and delamination in end milling of GFRP using mathematical model and ANN" Indian Journal of Engineering & Materials Sciences 19, 107–120 (2012).
- [8] Şahin, Y., Kocacıçak, A.C., Yalçınkaya, S. (2022). Prediction of Surface Finish Model in Cutting AISI 4140 Steel with Different Approaches. In: Abdel Wahab, M. (eds) Proceedings of the 9th International Conference on Fracture, Fatigue and Wear. FFW 2021 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore.
- [9] P. Palanisamy, I. Rajendran, and S. Shanmugasundaram, "Prediction of tool wear using regression and ANN models in end-milling operation," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 37, pp. 29–41, 2008.
- [10] A. M. Zain, H. Haron, and S. Sharif, "Application of regression and ANN techniques for modeling of the surface roughness in end milling machining process," in *2009 Third Asia International Conference on Modelling & Simulation*, 2009, pp. 188–193.
- [11] K. Khalil, A. Mohd, C. O. C. Mohamad, Y. Faizul, and S. Z. Ariffin, "The Optimization of Machining Parameters on Surface Roughness for AISI D3 Steel," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, vol. 1874, no. 1, p. 12063.
- [12] L. Nisar, B. Bandy, M. Amatullah, M. Farooq, A. N. Thoker, A. Maqbool, and M. A. Wahid, "An investigation on effect of process parameters on surface roughness and

dimensional inaccuracy using Grey based Taguchi method," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 6564–6569, 2021.

[13] L. H. Kashkool, "Optimization of Machining Parameters of AISI 1045 Steel for Better Surface Finish and Tool Life Using TiN Coated Carbide Insert," *Tikrit J. Eng. Sci.*, vol. 29, no. 2, pp. 1–6, 2022.

[14] Akdeniz E, Arslan H. A new design of boring bar using TiNi3 alloy to reduce vibration in turning operations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. 2023;237(1-2):105-121.

SAVURMA DÖKÜM YÖNTEMİ KULLANILARAK PASLANMA SÜRESİ UZATILMIŞ VALS SİLİNDİR ÜRETİMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Mehmet SOLMAZ¹, Battal YALIM², Mehmet BAĞCI³

¹ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, mehmetsolmaz70@gmail.com

² YENAR Döküm A.Ş., battal@yenar.com.tr

³ Konya Teknik Üniversitesi, mbagci@ktun.edu.tr

Özet

Döküm parçalarının üretiminde karşılaşılan en büyük zorluk, metalin sıvı durumdan katı duruma geçerken büzülmesinden meydana gelen boşluklardır. Bunları gidermek için basınç kullanma düşüncesi bir anlamda savurma döküm yöntemi ile üretime yönelim oluşmuştur. Savurma döküm yöntemi daha ziyade silindirik parçaların (boru, halka vb.) üretiminde kullanılmaktadır. Gıda sektöründe kullanılan vals silindirlerinin üretimi de çift kat savurma döküm yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Bu üretim metodu vals silindirinden istenilen özelliklerin sağlanması bakımından en doğru yöntemdir. Bu yöntem, ergimiş sıvı metal bir eksen etrafında dönen silindirik kalıba dökülerek gerçekleştirilmektedir. Kalıp döndüğü için eriyik merkezkaç kuvvetinden yararlanarak kalıbın şekline göre katılaşmanın sağlandığı bir döküm şekli olarak açıklanabilir. Sektörde üretimi gerçekleştirilen vals silindirleri iki tabakadan oluşmaktadır. Dış tabaka, yüksek aşınma dayanımını sağlamak için beyaz dökme demirden; İç tabaka dışardan gelebilecek darbeleri sönmülemek ve talaşlı imalat sonrasında, sıkı geçme ile takılacak olan çelik kolu kavraması için gri dökme demirden üretilir. Ürünler dökme demirden üretildiği için korozyon dirençleri düşüktür. Korozyona dayanıklı vals silindiri kullanımına yönelik sektörel çeşitliliğin amaçlandığı bu çalışmada savurma döküm uygulaması temel başlıklar özelinde detaylandırıldığında kalıp hazırlama ve konumlama ile başlayan süreç ocaklara hedef analiz değerlerine göre (pik, çelik, alyaj vb.) bileşen belirleme aşamasını kapsar. "Karbon değeri" quick cup'a alınan numune ile tespit edilir. Spektrometre ile spektral analiz gerçekleştirilerek değerlerin uygunluk kontrolü sonrası alyaj, pik, çelik, hurda vb. takviyeler yapılmalıdır. Katmanlı uygulamalarda dış tabakayı oluşturan sıvı metal döküm sıcaklığına göre, uygun iç tabaka metal sıcaklığı ayarlanmalıdır. Paslanma süresi uzatılmış büyük çap ve boyutlarda savurma döküm uygulamasının ulusal ölçekte örnekleme yoktur. Bu ürünün yapısal özelliklerinin istenilen şekilde sağlanması için, kalıp yüzeyine etkiyen G kuvveti hesabı yapılarak, lazer kalıp devri cihazı ile makine devri ayarlanır. Vals silindirlerinin, bileşimindeki korozif yetenek beklentisi yanında mekanik özelliklerde de aşınma için hedef sağlanmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Uygun mikroyapısal dağılım için kalıbın soğutma işlemi de önemli bir faktördür.

Üretim aşamasında özellikle vals silindirinin çapının 400 mm ve boyunun da (1000-2000 mm) aralığında değiştiği ürün gruplarında vals silindirlerinin savurma döküm işlemi sonrasındaki yüzey boyunca sertliğin homojen olarak dağılımı beklentisi oldukça önemli olup temel döküm şartları olan sıvı metal sıcaklığı, ocak üzerinde daldırılmalı sıcaklık ölçer ile ölçülerek; kalıp sıcaklığı, lazer sıcaklık ölçer ile ölçülerek; metal giriş hızının, soğutma hızının, kalıp devri gibi parametrelerinde kronometre ve termal kamera ile kontrolü sağlanarak savurma döküm gerçekleştirilir.

Sonuç olarak gıda ve savunma sanayi önceliğinde ince ve kalın cidarlı borular, rulolar, silindirler ve halka uygulamalarının ithalat önceliğinde çözüme kavuşturulma sebebi sorgulandığında mevcut kalıplara kapak tasarımı revizyonu sayesinde 440C standartlarında

paslanmaz vals silindirinin savurma döküm yöntemi ve sonrası ortaya konulmuştur. Kapak tasarımındaki değişimin sebebi 440C standartlarındaki ürünün döküm sıcaklığının yüksek olmasıdır. Elde edilen ürüne ait mekanik özellikler ve korozif yeteneklerdeki değişim belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Paslanma süresi, Vals silindiri, Korozyon, 440C, Savurma döküm

Abstract

The biggest difficulty encountered in the production of casting parts is the voids that occur due to the shrinkage of the metal when passing from the liquid state to the solid state. The idea of using pressure to eliminate these has led to a tendency towards production with the centrifugal casting method. Centrifugal casting method is mostly used in the production of cylindrical parts (pipes, rings, etc.). The production of roller cylinders used in the food industry is carried out by the double-layer centrifugal casting method. This production method is the most accurate method in terms of providing the desired features from the roller mill. This method is carried out by pouring molten liquid metal into a cylindrical mold that rotates around an axis. It can be explained as a form of casting in which the melt solidifies according to the shape of the mold by taking advantage of centrifugal force as the mold rotates. Roller cylinders produced in the sector consist of two layers. The outer layer is made of white cast iron to ensure high wear resistance; The inner layer is produced from gray cast iron to absorb impacts that may come from outside and to grip the steel arm that will be attached by tight fit after machining. Since the products are made of cast iron, their corrosion resistance is low. In this study, in which sectoral diversity is aimed for the use of corrosion-resistant roller cylinders, when the centrifugal casting application is detailed under basic headings, the process starts with mold preparation and positioning and includes the component determination phase for the furnaces according to target analysis values (cast iron, steel, alloy, etc.). "Carbon value" is determined by taking the sample into a quick cup. Spectral analysis is performed with a spectrometer and after checking the suitability of the values, alloy, pig iron, steel, scrap, etc. reinforcements should be made. In layered applications, the appropriate inner layer metal temperature should be adjusted according to the liquid metal casting temperature that forms the outer layer. There is no national sampling of the centrifugal casting application in large diameters and sizes with extended corrosion time. In order to ensure the structural properties of this product as desired, the G force acting on the mold surface is calculated and the machine speed is adjusted with the laser mold speed device. In addition to the corrosive ability expectation in the composition of the rollers, attention should also be paid to providing a target for wear in their mechanical properties. The cooling process of the mold is also an important factor for proper microstructural distribution.

During the production phase, especially in product groups where the diameter of the roll roll varies between 400 mm and length (1000-2000 mm), the expectation of a homogeneous distribution of hardness along the surface after the centrifugal casting process of the roll rolls is very important. The liquid metal temperature, which is the basic casting conditions, is measured by immersion temperature measurement on the furnace. measured by; mold temperature is measured with a laser temperature meter; Centrifugal casting is carried out by controlling parameters such as metal entry speed, cooling rate and mold speed with a

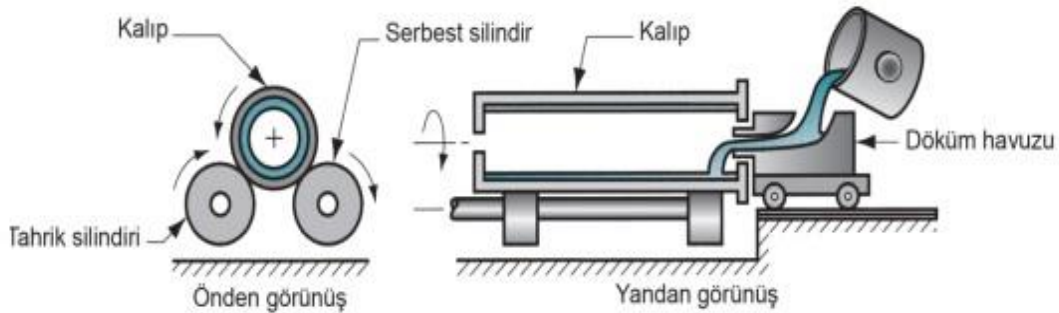
stopwatch and thermal camera. As a result, when the reason for the solution of thin and thick-walled pipes, rolls, cylinders and ring applications in the food and defense industry with import priority was questioned, the centrifugal casting method and its aftermath of the stainless roller cylinder in 440C standards were revealed thanks to the cover design revision of the existing molds. The reason for the change in the cover design is the high casting temperature of the product at 440C standards. The change in mechanical properties and corrosive abilities of the resulting product was determined.

Keywords: Corrosion time, Chilled iron rolls, Corrosion, 440C, Centifugal casting

1. GİRİŞ

Gıda ürünü işlemlerinde kullanılan valsler gıda ürünlerinin kırma, ezme ve öğütme işlemlerini gerçekleştiren gıda öğütücü sistemlerinin en önemli parçalarından biridir. Vals silindirlerinin bu öğütme işlemi için uygun ve istenilen bir şekilde yapabilmeleri için belirli karakteristiklere sahip olması gerekir [9].

Vals silindirlerinden istenilen özellikler; yüzeyde homojen sertlik dağılımı, yüksek yüzey aşınma dayanımı, yüzeyden iç bölgeye doğru düzgün sertlik düşüşü sayesinde darbe sönümlenme yeteneği, yüksek ısı iletimi ve radyal yüklere dayanımdır [5]. Bu özellikleri sağlayabilmesi için vals silindirlerinin üretim şekli çift kat savurma dökümdür. Savurma döküm yöntemi, değirmen valslerinin üretiminde yaygın olarak kullanılır [9]. Daha az çevre kirliliği ve yüksek verim gibi avantajlar sağlamaktadır. Şekil 1’de savurma döküm ile vals silindiri döküm yöntemi gösterilmektedir [4].



Şekil 1: Savurma Döküm

Vals silindirinin yapısı, çift katlı savurma döküm işleminde dış tabaka beyaz dökme demirden, iç tabaka ise gri dökme demirden oluşur. Dış katmanı oluşturan beyaz dökme demir yüzeyde yüksek aşınma dayanımını sağlar [2]. İç katmanı oluşturan gri dökme demir yapı ise vals üzerine gelen radyal yüklere dayanım sağlar. Dış tabaka ile iç tabaka arasında yaklaşık olarak 5 mm birleşme bölgesi oluşturulur. Bu oluşturulan geçiş tabakası da sertliğin iç bölgeye gidildikçe düzgün bir şekilde düşmesini sağlayarak dışarıdan gelen yükün sönümlenmesi sağlamaktadır [9].

Vals silindirleri boyutsal olarak çapta 150 mm ile 820 mm arasında, boyda 2200 mm’ye kadar, yüzey sertliği olarak 320-600 HB arasında değişkenlik gösterir. Kırma işlevi gören valsler, işleyeceği ürünün yapı ve özelliklerine göre farklı diyagramlarda dış açma işlemi uygulanırken, ezme işlevi gören valsler, yine işlenecek ürün özelliklerine göre kumlama işlemi uygulanarak istenilen yüzey pürüzlülüğüne getirilir. Çelik kolları da sıkı geçme

yöntemi ile çakılarak vals silindirleri kullanıma hazır hale getirilir. Şekil 2’de 250mm çap, 1000mm boya sahip vals silindiri görülmektedir.



Şekil 2: Vals Silindiri

Vals silindiri üretim süreci şu şekildedir: ürünün kalıp içerisinde soğuma esnasında ısı transferini düzenli bir şekilde yapabilmesi için uygun kalınlıktaki ve istenilen boyutlardaki kalıba fırında ön ısıtma işlemi uygulanır. Termal kamera ve lazer sıcaklık ölçme cihazları ile sıcaklığı ölçülen kalıplar, istenilen sıcaklığa ulaşıncaya savurma makinasına yerleştirilir. Kalıp içine yine düzenli katılaşmayı sağlamak amacıyla alümina içeren su bazlı yüksek sıcaklık dayanımına sahip kalıp astarı kaplama işlemi gerçekleştirilir. Ürün kalınlığı, analiz değeri, döküm sıcaklığı hesabına göre yüzeyde oluşması istenen basınç miktarına göre G faktörü hesabı yapılarak kalıp devri ayarlanır. Ürün tek kat veya çift kat olması durumuna göre bir veya iki farklı indüksiyon ocakta istenilen analiz değerlerinde metal ergitme işlemi gerçekleştirilir. Ergime tamamlandıktan sonra numune alınarak spektral analiz işlemi uygulanır. Ergiyen metalin analiz değerlerinden karbon eşdeğerliği hesaplanarak döküm sıcaklığı belirlenir. Bu belirlenen sıcaklığa göre ocak içinde sıvı metal sıcaklığı, daldırmalı sıvı metal sıcaklık ölçme cihazı ile ölçülerek istenilen sıcaklığa ayarlanır. Döküm sıcaklığına uygun olan kalıpların kapak çakma işlemi gerçekleştirildikten sonra kalıp içine metal transferini sağlayan sifonlar yardımıyla istenilen hızda döküm işlemi gerçekleştirilir. Ürün katılaşması tamamlandıktan sonra kalıp içerisinden alınarak soğuması sağlanır ve talaşlı imalat bölümüne transfer edilir.

Vals silindirinin aşınma dayanımı, öğütücü merdanelerin imalatında göz önünde bulundurulmuş en önemli parametredir. Merdanelerin aşınma dayanımı özelliklerinin oluşumunda mikroyapı ve kimyasal kompozisyon önemli rol oynar [8-5]. Bu sebeple valslerin mikroyapısının ve mekanik özelliklerinin bilinmesi son derece önemlidir.

Vals silindirleri, yapısal olarak dökme demirden oluştuğu için korozif ortamlarda (tuz ve nem vs.) korozyon direnci yüksek değildir [3]. Öğütme, ezme ve kırma gibi işlemler gıda ürünlerine uygulandığı için hem yüzeyde bozunma hem de gıda ürünlerine metal oksit geçişi gibi riskler oluşabilmektedir.

Korozyona dayanıklı vals silindiri kullanımına yönelik sektörel çeşitliliğin amaçlandığı bu çalışmada üretilen 440C standartlarında paslanmaz çelik vals silindirine mikroyapı analizi, yoğunluk ölçümü ve mekanik testler (sertlik, yoğunluk, basma testi) yapılarak standart dökme demir ürün ile değerler kıyaslanmış, makro korozyon testi uygulanmıştır.

2. DENEYSEL VE TEST ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada standart ürün analizine sahip vals silindiri ile 440C standartlarında dökülen 400 mm çap ve 2000 mm boya sahip vals silindirinden tel erezyon yöntemi ile çalışma yüzeyinden parçalar çıkartılarak; spektrometre ile kimyasal kompozisyonları tespit edilmiştir. Optik mikroskop kullanılarak valslerin yüzeylerinden görüntüler alınarak mikroyapısal karakterizasyonları gerçekleştirilmiş ve matris yapısı, karbür fazları resmedilmiştir. Çift kat olan standart ürünün iç ve dış, 440C ürünün yüzeyden alınan numunelerinin yoğunluk hesaplamaları yapılmıştır. Mekanik testler kapsamında uygun bölgelerden tel erezyonla kesilerek hazırlanan ürünlere sertlik testi ve basma testi uygulanmıştır. Yine yüzeyden alınan parçalara, 25 ± 2 °C sıcaklığında laboratuvar ortamında %5 konsantrasyondaki tuzlu su püskürtülüp 1 gün, 1 hafta ve 1 ay süre ile bekletilerek makro incelemeler gerçekleştirilmiştir.

3. BULGULAR VE SONUÇLAR

3.1. Kimyasal Kompozisyon Analizi

Çift kat savurma döküm yöntemi ile üretilen standart ürünün dış tabaka ve iç tabakadan, tek kat olarak üretimi gerçekleştirilen paslanmaz ürünün çalışma yüzeyinden tel erezyon ile kesilen parçalara, kalibrasyonu yapılmış ve test edilmiş olan ARL marka spektrometre ile spektral analiz işlemi uygulanmıştır. Değerler dört farklı noktadan ölçülerek ortalamaları alınmıştır. Karbon değeri spektrometrede sapmalara neden olduğu için ocak üzerinde sıvı halde alınan numune quick cup ile ölçülmüştür. Tablo 1’de standart vals silindirinin iç ve dış tabakasına ait spektral sonuçlar verilmiştir. Tablo 2’de de paslanmaz vals silindirine ait spektral sonuçlar verilmiştir.

Tablo 1: Standart vals silindirinin dış ve iç tabakaya ait spektral analiz sonuçları

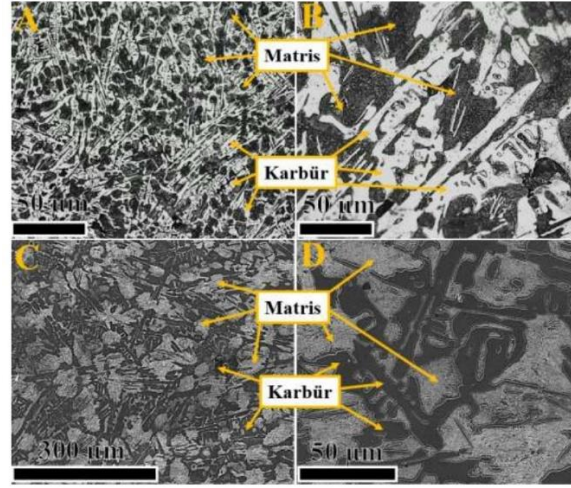
	Fe	C	Si	P	Mn	Ni	Cr	Mo
Dış Tabaka	Kal.	3,42	0,60	0,22	0,65	0,44	1,05	0,14
İç Tabaka	Kal.	3,41	2,16	0,06	0,63	0,03	0,05	0,01

Tablo 2: Paslanmaz ürüne ait spektral analiz sonuçları

	Fe	C	Si	P	Mn	Ni	Cr	Mo
Paslanmaz Ürün	Kal.	0,89	0,68	0,02	0,74	0,48	17,02	0,45

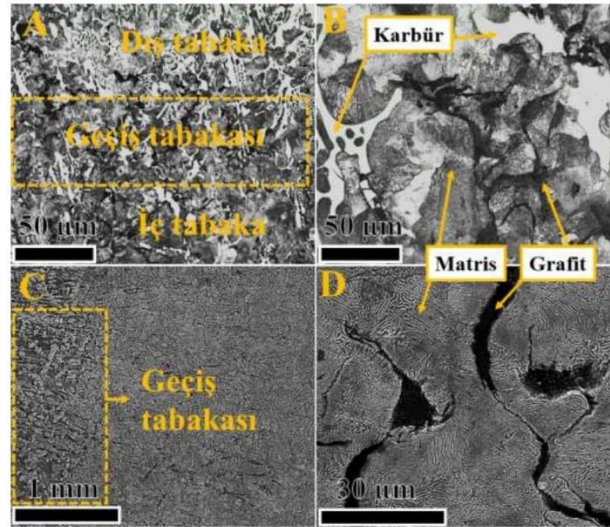
3.2 Mikroyapısal Karakterizasyon

Standart vals malzemesinin dış tabaka, geçiş tabakası ve iç tabakasına; paslanmaz vals silindirinin ise çalışma yüzeyinden uygun parçalar tel erezyon yöntemi ile kesilmiştir. Kesilen bu parçalar metalografik olarak hazırlanarak nital çözeltisi ile dağlanmıştır. Hazırlanan numuneler optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu ile resmedilmiştir. Paslanmaz ürün ile kıyas yapılmak amacıyla, standart ürüne ait mikroyapısal görüntüler alınmıştır [9].



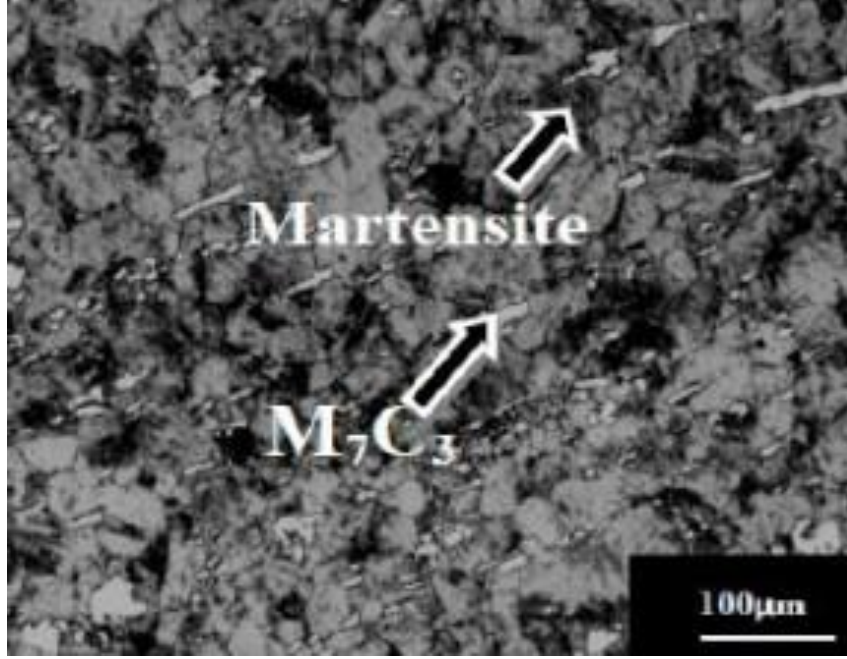
Şekil 3: Standart Vals yüzeyinden alınan numunenin OM görüntüleri. (A) 10x büyütme, (B) 250x büyütme, (C) 50x büyütme, (D) 1000x büyütme.

Şekil 3'te verilen standart vals silindiri için OM ve SEM resimleri incelendiğinde mikroyapının perlitik matristen (ferrit + sementit) oluştuğu görülmektedir. Detaylı gerçekleştirilen mikroyapısal analizlerde mikroyapıda martenzit fazına rastlanmamıştır. Yapılan faz analizlerinde mikroyapısının yaklaşık olarak %25 oranında karbür fazı (birincil ve ikincil karbürler) içerdiği tespit edilmiştir. SEM analizlerinde karbür faz oranının da yaklaşık olarak %28 olduğu görülmektedir[9].



Şekil 4: Standart vals yüzeyinden derinlemesine yapılan mikroyapısal incelemede geçiş bölgesine ait OM ve SEM görüntüleri. (A) 5x büyütme, (B) 50x büyütme, (C) 50x büyütme, (D) 200x büyütme.

Şekil 4'te standart vals yüzeyinden derinlemesine olarak alınan numunede geçiş tabakasına ait mikroskop görüntüleri verilmektedir. Şekil 4 (A) ve (C) ile verilen görüntülerde dış tabaka – iç tabaka geçişi görülmektedir. Ayrıca, şekil 4 (B) ve (D) ile verilen görüntülerde ise matrisin perlitik yapıda olduğu ve mikroyapıda karbür fazlarıyla beraber iç kısma doğru gidildikçe A ve B tipi grafit yapılarının da oluştuğu görülmektedir[9].



Şekil 5: Paslanmaz vals yüzeyinden derinlemesine SEM görüntüsü

Şekil 5'te mikroyapısal çalışmaları hala devam eden paslanmaz vals silindirinde martensitik fazların gözlemlendiği görülmektedir. Yapılar incelendiğinde mikroyapıda karbür fazlarının ve martensit yapının yoğunlu dikkat çekmektedir. Martensit ve karbür fazlarının yoğunluğu yüzeyde aşınma dayanımını sağlarken uygun analiz şartları da korozyonu engellemektedir [1, 6].

3.3 Yoğunluk Hesaplamaları

Standart vals silindirinden dış tabaka ve iç tabakayı temsilen uygun ebatlarda numuneler kesilmiştir. Daha sonra bu numune yüzeyleri zımparalanıp ve parlatılarak düzgün yüzey elde edilmiştir. Numune boyutları hassas bir şekilde ölçüldüğünde dış tabakanın 5,5x3,265x1,008 cm ve iç tabakanın 5,494x3,246x0,995 cm ölçülerinde olduğu tespit edilmiştir. Numune ağırlıkları ise hassas terazi ile hassas bir şekilde tartılmış ve dış tabaka ağırlığı 138,959 gr, iç tabaka ağırlığı ise 126,767 gr olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar dış tabaka yoğunluğunun 7,6768 gr/cm³ ve iç tabaka yoğunluğunun 7,144 gr/cm³ olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde paslanmaz üründen kesilen ve hazırlanan ürünün ölçüleri 5,521x3,252x1,005 cm'dir. Hassas terazide ağırlığının 138,037 gr geldiği ölçülmüştür. Yoğunluğu da 7,65 gr/cm³ olarak hesaplanmıştır [9].

3.4 Sertlik Testi

Standart vals silindirinin dış tabaka çalışma yüzeyinin, geçiş tabakasının ve iç tabakanın 5 farklı noktasından alınan brinell sertlik değerleri ile ölçülmüş ve ortalama sertlik değerleri tablo 3'te belirtilmiştir. Paslanmaz ürünün de çalışma yüzeyi ve yüzeyden 5mm, 10mm, 15mm derinliğindeki sertliklerde ölçülmüş olup tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 3: Standart vals silindiri yüzeyden derinlemesine sertlik değerleri

Sertlik (HB)	Derinlemesine Sertlik Ölçümü						Ortalama
Dış Tabaka	530	523	528	524	529	515	525
Geçiş Tabakası	332	336	357	309	342	339	335
İç Tabaka	168	159	165	170	161	160	164

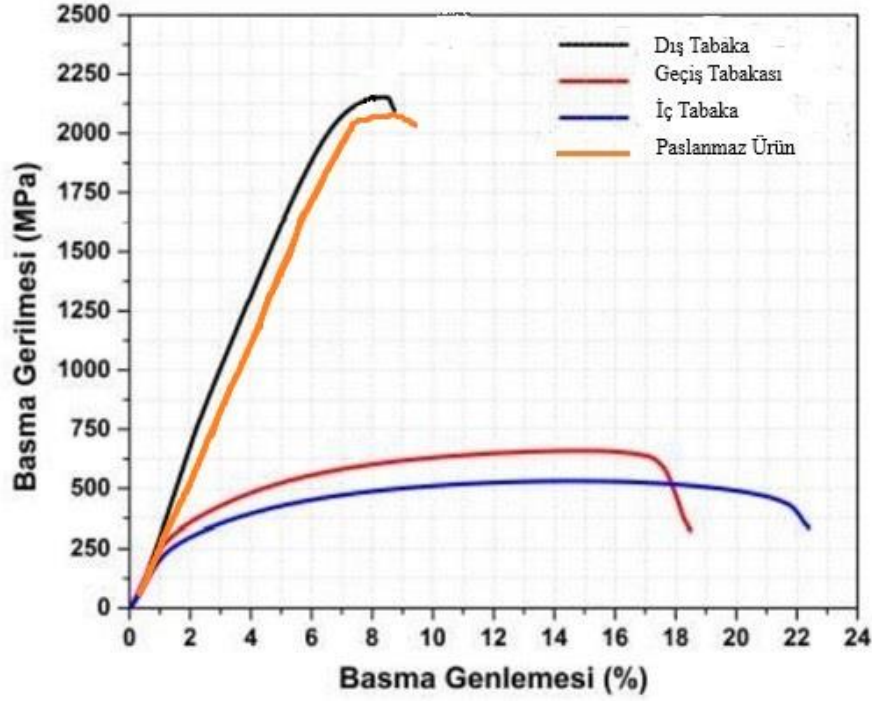
Tablo 4: Paslanmaz vals silindiri yüzeyden derinlemesine sertlik değerleri

Sertlik (HB)	Derinlemesine Sertlik Ölçümü						Ortalama
Yüzey	582	590	575	580	579	588	582
5mm Derinlik	551	545	556	541	-	-	548
10mm Derinlik	492	485	488	471	478	-	482

Tablolarda görüldüğü gibi standart vals silindirinde, çift kattan oluştuğu için paslanmaz ürüne göre sertlik düşüşü daha fazladır. Tek katmandan oluşan paslanmaz üründe de derinliklere inildikçe sertlikte düşüşü gözlemlenmektedir. Bu bize yönlenmiş bir katılma olduğunu katılma hızının yüzeyde hızlı, iç kısımda ise daha yavaş olduğunu göstermektedir[7]. Sertliğin iç bölgelere doğru düşmesi radyal yüklere karşı dayanımı artıracığından ürün performansı açısından avantaj sağlamaktadır.

3.5 Basma Testi

Basma testi, malzemelerin yük altındaki davranışlarını belirlemek için kullanılan bir sistemdir. Vals silindiri malzemeleri yapısal olarak gevrek malzemeler olduğundan dolayı çekme testine göre basma testinin daha doğru sonuç vereceği düşünüldüğü için basma testi uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında standart ürünün dış tabaka, geçiş tabakası, iç tabakası ve paslanmaz ürünün çalışma yüzeyinden tel erzyon ile numuneler kesilerek basma testi uygulanmıştır. Basma testi ASTM E9 standardına göre 3 mm çap, 6 mm uzunluğundaki numunelere 1 mm / dakika hızlarda uygulanarak standart valsi oluşturan farklı tabakalara ve paslanmaz ürüne ait basma testi sonuçları şekil 6'da verilmiştir.

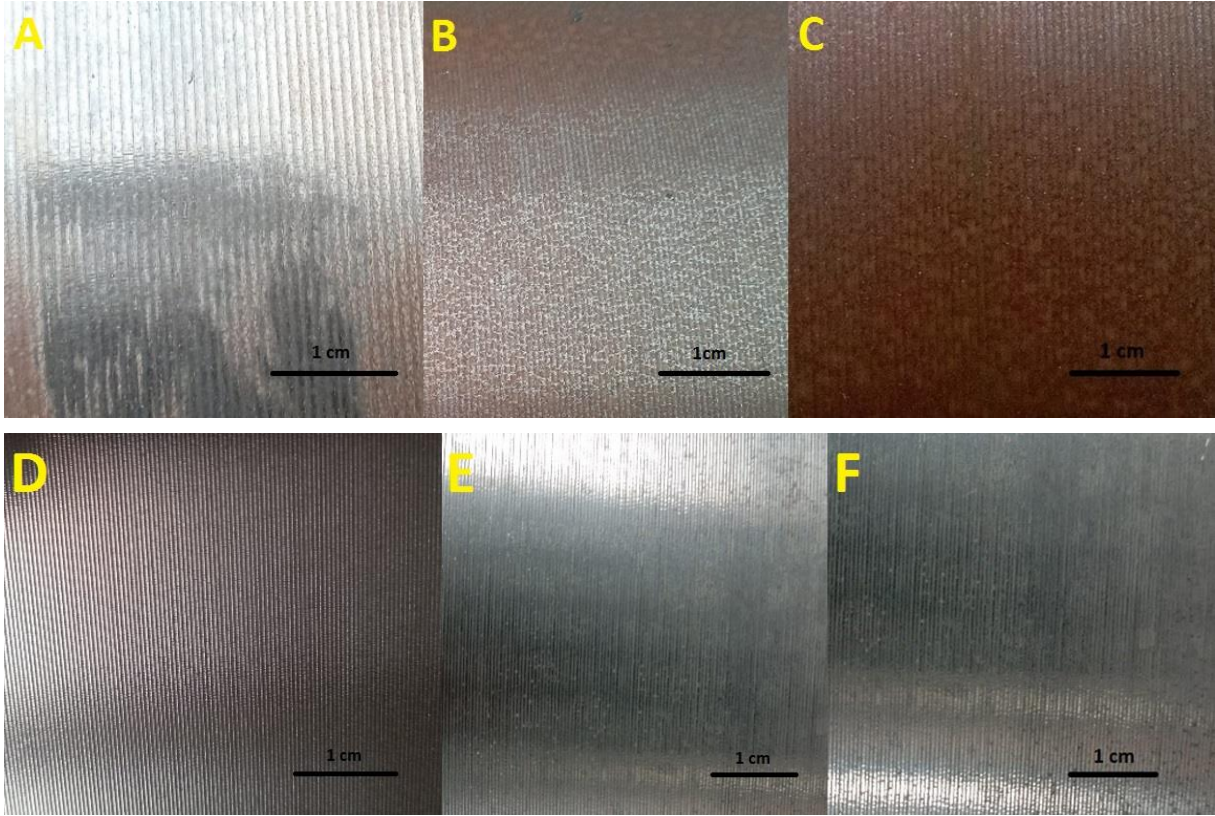


Şekil 6: Standart ürün dış tabaka, geçiş bölgesi, iç tabakaya ve paslanmaz ürüne ait basma testi sonucunda elde edilen gerilme-genleme grafikleri.

Gerilme – genleme eğrileri incelendiğinde dış tabakanın yüksek dayanım sergilediği (yaklaşık olarak 2200 MPa) fakat bununla beraber mikroyapıda bulunan karbür fazlarından dolayı şekil değiştirmesinin oldukça kısıtlı olduğu görülmektedir[1]. Bununla birlikte, iç tabakanın daha iyi şekil değiştirme yeteneğine sahip olduğu, dayanımının yaklaşık olarak 500 MPa değerlerine düştüğü görülmektedir. Geçiş tabakasına uygulanan testin sonuçları dış tabakayla iç tabaka arasında özellikler göstermiştir ve beklendiği üzere iç tabakaya daha yakındır. Bu katmanlı yapıdan, dış katmanın yüksek dayanımda olması aşınma dayanımı sağlarken daha düşük dayanımlı fakat daha yüksek genleme değerine sahip iç tabakanın yüklere dayanım sağlaması beklenmektedir[6]. Dayanım değerleri dış tabaka ile iç tabaka arasında olan geçiş tabakası ise dışarıdan gelen yükün sönmülmesini, dış tabakadan iç tabakaya transferini sağlamaktadır. Paslanmaz üründe, beyaz dökme demire benzer sınırlı şekil değişimi göstererek gıda ürünü ezme işlemine uygun karakter sergilemiştir. Basma dayanımının 2100 MPa olduğu da görülmektedir.

3.6 Korozyon Testi Uygulaması

Standart vals silindiri ve paslanmaz vals silindiri yüzeylerinden üçer adet uygun boyutlarda numuneler tel erezyon yöntemi ile kesilerek alınmıştır. Yüzeyden alınan bu parçalara, 25 ± 2 °C sıcaklığında laboratuvar ortamında %5 konsantrasyondaki NaCl çözeltisi püskürtülüp 1 gün, 1 hafta ve 1 ay süre ile bekletilerek makro incelemeler gerçekleştirilmiştir. Şekil 7’de korozyon yoğunluğundaki farklar gözlemlenmektedir.



Şekil 7: %5 konsantasyondaki NaCl çözeltisi püskürtülmesiyle standart vals silindirin 1 gün(A), 1 hafta(B), 1 ay(C) ve paslanmaz vals silindirin 1 gün(D), 1 hafta(E), 1 ay(F) süre sonundaki makro görüntüleri.

Şekil 7’de ki standart (A,B,C) ve paslanmaz (D,E,F) vals silindirleri görüntüsüdür. Birinci günün (A) sonunda homojen olmayan bölgesel olarak, yüzeysel korozyon gözlemlenmektedir. Bir hafta (B) sonrasında korozyon dağılımının yüzeyde daha homojen olarak dağıldığı ve arttığı görülmektedir. Bir ay (C) sonrasında ise yüzey tamamen korozyon tabakasıyla kaplanmış olduğu görülmektedir. D,E ve F görüntüleri paslanmaz vals silindirine aittir. 1 aylık süreç içerisinde sadece NaCl solüsyonunun lekesinin dışında korozyon gözlemlenmemektedir.

4. Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan bu alternatif imalata yönelik çalışma içeriğinde özellikle kimyasal kompozisyon değişimi verileri özelinde paslanma ömrü hususunda olumlu ilerlemeler olabileceği sonucuna varılmıştır.

Ayrıca standart vals silindirlerinin saatlik, haftalık ve aylık yüzeysel karşılaştırma verilerinde benzer ortamlardaki kullanım çeşitliliği gözetilerek elde edilen sonuçlarda nemli ortama sahip vals silindirlerinin kullanımına yönelik olumlu ilerlemelerin olduğu belirlenmiştir.

Mikroyapısal çalışmalar önceliğinde yüzey oksidatif direnç durumuna ait yüzeysel tutunabilirlik verilerinde ilerleme sağlanabileceğine ilave olarak sonuçların tekrarlanabilirlikleri hususunda da daha kapsamlı çalışmalara yönelmesi gerektiğine karar verilmiştir.

Korozyon testine ait sonuçlara ulaşıp ulaşılamadığı kapsamda yapılan deneysel çalışmalarda vals silindirlerin makro boyutta incelemeleri gerçekleştirilmiş olup ilerleyen süreçte standart uygulanabilirlik açısından ASTM D2247'nin sonuçlarına ulaşılması planlanmaktadır.

Kaynaklar

- [1] Arıkan M. (1999). Yüksek Kromlu Beyaz Dökme Demirlerin Aşınma Direncine Alaşım Elementlerinin ve Isıl İşlemin Etkisi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [2] Aso S., Goto, S., Komatsu, Y. and Hartono, W., (2001), "Sliding Wear Of Graphite Crystallized Chromium White Cast Iron", Wear, Volume 250, Issues 1-12 .
- [3] Bağcı M. (2005). CuZn10 Pirinç Malzemedeki Kayma Hızının Aşınmaya Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- [4] Döküm yöntemleri, <https://avys.omu.edu.tr>, 2023, sayfa 24.
- [5] Miyajima, T., Iwai, Y., (2003), "Effects Of Reinforcements On Sliding Wear Behavior Of Aluminum Matrix Composites", Wear, 255 (1-6), Pages 606-616.
- [6] Ramalho, A. (2006). A geometrical model to predict the wear. Wear, 775-780.
- [7] Sağlam C. (2009). Yüksek Kromlu Beyaz Dökme Demirlerin Aşınma Direncine Alaşım Elementleri İlavesinin etkisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [8] Scherge, M., Shakhvorostov D., and Pöhlmann, K., (2003), "Fundamental Wear Mechanism Of Metals", Wear, Volume 255.
- [9] Solmaz M., Kotan H., Açıkgöz S., Bağcı M., (2022), Değirmen Valslerinin Mikroyapısal Karakterizasyonu ve Mekanik Testleri, Orclever Proceedings of Research and Development, şekil (2-4), sayfa:17.

INVESTIGATION OF THE NEW SGNS TYPE WAGON DESIGN WITH DIFFERENT LOADING SCENARIOS

Fatih SARUCAN¹, Mustafa ÖZYURT², Ömer Faruk EROL³

¹Design Engineer, Hisarlar, R&D, sarucanfatih174@gmail.com, 0009-0006-6704-2207

²Design Engineer, Hisarlar, R&D, mustafaozyurt0@gmail.com, 0000-0001-7845-5521

³Sr. Industrial Design Engineer, Hisarlar, R&D, omer.f.erol@gmail.com, 0009-0000-6664-1757

Abstract

A key component of global logistics has always been the movement of goods and freight. To address the wide range of needs of the industry, specialized flat wagons like the SGNS wagon have been created. Results of Finite Element Analysis (FEA) for various load situations applied to the SGNS wagon frame are presented in this study. The 60-ft, type 2-axle bogie single-platform SGNS wagons are well-known as special flat wagons that can transport containers of various lengths (20 ft, 30 ft, and 40 ft) and are frequently used in intermodal transportation. We came up with 10 alternative load cases to provide a sturdy design that could accommodate all container locations. These instances include every conceivable arrangement of containers that could be placed atop an SGNS wagon. With the aid of Autodesk Inventor, an FEA study was carried out to evaluate the appropriateness of the wagon chassis. With S355 as the chosen material, the analysis was limited to the sheet metal parts of the chassis. The analysis's findings showed that the primary loading beams did not undergo much stress; instead, weaker regions were found to be located nearer to the star hub connection. As a result, the research comes to the conclusion that in order to lessen Von Mises stresses, modifications are required in the highly stressed locations. It is clear that there are two possible ways to reduce these high stresses: one involves changing the geometry of the impacted sections, and the other involves changing the thickness of the highly stressed components.

Keywords: Intermodal, transportation, wagon, SGNS, stress analysis, FEA.

INTRODUCTION

From the beginning of human history, it has been necessary to carry things from point A to B. Transportation with a wagon, which is a good way of transportation, has been used for many years. Many types of wagons can be used for transportation in today's world. SGNS-type wagon is just one type of wagon between them. SGNS wagons are known as special flat wagons, and the one determined in this article is the type of 60 ft with a 2-axle bogie. These types of wagons are capable of carrying up to 70 tons and the loading length capacity is 60 ft. According to our research articles that are relevant to the transportation and wagons can be summarized as;

Bekler (2013), focused on the basic concepts of optimization in this study. In the continuation of the study, the structural optimization process of a wagon is explained. Modeling was started and material properties, thickness values, loading and boundary conditions were defined. Loading conditions were selected in accordance with UIC Standards, and 7 different loading scenarios were applied. As a result of the analysis, taking into account the tension and collapse characteristics of the wagon, it was determined that the most critical scenario was the one carrying 70 tons of load and applying 100 tons of compression force per buffer. An optimization algorithm has been established based on this scenario. As a result of the analysis, it was determined that the wagon needed to be optimized. SQP was used as the optimization method, and the weight of the wagon was reduced by 2%. However, it was stated that this

reduction was insufficient, and the design had limited variables. It was suggested that shape optimization could offer some ideas, and a thinning of the lower plate could provide approximately 200 kg of weight reduction. It was noted that the entire wagon consists of sheet metal parts, and that's why it was modeled in this way. Senturk (2014), have carried out numerical fatigue analysis as well as dynamic tests of freight wagons carrying magnesium carbonate ($MgCO_3$) ore. While performing numerical analyses, Simpack software was used to simulate the dynamic stresses that the wagons are exposed to. In the static load analysis of the wagons, 2D element connections were created on the surfaces using CAD models previously corrected at the design stage and a finite element model was prepared. At this stage, the program used to create a network is Hypermesh. The prepared finite element model is based on the ABAQUS environment for the performance of static analyses. In ABAQUS, static loads and boundary conditions of model permanence were defined according to loading conditions and static analysis obtained results such as strain and stress distributions. The static analysis results of the finite element model, together with the time-varying force data obtained from Simpack analyses, constitute usable inputs for Fe-Safe, which is used as a fatigue analysis program. In Fe-Safe analyses, loading scenarios were created by using Simpack results as warning signals along with static analysis data, and fatigue lives and parts where fatigue occurred as a result of periodic loading situations were calculated. Haraka et al. (2014), in their research, describe the development of a virtual freight wagon by prototyping computer tools. To investigate the structural dynamics of the wagon and its components they use the finite element method (FEM). To investigate the natural frequencies, they perform modal and harmonic analysis under different loadings and operating conditions. As a result, the authors compare the results of the analysis with experimental works. They also discuss the limitations and advantages of the FEM analysis for wagon design and optimization. Dizol et al. (2017) have investigated the structural analysis of a modified freight wagon bogie frame. The first research describes the modifications of the bogie and it is removing buffer beams to reduce its weight and they aim to increase the capacity of the frame. In the article, they explain the standards fit load cases for commissioning. To investigate the strength of the frame they perform finite element analysis. As a result, they compare the modified bogie frame with the original bogie frame under exceptional loads. Patrascu et al. (2019) have investigated the mechanical response of the freight wagon with usual loads. The main purpose of the study was to investigate the chance of replacing steel walls with laminated composite walls. Their purpose of changing the material of the walls was to reduce the mass of the wagon while increasing its load capacity. To investigate the composite walls' performance, they performed finite element analysis with different loading scenarios and various wall thicknesses. Finally, they reach the following conclusion: composite walls do not affect the stress, and there are two possibilities to reduce it and these are changing the geometry or thickness of the affected materials. Rao et al. (2022) have investigated the structural dynamics of a freight railway wagon with finite element analysis. In their research, they perform analysis on a flat wagon that can be loaded with containers. They model the data with Autodesk Inventor and they perform analysis at ANSYS. After they get the FEA results, they compare them with Indian Railway standards. Vatulia et al. (2023) have investigated the performance of a hopper wagon that can carry various types of cargo. To investigate the load scenarios authors performed finite element analysis on Solidworks. In the FEM analysis, the wagon was investigated under different operational conditions, such as impact, stretch, and thermal stress. As a result, they ensured wagon safety under all decided conditions.

In literature, there isn't much research about flat wagons, especially about SGNS wagons it is hard to find research that investigates all possible loading states. In this research, the Autodesk Inventor 60 ft SGNS wagon was designed and finite element analysis were performed. In the methodology part, all the boundary conditions including loading scenarios

were given. Stress values and high-stressed areas are investigated and determined in the results section. Finally in the conclusion, discussion, and recommendation section, the research results were summarized.

METHODOLOGY

All the research and analysis were done on the computers that belong to Hisarlar's R&D department. After the SGNS wagon chassis design is finished, boundary conditions must be decided. In Figure 2.1 new SGNS Wagon design can be seen. First, to achieve the analysis in different scenarios, loading conditions must be determined. To do that some research has been done. 60 ft long SGNS flat wagons can carry 3 different types of containers, these are 20 ft long containers, 30 ft long containers, and 40 ft long containers. The maximum capacity of the SGNS wagon is 70 tons and each container has a maximum weight according to their length. Because our wagon can carry up to 60 ft, transport conditions may be as follows; at once it can carry 1 "40 ft" long container or 1 "20 ft" long and 1 "40" ft long container or 2 "30 ft" long container. Totally there are 10 different loading scenarios to investigate the sufficiency of the SGNS wagon. In the first three scenarios, 3 "20 ft" containers were loaded onto the wagon, and in the first scenario their weight respectively; 17 tons, 36 tons, and 17 tons, in the second scenario their weights were 34.48 tons, 2 tons, and 34.48 tons and finally on the third scenario containers weights 23.5 tons at each. In the fourth and fifth scenarios 2 "20 ft " containers were loaded onto the wagon, on the fourth scenario 35 tons weighed 2 containers loaded and on the fifth scenario 36 tons and 30.31 tons containers loaded respectively. In the sixth scenario, only 1 "40 ft " long container is placed on top of the wagon. On the seventh scenario 2 "30 ft " long 34.48 tons weighted containers loaded. In the eighth scenario 1 "30 ft " long 34.48 tons weighted and 1 "20 ft " 34.48 tons weighted containers were placed respectively. In the ninth and tenth scenarios, 1 "40 ft " long and 1 "20 ft " long containers were loaded but in the ninth scenario a 40 ft container had 34.48 tons weight and a 20 ft long container had 27.2 tons weight. On the other hand, in the tenth scenario, a 40 ft long container has 11.62 tons weight and a 20 ft long container has 34.48 tons weight. Each scenario has its special loading organizations. When containers were loaded onto the wagon, they were placed on the safety lock devices containers, due to that scenario and the positions of each container given respect to lock devices. Loading scenarios and locations of the loadings can be seen in Figure 2.2. After that, the fixing point should be determined. In order to do that as a fixing point to simulate the bogie conditions from its assembly points fixed. In Figure 2.3 the fixing and loading points of the wagon can be seen.

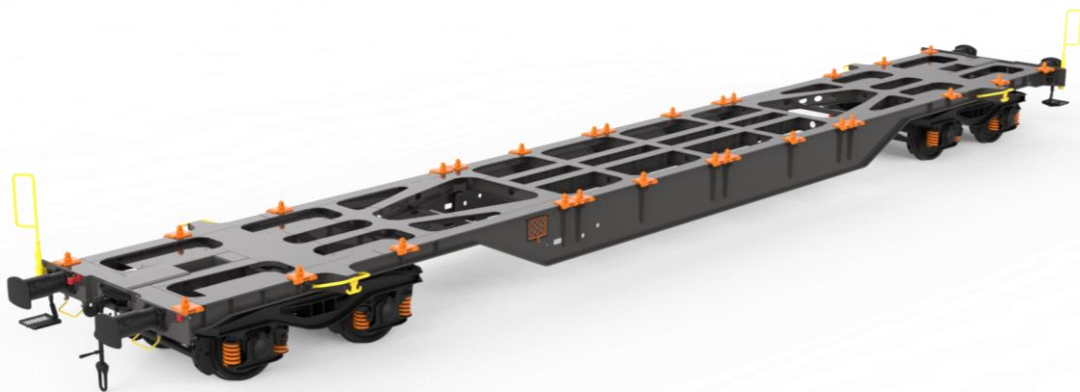


Figure 2.1. New SGNS type wagon chassis design.

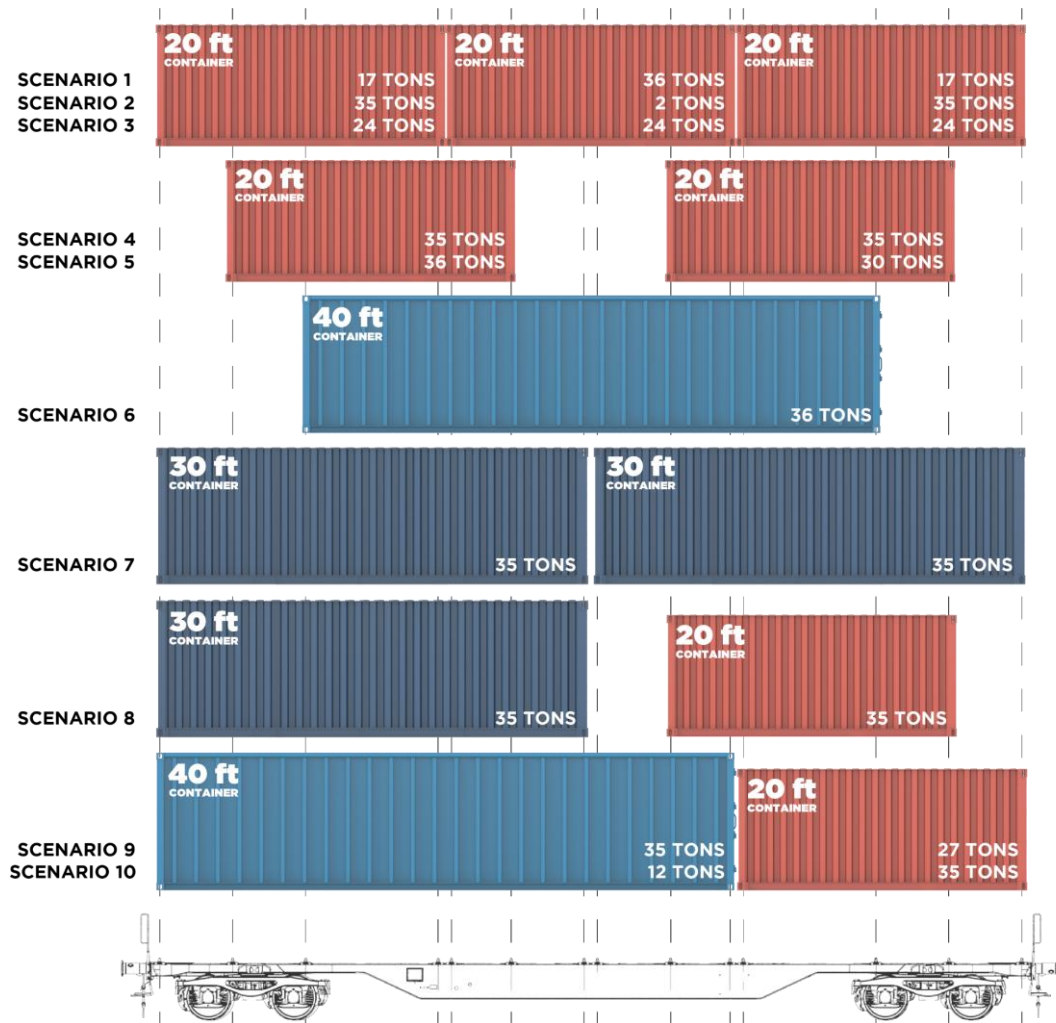
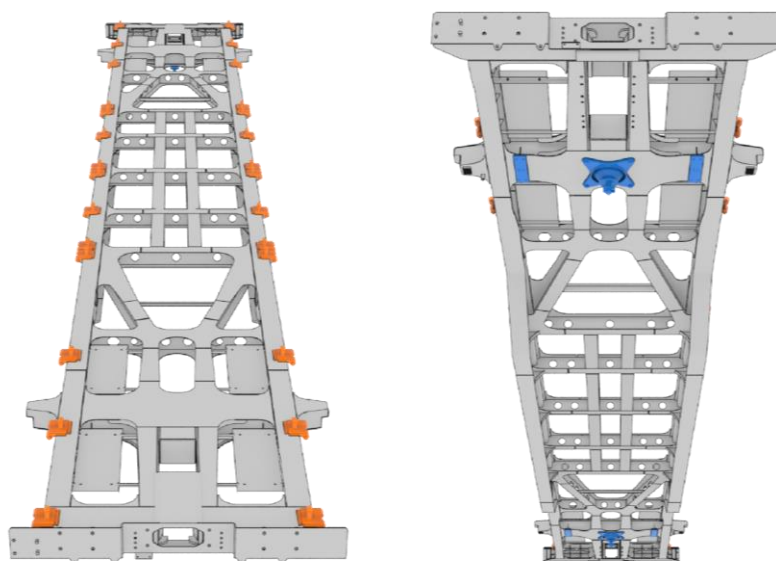


Figure 2.2. Container loading scenarios concerning safety lock devices.



a) Loading points

b) Fixing points

Figure 2.3. Fixing and loading points of the analysis.

Analyzing the wagon was hard due to its long designs and the parts number that the wagon has. On the first design of the SGNS wagon, there were more than 1000 parts. Before simulations, the design of the wagon was simplified, some unnecessary parts were removed and some others were changed according to their duties. Generally, sheet metals change from solid parts to mid-surface due to the meshing process time will be long and costly. Some of the parts stayed as solid parts like bogies and safety lock devices but they simplified especially the safety lock devices. Because of their duty, they changed with flat 20 mm thick solid parts. In Figure 2.4 simplified chassis design can be seen.

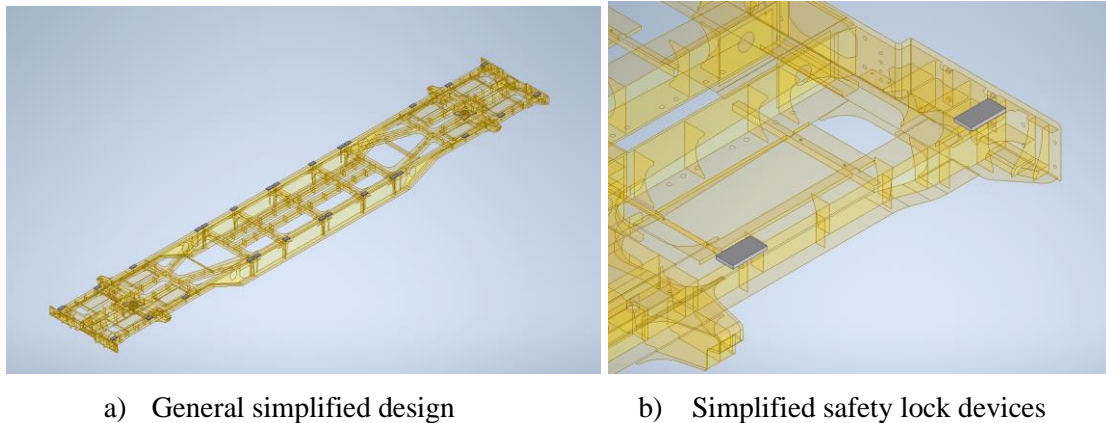


Figure 2.4. Simplified wagon design.

RESULTS

In light of the studies that we made on the new SGNS wagon chassis design, it can be clearly seen that in some scenarios the chassis is more affected than the others, but in all scenarios some particular areas are affected more than others. Affected areas can be seen in detail in Figure 3.1. In scenario 1 “20 ft” long container has 36 tons weight and it is placed on the middle of the chassis due to a high-weighted container on the middle area of the chassis, it is bent more than usual. As a result, some areas that resist bending experience high stresses. The highest stress in this scenario is 694.3 MPa. With respect to this scenario in other similar scenarios for instance scenario 2 and scenario 3 stress changes with respect to middle container weights. In scenario 2, the highest stress is 382.9 MPa due to the 2-ton weighted container and in scenario 2 highest stress is 551 MPa again the reason is the container that is placed in the middle of the wagon is weighted 24 tons. Scenario 4 and scenario 5 are similar to each other due to their 2 “20 ft” long loads and their weights. In scenario 4 highest stress is 746.3 and in scenario 5 highest stress is 728.5 MPa. The reason for this high stress could be the weights of the containers and their closeness to the middle area of the wagon chassis. In scenario 6, only a “40 ft” long container is placed on top of the wagon and it has 36 tons of weight. This kind of distributed load is creating 530.3 MPa stress on the wagon's weakest parts. Scenario 7 and scenario 8 are similar, they have only one difference and that is the length of the containers they carry. In scenario 7, 2 “30 ft” long containers with 35 tons of weight are carried by chassis. As a result, the highest stress in the 7th scenario is 608.7 MPa. In scenario 8, 1 “30 ft” long and 1 “20 ft” long container with 35 tons weight carried by the wagon and the highest stress that wagon chassis experienced in this scenario is 754.3 MPa. In these two similar scenarios stresses that occur in the similar areas are different from each other and scenario 8 has higher stresses. The reason for this stress change may be the length of the containers. Although the lengths of the containers change in the scenarios, their load does not change, and in scenario 8, the “20 ft” long container applies more intense force to a certain area. In scenarios 9 and 10, the same container types are carried by the wagon and they

are 40 ft and 20 ft long containers respectively from left to right. Scenario 9 has 654.4 MPa stress as the highest stress and scenario 10 has 512.9 MPa stress as the highest stress that wagon experiences in these scenarios. The reason for scenario 9 has a higher stress is probably the total load applied to the chassis in the scenarios. The Von-Mises Stress results of the analysis can be seen in Table 3.1. Also, in Figure 3.2 detailed results of the static analysis can be seen.

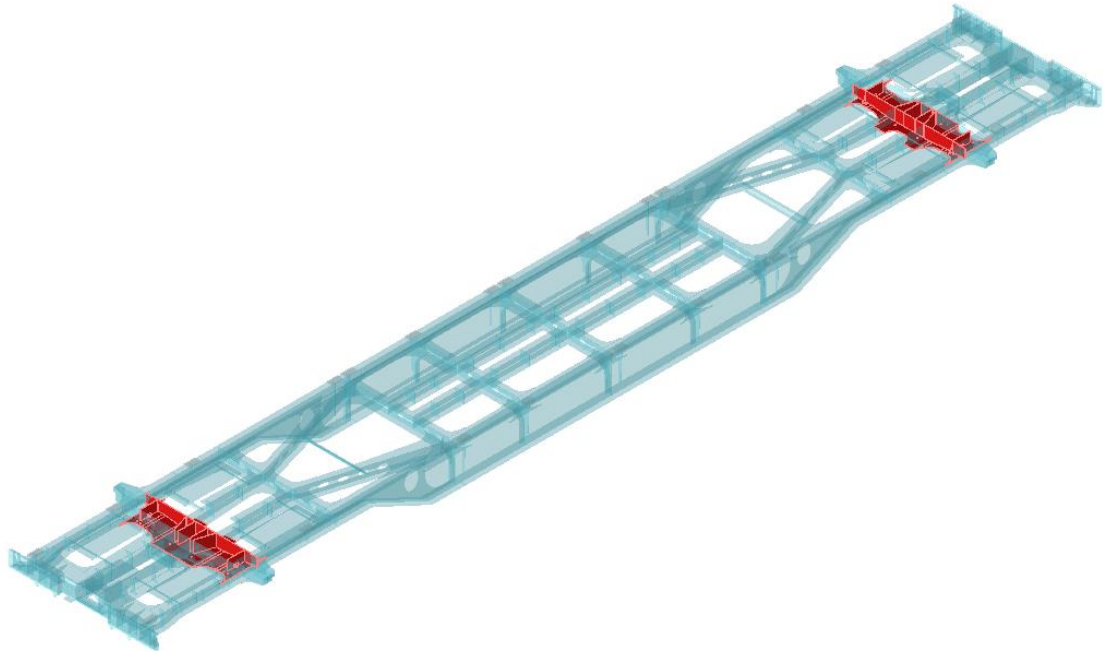


Figure 3.1 Location of stress-affected areas

Table 3.1

Von Mises stress results of the analysis respect to scenario numbers

	Highest stress value (MPa)
Scenario 1	694.3
Scenario 2	382.9
Scenario 3	551
Scenario 4	746.3
Scenario 5	728.5
Scenario 6	530.3
Scenario 7	608.7
Scenario 8	754.3
Scenario 9	654.4
Scenario 10	512.9

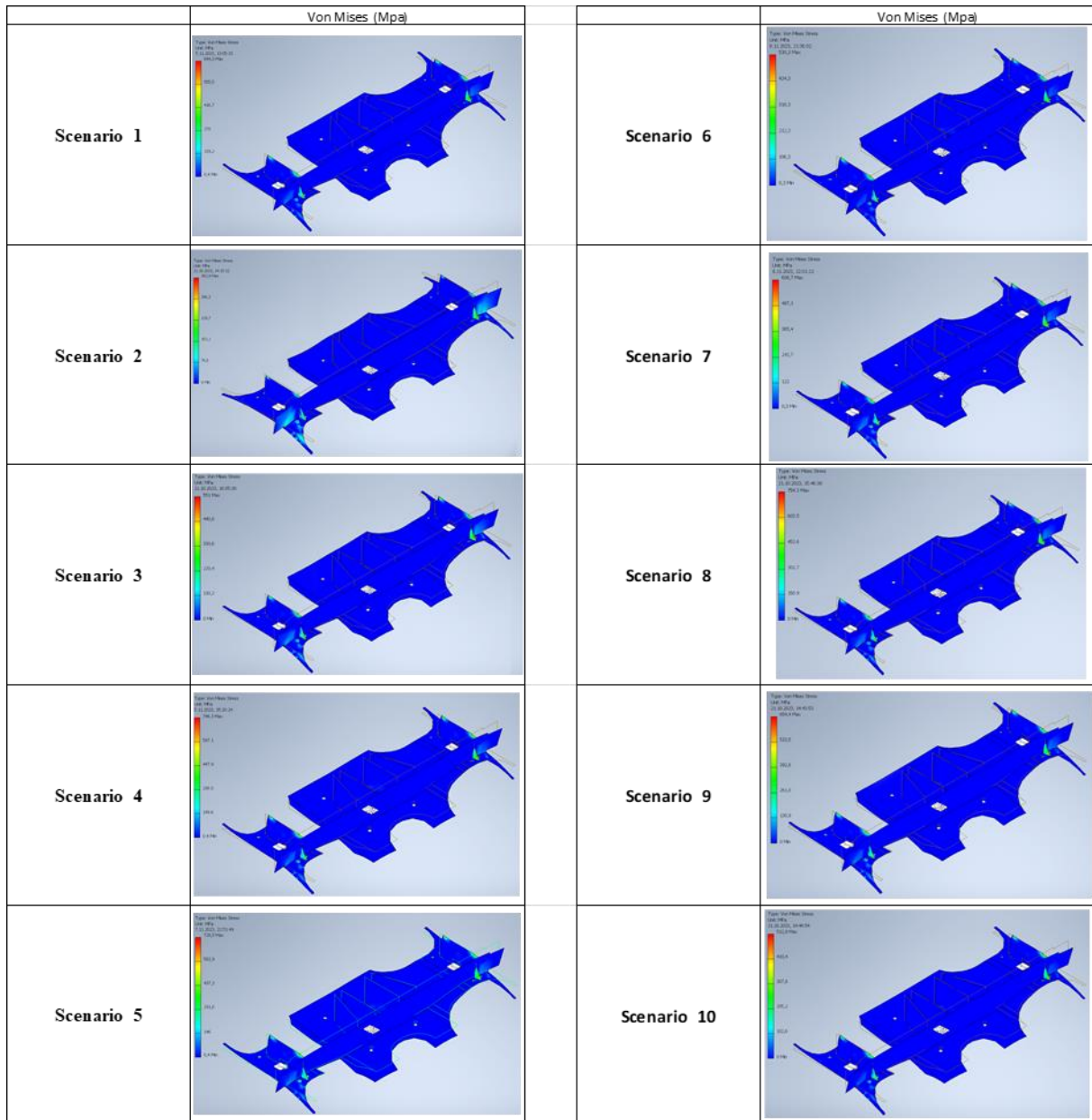


Figure 3.2. Detailed view of stress-affected areas respect to scenario numbers.

It is clear that the parts near the bogie area, which remain perpendicular to the forces, are most affected by the loads. The reason for this could be the significant distance between the center of gravity of the chassis and the bogie. When a load is placed on top of the chassis, the most bent areas are typically the middle of the chassis, where the center of gravity of the wagon chassis. Because of this considerable distance between these two areas, parts that are perpendicular to the loads may experience high stress as they try to resist bending.

CONCLUSION, DISCUSSION AND RECOMMENDATIONS

According to the results of the analysis, it is clear that when loading is more concentrated in the middle region of the SGNS wagon chassis Von-Mises stresses are getting higher. This happens because the wagon is placed on top of the two bogies and the places that touch the bogies are the star hub connections and they are located on both sides. When loads force the chassis to bend from the middle area, the chassis starts to bend from the area that is close to

the bogie, and the parts that resist the bends stay under more stress. Due to these reasons, the analysis must be repeated by strengthening the weak parts. There could be two possible ways to do this. One of them is changing the shape of the parts and adding more parts to support their strength and the other way could be changing the material. After making one of these changes, the analysis could be replied to. In order to design appropriate wagon chassis in future studies we are planning the focus on the weak parts to strengthen them.

REFERENCES

1. Bekler, Yusuf Buğra. *Shape optimization application for weight reduction of a container wagon*. Diss. Istanbul Technical University, 2013.
2. ŞENTÜRK, Berat Gürcan, et al. "The numerical investigation of running safety and fatigue analysis of a freight wagon." *International Congress on*. 2015.
3. Harak, S. S., S. C. Sharma, and S. P. Harsha. "Structural dynamic analysis of freight railway wagon using finite element method." *Procedia Materials Science* 6 (2014): 1891-1898.
4. Dižo, Ján, Jozef Harušinec, and Miroslav Blatnický. "Structural analysis of a modified freight wagon bogie frame." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 134. EDP Sciences, 2017.
5. Patrascu, Alexandru Ionut, Anton Hadar, and Stefan Dan Pastrama. "Structural analysis of a freight wagon with composite walls." *Mater. Plast* 57 (2019): 140-151.
6. Rao, Pothamsetty Kasi V., G. Rama Prudhvi Varma, and K. Sri Vivek. "Structural dynamic analysis of freight railway wagon using finite element analysis." *Materials Today: Proceedings* 66 (2022): 967-974.
7. Vatulia, Glib, et al. "Analysis of the Strength of the Supporting Structure of a TwoSection Hopper Wagon under Operating Loading Conditions." *Applied Sciences* 13.2 (2023): 859.

ÖZET SUNUMLAR

DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE, ACTIVE AND INTELLIGENT PACKAGING SOLUTIONS UTILIZING NATURAL-BASED COMPONENTS

Katalin Halász¹, Edit Erdősi², István Erdősi³, Tamás Dobronyi⁴

¹CLB Packaging Ltd., katalin.halasz.khk@gmail.com, ORCID number: 0000-0003-4411-6876

²CLB Packaging Ltd., edit.erdosi@clbpackaging.hu

³CLB Packaging Ltd., istvan.erdosi@clbpackaging.hu

⁴CLB Packaging Ltd., tamas.dobronyi@clbpackaging.hu

Abstract

The objective of our study was to develop sustainable packaging solutions for the food packaging industry by utilizing cellulose and incorporating natural, active, and responsive ingredients using green technologies. The development aimed to enhance packaging and provide modern functions that meet consumer and industry needs while retaining passive packaging functions.

During the research, we produced cellulose sheets with active and responsive coatings made of anthocyanin containing plant extract and chitosan as auxiliary material on a semi-automatic paper machine. Various physical characteristics of the coated samples were examined, bending stiffness, bending resistance, folding resistance, wet strength, tear index, antioxidant effect, and pH, time and temperature responsivity, which were followed spectrophotometrically by measuring the CIE Lab color coordinates.

Based on the results, the anthocyanin-containing plant extract used as coatings, also embedded in chitosan, effectively indicated the different pHs with a different color change. Based on the spectrophotometrically measured color reactions to changes in time and temperature, the samples are also effective as time-temperature indicators, to indicate both low- and high-temperature storage by color change. The samples containing the plant extract displayed antioxidant properties, and the radical scavenging ability in time was characterized by logarithmic regression. The addition of chitosan to the paper coating significantly improved its mechanical properties making it advantageous for food packaging applications.

These simple, economical, and eco-friendly materials can be applied in active and intelligent packaging technology, which offers new packaging options for the food industry that preserve and/or mark quality.

Keywords: active and intelligent packaging, cellulose, anthocyanin, chitosan

**ENRICHMENT OF PGMs FROM WASTE AUTO-CATALYTIC CONVERTORS:
LAB-SCALE ARC FURNACE DESIGN AND SLAG OPTIMIZATION**

**Mert SARAÇOĞLU¹, Bora AYVAZ², Semih KARAMAN², Sevde Rana GÜNAL¹ Kerem
Can DİZDAR¹ Utku Orçun GEZİCİ¹ Servet TİMUR¹**

¹Istanbul Technical University, Material and Metallurgy Engineering Department,
saracoglum16@itu.edu.tr, gunals@itu.edu.tr, geziciu@itu.edu.tr, dizdark@itu.edu.tr,
timur@itu.edu.tr

²Istanbul Technical University, Control and Automation Engineering Department,
ayvazb17@itu.edu.tr, karamans20@itu.edu.tr

Abstract

Platinum Group Metals (PGMs) find application in numerous industries owing to their unrivaled catalytic performance and exceptional corrosion resistance. With the rapid progression of industry, there has been a significant surge in the demand for Platinum Group Metals (PGMs). Presently, PGM resources are primarily concentrated in a limited number of geographical regions worldwide thus, ores with exceedingly low PGM concentrations, typically not exceeding 2-3 ppm. PGMs also find application in auto-catalytic converters, where their concentration varies from 100 to 10,000 ppm, depending on the specific model, type, and production year. Hence, the recycling of automotive catalytic converters becomes imperative. The extraction of PGMs from automotive catalytic converters has traditionally employed two primary methods: hydrometallurgical recovery, which encompasses leaching and subsequent PGM precipitation; and the pyrometallurgical route, involving the enrichment of PGMs within a metallic phase, followed by integration into the hydrometallurgical process. The pyrometallurgical approach is favored for its reduced chemical usage and more environmentally sustainable solutions, making it the method of choice in numerous industrial recovery units. In pyrometallurgical PGM recovery, the composition of the slag, the nature of the collector phase, and the process temperature directly influences the efficiency. The slag composition should feature a low melting temperature and minimal viscosity, while the selection of the collector phase necessitates consideration of subsequent processing steps. Additionally, the process temperature must be carefully chosen, taking into account associated energy costs. In order to address these challenges in pyrometallurgical recovery of PGMs from waste auto-catalytic convertors, our research group investigated efficacy of PGM recovery using a laboratory-scale arc furnace. Within the scope of this study, a direct current (DC) arc furnace has been specifically designed for the efficient recovery of PGMs from automotive catalytic converters. This endeavor encompassed the mechanical system design, crucible design, and automation, all of which are detailed in this work. Furthermore, we explored the optimization of the slag, both theoretically and experimentally. Theoretical calculations were performed using FactSage™, and the influence of flux additions on the thermal behavior of the slag was investigated through differential thermal analysis and thermogravimetric analysis (DTA-TGA).

Keywords: auto-catalytic convertors, platinum group metals, extractive metallurgy, pyrometallurgy

INVESTIGATION OF COBALT RECOVERY FROM END OF LIFE LI-ION BATTERIES BY HYDROMETALLURGICAL APPROACH

Sevde Rana GÜNAL¹, Mert SARAÇOĞLU¹, Utku Orçun GEZİCİ¹, Servet TİMUR¹

¹Istanbul Technical University, Metallurgy and Materials Department,
gunals@itu.edu.tr, saracoglum16@itu.edu.tr, geziciu@itu.edu.tr, timur@itu.edu.tr

Abstract

The rapid transition from conventional vehicles to electric vehicles (EVs) is creating global demand for cobalt, a key component of the common lithium-ion batteries that power electric vehicles. Even if EV battery production shifts to low-cobalt formulations, this prediction remains valid. Annual demand for cobalt in the European Union is currently approximately nine times the domestic supply [1]. This inequality will increase further over the next decade and that the EU will continue to rely heavily on imports for the foreseeable future. Electric vehicles (EVs) typically utilize the most widespread variants of lithium-ion batteries. These days, almost all commercialized lithium-ion secondary batteries use LiCoO₂, LiMn₂O₄, LiNiO₂, or related oxides as the cathode material [2]. Exploring recycling methods for lithium-ion batteries, particularly the cobalt metal they contain, holds the potential to address cobalt supply concerns.

Achieving cost-effectiveness is crucial for the recycling of lithium-ion secondary batteries. This ensures that the process is not only economically viable but also environmentally sustainable. While some hydrometallurgical and pyrometallurgical methods for recycling used lithium-ion secondary batteries have already been documented or granted patents, the majority of these methods are now undergoing pilot or lab testing. Furthermore, a highly contested area of research is the synthesis of LiCoO₂, LiMn₂O₄, LiNiO₂, and related oxide electrode materials using recycled metal from discarded lithium-ion secondary batteries [3]. Yet, most research initiatives about chemical processes have not succeeded in fully separating individual metal values from the components of the cathode.

In this study, for the purpose of recover as much of the precious metals as possible and design a straightforward and environmentally acceptable recycling procedure, a range of leaching techniques utilizing different amount of H₂O₂ as an oxidizing reagent have been employed to extract Co from the battery cathode material using DEHPA. This process includes dissolving in acid solution, neutralization, oxidation, reduction, and filtering. After the recycling process, the amount of Co was measured UV–visible spectroscopy and calculated extraction efficiency.

Keywords: Li-ion battery, cobalt recovery, solvent extraction, extractive metallurgy, recycling

[1] “Cobalt and electric mobility.” Accessed: Oct. 20, 2023. [Online]. Available: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/cobalt-and-electric-mobility-2018-11-13_en

[2] O. Velázquez-Martínez, J. Valio, A. Santasalo-Aarnio, M. Reuter, and R. Serna-Guerrero, “A Critical Review of Lithium-Ion Battery Recycling Processes from a Circular Economy Perspective,” *Batteries*, vol. 5, no. 4, Art. no. 4, Dec. 2019, doi: 10.3390/batteries5040068.

[3] X. Zheng *et al.*, “A Mini-Review on Metal Recycling from Spent Lithium Ion Batteries,” *Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 361–370, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.eng.2018.05.018.

GOFRET İMALAT HATLARINDA KULLANILAN GOFRET TAŞIMA MAKARASI

Kadir Bakırtaş^{a*}, Uğur Köklü^{b*}

^aTüfekçioğulları Makine Şirketi Ar&Ge Merkezi, Karaman, 70200, Türkiye,

^bMakine Mühendisliği Bölümü, Karamanoglu Mehmetbey Üniversitesi, Karaman, 70200,
Türkiye

Sorumlu Yazar E-postası: kadir.b@nefamak.com.tr

ÖZET

Gofret üretim hatlarında, gofret yaprakları ile gofret bloklarını makineler arasında taşıma ve aktarma işlemi genellikle konveyörlerle gerçekleştirilmektedir. Gofret taşıma makarası, endüstride gofret üretim tesislerinde gofret yaprağı veya gofret bloğunu taşıma ve aktarmada kullanılmaktadır. Gofret taşıma makarası gıdaya doğrudan temas ettiği için gıdaya uygun malzeme seçilmesi son derece önemlidir. Gofret taşıma ve aktarma işlemini gofret taşıma makarası, motordan aldığı güç ile dönme işlemi yapmaktadır. Makaranın dönmesi ile üstüne bağlanan O-ringler sayesinde kayış kasnak sistemi makaralar arası dönme hareketi yapmaktadır. Bu O-ring sistemi üzerine gofret yaprağı veya bloğunun taşınması sağlanmaktadır. O-ringler birbirine bağlanırken titreşim ile ısıtılarak gergin şekilde birleştirme işlemi yapılmaktadır. Bir gofret üretim tesisinde yaklaşık 500-700 adet gofret taşıma makarası kullanılmaktadır. Mühendislik plastikleri, işlenebilirliği kolay ve diğer malzemelere göre daha ucuz olması sebebiyle endüstride yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Termoplastik malzemelerin imalat yöntemleri arasında ise gıda makineleri sektöründe yaygın olarak talaşlı imalat yöntemi tercih edilmektedir. Talaşlı imalat yönteminin tercih edilmesinin sebebi, metalleri işleyen takım tezgahlarının ek bir yatırım maliyeti gerektirmeksizin termoplastik malzemelerin, istenilen şekilde imal edilmesine olanak sağlamasıdır. Talaşlı imalat yöntemi ile polimerik malzemeler hem daha kısa sürede hem de istenilen geometrik şeklin hassas olarak imalat edilmektedir. Buna ilaveten bu proses seri imalata da uygun olduğu için tercih edilmektedir. Gofret taşıma makaraları bir mühendislik termoplastığı olan poliasetal malzemesinden üretilmektedir. Çünkü poliasetal, yoğunluğunun düşük olması ve talaşlı imalatta işlenebilirliğinin kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir.

Anahtar kelimeler: Gofret taşıma makaraları, termoplastik, gıda makineleri, talaşlı imalat

ÇOK MALZEMELİ PARÇALARIN YAPIŞTIRILMA İŞLEMİNDE PARÇA DOLULUK ORANI VE MALZEME FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

İrem KURT BENLİ¹, Nergizhan ANAÇ², Oğuz KOÇAR³, Furkan PARMAKSIZ⁴

¹Yüksek Lisans Öğrencisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, iremkurt674@gmail.com, 0000-0003-4642-6981

²Doktor Öğretim Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, nergizhan.kavak@beun.edu.tr, 0000-0001-6738-9741

³Doktor Öğretim Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, oguz.kocar@yahoo.com.tr, 0000-0002-1928-4301

⁴Yüksek Lisans Öğrencisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, parmaksizfurkan67@gmail.com, 0000-0001-7002-9157

Özet

Uzun yıllar boyunca geleneksel imalat yöntemleri ile üretilen parçalar ürüne dönüşürken, çeşitli birleştirme teknikleri (mekanik birleştirme, kaynak, yapıştırma vb.) kullanılarak basit veya karmaşık montaj süreçleri geçirmişlerdir. Özellikle birbirine benzemeyen birden fazla malzemenin birleştirilmesi sağladığı avantajlardan dolayı ilgi çekici olmuştur. Son yıllarda geliştirilen eklemeli imalat teknolojilerinden biri olan 3 boyutlu (3B) yazıcılar gibi yenilikçi araçların, bilinen imalat yöntemleri ile kıyaslandıklarında çok parçalı ürünlerin üretilmesi konusunda maliyet ve zaman açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. 3 boyutlu yazıcıların birden fazla baskı kafasına sahip olabilmesi sayesinde farklı malzemelerin aynı ürün üzerinde eş zamanlı basılması sağlanabilmektedir. Fakat, kullanılan sarf malzemelerinin çeşitleri ve üretilen parçaların boyutları sınırlıdır. Buna rağmen, gün geçtikçe 3 boyutlu yazıcı teknolojisi gelişmeye devam etmektedir ve malzeme çeşitliliği de artmaktadır. Gelecekte 3 boyutlu yazıcılarda kullanılacak malzeme sayısı arttıkça, çoklu malzemelerden oluşmuş yüksek teknoloji ürünlerinin üretileceği öngörülmektedir. Günümüzde araştırmacılar, malzemelerin çeşitleri ve yüzde oranlarının değiştirilmesiyle çok malzemeli parçalar üretilmesi hakkında çalışmalar yapmaktadırlar. Buna rağmen, çok malzemeli parçaların birleştirilmesi işlemleri ve bu işlemlerde malzeme çeşidi ile malzeme doluluk oranlarının etkileri konusunda literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Bu çalışmada, çok malzemeli parçalardan oluşturulan yapıştırma bağlantılarında, parça doluluk oranı ve malzeme kombinasyonlarının bağlantı mukavemetine etkileri araştırılmıştır. İki farklı filament malzemesi (PLA Plus ve PLA CF), iki farklı malzeme doluluk oranı (%50 ve %100) kullanılarak, tekli malzeme ve çoklu malzeme formunda çeşitli deney numuneleri 3 boyutlu yazıcı ile üretilmiştir. Bu numunelerin yapıştırıcı kullanarak birleştirilmesi (yapıştırma işlemi) gerçekleştirilmiştir. Deney numuneleri sertlik ve çekme testlerine tabi tutulmuştur. Testlerin tamamı oda sıcaklığında yapılmıştır. Sonuç olarak, çok malzemeli parçaların yapıştırılma işleminde parça doluluk oranı ve malzeme faktörleri birlikte değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Eklemeli imalat, 3B yazdırma, birbirine benzemeyen plastik malzemeler, çoklu malzemeler, yapıştırma işlemi, mekanik özellikler

MIG/MAG KAYNAĞINDA KORUYUCU KAYNAK GAZI DEBİSİNİN KAYNAK NÜFUZİYETİNE ETKİLERİNİN ANALİZİ VE İNCELENMESİ

Anıl ŞEKER¹, Furkan DEĞİRMENCİOĞLU², Mesut KARAKUŞ³

¹ anilseker@hotmail.com, Demircioğlu Group, Arge Merkezi
0000-0002-7460-0151

²furkan.degirmencioglu45@gmail.com, Demircioğlu Group, Arge Merkezi
0009-0008-4835-1842

³mesutkarakusmm@gmail.com, Demircioğlu Group, Arge Merkezi
0009-0008-7082-874X

Özet

Günümüz endüstrisinde çözülemeyen bağlantı yöntemlerinden biri olarak sıklıkla kullanılan kaynak prosesi, açık-kapalı alanlarda ve su altı gibi çok çeşitli ortamlarda farklı malzemelerin birleştirilmesinde rol oynayarak üretim sürecinin başarısı ve sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir. Dinamik ve hızla değişen endüstri şartları altında artan küresel rekabet ile birlikte kaynak teknolojisi alanında birçok farklı uygulama yöntemi geliştirilmiştir. Bu çalışma, düşük karbonlu çelik ve otomat çeliği kullanılarak farklı metal çiftlerinin dairesel gazaltı kaynak prosesinin istenen kalitede olması için koruyucu kaynak gazı debi miktarının optimum değerini bulma üzerinedir. Gaz altı kaynağı, kaynak yapılacak metal ile tükenen bir kaynak elektrot parçasının arasında oluşan elektrik arkının gaz korumalı olarak yapılması işlemidir. Koruyucu kaynak gazı kullanımını sayesinde, kaynak yapılan bölgenin havadan ve diğer etmenlerden etkilenmemesi sağlanır. Çalışmada gaz altı kaynak yöntemlerinden olan MIG kaynağı ve koruyucu gaz olarak Ar ve CO₂ gaz karışımı kullanılarak farklı koruyucu gaz debilerinin kaynak nüfuziyetini nasıl etkilediği incelenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce diğer kaynak parametreleri ve kullanılacak kaynak teli belirlenmiştir. Sonrasında ise dairesel kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen dairesel kaynak işlemi sonrası numunelere TS EN ISO 5817 nolu standardın D Kalite seviyesi esas alınarak nüfuziyet testi uygulanmıştır. Kaynak nüfuziyeti test sonuçlarından sonra optimum koruyucu kaynak gazı debi miktarı belirlenmiştir. Optimum sonuçların elde edildiği debi miktarını bulmak, istenen kaynak kalitesine ve daha fazla koruyucu kaynak gazı kullanımını engelleyerek maliyeti azaltmaya yardımcı olmaktadır. Optimum gaz debi miktarının bulunmasının başka bir önemli noktası ise yüksek akım şiddetlerinde yapılan kaynak işleminde, gaz debisi düşük kalırsa kaynak banyosunda sıçrayan metal damlaları nozulun iç yüzeyine yapışarak nozulun belirli aralıklarla temizlenmesine veya nozulun değiştirilmesine sebep olur. Yapılan çalışmalar ile daha verimli bir üretim süreci sağlamaya, daha kaliteli ürünler imal etmeye ve günümüz endüstrisinin beklediği düşük hata ve yüksek verimlilik beklentisi yakalanmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Gaz altı kaynağı, gaz debisi, kaynak nüfuziyeti

POST-TÜKETİCİ KAYNAKLI POLİETİLEN/THERMOPLASTİK NİŞASTA KARIŞIMLARININ HAZIRLANMASI VE KARAKTERİZASYON

Barış ONER¹, Tolga GOKKURT², Yasemen GOKKURT³, Ayşe AYTAC⁴

¹AR-GE Kıdemli Uzmanı, EGGER DEKOR, AR-GE Bölümü, baris.oner@egger.com,
0009-0000-7470-2636

²AR-GE Yöneticisi, EGGER DEKOR, AR-GE Bölümü, tolga.gokkurt@egger.com,
0000-0003-4349-9430

³AR-GE Ürün Teknoloji Takım Lideri, EGGER DEKOR, AR-GE Bölümü,
yasemen.gokkurt@egger.com, 0009-0000-5119-8668

⁴Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı, Kocaeli Üniversitesi, aaytac@kocaeli.edu.tr

Özet

Son yıllarda, plastik malzeme tüketimi dünya genelinde önemli ölçüde artış göstermiş ve bunun sonucunda plastik atık üretimi de buna paralel olarak artmıştır. Plastik kirliliğinin olumsuz sonuçlarını hafifletmek için geri dönüşüm yaygın bir yaklaşım olarak ortaya çıkmış ve böylece çevreyi koruma amacı güdülmüştür. Plastik malzemelerin geri dönüşümü, atık bertarafının çevresel etkilerini azaltmanın yanı sıra değerli kaynakların yeniden kazanılmasını da kolaylaştırarak ekonomiye olumlu etki yapmaktadır. Geri dönüşüm çalışmalarına ek olarak, biyopolimerlerin kullanımı, plastikler tarafından sebep olunan olumsuz çevresel etkileri daha da azaltma ve dolayısıyla karbon ayak izini azaltma açısından her geçen gün daha da önem kazanmaktadır. Bu çalışma, özellikle mobilya sektöründe kenar bantlarının nakliye süreçlerinde kullanılan ambalaj malzemelerinin, özellikle düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) yerine kullanılabilir geri dönüşüm tabanlı biyopolimer/LDPE hammadde elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu amaçla, ambalaj atığından elde edilen geri dönüştürülmüş düşük yoğunluklu polietilen (r.LDPE), mısır nişastasından türetilen termoplastik nişasta (TPS) ve üç farklı uyumlaştırıcı kullanılmıştır. Düşük yoğunluklu polietilen- graft-maleik anhidrit (LDPE.g.MA), maleik anhidrit- graft-etilen propilen dien kauçuğu (EPDM.g.MA) ve maleik anhidrit graft plastomer (PP/PE.g.MA), uyumlaştırıcılar olarak seçilmiştir. Tüm bu uyumlaştırıcılar yüksek oranda maleik anhidrit içermektedir (%1). Bu seçilen hammadde kombinasyonu laboratuvar ölçeğinde çift vidalı ekstruder kullanılarak farklı formülasyonlara sahip r.LDPE/TPS karışımları üretilmiştir. Üretilen r-LDPE/TPS karışımları, mekanik, termal, yapısal ve morfolojik analizlerle özellikleri değerlendirmek için karakterize edilmiştir. Çekme mukavemeti değerlerinin, yüksek seviyede maleik anhidrit aşılansız polimer esaslı uyumlaştırıcıların eklenmesiyle arttığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, özellikle ambalaj film uygulamalarında önemli bir parametre olan kopma uzama değerlerinin uyumlaştırıcı ilavesiyle arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, blend çalışmaları için önemli olan arayüzey etkileşimlerinin maleik anhidrit aşılansız uyumlaştırıcılarla istenen seviyede iyileştiği gözlemlenmiştir. Son olarak, DSC analiziyle belirlenen erime sıcaklığı ve kristalizasyon sıcaklığı gibi termal özellikler, üretim sürecini önemli ölçüde etkilemeyecek

düzeylede hafif bir değişiklik göstermektedir. EPDM.g.MA ve PP/PE.g.MA türündeki uyumlaştıricıları içeren karışımlarda arayüzey etkileşimi iyileşmiştir. Bu bulgular, elde edilen sonuçların ambalaj endüstrisinde ne kadar önemli parametreler olduğunu vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Biyopolimer, nişasta bazlı termoplastikler, geri dönüştürülmüş polietilen, maleik aşılannış uyumlaştıricılar

OTOMOBİL DEPO YAKIT SEVİYE KAPAĞININ METALDEN PLASTİĞE DÖNÜŞÜMÜ İLE AĞIRLIK AZALTMA UYGULAMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Uğur EFE¹

¹Makine Mühendisi, YPS Otomotiv A.Ş. Tasarım Merkezi, ugur.efe@yps.com.tr, (Orcid: 0000-0001-7716-3404)

Özet

Otomotiv sektörü yan sanayilerle birlikte ülkemiz ve diğer ülkelerde ekonomik açıdan çok önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmalar arası rekabet hızla yükselmekte ve buna bağlı olarak verimlilikte artış, kaynakların etkin kullanılması, idari ve teknik organizasyonlar gibi unsurlarla birlikte, araçlarda ağırlık azaltma büyük önem kazanmaktadır. Özellikle binek taşıtlarda artan zati ağırlık, doğrudan yakıt tüketimini artırmaktadır. Yakıt tüketiminin artması, doğrudan emisyon oranlarını da arttırmaktadır. Hem küresel ısınma, hem doğal kaynakların azalması ile aynı zamanda çevre kirliliğinin artması, araç ağırlıklarının hafifletilmesi konusunu, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmaların başlıca çalışma konuları arasına girmiştir.

Araçların yakıt tüketimini ve buna bağlı olarakta emisyon oranlarını azaltmada en etkili çözümlerden biri taşıt ağırlığında azaltılma yapılmasıdır. Son yıllarda, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmalar, otomobillerde ağırlık azaltma için metal hammadde kullanımı yerine, plastik hammadde kullanımı sağlayarak, hammadde kaynaklı taşıtlarda ağırlık azaltma çalışmaları gittikçe önem kazanmaktadır. Ülkemizde otomotiv sanayinde gelişen teknolojiye paralel olarak, otomotiv sektöründe kullanılan plastik parça üretimi de artmaktadır. Otomobil imalatında giderek artan plastik tüketimi, plastik parçaların imalatında kullanılan plastik hammaddeleri de çeşitlendirmektedir.

Bu çalışmada, binek otomobillerde kullanılan FEP04 metal malzemeden yapılan depo yakıt kapağı komponentinin önerilen durumda, Polipropilen ve PA66-GF30 plastik malzemeye dönüştürülmesi ile ağırlık azaltma, rijitliği arttırma, üretilebilirliği ve üretim maliyetlerine etkileri bakımından araştırılması yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Depo yakıt seviye kapağı, Polipropilen, PA66-GF30, Ağırlık azaltma, Metal-plastik dönüşümü

**FARKLI METAKRİLAT MONOMERLERİ İÇEREN MALEİK ANHİDRİT-STİREN
BAZLI TERPOLİMERLERİN SENTEZİ KARAKTERİZASYONU ve
TERMOMEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Ersen YILMAZ *

* Doktor Öğretim Üyesi, Munzur Üniversitesi, ersenyilmaz@munzur.edu.tr
Orcid ID : 0000-0002-8567-1668

Özet

Maleik anhidrit-Stiren (MAS) kopolimeri şeffaf, yüksek termal ve kimyasal dirençli, yüksek boyutsal kararlılığa sahip bir polimerdir. Ayrıca içerdiği anhidrit grubu dolayısıyla spesifik bir reaktiviteye sahiptir. Yüksek mol kütleli MAS kopolimerleri, mühendislik plastiği uygulamalarında, otomobil parçalarında, küçük ev aletlerinde, yemek servisi yapılan kaplarda, yapıştırıcı ve polimer karışımlarında ise uyumlaştırıcı olarak kullanılır. Bu çalışmada, Maleik anhidrit (MA), Stiren (S) monomerleriyle Etil metakrilat (EMA) ve bütül metakrilat (BMA) monomerleri kullanılarak iki farklı terpolimer Maleik anhidrit-Stiren-Etil metakrilat (MA-S-EMA) ve Maleik anhidrit-Stiren-Bütül metakrilat MA-S-BMA sentezlendi. FT-IR ile kimyasal yapı karakterize edildi. Viskozimetrik ölçümlerle mol kütleleri kıyaslandı. Termomekanik analizle gerilim-gerinim (stess-strain), gerinim-sıcaklık ve elastik modül-sıcaklık eğrileri elde edildi. Diferansiyel Taramalı Kalorimere (DSC) ile camsı geçiş sıcaklığı (Tg) ölçümü yapıldı. Analizler sonucunda, FT-IR spektrumunda sentezlenen terpolimerlere ait karakteristik pikler gözlemlenmiştir. Terpolimerlerin mol kütlesi büyüklüklerinin MA-S-EMA > MA-S-BMA şeklinde olduğu bulunmuştur. Termomekanik ölçüm sonuçlarından MA-S-BMA terpolimerinin daha yüksek elastik modüle sahip ve dolayısıyla daha sert olduğu belirlenmiştir. Hem termomekanik hem de kalorimetrik ölçümlerden MA-S-EMA terpolimerinin daha yüksek bir Tg değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Terpolimerlerin Tg sıcaklıkları DSC termogramından; MA-S-EMA ve MA-S-BMA için sırasıyla 145,8 °C ve 135,3 °C olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar ışığında, laboratuvarında sentezlenen iki terpolimerin de endüstriyel kullanımlar için işlevsel olabileceği öngörülmüştür.

Anahtar kelimeler: Terpolimer, maleik anhidrit, akrilat, termal analiz, mekanik analiz

AN INVESTIGATION OF THE FATIGUE LIFE OF WC- 26 WT.% CO MATERIAL USED IN COLD FORGING DIES

Burak Hizli¹, Kubra Ozturk², M. Burak Toparli³, Umut Ince⁴

¹R&D Center, Norm İzmir Cıvata San. ve Tic. A.Ş., burak.hizli@normfasteners.com

²R&D Center, Norm İzmir Cıvata San. ve Tic. A.Ş., kubra.ozturk@normfasteners.com

³R&D Center, Norm İzmir Cıvata San. ve Tic. A.Ş., burak.toparli@normfasteners.com

⁴R&D Center, Norm İzmir Cıvata San. ve Tic. A.Ş., umut.ince@normfasteners.com

Abstract

The cold forming of fasteners requires high forging forces, which cause significant stresses in the dies. WC-Co materials are preferred for use in die materials in the production of fasteners through cold forging, due to their high strength, wear resistance, high hardness, and low elastic deformation characteristics. Precise estimation of die life is critical for enhancing production efficiency and reducing die-related expenditures especially in the cold forging processes. The aim of this study was to reveal the fatigue behavior of WC-Co materials with a Co content of 26%, which are commonly used in forging dies. Experimental investigations were to determine and compare the fatigue performance at three different stress amplitudes using three-point bending fatigue testing of WC-%26 wt Co. To investigate the fatigue behavior under a wide range of loading conditions, three stress amplitudes of 750, 800, and 850 MPa corresponding to 25%, 27%, and 28.3% of compressive strength of WC-%26 wt Co. were selected for fatigue testing. Maximum and minimum stress values were calculated for stress ratio of R0.1 and R0.2. Loading frequency in fatigue testing was set to 72.45 Hz. The fatigue performance of each set was determined from the mean of at least three test results. After completing the experiments Goodman-Haigh diagrams were obtained from the experimental results.

Keywords: WC-Co, Co ratio, Fatigue life, Cold forming

THE INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND PERFORMANCE OF ADDITIVELY MANUFACTURED STAINLESS STEEL BOLTS

Burak Hizli¹, Sarper Dogan², M. Burak Toparli³, Umut Ince⁴, Paul Boreham⁵, Kyriakos Kourousis⁶

¹R&D Center, Norm Izmir Cıvata San. Tic. A.Ş., burak.hizli@normfasteners.com

²R&D Center, Norm Izmir Cıvata San. Tic. A.Ş., sarper.dogan@normfasteners.com

³R&D Center, Norm Izmir Cıvata San. Tic. A.Ş., burak.toparli@normfasteners.com

⁴R&D Center, Norm Izmir Cıvata San. Tic. A.Ş., umut.ince@normfasteners.com

⁵School of Engineering, University of Limerick, paul.boreham@ul.ie

⁶School of Engineering, University of Limerick, kyriakos.kourousis@ul.ie

Abstract

In recent years, additive manufacturing of metallic materials has become one of the most interested manufacturing method in terms of beneficial capabilities over free-form modelling, rapid prototyping, and less material waste. Therefore, it enables to create complicated components for various applications in different industries. For the fastener industry, cold forming operation is an efficient and proven method for mass production, on the contrary, additive manufacturing can be implemented in production of stainless steel fasteners, which have certain restrictions for cold forming considering high forging load requirements and decreased performance of forming dies. In the scope of this study, M5 stainless steel bolts produced from 316L powder by additive manufacturing were compared to AN3-4A steel bolts and M5 8.8 grade steel bolts produced by 23MnB4 carbon steel based on the performance during tightening process. Hence, breaking torque tests were carried out. According to the results, additively manufactured bolts reached the highest breaking torque values in 60° orientation compared to other orientations. Additionally, those bolts exhibited lower breaking torque performance than that of both AN3-4A steel bolts and 8.8 grade steel bolts. Thereafter, fracture surfaces of tested bolts were examined using SEM in order to understand the failure at lower breaking torques. It was seen that fracture initiated in the lack-of-fusion zones and partially melted zones due to higher stress concentration as a result of torsion.

Keywords: Metal additive manufacturing, stainless steel, steel, bolt, breaking torque

PRECIPITATION OF ERBIUM MOLYBDATES FROM MOLYBDENUM-CONTAINING LEACHING SOLUTION

Mehmet Kayra KARACAHAN^{1*}

¹Rare Earth Elements Application and Research Center, Munzur University, Tunceli, Türkiye
^{*}mtanaydin@munzur.edu.tr

Abstract

Molybdenum and its derivatives are considered strategic compounds with extensive application in various fields, including catalysts, nuclear energy, petrochemicals, medical, aerospace, and solar cells. Erbium molybdates are special materials that aid in various applications, such as sensors, photocatalysts, photonics, and laser devices. This study investigated the leaching kinetics of molybdenum trioxide concentrate with ammonia solution. The effects of ammonia concentration, temperature, solid/liquid ratio, and particle size on the dissolution of molybdenum were investigated. It was found that the leaching rate increased with increasing temperature, stirring speed, and concentration as well as decreasing particle size and solid/liquid ratio. It was determined that molybdenum was leached from MoO₃ with an average yield of 98% under optimum conditions. Erbium molybdate was obtained by adding erbium nitrate to the leaching solution using optimum parameter values. XRD and SEM characterized the obtained erbium molybdate.

Keywords: Molybdenum trioxide, Leaching, Erbium Molybdate, Molybdenum, Ammonia.

3BOYUTLU YAZICIYLA ÜRETİLMİŞ PLAKALARIN SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞI

Nergizhan ANAÇ¹, Oğuz KOÇAR², Emre KANLI³, Cihan ALTUOK⁴

¹Doktor Öğretim Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, nergizhan.kavak@beun.edu.tr, 0000-0001-6738-9741

²Doktor Öğretim Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, oguz.kocar@yahoo.com.tr, 0000-0002-1928-4301

³Yüksek Lisans Öğrencisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, emreknli@hotmail.com, 0009-0009-2636-202X

⁴Yüksek Lisans Öğrencisi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Makine Mühendisliği, c.altuok@gmail.com, 0000-0002-3583-086X

Özet

Plastik malzemeler; ucuz, hafif ve laboratuvar koşullarında kontrollü üretilerek özelliklerinin geliştirilmesinin mümkün olması sayesinde endüstride vazgeçilemez hale gelmiştir. Plastiklerin üretimi için çeşitli metotlar bulunmakta birlikte, son yıllarda hızla gelişen 3Boyutlu yazıcı teknolojisi ile bilinen geleneksel üretim yöntemlerinden farklı bir teknikle parça üretmek mümkün olmuştur. 3B yazıcılarda termoplastik malzemelerin kullanıldığı bu yenilikçi katmanlı imalat teknolojisinde, maliyet ve zamandan tasarruf gibi önemli avantajlar bulunmaktadır. 3Boyutlu yazıcıların tercih edilme sebeplerinden en önemlisi parçaların doluluk oranının değiştirilebilmesi özelliği yani düşük doluluk oranına sahip parçaların üretilmesidir. Yöntemin dezavantajı üretilen parçaların boyut sınırının bulunması ve büyük parça üretilmesi istendiğinde birleştirme yöntemlerinin kullanılması gerekliliğidir. Bu nedenle, 3Boyutlu yazıcılarda üretilen parçaların montajı veya birleştirilmesi yapılmalıdır. Plastiklerin birleştirme işlemleri genellikle kaynak, yapıştırma veya mekanik bağlama elemanları ile gerçekleştirilmesine rağmen, karmaşık ve büyük parçaların üretimi çoğunlukla kaynak teknolojisine ihtiyaç duyar. Sürtünme karıştırma kaynağı (SKK), 1991 yılında İngiliz TWI (The Welding Institute) tarafından patenti alınmış ve o zamandan bu yana hakkında birçok çalışma yapılan bir katı hal yöntemidir. İlk olarak, alüminyum ve alüminyum alaşımlarının birleştirilmesi için yeni bir kaynak yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde hem metal ve metal alaşımlarının hem de plastik malzemelerde kullanılabilmesine rağmen, plastiklerin sürtünme karıştırma kaynağıyla birleştirilmesinde endüstriyel uygulamaların ve akademik çalışmaların çok yaygınlaşmadığı görülmüştür. Ayrıca 3B yazıcılarda imal edilen düşük doluluk oranlarına sahip malzemelerin sürtünme karıştırma kaynağı konusunda da literatürde herhangi bir bilgiye rastlanılmamıştır.

Bu nedenle yapılan çalışmada, 3boyutlu yazıcılarda üretilen düşük doluluk oranlarına sahip PLA Plus malzeme ve bu malzemelerden yapılan sürtünme karıştırma kaynaklı bağlantılar üzerine odaklanılmıştır. Deneylerde, sürtünme kaynağı işlem parametreleri (ilerleme hızı: 50 ve 100 mm/dak ve dönme hızı: 1000 ve 1500 dev/dak) ve 3B yazdırma işlem parametrelerinin

(doluluk oranları) kaynak mukavemetine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak, 3B üretilmiş parçaların sürtünme karıştırma kaynak işlemleri değerlendirilmiştir.

Anahtar sözcükler: Katmanlı imalat, 3B yazdırma, sürtünme karıştırma kaynağı, plastik malzemeler, mekanik özellikler

Armor Steel Ballistic Test Processes

Melek ALTAY¹, Ali ORHAN²

¹ R&D Specialist, Koluman Otomotiv Endüstri A.Ş, Ballistic Processes,
Melek.Altay@koluman.com,

² Vehicle Design Manager, Koluman Otomotiv Endüstri A.Ş, Vehicle Design

Abstract

The importance given to increasing the ballistic protection and survivability levels of defense industry vehicles is increasing day by day. With these studies, the thickness of armor steel, which is the most widely used armor material, needs to be optimized and the hardness-toughness balance of the internal structure needs to be improved and verified with ballistic tests to make it usable.

Ballistic tests are carried out according to the levels in STANAG 4569 Logistics and Protection Levels Standard for Light Armored Vehicles, taking as reference the ammunition type, ammunition speed and number of shots. Levels range from 1 to 6 and starting with 5x56 mm ammunition, the penetration effect is strengthened by increasing the ammunition type, bullet type, caliber and ammunition speed. Tests must be carried out in accordance with the standard at specified levels. Speed measurements are made with acceleration detectors that must be available in ballistic test centers, and it is determined that the shots are made at the speeds specified in the standard. The shot is considered valid if the deviation at the firing point is determined to be within 0.5 mm using deviation cards and deviation tables; If it is found to be more than 0.5 mm, the shot will be considered invalid. When the shots reach the plate, a light penetration test is performed on the witness plate, which consists of 3 mm aluminum 5083 material that simulates human skin behind the plate. By checking the surface with light in a dark environment, it is verified whether shrapnel fragments cause a puncture in the structure. Due to the surface hardness of the armor steel, the kinetic energy of the ammunition is absorbed and fractures, i.e. shrapnel, occur in the bullet core. Since the surface hardness of the armor steel decreases and its toughness increases towards the internal structure, it is aimed to provide full protection by eliminating shrapnel pieces.

If there is light leakage in the witness sample as a result of ballistic tests, the configuration is considered unsuccessful. Configuration deemed unsuccessful is rejected; Tests can be continued with the new configuration solution created by changing the thickness, brand and mechanical properties.

Key words: Armor steel, Ballistic Tests, STANAG 4569

POSTER SUNUMLAR

SYNTHESIS, BIODEGRADATION AND APPLICATION OF BIOPOLYMERS DERIVED FROM STARCH IN THE TREATMENT OF HARD WATER

Adrián Matencio^a, Edoardo Fioravanti^a, David Rupérez-Cebolla^{b,c}, Filomena Silva^{c,d,e},
Danielle dalla Pria^f, and Francesco Trotta^{a,g}

^a Department of Chemistry, University of Turin. Via Pietro Giuria 7, 10125 Torino, Italy.

^b I3A – Aragón Institute of Engineering Research, C. de Mariano Esquillor Gómez, s/n, 50018, Zaragoza, Spain.

^c University of Zaragoza, Dept. of Analytical Chemistry, C. Pedro Cerbuna, 12, 50009, Zaragoza, Spain.

^d ARAID–Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo, Av. de Ranillas 1-D, planta 2^a, oficina B, 50018 Zaragoza, Spain.

^e Faculty of Veterinary Medicine, University of Zaragoza, Calle de Miguel Servet 177, 50013 Zaragoza, Spain.

^f Roquette Italia S.P.A. Strada Serravalle, 26, 15063 Cassano Spinola. Italy.

^g NIS (Nanostructured Interfaces and Surfaces) Interdepartmental Centre. Via Pietro Giuria 7. 10125 Torino, Italy.

E-mail of the presenting author: adrian.matencioduran@unito.it

Abstract

Climate change is causing a change in local rainfall, which generally brings with it a reduction in rainfall and, consequently, an increase in water hardness. For that reason, new eco-friendly technologies able to manage and reduce the hardness of the water are demanded. In this project, different polymers formed from cyclodextrins and maltodextrins (Linecaps® and Glucidex®) with different crosslinking agents (carbonylimidazole, pyromellitic anhydride and citric acid), called Nanosponges, have been studied as an active agent in the chelation of Ca²⁺ and Mg²⁺ cations as an example of application. The polymers were characterized using TGA and FTIR demonstrating the correct formation of the Ester bond. After that, they were tested suggesting a greater application of pyromellitic anhydride and citric acid derivatives for both cations, although the Glucidex® polymers were the most interesting due to their high affinity and lower cost. Finally, using *Bacillus subtilis* as a model, the microorganism's ability to degrade polymers was studied, with a view to a possible final application. The results suggest greater biodegradability of the carbonylimidazole and citric acid polymers compared to those of pyromellitic anhydride, due to the different affinity against α -amylase and intrinsic antimicrobial activity. This was also verified by the presence higher protein amounts, indicating a greater enzyme production. This work suggests a potential use of these polymers in the treatment of hard water and their biocompatibility with the environment.

12.12.2023

ISBN: 978-625-99488-7-4

ASES PUBLICATIONS – 2023©