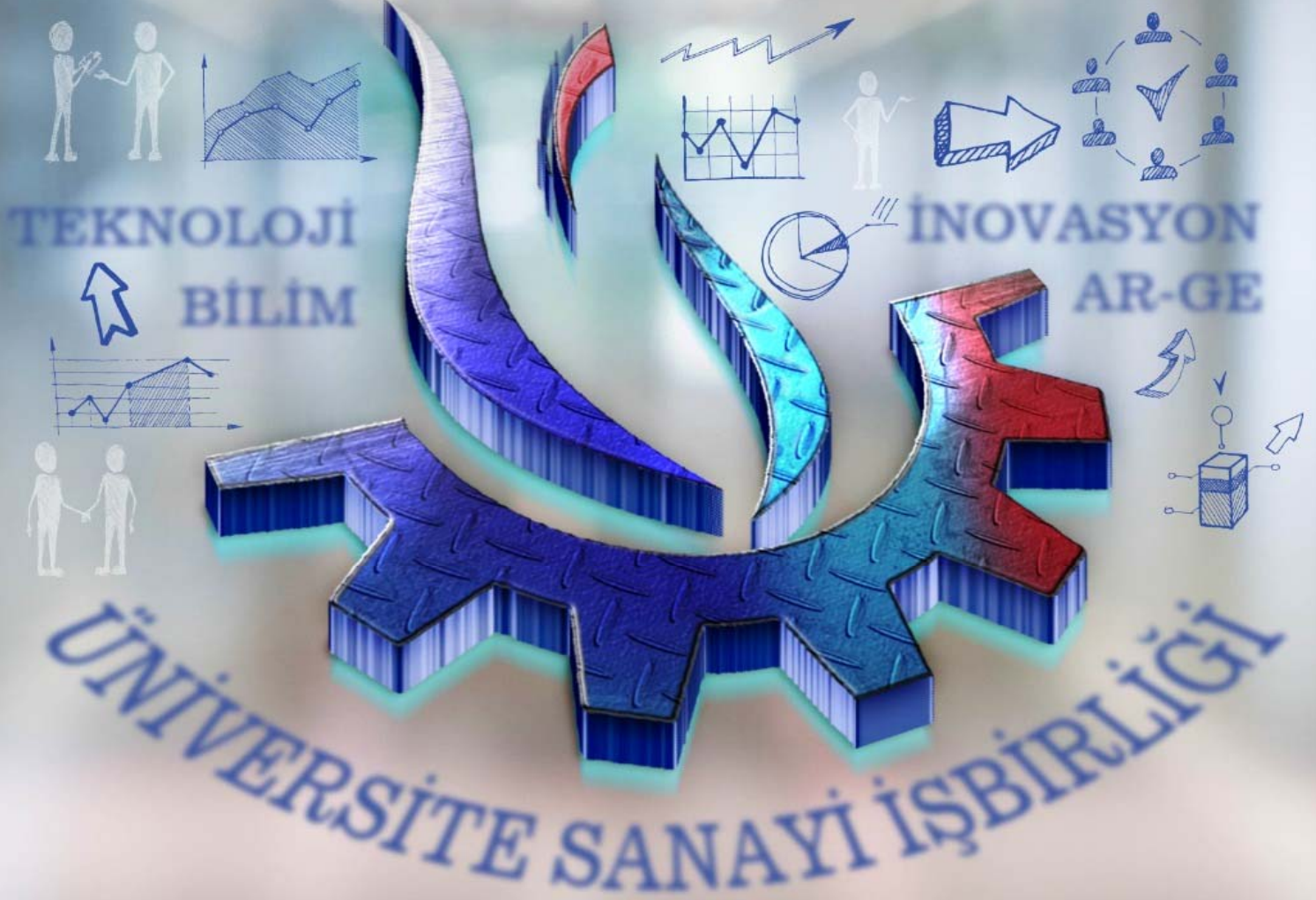


III. ULUSAL ÜNİVERSİTE-SANAYİ İŞBİRLİĞİ, AR-GE VE İNOVASYON KONGRESİ (ONLINE)



 argeinv.mcbu.edu.tr  argeinv@cbu.edu.tr

 0236 201 20 47 / 48

Önemli Tarihler

- 22 Aralık 2020 : Bildiri özeti son gönderim
(Genişletilmiş Özet)
- 22 Aralık 2020 : Bildirisiz katılım son başvuru
- 24 Aralık 2020 : Bildiri özeti değerlendirme
sonuçlarının açıklanması
- 28 Aralık 2020: Kayıt ücreti son ödeme
- 29 Ocak 2021 : Tam metinlerin son gönderim

ÜSİTEM

29 ARALIK 2020



İÇİNDEKİLER	i
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ REKTÖRÜ	iv
PROF. DR. AHMET ATAÇ	
ÜSİTEM MÜDÜRÜ	v
PROF. DR. OSMAN ÇULHA	
TEKNOPARK GENEL MÜDÜRÜ	vi
PROF. DR. HÜSEYİN AKTAŞ	
İŞYERİ UYGULAMA EĞİTİMİ KOORDİNATÖRÜ	vii
PROF. DR. OSMAN ÇULHA	
DEFAM MÜDÜRÜ	viii
ASSOC. PROF. DR. SÜLEYMAN KOÇAK	
BAŞLIKLAR	ix
DAVETLİ KONUŞMACILAR	1
EDİTÖRLER VE DÜZENLEME KURULU	3
BİLİM/HAKEM KURULU	4
DÜZENLEYEN KURULUŞLAR	5

SÖZLÜ SUNUMLAR

Gating Optimization On A Part Via Simulation Program to Convert Productionmethod From Iron Casting to Aluminum Casting	7
Mert ÇELİKBİLEK and Cemil Çağrı GÜLMEZ	
Kardan Millerinde Kullanılan Çatalı Flanş Alt Parçasının Dövme Prosesi Yerine Döküm Yöntemi İle Üretilmesi	12
Fulya Eyçin ve Tülay Nayir	
Kesinti Yönetim Sistemi Tabanlı Arıza İstatistikleri Ve Coğrafi Bilgi Kullanımı İle Makine Öğrenmesine Dayalı Haftalık Bazda Arıza Tahmini Ve Öncelikli Bakım Öngörüsü Oluşturma	19
İlyas Gögebakan ve Andaç Kiliç	
Alüminyum Alaşımlarında Yarıkatı Döküm Yöntemleri	24
Ferhat Aydoğan, Elvan Bilge Menteşe, Prof. Dr. Nurşen Saklakoğlu	
Alüminyum Malzemeden Oluşan Kardan Milinin Kaynağı İçin Optimum Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi	43
Muzaffer Kasaba, Efe Işık	
Bakır - Alüminyum Hibrit İletken Üretimi	50
U. Gülten, C. Akçay, V. Yamaç ve O. Akyüz	
Bir Alüminyum Birim Parçanın Gerilme Dağılımlarının Bir Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Doğrulanması	58
Sedat Tarakçı, Muzaffer Kasaba ve Efe Işık	
Bir Dekantör Santrifüj Makinasında Titreşim Analizi	65
Sevgi Bozdoğan, Engin Aydinoğlu, M. M. Fatih Karahan, B. Burak Özhan	



Yeni Nesil Panel Kondanser Projesi Naim Alper Sülen ve Doğuş Üklimek	72
CuSn ₂ Alaşımli Filmaşında Tel Çekme ve Sürekli Dirençli Tavlamanın Mekanik ve Elektriksel Özelliklere Etkisi O. AKYÜZ, C. AKÇAY, G. BAYKENT, U. GÜLTEN ve H. GÖKER	76
Sıcak Dövme Üretim Parametrelerinin Kardan Mili Parçası Üzerine Etkilerinin Simülasyon Destekli Araştırılması Ve Optimizasyonu Fulya Eyçin, Tuğçe Yağci, Serhat Bardakci	83
Kardan Mili Parçalarından Çatallı Flanşın Farklı Soğuma Ortamlarındaki Mikroyapısal Özelliklerinin Simülasyon Destekli İncelenmesi Fulya Eyçin, Tuğçe Yağci, Serhat Bardakci	91
Çok Parçalı Kardan Mili Uygulamalarında Ara Yatak Grubu Pozisyonun Kardan Mili Doğal Frekansı Ve Ağırlığına Etkisi Turan Solmaz, Muzaffer Kasaba ve Efe Işık	96
Hızlı Kapı Plastiği Termoform Kalıbı Tasarımı Ve İmalatı Projesi Yunus Özkan ve Esra Nur Kaz	105
Ağır Gramajlı (Döşemelik) Kumaşlarda Çekmezliğin Sanfor Etiketine Uygun Düzeyine Getirilmesi İlker Ertuna, Nazlı Doğanlı, Fatma Karaoğlu, Ali Küçükpetek, Doç. Dr. Ceren Göde	109
Geliştirilmiş Dayanıma Sahip Bir Bağlantı Elemanı Tasarımı Sezgin Yurtdaş, Barış Tanrikulu, Özlem Toker, Cenk Kiliçaslan, Umut İnce	113
COVID-19'a Karşı Geliştirilen Farklı Aşı Tipleri Şeyda Nur GİRGIN, Nuri SARIKAYA ve Erdal EROĞLU	119
Dekstrin İlavesinin Döküm Hataları Ve Yaş Kalıp Kumunun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri Gülcan Çetin, Mümin Okul, Umut Aktaş, Tuğçe Yağci, Adem Korkmaz	129
Hafif Ticari Araç Kardan Milleri İçin Türkiye’de İlk Karbon Kompozit Tüp Çatal Tasarım Ve Üretimi Mehmet Er Kipel, Ferit Simsaroglu, Fulya Eyçin, Volkan Yikgeç	134
Increasing Quality of a Wheel Produced By LPDC With Magmasoft İlker Örmeci, Ferhat Aydoğan, Prof. Dr. Reşat Selbaş	142
Kardan Milli İstavroz Gövdesinde Dayanıklılığın Arttırılması ve Yapısal Analiz Ile Doğrulanması M.C. Kahyalar ve O. Şen	154
Farklı Oranlarda Spirulina Tozu İlavesiyle Zenginleştirilen Vegan Çikolatanın İncelenmesi Muazzez Kumkapu ve Sibel Koca Çetinkaya	161



Farklı Kesit Kalınlıklarına Sahip Küresel Grafitli Dökme Demir İş Parçasının Dökümü İçin Soğutucu Tasarımı	168
Mümin Okul, Gülcan Çetin, Umut Aktaş, Tuğçe Yağci, Adem Korkmaz	
Elektrik Kablolarında Tahribatlı Çekme ile Terminal Çakım Kalitesi Test Sistemi Geliştirilmesi	172
Turgut Karademir, Umut Emre Uzun, Nevzat Onat, Sezai Taşkin, Nasuh Karcı	
PLC Tabanlı Yük Kaldırma Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü	180
Sinan Bülbül, Orhun Ergezer, Tuğrul Soyusınmez, Tolga Palanduz	
Producing Tissue Adhesive with Okra Mucilage	188
Ezgi Rojda Taymaz And Mehmet Emin Uslu	
Şev Stabilitesinde Emme Basıncı	193
Seda Durukan	
Karmaşık Geometriye Sahip Dökme Demir İş Parçalarında Taşlama İşleminin Verimliliğini Arttıracak Fikstür Tasarımı	199
Umut Aktaş, Gülcan Çetin, Mümin Okul, Tuğçe Yağci, Adem Korkmaz	
Kaya Kesilebilirliği Ve Kesilebilirlik Makinesi Tasarımı Üzerine Çalışmalar	202
M. E. Yetkin ve M. K. Özfirat	
Nesnelerin İnterneti Uygulamaları Arasında Bir Özet: Dalgıç Pompa Kullanımı ile Amaçlanan Noktalar	210
Selin TULUN ve Manolya AKDEMİR	



Değerli Araştırmacılar,

Manisa Celal Bayar Üniversitesi eğitimde kaliteye önem veren yenilikçi bir üniversitedir. Farklı inanç, düşünce ve hayat biçimlerinin birlikte yaşadığı hoşgörü ortamında gelişerek değişme ve değişerek gelişmeyi ilke edinmiştir. Ulusal ve uluslararası düzeyde, öncelikle tercih ve takip edilme ve hayata değer katma gayesindedir. Amacımız, öğrencilerimizin rahat ve huzurlu bir ortamda eğitim-öğretim görmeleri; girişimci, özgür, analitik ve eleştiren düşünebilen bireyler olmalarıdır.

Eğitim-öğretimde yeni akımların uygulanması ve geliştirilmesi ile eğitimde kalite artışı sağlama hedefi yanı sıra Üniversite-Sanayi İşbirlikleri, önceliklerimiz arasındadır. Üniversite-Sanayi İşbirliği Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Manisa Teknokent, Proje Ofisi, Merkezi Araştırma Laboratuvarı gibi arayüz ve araştırma altyapıları ile Üniversitemiz, Bölge ve Ülke sanayisine hizmet veren tercih edilir bir araştırma kuruluşu olarak konumlanmış durumdadır. Üniversitelerdeki mevcut bilgi birikimi ve yetişmiş insan gücü ile sanayinin mevcut tecrübesi ve finansal gücünün bir sistem dahilinde birleştirilmesi ile ortaya çıkan bilimsel, teknolojik ve ekonomik faaliyetler sonucunda, toplum refaha ulaşmakta ve sosyo-ekonomik olarak gelişim sağlamaktadır. Sanayi varlığı ve ekonomik gücü dikkate alındığında Manisa ve Ege Bölgesi önemli derecede Ar-Ge ve Tasarım faaliyeti gerçekleştirmekte, Ulusal ve Uluslararası Ar-Ge fonlarına ulaşım sağlamaktadır. Üniversitemiz ise bu fonlara erişim ve uluslararası işbirlikleri oluşturma aşamasında yer alarak sanayimizin Temel ve Uygulamalı Ar-Ge faaliyetleri ile Deneysel Geliştirme çalışmalarına partner olarak değer yaratma amacındadır.

Bu amaç ve hedefler ile üçüncüsünü düzenleyeceğimiz Ulusal Üniversite-Sanayi İşbirliği, Ar-Ge ve İnovasyon Kongresine katılan, Ar-Ge ve Tasarım merkezlerine, Teknopark ve TTO'lara, Teknoloji şirketlerine, girişimci, akademisyen ve öğrencilere teşekkür eder, araştırmalarında başarılar dilerim.

PROF. DR. AHMET ATAÇ
MCBÜ REKTÖRÜ



Değerli Sanayi Ortaklarımız ve Katılımcılar,

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Üniversite-Sanayi İşbirliği Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi (ÜSİTEM), 2011 yılında kurulmuştur. Kuruluş amacı; özel sektör ve kamu kuruluşları ile işbirliği halinde araştırma, eğitim ve toplumsal hizmet alanlarında sinerji oluşturarak; ulusal ve bölgesel boyutlarda ekonomik ve toplumsal kalkınmaya katkı sağlayacak işlerliği olan mekanizmaları kurmak, sürdürmek ve bunlara ilişkin etkinlikleri kapsayan kurumsal alt yapı oluşturmak ve Üniversitemizin temel ve uygulamalı alanlardaki araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) faaliyetlerini merkezi bir organizasyon çerçevesinde düzenlemek, rekabete dayalı, yaratıcı ve verimli bir araştırma ve eğitim-öğretim ortamı oluşturmaktır. Merkez hedefleri ise; Bölge sanayisinin Ar-Ge faaliyetlerinde çözüm ortağı olmak, nitelikli Ar-Ge projelerinde işbirliği yapmak, Üniversite araştırma altyapısının sanayi projelerinde kullanımının sağlanması, sanayi ihtiyaçlarına ve stratejilerine yönelik eğitim, kurs, konferans ve etkinlikler düzenlemektir.

3. Ulusal Üniversite-Sanayi İşbirliği, Ar-Ge ve İnovasyon kongresinde, Ar-Ge ve Tasarım Merkezleri, Teknoloji şirketleri, girişimciler, Üniversiteler, Teknopark ve TTO'lar katılımcı olarak bilimsel çalışmalarını, akademisyenler için ise ticarileşebilir proje, bilimsel çalışma, yüksek lisans ve doktora tezi, vs. ait sonuçları sunma ve paylaşma fırsatı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, Ar-Ge ve Tasarım merkezleri, Ar-Ge şirketleri, girişimci ve akademisyenler arasında planlı ikili işbirliği toplantıları gerçekleştirilerek işbirliğinin somutlaşması sağlanmıştır.

ÜSİTEM ekibi olarak tüm katılımcılara teşekkürlerimizi sunar, Ar-Ge çalışmalarında başarılar dileriz.

PROF. DR. OSMAN ÇULHA
ÜSİTEM MÜDÜRÜ

DOÇ. DR. ALİ DEMİR
ÜSİTEM MÜDÜR YARDIMCISI

DR. ÖĞR. ÜYESİ SAİM KURAL
ÜSİTEM MÜDÜR YARDIMCISI

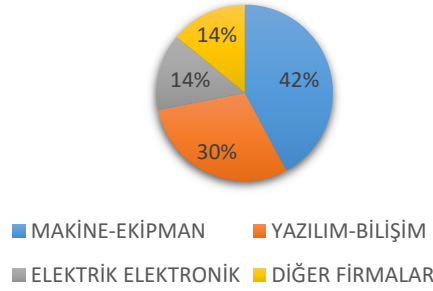


Değerli katılımcı ve sanayicilerimiz;

Ürün ve üretimde dijitalleşme sloganıyla yola çıkan Manisa Celal Bayar Teknoloji Geliştirme Bölgesi Yönetici Şirketi 10.10.2013 tarihinde yasal prosedürleri tamamlayarak kurulmuştur. Kuruluşundan bu yana, üründe ve üretim yöntemlerinde yenilik geliştirilmesi, ürün kalitesinin veya standardının yükseltilmesi, teknolojik bilginin ticarileşmesi, araştırmacı ve vasıflı kişilere iş imkanının yaratılması ve teknoloji transferine katkıda bulunulması en temel amaçları olmuştur.

Nisan 2017 yılında faaliyete başlayan Manisa Teknokent ise 7 aylık kısa bir süre içerisinde 4500 m2 kapalı alanda 63 firmaya ev sahipliği yapmaktadır. Manisa Teknokent reel sektör ağırlıklı ve ürün odaklı yapısı nedeniyle diğer Teknokent yapılarından farklı bir şekilde ayrılmaktadır. Şekil 1’de Manisa Teknokent bünyesindeki firmaların sektörel dağılımı gösterilmiştir.

Firmaların Sektörel Dağılımı



Şekil 1. Firmaların sektörel dağılımı

Manisa Teknokent 2 adet Kalkınma Bakanlığı destekli proje yürütmektedir. Bu projelerden birincisi “akıllı ürün ve üretim sistemleri araştırma ve eğitim merkezi” isimli olup toplamda 6.500.000 TL+KDV tutarında bütçeye sahiptir. Bu proje ile teknokent ve Manisa’da faaliyet gösteren firmalarımıza; ürün tasarımı, prototipleme, tersine mühendislik ve endüstri 4.0 konularında çok ciddi destekler verilecektir. Bu proje ile kurulma aşamasında olan merkezin, ülkemizde bir örneği bulunmamaktadır. Bir diğer projemiz ise “Manisa Savunma Sanayi Teknolojileri Merkezi” isimli olup toplamda 16.500.000 TL+KDV bütçeye sahiptir. Bu projemiz şuan bakanlıkta onay aşamasındadır. Bu proje ile özellikle Manisa sanayinde savunma teknolojilerine yönelik önemli bir dönüşüm başlatılacaktır. Bu kapsamda Aselsan ve Teknokentimiz arasında bir işbirliği protokolü hazırlanarak imzalanmıştır.

Teknoloji transferinde ise Amerika’dan tarımsal ilaçlamada çok büyük bir dönüşüm başlatacak olan bir teknoloji Teknokentimiz sayesinde bünyemizde bulunan bir firmamıza transfer edilmiş olup bunun dünya çapındaki üretimi de Manisa’da yapılacaktır.

PROF. DR. HÜSEYİN AKTAŞ
MCBÜ TEKNOPARK GENEL MÜDÜRÜ



MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
İŞ YERİ UYGULAMA EĞİTİMİ (İŞ YERLERİNDE EĞİTİM):
YENİ BİR EĞİTİM MODELİ

Son yıllarda, teknolojiadaki gelişmeler, küreselleşme ve rekabetçilik açısından önemli bir faktör olmuştur. Ek olarak, Teknoloji deki hızlı artış oranı ve küreselleşme gelişmekte olan ülkelerin rekabet edebilmelerini de zorlaştırmaktadır. Bunula birlikte küreselleşme ve uluslararası rekabet baskısı gelişen ve gelişmekte olan ülkelerin nitelikli insan gücüne olan talebi artırmıştır.

Küreselleşme ve teknolojik gelişmeler ülkemizin uluslararası piyasalardaki rekabet gücünü de olumsuz yönde etkilemektedir. Ülkemizin uluslararası piyasalardaki rekabet gücünü zorlaştıran en önemli nedenlerden biride yetersiz nitelikli insan gücüdür. Özellikle nitelikli insan gücündeki eksikliğin artması ülkemiz ekonomisini olumsuz şekilde etkilemektedir. Bu olumsuzluk üniversiteleri, sanayi ile nitelikli insan gücü talebinin karşılanabilmesi için daha etkin iş birliği yapmaya zorlamaktadır.

Manisa Celal Bayar Üniversitesi nitelikli insan gücünün karşılanabilmesi için klasik eğitim sistemini değiştirmiş, yeni bir eğitim modeli olan “İş Yeri Uygulama Eğitimi” (iş yerlerinde eğitim) modeline geçmiştir. Bu model öğrencileri iş yerlerinde, iş yerlerindeki uzman kişiler ile birlikte yetiştirmeyi amaçlayan bir modeldir. “İş Yeri Uygulama Eğitimi” öğrencilerin öğrenim süresince kazandıkları teorik ve pratik bilgilerini, "İş Yeri Uygulama Eğitimi" dersi adı altı son dönemlerinde iş yerlerinde yapacakları tam zamanlı uygulamalı eğitimle bütünleştirerek, uygulama becerisi yüksek öğrenciler olarak mezun etmek amacıyla uygulamaya konulan yeni bir eğitim modelidir. “İş Yeri Uygulama Eğitimi” kesinlikle bir staj değildir. “İş Yeri Uygulamaları Eğitimi” adı altında iş yerlerinde yapılacak uygulamaları içeren eğitim programların son dönemine konulmuş, %90 zorunluluğu olan bir derstir. Dönem sonunda öğrencilerin başarı notu iş yerleri ile birlikte ortak belirlenecektir. Klasik stajın aksine son dönemde, tüm dönemi (15 Hafta) kapsayacak şekilde işyerlerinde eğitimi amaçlayan bir modeldir. Son dönem öncesi mezuniyet şartlarını sağlayabilen öğrenciler iş yerlerinde alanları ile ilgili uygulamalı çalışmalar yapmak üzere işyerlerine gidebilecekleridir. İş yerlerinde işyeri şartlarına ve kurallarına tabi olacaklardır. Bu model öğrencilerin iş dünyasının ihtiyacını ve taleplerini yerinde görmelerini ve kendi yetenek ve becerilerini ona göre geliştirmelerini sağlayacaktır. Ayrıca, öğrenciler üniversiteden kazandıkları teorik ve pratik bilgilerini iş yerlerinde uygulamaya dönüştürme şansı bulacaklardır. Yeni modelle, eğitim müfredatlarının iş dünyasının talep ve ihtiyaçları ne kadar karşıladığı tespit edilebilecek, gerekirse güncellenecektir. Öğrencileri iş yerlerinde yapacakları uygulamalı çalışmaları süresince iş kazası ve meslek hastalığına karşı sigortaları üniversite tarafından yapılacak ve takip edilecektir.

PROF. DR. OSMAN ÇULHA
İŞYERİ UYGULAMA EĞİTİMİ KOORDİNATÖRÜ



**MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ DENEYSEL FEN BİLİMLERİ UYGULAMA VE
ARAŞTIRMA MERKEZİ (DEFAM)**

DeneySEL Fen Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi (DEFAM) Kalkınma Bakanlığının desteklediği proje ile kurulmuş olup son teknolojik analiz cihazları ile donatılmıştır. Merkez 2011 yılından beri 2300 m² alanda test ve analiz hizmeti vermektedir.

Merkez laboratuvar olan DEFAM; üniversitelerdeki araştırmacılara, kamu kurumlarına ve sanayiye test ve analiz hizmeti sunmaktadır. Merkezimizde universal mekanik test cihazı, metal spektrometre, sertlik cihazı, metalografi cihazları, XRD, TG/DTA, DSC, FT-IR, ICP-OES, ICP-MS, LC-MS/MS, GC-MS, AFM vb. cihazlar ile malzeme analizleri, kimyasal analizler, gıda analizleri ve mikrobiyolojik analiz yapılmaktadır.

DOÇ. DR. SÜLEYMAN KOÇAK
MCBÜ DEFAM MÜDÜRÜ



KONULAR

MÜHENDİSLİK

1. BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
2. BİYO MÜHENDİSLİK
3. ELEKTRİK VE ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
4. ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
5. GIDA MÜHENDİSLİĞİ
6. İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ
7. MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
8. METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ

ALT ALANLAR

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Yazılım | 22. Simülasyon |
| 2. Biyomühendislik | 23. Mekatronik |
| 3. Kontrol Sistemleri | 24. Endüstriyel Otomasyon |
| 4. Elektronik | 25. Otomotiv Ana ve Yan Sanayi |
| 5. Elektrik Makinaları | 26. Bilgi, İletişim ve Bilgi Teknolojileri |
| 6. Elektromanyetik Alanlar | 27. Makine ve Teçhizat İmalatı |
| 7. Endüstri Mühendisliği | 28. Tekstil |
| 8. Gıda Teknolojisi | 29. Demir ve Demir Dışı Metaller |
| 9. Gıda Bilimleri | 30. Enerji |
| 10. Yapı | 31. Tarım |
| 11. İnşaat Malzemesi | 32. Mobilya |
| 12. Hidrolik | 33. Cam ve Seramik Ürünler |
| 13. Geoteknik | 34. Klima |
| 14. Ulaşım | 35. İnşaat |
| 15. Mekanik | 36. Ulaşım ve Lojistik |
| 16. Makine Teorisi ve Dinamiği | 37. Bankacılık ve Finans |
| 17. İnşaat ve İmalat | 38. Savunma Sanayi |
| 18. Enerji | 39. Çimento ve Çimento Ürünleri |
| 19. Termodinamik | 40. Dayanıklı Tüketim Malları |
| 20. Malzeme Bilimi | 41. Tıp |
| 21. Üretim Metalurjisi | 42. Havacılık |

TEMEL BİLİMLER

1. BİYOLOJİ
2. FİZİK
3. KİMYA
4. MATEMATİK

SOSYAL BİLİMLER

1. İŞLETİM YÖNETİMİ
2. EKONOMETRİ
3. İKTİSAT
4. FİNANS
5. ÇALIŞMA EKONOMİSİ

ALT ALANLAR

1. İnovasyon ve Orta Gelir Tuzağı
2. Kamu Politikası ve Yenilik
3. Yenilik, Başlangıç Hukuku ve Fikri Mülkiyet
4. Girişimcilik, Markalaşma ve Yenilik
5. Finansal Teknolojiler ve İnovasyon Yatırımı



DAVETLİ KONUŞMACILAR



Mehmet Fatih Kacır
Sanayi ve Teknoloji Bakan Yardımcısı



Bilal Macit
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ar-Ge
Teşvikleri Genel Müdürü



Mustafa Erdoğan
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Avrupa
Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürü



Prof. Dr. Hamit Serbest
Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ar-Ge
Teşvikleri Genel Müdürü



Fatih Mehmet Sancak
Dikkan Grup, CEO



Umut Zenar
Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.,
CEO



Yakup Benli
TOYO INK, CEO



Ivan Rodriguez
Bundy Refrigeration, CEO &
Honeywell & Robertshaw, Başkan
Yardımcısı



Doç.Dr. Murat Bağdatlı
SSN Makine Sanayi ve Ticaret Ltd.
Şti., Akademisyen Girişimci



Nobatgeldi Geldimammedov
Covisart Limited Şirketi, Girişimci



Dr. Turgut O. Yılmaz
Termoden Teknoloji Tic. San. ve A.Ş.,
Girişimci



Sezen Sungur Saral
Reeder, Kurucu Ortak & Girişimci



Ufuk Batum
Ventures & Mentors League, Kurucu
& CEO



Selçuk Karaata
Yaşar Üniversitesi, Stratejik Planlama
ve Mükemmeliyet Ofisi Koordinatörü



EDİTÖR VE DÜZENLEME KURULU

SEMPOZYUM ONURSAL BAŞKANI

Prof. Dr. Ahmet ATAÇ (MCBÜ Rektörü)

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Hüseyin AKTAŞ (MCBÜ)
Prof. Dr. Osman ÇULHA (MCBÜ)
Doç. Dr. Ali DEMİR (MCBÜ)
Doç. Dr. Pınar MIZRAK ÖZFİRAT (MCBÜ)
Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL (MCBÜ)

DÜZENLEME KURULU

Prof. Dr. Mustafa KAZAZ (MCBÜ)
Prof. Dr. Ramazan GÖKBUNAR (MCBÜ)
Prof. Dr. Kıvanç GÜNHAN (MCBÜ)
Prof. Dr. Yüksel ABALI (MCBÜ)
Prof. Dr. Ahmet TÜRK (MCBÜ)
Prof. Dr. Necip KUTLU (MCBÜ)
Prof. Dr. Tayfun UYGUNOĞLU (AKÜ)
Prof. Dr. A. Hamit SERBEST (ÜSİMP)
Prof. Dr. Mahmut KARGIN (MCBÜ)
Prof. Dr. Sezai TAŞKIN (MCBÜ)
Prof. Dr. Kamil KOÇ (MCBÜ)
Doç. Dr. Bora CANBULA (MCBÜ)
Doç. Dr. Fehmi BARDAK (MCBÜ)
Nihat Akyol (MCBÜ Rektör Danışmanı)
Doç. Dr. Serdal TEMEL (Ege Üni.)
Doç. Dr. Abdullah DİKİCİ (Uşak Üni.)
Doç. Dr. M. Erkan TURAN (MCBÜ)
Doç. Dr. Alpay BİZBİRLİK (MCBÜ)
Doç. Dr. Kamil ŞİRİN (MCBÜ)
Doç. Dr. U. Burak GEYİKÇİ (MCBÜ)
Doç. Dr. Ceren GÖDE (PAÜ)
Dr. Öğr. Üyesi Tülin ÇETİN (MCBÜ)
Dr. Öğr. Üyesi Seval DAĞBAĞLI (MCBÜ)
Dr. Öğr. Üyesi M. Bahattin AKGÜL (MCBÜ)
Dr. Öğr. Üyesi Emel SOKULLU (KOÇ Üni.)
Dr. Öğr. Üyesi M. Sadrettin ZEYBEK (AGYK)
Öğr. Gör. H. Zeki DİRİL (MCBÜ)
Öğr. Gör. Dr. Tülay ÖNCÜ ÖNER (MCBÜ)
Öğr. Gör. Şengül CAN (AGYK)
Öğr. Gör. Hüseyin TAŞ (MCBÜ)
Öğr. Gör. Dr. F. Gülşah TAN
Öğr. Gör. Burak Pala (AGYK)
Öğr. Gör. Murat Can BAŞARAN (MCBÜ)
Öğr. Gör. Hayriye İLBEK (MCBÜ)
Uzm. Enver Akbalık (MCBÜ)
Uzm. Musa GÜLER (MCBÜ)
Uzm. Zafer YÜKSEL (MCBÜ)
Üniversite-Sanayi İşbirliği Platformu (ÜSİMP)
IEEE MCBÜ Öğrenci Topluluğu
MCBÜ ENSO Kulübü
MCBÜ İNŞAAT Kulübü
MCBÜ Metalurji Genç & GAMA Kulüp
MCBÜ OPTİMUM Kulüp
MCBÜ Robot Teknolojileri Kulübü - ROTTEK
MCBÜ Kimya Kulübü
MCBÜ Gönüllü Gıdacılar Kulübü



BİLİM/HAKEM KURULU

BİLİM/HAKEM KURULU

Abderrezek MAHFOUD (Prof. Dr.) (Cezayir)
Abdon ATANGANA (Prof.) (Güney Afrika)
Abdulkarim ERGÜT (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Abdullah KEÇECİLER (Dr. Öğr. Üyesi) (DPÜ)
Abdulmecid Nuredin (Doç. Dr.) (Kuzey Makedonya)
Ahmet ÇETİN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Ahmet Ali KUMANLIOĞLU (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Ahmet TÜRK (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Akın ÖZÇİFT (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Ali Murat ATEŞ (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Ali Uğur ÖZTÜRK (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Ali YURDDAŞ (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Anarkul URDALETOVA (Prof. Dr.) (Kırgızistan)
Anıl BAŞARAN (Dr.) (MCBÜ)
Ayla TEKİN (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
B. Gültekin SINIR (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Birgit Oberer (Doç. Dr.) (Sakarya Üni.)
Burak B. ÖZHAN (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Can ÇİVİ (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Celalettin KOZANOĞLU (Prof. Dr.) (İEÜ)
Cemile BARDAK (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Cüneyt TEMİZ (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Emine KEMİKLİOĞLU (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Emre YALAMAÇ (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Enver ATİK (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Ercan UŞUN (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Erdal EROĞLU (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Erdem ATAR (Doç. Dr.) (GEBZE)
Esra DOKUMACI (Dr. Öğr. Üyesi) (DEÜ)
Faruk EBEOĞLUGİL (Doç. Dr.) (DEÜ)
Fırat TEKİN (Öğr. Gör.) (MCBÜ)
Funda Ak AZEM (Doç. Dr.) (DEÜ)
Gökhan ALTINTAŞ (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Hakan ARICI (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Hasan KÖSE (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Hayati MAMUR (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Hülya DURMUŞ (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Hüsamettin COŞKUN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Ian Robert MCANDREW (Prof.) (İngiltere)
Işıl BİRLİK (Dr. Öğr. Üyesi) (DEÜ)
İbrahim AYDIN (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
İbrahim Etem SAKLAKOĞLU (Doç. Dr.) (Ege Üni.)
İlkay DİLBER (Doç. Dr.) (MCBÜ)
İlker POLATOĞLU (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
İsmail MARAŞ (Prof. Dr.) (MCBÜ)
İsmail TAŞLI (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Kamil KOÇ (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Kamil VURAL (Prof. Dr.) (MCBÜ)
M. Fatih KARAHAN (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Maurizio Quinto (Prof. Dr.) (İtalya)
Mehmet Ali YURDUSEV (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Metin NİL (Dr.) (Vestel)
Morteza NİK (Dr. Öğr. Üyesi) (İran)



Murat ŞAHİN (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Mustafa Erol (Doç. Dr.) (DEÜ)
Necdet BİLDİK (Prof. Dr.)
Neriman BAĞDATLIOĞLU (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Nevzat ONAT (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Nurettin ARSLAN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Nurşen SAKLAKOĞLU (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Orhan ÖZATİK (Dr. Öğr. Üyesi) (DPÜ)
Övünç ÖZTÜRK (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Özlem UZUN ARAZ (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Pelin GÜNÇ ERGÖNÜL (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Pınar MIZRAK ÖZFIRAT (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Rahime SANCAR EDİZ (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Ramazan KARAKUZU (Prof. Dr.) (DEÜ)
Rasim İPEK (Prof. Dr.) (EGE)
Rosnah Shamsudin (Prof. Dr.) (Malezya)
S. Alper YILDIZEL (Doç. Dr.) (KMÜ)
Sabih ÖZER (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Seda VATANSEVER (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Sedat COŞKUN (Öğr. Gör. Dr.) (MCBÜ)
Semih KÜÇÜKARSLAN (Prof. Dr.) (İTÜ)
Semra KAYAARDI (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Semra TURAN (Doç. Dr.) (İBÜ)
Seval DAĞBAĞLI (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Simge İRİZALP (Dr. Öğr. Üyesi) (MCBÜ)
Sezai TAŞKIN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Süleyman Murat BAĞDATLI (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Şenay AYDIN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Tuğba ÖZACAR ÖZTÜRK (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Tuğçe YAĞCI (Arş. Gör.) (MCBÜ)
Turan GÜNDÜZ (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Tülin AYDEMİR (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Yusuf ARMAN (Doç. Dr.) (DEÜ)
Yusuf ERZİN (Prof. Dr.) (MCBÜ)
Yücel KOÇYİĞİT (Doç. Dr.) (MCBÜ)
Zeina KASSAIFY (Doç. Dr.) (Dubai)



DÜZENLEYEN KURULUŞLAR





GATING OPTIMIZATION ON A PART VIA SIMULATION PROGRAM TO CONVERT PRODUCTION METHOD FROM IRON CASTING TO ALUMINUM CASTING

Mert Çelikkilek¹ and Cemil Çağrı Gülmez¹

¹ Döktaş Dökümcülük Tic. Ve San. A.Ş., Manisa, Turkey

Email: mert.celikkilek@doktas.com, cagri.gulmez@doktas.com

Abstract

Aluminum alloys have a widespread use nowadays due to their low density, high corrosion resistance, increased strength, high electrical and thermal conductivity. Especially in recent years, the use of aluminum casting products has increased significantly in the automotive industry due to advantages such as reducing the weight of vehicles and consequently increasing performance and saving fuel. In this study, to produce the spring bracket part, produced as iron casting, in the low-pressure casting process with AlSi10Mg0.3 casting alloy, the gating section optimization was performed. According to the determined gating sections, filling, solidification, and areas with risk of shrinkage and gas porosity were observed, and filling parameters were determined with the appropriate cooling design and the gating section and area were optimized. Thus, the risk of shrinkage and gas porosity was reduced, appropriate solidification was achieved, and the required mechanical values were achieved. As a result of experimental studies, radiosopic images and mechanical test results were recorded.

Keywords: Low Pressure Die Casting, Aluminum Alloys, Optimization, Gating Section

Introduction

Material selection, which constitutes an important step of product design in the industry, is generally based on the functionality of the product in the manufacturing industry, considering the criteria of lightness (especially in mobile systems), strength (durability), cost (price) and suitability for mass production (not requiring too much preliminary preparation for production) [2].

Automotive industry manufacturers are challenged by customer demands and regulations regarding the efficiency, economic and environmental friendliness of vehicles.

With the development of low-density aluminum (Al) alloys (2.7 g / cm³) to meet both consumer demand for efficient fuel and regulations, aluminum parts continue to replace materials such as steels and cast irons (7.1-7.8 g / cm³) [1].

Pore formation, which is one of the most common problems encountered in products produced by casting method, makes materials unusable [3].

In this study, to reduce the weight of the spring bracket part, the gating section was optimized by providing the necessary properties and mechanical properties, to convert the material and process from cast iron sand casting to aluminum low pressure casting with T6 heat treatment, depending on the part geometry.

The bracket used in heavy trucks so far is made of cast iron sand casting. To meet mechanical requirements, EN AC 43300 Aluminum alloy has been selected as the material and the preferred process is low pressure casting with T6 heat treatment.

The non-uniform wall thickness of the part can cause feeding problems that lead to improper solidification and consequently shrinkage. For this reason, the gating section has been optimized by designing five different gating system options by means of MAGMASOFT (R) autonomous engineering.



Optimization Procedure

In this work, five ingate alternatives were validated to select one of them for the final part and tool design. Figure 1 shows the five different gating concepts during the early stage of design.

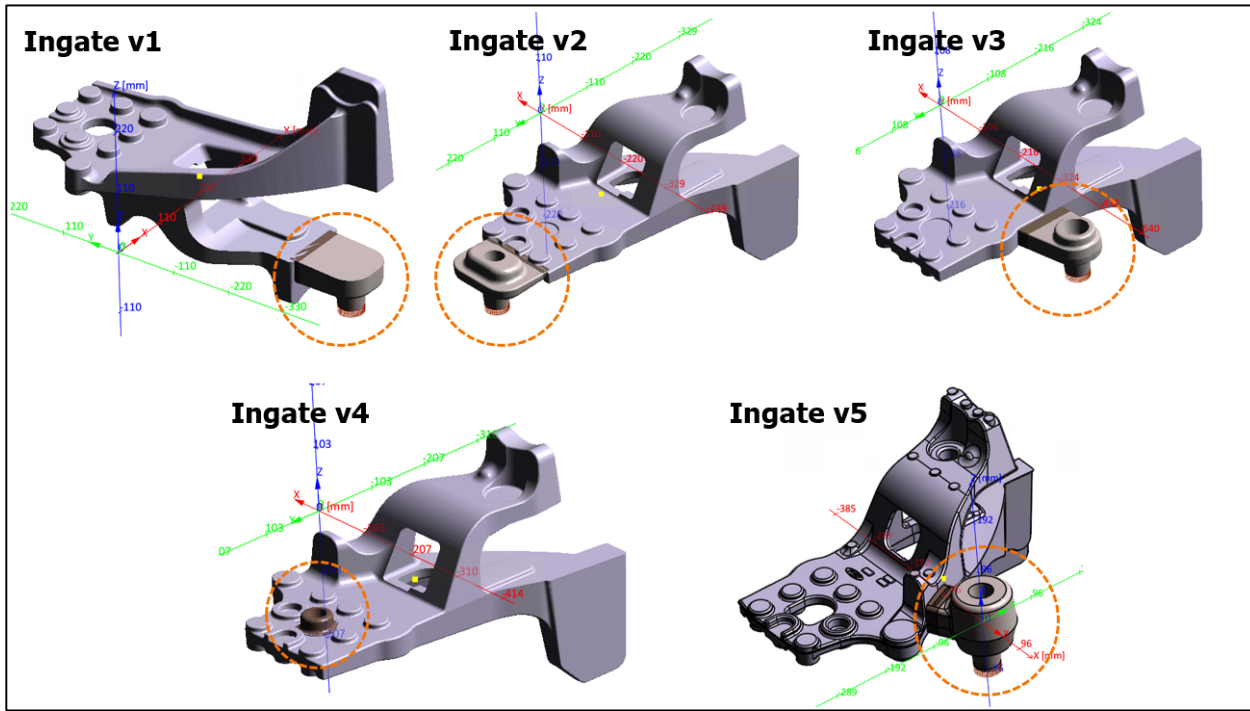


Figure 1: Investigation of different gating concepts during the early stage of design

To understand the efficiency of the ingates, different objectives were assessed systematically using the following MAGMASOFT (R) quality criteria: smooth filling, reduce hot spot FS time, reduce temperature drop during filling and reduce porosity. Figure 2 shows the objectives, variables, and quality criteria.

Objectives					
Name	Type	Value	Expression	Description	
☒ Smooth Filling	Minimize		(Cycle 4/Die Filling/VOF/Max Free Surface of Cast Alloy Class)	Add an objective function to achieve a smooth filling.	
☒ Reduce Hot Spot FS Time	Minimize		(Cycle 4/Solidification & Cooling until Eject/Hot Spot FS Time/Weighted Volume/Casting All IDs)	Reduce hot spot fs time	
☒ Reduce Temperature Drop During Filling	Maximize		(Cycle 4/Die Filling/Filling Temperature/Min/Casting All IDs)	Add an objective function to reduced the temperature drop during filling.	
☒ Reduce Porosity	Minimize		(Cycle 4/Solidification & Cooling until Eject/Porosity/End of Solidification & Cooling until Eject/Weighted Volume/Casting All IDs)	Add an objective function to reduce the porosity in the casting.	

Figure 2: Definition of Objectives, variables and quality criteria

The optimization study was performed considering these criteria as objectives. As shown in figure 3, filling results were investigated. In addition, the required mechanical properties were defined as target prioritizing reduce "Hot spot FS time" and "reduce porosity" as the main objectives.

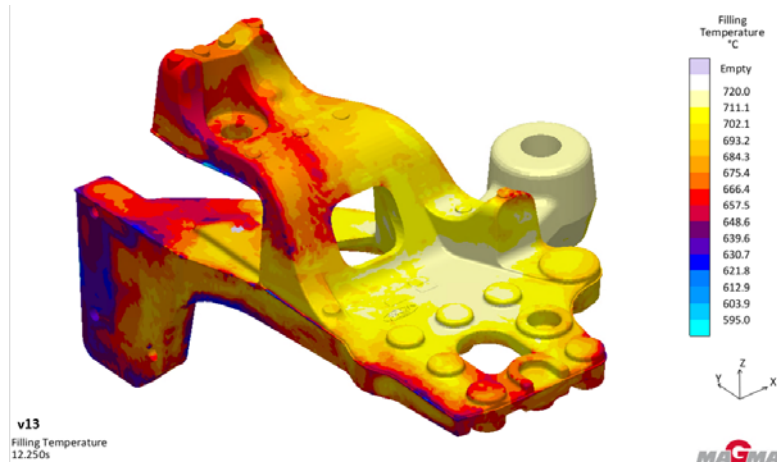


Figure 3: Simulation result with LPDC filling

After casting tool design and manufacturing, initial trials were carried out and mechanical properties and radiosopic investigations were evaluated.

Results & Discussions

The outputs of the simulation results were investigated. The results obtained from version 5 were the most optimum outputs among the others. The reasons of choosing the ingate version 5:

- Proper filling level can be achieved to fill the cavity.
- Ingate has been located on the central area of the part and temperature drop can be controlled and reduced during filling.
- Since ingate has been located on one of the thickest sections of the part, hotspot and porosity can be reduced during solidification.
- With proper solidification process, desired mechanical properties can be achieved.

Figure 4 shows the ranking of best designs and process parameters.

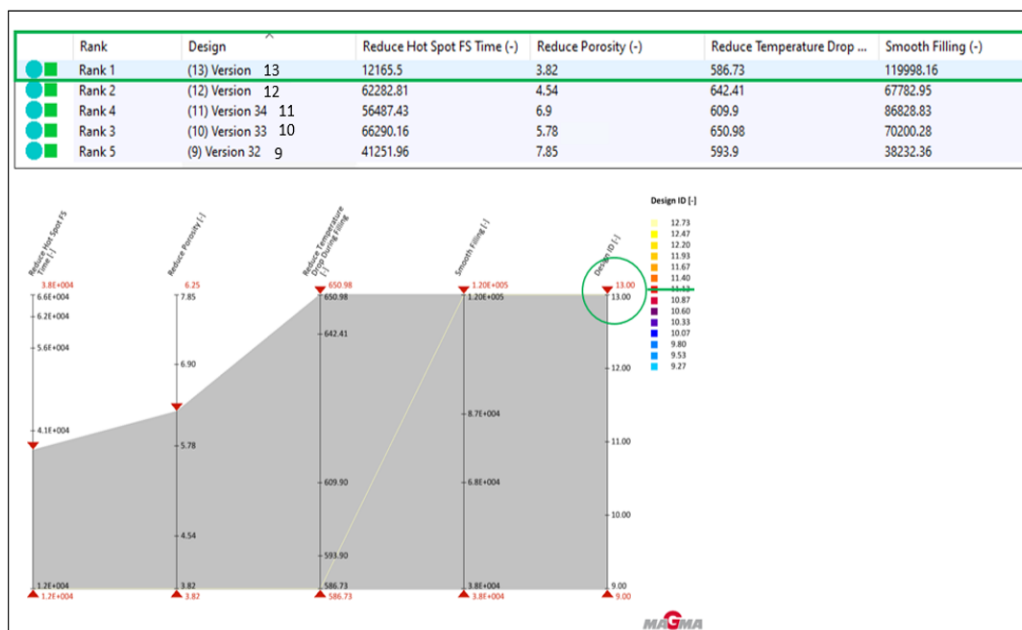




Figure 4: Ranking of best designs and process parameters

The optimization of filling and solidification for the chosen ingate version was done. After getting the results from the optimum ingate design, cooling system has been designed and parameters have been set with respect to the evaluation of MAGMASOFT (R) solidification results. After setting the parameters, first trials have been performed with those parameters and adjustments have been implemented with comparing the tool trials and MAGMASOFT (R) analysis. Figure 5 shows the Cooling system design with respect to the evaluation of MAGMASOFT (R) solidification results.

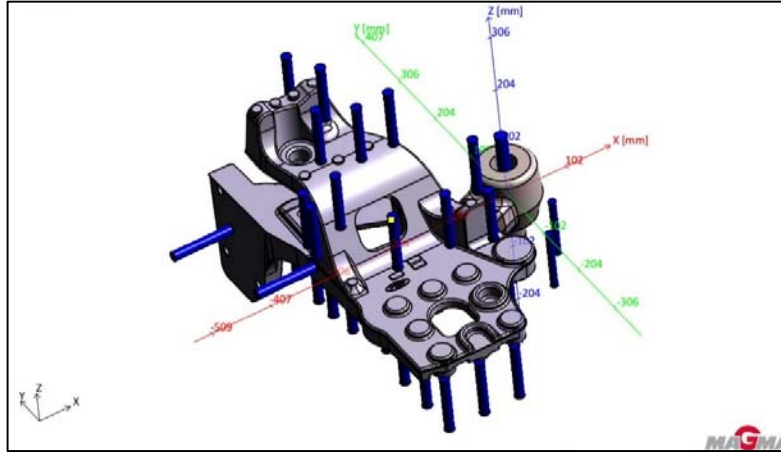


Figure 5: Cooling system design with respect to the evaluation of MAGMASOFT (R) solidification results.

Conclusions

In this work, casting tool design and manufacturing were completed according to the simulation optimization results. Initial trials in low pressure die casting were carried out using the process parameters recommended by MAGMASOFT (R).

After the production started with the approved gating design and process parameters, all the results required to achieve the goals were evaluated and the porosity specifications and mechanical requirements were met with the gating design selected. Mechanical values and porosity values were confirmed by tensile test results and radioscopic images. Figure 6 shows the specification and x-ray quality inspection results.

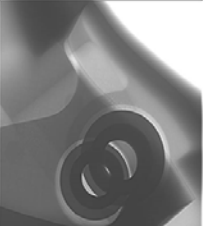
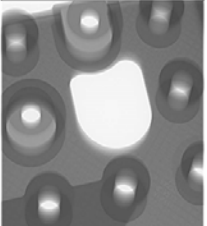
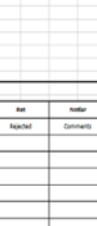
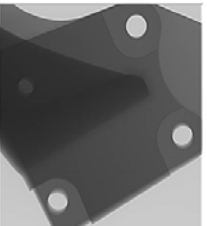
Döktaş		XRAY MUAYENE RAPORU		XRAY INSPECTION REPORT		Görüş	
PARÇA TANIMI / PART DESCRIPTION		PARÇA RESİMİ / PART PICTURE		Tarih / Date: 12.09.2020		Sayfa / Page: 1	
Parça / Customer: _____ Parça / Part: _____ Resim No / Drawing Number: _____ Kalite No / Quality No: _____ Kalınlık / Thickness: _____							
Döküm Tanımı / Casting Description Kontrol Adedi / Checked Quantity: 6 adet Kontrol Nedeni / Control Reason: _____ Test / Serial: _____ Deneme / Trial: ☐							
Test Tanımı / Test Description Test Cihazı / Testing Device: 1602A Mu-2000 Test Standartı / Test Standard: ASTM E 200 Kabul Standartı / Acceptance Standard: _____		Değerlendirme / Evaluation					
Yerleşim	Standart/Değerlendirme	1. Bölge	2. Bölge	3. Bölge	4. Bölge	Kabul	Not
Part No	Decision	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Accepted	Rejected
7	Acceptable porosity					X	
8	Acceptable porosity					X	
12	Acceptable porosity					X	
20	Acceptable porosity					X	
21	Acceptable porosity					X	
35	Acceptable porosity					X	

Figure 6: Specification and x-ray quality inspection results



Acknowledgements

We thank Döktaş Dökümcülük A.Ş. and Magmasoft Turkey family because of their support.

References

1. Lombardi, A. Mitigation of cylinder distortion in aluminum alloy engine blocks via heat treatment process optimization, Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada, 2015 pp1-2
2. Menteşe, E., Aydoğan, F. And Saklakoğlu, N. (2019). AlSi10Mg alaşımlı döküm parçalar için ısıtıl işlem prosesinde optimizasyon çalışmaları.
3. Şirin, S. (2019). Yönlü katılaştırılmış alüminyum alaşımlarında katılma parametrelerinin gözeneklilik üzerine etkilerinin incelenmesi



KARDAN MILLERİNDE KULLANILAN ÇATALLI FLANŞ ALT PARÇASININ DÖVME PROSESİ YERİNE DÖKÜM YÖNTEMİ İLE ÜRETİLMESİ

Fulya EYÇİN¹ Tülay NAYİR²

¹ Tirsan Kardan Sanayi Ticaret A.Ş., Ar-Ge Mühendisi

² Tirsan Kardan Sanayi Ticaret A.Ş., Ürün Mühendisliği Teknikeri

Email: f.eycin@tirsankardan.com.tr

Özet

Motorlu taşıtlarda güç aktarma organlarından biri olan kardan mili motorun ürettiği gücü vites kutusu çıkışından alarak diferansiyale iletir. Kardan milinin ilettiği gücün bileşeni olan tork ve hızın iletimi ancak üzerinde taşıdığı güce dayanacak geometrik ve yapısal özelliklere sahip alt parçaları bünyesinde bulundurmasıyla mümkündür. Bu yapısal ve geometrik özelliklere bağlı olarak alt parçaların üretim yöntemleri farklılık göstermektedir. Parçalar üzerindeki en yaygın üretim metodu dövme yöntemidir. Bir diğer üretim metodu olan döküm yönteminde, karmaşık geometriler üzerinde uygulanabilirliği sayesinde talaşlı imalat işlemlerinde daha az talaş alınması ve dövme yöntemine nazaran daha düşük ağırlıkta parçaların elde edilmesi mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada dövme tesisimizde üretilmekte olan çatallı flanş parçasının, en az mevcut ürün dayanımını sağlayacak şekilde sfero döküm yöntemi ile üretilmesi hedeflenmiştir. Seri üretim şartlarına uygun olarak ergitilmiş demir alaşımına, kum kalıplarda şekil verilerek döküm parçalar elde edilmiştir.

EN GSJ 700-2 malzemesi kullanılarak dökülen çatallı flanş parçaları bir dizi talaşlı imalat prosesine tabi tutulmuştur. Üretimi tamamlanan parçaların mekanik özellikleri ve mikro yapıları incelenmiştir. Dökümü tamamlanan çatallı flanş ile kardan mili montajlı komple üretilmiştir. Tirsan Kardan Arge Merkezi bünyesinde bulunan Test Merkezinde yapısal dayanım testleri yapılarak, mukavemet ve dayanım değerleri doğrulanmıştır. Çalışma sonucunda, döküm ile üretilen prototip ürünün mekanik özellikleri ve dayanımı, mevcut malzeme ile üretilen ürüne yakın değerlerde elde edilmiş olup proje başarıyla tamamlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kardan Mili, Çatallı Flanş, Dövme, Sfero Döküm, Mekanik Özellik, Mikro Yapı

Giriş

Kardan milleri motorun bağlı olduğu vites kutusundan gelen gücü diferansiyelde bulunan dişlilere iletmek için kullanılan aktarma elemanlarıdır. Temel olarak araç üzerinde eksenleri birbirinden kaçık olan yapılar arasında dönme hareketini iletir. Kardan milleri araç dingil mesafesine ve aracın sahip olduğu toplam aks sayısına bağlı olarak farklı konfigürasyonlarda uygulanabilmektedir Kardan milleri; hafif-orta-ağır ticari araçlardan, yol dışı araç uygulamalarına, endüstriyel uygulamalardan, çok çekerli binek otomobillere kadar geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Kardan millerinin güç aktarım hattındaki vites kutusu ve diferansiyel ile olan bağlantısı, vites kutusu ve diferansiyel konstrüksiyonuna bağlı olarak kardan milinin yapısındaki çeşitli komponentler ile gerçekleştirilmekte ve genellikle çatallı flanş olarak adlandırılan komponent ile bu bağlantı sağlanmaktadır. Çatallı flanş gibi kardan mili üzerindeki her bir parça farklı fonksiyonlara sahiptir. Kardan milini oluşturan parçalar yapıları gereği farklı üretim yöntemleri ile üretilmektedir. Bunlardan en önemlisi, kardan milini oluşturan çoğu birim parçanın üretim metodu olan dövme yöntemidir. Birim parçalarda dövme yöntemi ile birlikte yer yer döküm yöntemi de kullanılmaktadır. Her iki yöntem birbiri ile kıyaslandığında, döküm üretim yöntemi karmaşık geometriye sahip parçaların üretimine olanak sağlamaktadır. Seri üretim şartları için uygun olan bu yöntemde demir alaşımı eritilerek, hazırlanmış olan metal veya kum kalıplara dökülmekte ve kalıp içinde şekillenmesi ile döküm parçalar elde edilmektedir.

Çalışmanın genel amacı Tirsan Kardan dövme tesisinde çelik çubuktan dövme üretim yöntemi ile üretilmekte olan çatallı flanşın, en az mevcut ürünün dayanımını sağlayarak sfero döküm yöntemi ile üretilmesidir. Döküm alaşımının ve üretim yönteminin seri üretim için uygun bir yöntemdir. Ayrıca talaşlı imalat operasyonlarındaki işleme sürelerinde de avantaj elde edilmektedir.



Çalışmamızda, dövme yöntemiyle üretilen çatallı flanşın mevcut durum analizleri yapılmış ve döküm yöntemiyle üretilen çatallı flanş ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Malzeme ve yöntem

Çalışmada sırasıyla; mevcut durum analizleri, döküm malzeme seçimi, kıyaslama çalışmaları, bilgisayar destekli üç boyutlu tasarım ve analiz çalışmaları, prototip üretimleri, testler ve performans testleri yapılmıştır.

Bu çalışmada ilk olarak Tablo 1’de gösterildiği gibi 1141M ile üretilen çatallı flanşın alaşım kompozisyonu verilmiştir.

Tablo 1. 1141M Alaşım Kompozisyonu

Kalite	C	Si	Mn	Pmax	Smax
1141M	0,12-0,18	0,15-0,35	0,30-0,60	0,035	0,03

Bulgular

Döküm prosesi için malzeme seçimi aşamasında dökümde kullanılan farklı malzemeler üzerinde araştırmalar yapılmış ve dövme prosesinde mevcutta kullanılan SAE 1141 çelik malzeme özelliklerine yakın olması nedeniyle EN-GJS-700-2 malzemenin kullanılmasına karar verilmiştir. Tablo 2’de döküm malzemenin kimyasal kompozisyonu verilmiştir. Tablo 3’te ise döküm ve çelik malzemelerin mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. EN-GJS-700-2 Kimyasal Kompozisyonu

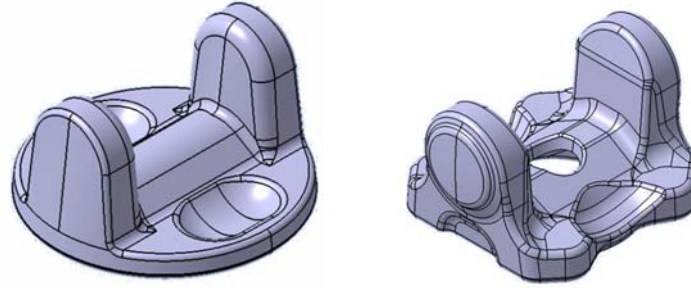
Döküm Malzeme Kimyasal Kompozisyonu				
EN-GJS-700-2	% C	% Si	% Mn	% S
	2,9-4,0	1,5-2,8	1 - 0,8	Max 0,02
	% Mo	% Mg	% Sn	% B
	Max 0,05	0,02-0,06	Max 0,05	Max 0,02
	% P	% Cr	% Ni	% Cu
	Max 0,08	Max 0,1	Max 0,1	0,5-0,9
	% Ti	% Al	% V	% Pb
	Max 0,04	Max 0,04	Max 0,01	Max 0,01

Tablo 3. Döküm ve Çelik malzemelerin karşılaştırmalı mekanik özellikleri

Malzeme Özellikleri	Malzemeler	
	SAE 1141	EN-GJS-700-2
Çekme Mukavemeti - Rm (N/mm ²)	750	621
Akma Mukavemeti - Re0,2 (N/mm ²)	490	483
Uzama A (%)	19-21	4
Sertlik HB	229-285	228-285



Bilgisayar destekli üç boyutlu tasarım ve analiz çalışmalarında yapılan yeni tasarım mevcut dövme modelin gerilme analiz değerleri referans alınarak, en az mevcut parça dayanım ve mukavemetini sağlaması için gerekli revizyonlar yapılmış ve yapısal statik analizler ile doğrulanmıştır. Mevcut dövme üretim çatalı flanş modeli geometrik açıdan; yuvarlak flanş formu ve flanş bağlantı et kalınlığı oldukça incedir. Döküm malzemeler yapısal olarak gevrek olduklarından mukavemet açısından dövme malzemelere göre daha düşük mukavemettedirler. Bu nedenle düşük et kalınlıklarında parça geometrisindeki olası kırılmaları engellemek adına geometride değişikliğe gidilmiştir. Şekil 1’de de görüleceği gibi mevcut çatalı flanş yapısından farklı olarak üretilebilirlik ve ağırlık avantajı kazandıran yeni bir tasarım ortaya konulmuştur.

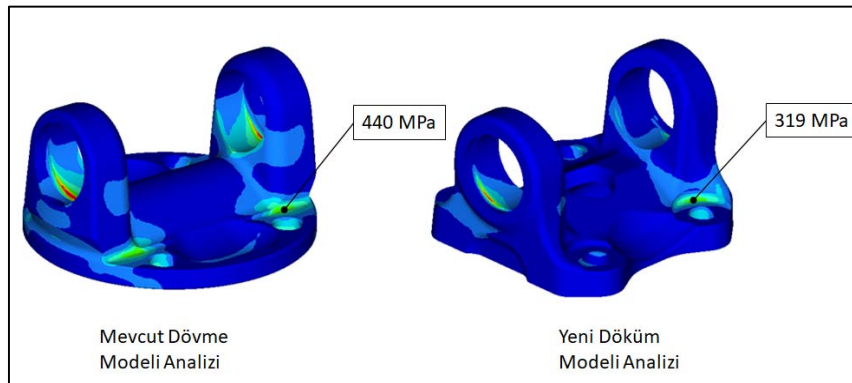


Mevcut dövme çatalı flanş

Yeni döküm çatalı flanş

Şekil 1. Mevcut dövme ve yeni döküm çatalı flanş modelleri

Tasarım süreci boyunca statik analizler bilgisayar destekli analiz programı olan Hyperworks’te gerçekleştirilmiştir. Tasarım, programa aktarılıp gerekli geometrik düzenlemeler gerçekleştirilmiş ve 0,8 eleman boyutunda R-Trias mesh ile meshleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonrasında sınır şartlarının tanımlanması için çatalı flanş kulakları birbirine rijit elemanlar ile bağlanmış ve aynı işlem bağlantı bölgeleri için de yapılmıştır. Kulaklar arasına oluşturulan rijit elemanların orta noktalarına dönme ve ötelemeye sadece dönme ekseninde izin verecek şekilde sabitleme elemanı atanmıştır. Bağlantı bölgelerini birbirine bağlayan rijit elemanların orta noktasına ise dönme ve ötelemeye izin verilmeyecek şekilde sabitleme elemanı atanmıştır. Bu aşamadan sonra kulaklar arasındaki rijit elemana 2.800 N.m değerinde moment uygulanmıştır ve malzeme tanımlanıp analiz başlatılmıştır. Sonuçlar döküm malzeme için P1(major) (Major Principal Stress) gerilme kriterine göre bakılmıştır. Mevcut dövme malzemeden yapılan çatalı flanş için ise Von Mises kriteri göz önüne alınarak sonuçlara bakılmıştır. Dokuz iterasyon sonucunda çatalı flanş modeli dondurulmuştur. Şekil 2’de mevcut ve son tasarımın analiz sonuçlarına göre gerilme dağılımı ve kritik bölgede gerilme değerleri verilmiştir.



Şekil 2. Dövme ve döküm için yapılan lineer statik analizler (2.800 N.m tork altında)



Çatalı flanş döküm kalıbı tasarımına göre, kulakların boş olarak dökülebilmesi için kum kalıba maça konulması gerekmiştir. Ancak, kullanılacak maçanın dökülecek çatalı flanş boyutundan büyük olması sebebi ile yapılan çalışma uygun görülmemiştir. Bu nedenle, parça geometrisi gereği kalıp ayırım yüzeyine göre çatalı flanşın kulak deliklerinin boş çıkmasının yaratacağı fazla maliyet düşünülerek parça formunda yıllık üretim adetleri de göz önüne alınarak, en uygun kalıplama ve üretim prosesleri göz önünde bulundurularak değişiklikler yapılmıştır. Prototip üretimi tamamlanan parçaların boyutsal ölçümleri, kimyasal analizleri, radyografik muayeneleri ve çekme testleri yapılmıştır. Şekil 3'te gösterilen prototip parçaların giriş kalite kontrol işlemlerinde boyutsal ve iç yapı incelemeleri yapılmıştır. Şekil 4'te döküm parçada çekinti incelemesi için kulak ve flanş bölgelerinden kesitler gösterilmiştir.

Yapılan incelemeler (ölçümler, tahribatlı ve tahribatsız muayeneler vb...) döküm çatalı flanşın teknik resim ve ilgili şartnamelerde belirtilen kriterlere uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Döküm prototipi yapılan çatalı flanş



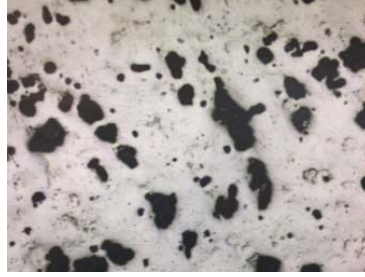
Şekil 4. Parçaların iç yapı incelemeleri için alınan kesitler

Prototip parçaların talaşlı imalat (tornalama, kulak işleme vb.) prosesleri kontrollü şekilde yapılmıştır. İşlenmiş parçalara ait görseller Şekil 5'tedir.



Şekil 5. Talaşlı imalat prosesleri yapılan döküm çatalı flanş

Çekme testleriyle parçaların 600-640 MPa arası çekme mukavemeti ve %3-5 uzama değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca prototip çatalı flanşlardan çıkartılan numunelerde sertlik taraması yapılmıştır ve sertlik değeri 250HB olarak belirlenmiştir. Dökümü tamamlanan çatalı flanşın mikro yapı görselleri Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Döküm çatalı flanş mikro yapısı

Döküm olarak imal edilen çatalı flanş parçasını doğrulamak için aşağıdaki TDP (Tasarım Doğrulama Planı) oluşturulmuştur. Bu plan çerçevesinde ilk etapta, mevcut dövme çatalı flanşın kullanılmasıyla elde edilen numune kardan milleri üzerinde statik ve yorulma olmak üzere yapısal testlere tabi tutulmuştur. Daha sonrasında döküm çatalı flanşların kullanıldığı kardan milleri statik torsiyon ve yorulma testlerine tabi tutulmuştur. Tablo 4'te statik torsiyon test sonuçları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sonuçlarda çatalı flanşta herhangi bir hasara rastlanmamıştır. Yapılan bir diğer test olan yorulma testlerinde ise kardan miline uygulanan ± 760 N.m yükleme koşullarında dövme çatalı flanşta hasar meydana gelirken, yeni tasarım döküm çatalı flanşta hasar meydana gelmemiştir ve sonsuz ömür koşullarında test durdurulmuştur. Tablo 5'te döküm ve dövme yöntemi ile üretilen çatalı flanşlar için çevrim sayıları verilmiştir.

Tablo 4. Dövme ve döküm yöntemleri ile hazırlanan kardan millerinin static torsiyon test sonuçlarının karşılaştırılması

	<u>Kopma Noktası Torku (UTS) [N.m]</u>	
	Dövme	Döküm
1	3790	3795
2	3780	3830
3	3800	3830
4	3790	3810
5	3770	3800
6	3800	3800



Tablo 5. Dövme ve döküm yöntemleri ile hazırlanan kardan millerinin yorulma testi sonuçlarının karşılaştırılması

	<u>Cevrim Sayısı (Cycles)</u>	
	Dövme	Döküm
1	719.121	1.000.000
2	681.065	1.000.000
3	628.650	1.000.000
4	594.825	1.000.000
5	745.411	1.000.000
6	720.073	1.000.000

Yapılan testler sonucunda parça geometrisinde kırılma gözlemlenmemiştir. Ayrıca yapısal testler sonucunda, döküm yöntemi ile üretilen çatallı flanşın dövme üretimi ile elde edilen çatallı flanşa göre ömrünün arttığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda yapılan tasarım çalışması başarı ile tamamlanmış ve seri üretim koşullarına hazır hale getirilmiştir.

Sonuçlar

Yapılan çalışmalar sonucunda döküm yöntemi ile üretilen çatallı flanş parçasında, dayanımdan ödün vermeden dövme yöntemi ile üretilene göre %14 hafifletme sağlanmıştır.

Teşekkür: Bu çalışma sırasında, döküm uygulamalarının gerçekleştirilmesinde firmamıza destek veren Ferro döküme teşekkürlerimizi sunarız.

Referanslar

- [1] F. Bonollo, J. Urban, B.Bonotto, M.Botter – “Gravity and low pressure die casting of aluminium alloys a technical and economical benchmark” - 2005
- [2] Aamir M. Shaikh - “Study and observation of process parameters for spheroidal graphite (SG) iron casting” - 2016
- [3] S. Mazumdar, SK Ray Sadhana – “Solidification control in continuous casting of steel” - 2001
- [4] Copper casting alloys – “https://www.copper.org/publications/pub_list/pdf/7014.pdf”
- [5] Sunanda Das, Dr. Rakesh L.Himte – “Design & analysis of pure iron casting with different moulds” - 2013
- [6] Selçuk Yeşiltepe, M. Kelami Şeşen – “Heat treatment effect on spheroidal graphite, microstructure and mechanical properties of Ni-resist ductile cast iron” - 2017
- [7] Cai Qizhou and Wei Bokang – “Recent development of ductile cast iron production technology in China” - 2007
- [8] Prof. Ing. Tomas Elbel, CSC. Doc. Ing.Jiri Hampl, Ph.D. – “Diagnostics and casting quality control” - 2016
- [9] Mark Jolly - “Prof. John Campbell’s ten rules for making reliable castings” – 2005
- [10] Shilpa Godbole – “Microstructure analysis of spheroidal graphite iron (SGI) using hybrid image processing approach” - 2014



- [11] Omkar Bemblage and D. Benny Karunakar – “A study on the blended wax patterns in investment casting process” -2011
- [12] Dhage, S.K., Mishra, H., Tathe P.G. (2017). Report on failure analysis of universal joint of a transmission drive shaft. Int. Journal for Sci. Res. & Dev., 4,2321-0613.
- [13] Seherr-Thoss, H. Chr., Schmelz, F., Aucktor, E. (2006). Universal Joints and Driveshafts, Chapter 1.

KESİNTİ YÖNETİM SİSTEMİ TABANLI ARIZA İSTATİSTİKLERİ VE COĞRAFI BİLGİ KULLANIMI İLE MAKİNE ÖĞRENMESİNE DAYALI HAFTALIK BAZDA ARIZA TAHMİNİ VE ÖNCELİKLİ BAKIM ÖNGÖRÜSÜ OLUŞTURMA

İlyas Gögebakan¹ ve Andaç Kılıç²

¹ Özyeğin Üniversite/ADM Elektrik Dağıtım A.Ş., Denizli, Türkiye

² Gazi Üniversite/ADM Elektrik Dağıtım A.Ş., Denizli, Türkiye

Email: ilyas.gogebakan@admelektrik.com.tr

Özet

Tedarik sürekliliğinin iyileştirilmesindeki önemli etkenlerden biri arıza sürelerinin düşürülmesidir. Arıza sürelerinin düşürülmesinde tahmini arıza senaryolarının oluşturulması, belirli bakım planlarının organize edilmesi, arıza noktasının hızla belirlenebilmesi, saha personelinin arıza giderme çalışmalarında doğru yöntemi hızlıca uygulayabilmesi sürecin daha iyi yönetilebilmesindeki önemli iş baremleridir. Projenin temel amacı makine öğrenmesi teknolojisinin kullanımı ile birlikte, trafolar, havai hatlar ve kesiciler gibi şebeke ekipmanlarının arızalanma olasılıklarının, ciddi bir veri havuzu olan OMS veri tabanında bulunan ekipman bilgisi (hangi DM, hangi Fider v.s.), ilgili ekipmana ait önceki arızaların nedenleri, ekipmanın gerilim kademesi ve coğrafi, iklimsel bilgiler, ekipmanın yaşı gibi verilerin makine öğrenmesi algoritmalarıyla işlenerek ileriye dönük haftalık bazda her şebeke elemanı için gerçekleşebilecek arızaların yüzdesel olarak tahminlerinin oluşturulması, tahminlemesi gerçekleştirilen arızaların önüne geçmek için uygulanabilecek bakım planlarının oluşturulması ve olası arızaların, yıllık yüklenme eğrileri belli olan (veya geçmiş verilerden tahmin edilen) fiderlerde veya ikincil fiderlerde sebep olacağı kesinti süresi, hesaplanan sağlanamayan enerji miktarları (ENS), kesinti süresinden etkilenecek abone sayısı gibi parametreler baz alınarak, önerilmiş olan bakım planlarının önceliklendirilmesini gerçekleştirebilecek bir sistemin geliştirilmesidir. Bu sistem ile Dağıtım Şirketleri'nin hizmet kalitesi parametrelerinin iyileştirilmesi, verimli çalışma, ekonomik olarak personel yönetimi, hızlı ve ekonomik karar sağlama gibi konularda iyileştirme sağlanacaktır. Özellikle son dönemde EPDK'nın yapmış olduğu KF (Kalite Faktörü) uygulaması ve KF iyileştirmelerinin beklentilerinin karşılanması amaçlanmaktadır. Ayrıca, Elektrik Dağıtım Şirketlerinin Endüstri 4.0 ve Akıllı Şehirler konseptlerine uyumunun sağlanması da proje hedefleri içerisinde yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenimi, Kalite Faktörü, Endüstri 4.0, Güç Dağıtımı, Hava Durumu, Elektrik Kesintisi Tahmini, Bakım

Giriş

Elektrik, modern toplumun temelidir ve güvenilmez elektrik enerjisi dağıtımının doğrudan ve uzun vadeli sosyo-ekonomik etkileri vardır¹. Enerji üretimi, talebi arasındaki dengeyi ve elektrik kesintisini tahmin etmek güç dağıtımının güvenilirliği açısından en önemli unsurlardan biridir².

Hava durumu ve elektrik kesintileri arasındaki ilişkilerin öngörülmesi anlayışını geliştirmek, hava koşullarından kaynaklanan elektrik kesintilerindeki artışa ve şiddetli hava olaylarında beklenen artışa dayanabilecek esnek bir elektrik şebekesi oluşturmak için önemli bir adımdır³.

Aşırı hava olayları nedeniyle elektrik şebekesi bileşenlerinde meydana gelebilecek olası hasarların verimli bir şekilde tahmin edilmesi, verimli yanıt ve kurtarma modelleri geliştirmek ve minimum hasarla karşılaşmak için önleyici eylemler gerçekleştirmek için önemli bir adımdır⁴.

Yapılan literatür taramaları, elektrik güç sisteminde makine öğrenimi (ML) tekniklerini kullanma ve elektrik kesintilerini tahmin etmek için makine öğrenimi kullanma konusunda en iyi uygulamayı açıklamaktadır. Nateghi ve arkadaşları⁵ tropikal siklonların neden olduğu kesintileri tahmin etmek için rastgele orman (RF) kullanmıştır ve Wanik ve arkadaşları⁶ New England'daki elektrik kesintilerini tahmin etmek için ağaç tabanlı



modeller kullanmıştır. Ağaç tabanlı modeller haricinde arıza tahmini için Bayes katkılı regresyon ağaçları (BART), güçlendirme ağacı (BT), destek vektör makinesi (SVM), kuantil regresyon ormanı (QRF) gibi makine öğrenimi modelleri de kullanılmıştır. Model girdisi olarak genellikle doğal afet düzeyinde hava durumu verileri kullanılmıştır.

Gerçekleştirilecek projede temel olarak makine öğrenmesi metotları kullanılarak Dağıtım Şirketi bünyesindeki AG ve OG şebeke elemanlarının daha önce karşılaşmış olduğu arıza tiplerinin kümülatif toplamından yola çıkılarak haftalık olarak karşılaşılabileceği arıza durumlarının yüzdesel olarak tahmini gerçekleştirilecektir. Böylece işletme çalışanları sorumluluğundaki ekipmanlarda gerçekleşebilecek arızalar ile ilgili olarak bir hafta öncesinden bilgi sahibi olacaktır ve geliştirilmiş olan algoritma tahmini arızalara yönelik bakım planlarının raporlamasını sağlayarak hangi olası arızanın hangi bakım planı uygulanırsa, arıza ortaya çıkmadan önce engellenebileceğini ortaya koyacaktır. Bu bakımdan gerçekleştirilecek proje ile önceki verilerden yola çıkılarak bir hafta sonrası için Dağıtım Şirketinin sorumluluğundaki herhangi bir elemanda ortaya çıkabilecek arızaya yönelik yüzdesel tahmini arıza senaryoları oluşturulacak ve dolayısıyla potansiyel arıza noktaları belirlenmiş olacaktır, tahmini yapılan gerçekleşebilecek arızaya yönelik bakım planı belirlenecektir. Proje kapsamında oluşturulacak olan algoritma ile daha önce belirtilmiş olan arıza süresinin düşürülmesi için gerekli olan iş baremleri karşılanacaktır.

Proje kapsamında makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak geçmişte ADM EDAŞ dağıtım bölgesinde oluşmuş elektriksel arızalar ile ilgili Kesinti Yönetim Sistemi (OMS) kayıtları ve bu arızaların meydana geldiği lokasyonlardaki meteorolojik ve coğrafi bilgilerden elde edilen veriler tahminleme modeli için öğrenme verisi olarak ele alınıp işlenerek bir hafta sonrasına dönük şebekede hangi elemanda hangi arızanın ortaya çıkabileceğine yönelik tahmin üretilenektir. Geliştirilecek model işledikçe kümülatif olarak artan arıza verileri, meteorolojik tahminler ve coğrafi bilgiler kullanılarak gün geçtikçe öğrenen ve doğruluğu artan bir sistem ortaya çıkarılmış olacaktır.

Geliştirilecek olan sistem kullanıcılara olası arıza durumları için başvuracakları bir karar mekanizması halini alacaktır, sistemin bir karar destek sistemi olarak kurgulanması sebebiyle projedeki bir diğer amaç ise arızaya müdahalenin planlanmasında da daha derin bilgi verilmesi ve gerektiğinde arızaların önceliklendirmelerinin yapılabilmesidir. Bu doğrultuda program içerisinde tahmini yapılan arızaya yönelik bakım planı oluşturabilecek ve olası arızadan etkilenecek müşteri sayısı, aktarılamayan enerji gibi kısıtlara göre uygulanacak bakım planlarının önceliklendirilmesini sağlayacak algoritma tasarımı gerçekleştirilecektir.

Proje doğrultusunda eleman bazında arızalara ilişkin Kesinti Yönetim Sisteminden elde edilebilecek tüm bilgilerin ve meteorolojik tahmin, coğrafi bilgi verilerinin görüntülenebileceği, raporlanabileceği ve karar destek sisteminin arayüzü olacak web tabanlı bir yazılım geliştirilecektir.

Geliştirilecek makine öğrenmesi sistemi ADM EDAŞ'ın Kesinti Yönetim Sistemi ile entegre olarak çalışacaktır. Sistem ilgili dağıtım şirketinin belirlediği pilot bölgelerde denenerek uygulamaya dönük gerekli testleri yapılacaktır. (D. A. Jones, 1991: 0-1), (D. W. Wanik, E. N. Anagnostou, M. Astitha, B. M. Hartman, G. M. Lackmann, J. Yang, D. Cerrai, J. He, and M. E. B. Frediani, 2018: 1-2), (D. T. Ton, W.-T. P. Wang, 2015: 2-3) (Rozhin Eskandarpour, Student Member, IEEE, Amin Khodaei, Senior Member, IEEE, 2016: 3-4), (R. Nateghi, S. Guikema, and S. M. Quiring 2014: 5), (D. W. Wanik, E. N. Anagnostou, B. M. Hartman, M. E. B. Frediani, and M. Astitha 2015: 6)



Malzeme ve yöntem

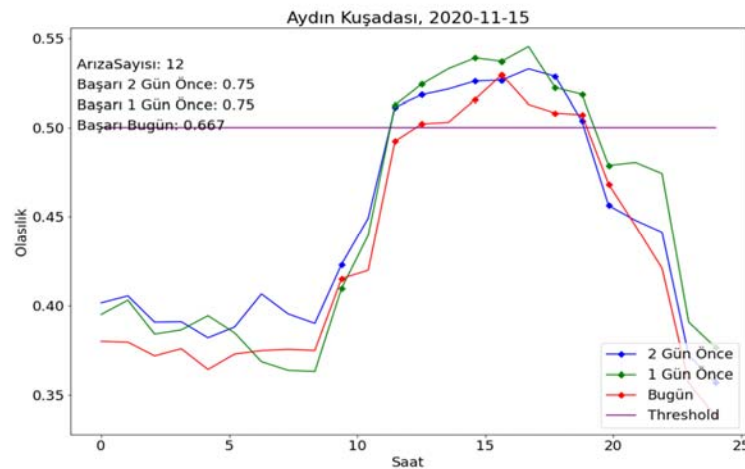
Proje altı farklı aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırası ile şöyledir; Veri Temizleme, Özellik Çıkartma, Özellik Dönüşümü, Özellik Seçimi, Model Seçimi, Model Parametre Seçimi. Bu aşamalar kapsamında neler yapıldığını aşağıda görmektesiniz.

- **Veri Temizleme:** Veri setindeki anormal verilerin çıkarılması veya boş olan verilerin doldurularak veri setinin daha anlamlı hale getirilmesi işlemidir. Sayısal olan boş veriler ortalama değer ile doldurulurken sözel olan değerler en sık kullanılan değer ile doldurulmuştur. Veri setinde herhangi bir anormal veri ile karşılaşılmamıştır.
- **Özellik Çıkartma:** Veri setindeki kategorilerden yola çıkarak modelin daha iyi anlayabileceği yeni kategoriler oluşturma işlemidir. Bu kapsamda yeni eklenen kategoriler şu şekildedir; Hava durumu verisinden son iki gündeki maksimum veya minimum hava durumu değerleri ve son dört saatteki ortalama hava durumu değerleri, tarih verisinden saat ve ay değerleri, arıza verisinden arıza koordinatları değerleri, trafo verisinden trafo ünvanı değerleri çıkarılmıştır.
- **Özellik Dönüşümü:** Veri setindeki özelliklerin normal dağılıma yakın olması makine öğreniminin başarısını yükseltmektedir. Bu sebepten ötürü veri setindeki özellikler normal dağılıma yaklaşacak şekilde dönüştürülmüşlerdir.
- **Özellik Seçimi:** Modelin daha hızlı eğitilebilmesi için gereksiz verilerden kurtulma adımdır. En uygun özellikleri bulmak için KBest ve Random Forest kullanılmıştır.
- **Model Seçimi:** Her problemin çözümüne uygun olan makine öğrenimi modeli farklıdır. En uygun modeli bulmak için birden fazla modelin test edildiği bir ortam oluşturuldu ve bu problem için en uygun modelin Random Forest makine öğrenimi modeli olduğu bulunmuştur.
- **Modeli Parametre Seçimi:** Makine öğrenimi modellerinin birden çok parametresi vardır. EN uygun parametreyi bulmak için GridSearchCV tekniği kullanılmıştır.

Bulgular

Projenin yedi farklı bölgede testi gerçekleştirilmiştir. Bu testlerden bir kesiti aşağıda görebilirsiniz.

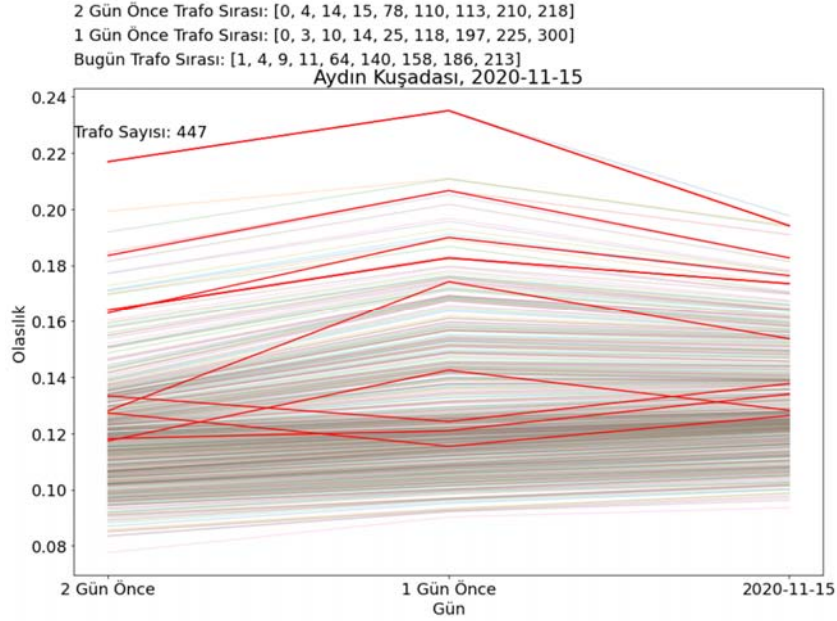
Şekil 1'de Kuşadası'nda 2020-11-15 tarihine ait saat bazında örnek bir arıza tahminini görmektesiniz. Bu tahminlere göre o gün gerçekleşen 12 arızanın 9'unun saati doğru tahmin edilmiştir.



Şekil 1. Aydın Kuşadası Saatlı Bazında Arıza Tahmini



Şekil 2’de ise Kuşadası’nda 2020-11-15 tarihine ait trafo bazında örnek bir arıza tahmini görülmektedir. Bu tahminlere göre 887 trafo arasından arıza ihtimali en yüksek olan 11 trafonun 4’ünde arıza meydana gelmiştir. Bu trafolar sırası ile 1., 4., 9., 11. sıradadırlar.



Şekil 2. Aydın Kuşadası Trafo Bazında Arıza Tahminleri

Sonuçlar

Projenin yedi farklı bölgede yedi gün boyunca testi gerçekleştirilmiştir. Bu test sonuçlarına göre en başarılı model Aydın Kuşadası’nda çalışan modeldir. Model 7 gün boyunca arıza olacağını doğru tahmin etmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %100’dür. Arıza olacak saatleri ise %68 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek olan 10 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 8 trafoyu doğru tahmin etmiştir.

İkinci model ise Denizli’de çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca arıza olacağını doğru tahmin etmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %100’dür. Arıza olacak saatleri ise %93,8 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek 10 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 7 trafoyu doğru tahmin etmiştir.

Üçüncü model ise Bodrum’da çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca arıza olacağını doğru tahmin etmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %100’dür. Arıza olacak saatleri de %100 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek 10 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 5 trafoyu doğru tahmin etmiştir.

Dördüncü model ise Fethiye’de çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca arıza olacağını doğru tahmin etmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %100’dür. Arıza olacak saatleri ise %43,25 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek 10 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 3 trafoyu doğru tahmin etmiştir.

Beşinci model ise Marmaris’te çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca gerçekleşen arızaların 5 tanesini bilmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %71,5’dir. Arıza olacak saatleri ise %3 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek 11 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 2 trafoyu doğru tahmin etmiştir. Hatta bu trafolar arıza ihtimali 2 tanesi arıza ihtimali en yüksek 3 trafo arasındadır. Arıza saatlerini doğru tahmin edemese de model gün içerisinde arıza olup olmayacağını ve hangi trafoda arıza gerçekleşeceğini yüksek bir olasılık ile bulabilmektedir.



Altıncı model ise Muğla merkezde çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca gerçekleşen arızaların 5 tanesini bilmiştir. Yani gün bazında arıza tahmin başarısı %71,5'dir. Arıza olacak saatleri ise %6 doğruluk oranı ile bulabilmiştir. Trafo bazında ise arıza ihtimali en yüksek 10 trafo arasından 7 gün içerisinde toplam 2 trafoyu doğru tahmin etmiştir.

En başarısız model ise Aydın merkezde çalışmaktadır. Model 7 gün boyunca gerçekleşen arızalardan hiçbirini doğru tahmin edememiştir.

Yedi günlük testlerin sonucunda modellerin genel olarak arıza günü, hatta arıza saatini doğru bulmakta oldukça iyi oldukları gözlemlenmiştir. Arıza yapacak trafoları bulma konusunda modeller arıza saatini bulmaya göre nispeten daha başarısız olmuşlardır fakat trafoların SAIDI, SAIFI değerleri ile trafo bazında tahminler beraber kullanılarak arızanın mümkün oldukça az kişiyi etkilemesi ve arıza süresinin minimuma düşürülmesi mümkündür.

Referanslar

- D. A. Jones, (1991). Electrical engineering: The backbone of society. [IEEE Proceedings A- Science, Measurement and Technology](#) (Volume: 138, [Issue: 1](#), Jan. 1991) **Page(s):** 1–10.
- D. W. Wanik, E. N. Anagnostou, M. Astitha, B. M. Hartman, G. M. Lackmann, J. Yang, D. Cerrai, J. He, and M. E. B. Frediani (2018). A Case Study on Power Outage Impacts from Future Hurricane Sandy Scenarios. *Journal of Applied Meteorology and Climatology* (Volume: 57, [Issue: 3](#), May-June 2015): **Page(s):** 51–79.
- D. T. Ton, W.-T. P. Wang (2015). A More Resilient Grid: The U.S. Department of Energy Joins with Stakeholders in an R&D Plan. *IEEE Power and Energy Magazine* (Volume: 13, [Issue: 3](#), May-June 2015): **Page(s):** 26-34.
- DIEGO CERRAI, DAVID W. WANIK, MD ABUL EHSAN BHUIYAN, XINXUAN ZHANG, JAEMO YANG, MARIA E. B. FREDIANI, EMMANOUIL N. ANAGNOSTOU, (2019). Predicting Storm Outages Through New Representations of Weather and Vegetation. *IEEE Access*, (Volume: 7): **Page(s):** 29639-29654.
- Rozhin Eskandarpour, Student Member, IEEE, Amin Khodaei, Senior Member, IEEE (2016). Machine Learning Based Power Grid Outage Prediction in Response to Extreme Events. *IEEE Transactions on Power Systems* (Volume: 32, Issue: 4, July 2017): **Page(s):** 3315-3316.
- R. Nateghi, S. Guikema, and S. M. Quiring (2014). Power outage estimation for tropical cyclones: Improved accuracy with simpler models. *Risk Anal* (Vol: 34): **Page(s):** 1069–1078.
- D. W. Wanik, E. N. Anagnostou, B. M. Hartman, M. E. B. Frediani, and M. Astitha (2015). Storm outage modeling for an electric distribution network in northeastern USA. *Natural Hazards*, (Vol. 79, no. 2) **Page(s):** 1359–1384.
- FEIFEI YANG, PETER WATSON, MARIKA KOUKOULA, AND EMMANOUIL N. ANAGNOSTOU (2020). Enhancing Weather-Related Power Outage Prediction by Event Severity Classification. [IEEE Access](#) (Volume: 8) **Page(s):** 60029-60042.

ALÜMİNYUM ALAŞIMLARINDA YARIKATI DÖKÜM YÖNTEMLERİ

Ferhat AYDOĞAN¹, Elvan Bilge MENTEŞE¹, Prof. Dr. Nurşen SAKLAKOĞLU²

¹Döktaş Dökümcülük Tic.ve San. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

²MCBÜ Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye

Email: ¹ferhat.aydogan@doktas.com , ¹elvanbilge.mentese@doktas.com , ²nsaklakoglu@gmail.com

Özet

Alaşımların yarı katı prosesleri uzun yıllardır konuşulmaktadır. Alüminyum alaşımları için farklı yarı katı döküm metodları bazı başarılı endüstriyel uygulamaların yanı sıra, özellikle otomotiv ve tüketici ürünleri pazarlarında sınırlı uygulamaları olan niş bir teknoloji haline geldiği görülmüştür. Bununla birlikte, geleneksel döküm ve özellikle kokil kalıp döküm proseslerinin güçlü rekabetine ve de katmanlı imalatın ortaya çıkmasına rağmen, yarı katı alaşımların yüksek kalite özellikleri sebebiyle talepte canlanma görülmektedir. Bu yazıda alüminyum alaşımlarında uygulanabilen yarı katı döküm metodları hakkında bilgi verilmektedir.

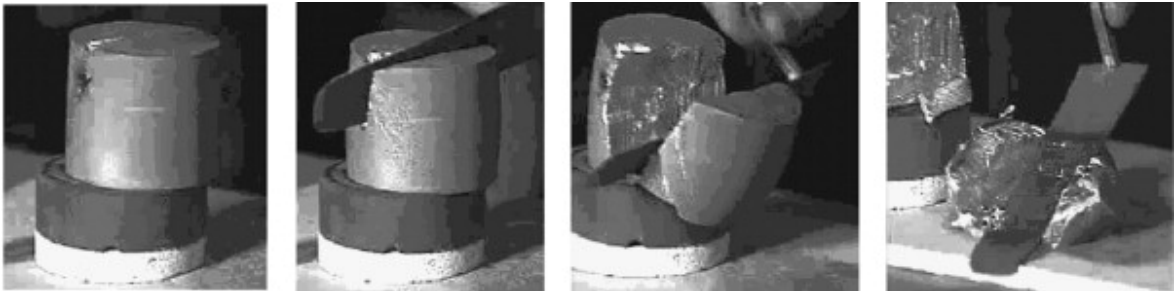
Anahtar Kelimeler: Döküm, Alüminyum alaşımları, Yarı-Katı Döküm, SEED, GISS, NRC, RSF, SIMA, SSR, Soğutmalı Eğimli Döküm, Serpantin Tünel döküm

Giriş

Sıvı metal ile yüksek basınçlı döküm (HPDC), yüksek verimlilik ve düşük üretim maliyetinin benzersiz özellikleri nedeniyle alüminyum alaşımlarının dökümünü yapmak için kullanılan en popüler işlemdir. Bununla birlikte, HPDC tarafından üretilen Al alaşımları, kalıp doldurma sırasında gaz sıkışması nedeniyle çok sayıda porozite ve oksit içerir. Bu tür poroziteler, mekanik özellikleri ciddi şekilde bozabilir, ısıl işlem ve kaynak uygulama yoluyla daha fazla özellik geliştirmeyi engeller. Bugün otomotiv sektörüne yönelik pek çok parçanın üretimi alüminyum döküm yöntemiyle gerçekleştirilmektedir. Örneğin motor blokları dökme demir yerine alüminyum alaşımı ikame edilerek önemli derecede hafifletme sağlanmıştır. Bazı emniyet-kritik parçalardan beklenen uzamatozluk değerlerine ise basınçlı dökümle ulaşmak mümkün olamamaktadır[24]. Yüksek bütünlüğe sahip bileşenler üretmek için gelecek vaat eden teknolojilerden biri, tiksotroforming ve reoforming dahil olmak üzere yarı katı metal (SSM) işlemleridir [14].

Metal alaşımların ve kompozitlerin yarı katı prosesleri, yarı katı halde dendritik olmayan mikro yapıya sahip malzemelerin tiksotropik davranışını kullanır. Bu davranışa dayalı yenilikçi üretim yöntemleri son 30 yıldır gelişmektedir ve 1970'lerin başlarında MIT'deki bilimsel çalışmalardan kaynaklanmaktadır [4].

Bu tiksotropik davranış bugün alüminum ve magnezyum gibi pekçok alaşımın yarı-katı şekillendirme proseslerinin geliştirilmesine yol açmıştır. Tanelerin küresel olması yarı-katı durumda kuvvet etkisindeyken viskozitesinin düşmesine ve böylece kolayca şekillendirilebilmesine olanak sağlar. Küresel tane yapısına sahip bir alaşım yarı-katı aralığa ısıtıldığında bıçak yardımıyla tereyağ gibi sürülebilir bir hale gelir [15].



Şekil 1. Yarı-katı alaşımların tiksotropik davranışı [4]



Şekil 2. %30 katı - %70 sıvı Al-Si alaşımasının tiksotropik davranışı [3]

Her süreç gibi yarı katı dökümün de kokil kalıp döküme göre avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu avantajlar yarı katı döküm metodlarına göre farklılık gösterse de ana başlıklar altında topladığımızda aşağıdaki gibi yazabiliriz.

Yarı katı dökümün ana avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibidir;

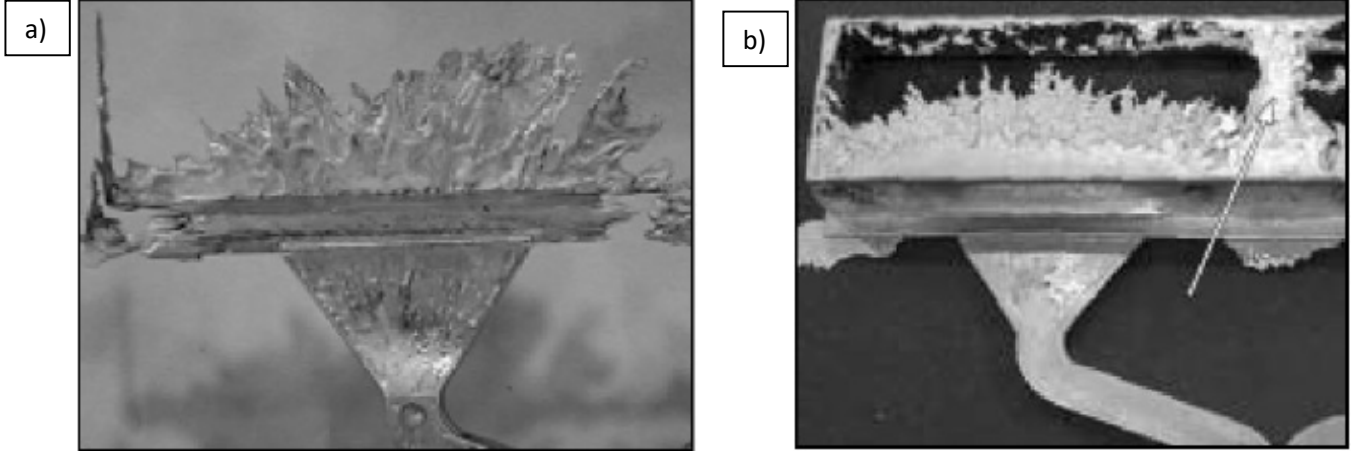
Avantajlar;

- Enerji verimliliği: Kenney ve arkadaşlarına göre aynı alüminyum alaşımı için döküm enerji gerekliliği yarı-katı şekillendirmeye göre %35 daha fazladır[10].
- Kalıbın hava sıkışması ve çekinti porozitesi olmadan Şekil 3'teki gibi laminar bir şekilde doldurması, parçalara yüksek bütünlük sağlar (ince cidarlı bölümler dahil) ve proses daha yüksek mukavemetli olup ısıtma işlem uygulamalarına olanak sağlar.
- Daha düşük işlem sıcaklıkları, kalıp üzerindeki termal şoku azaltır, kalıp ömrünü uzatır.
- Kalıp üzerindeki daha düşük etki, aynı zamanda hızlı prototipleme kalıpları olasılığını da beraberinde getirir.
- İnce, tek tip küresel mikro yapılar gelişmiş özellikler kazandırır.
- Katılma sırasında düşük hacimsel büzülme olması ile nihai forma yakın parçalar elde edilir, böylece imalat maliyetleri azalır. Maliyet düşüşünün %20-50 arasında olduğu söylenmektedir [15].
- Yüzey kalitesi geleneksel metotlara göre daha iyidir.
- Korozyon direnci daha yüksektir. Özellikle çukurcuk korozyon direncinin daha yüksek olduğu incelenmiştir[20].
- Ağırlık hafifletmeye olanak sağlar.

Dezavantajlar;

- Sürecin yeni bileşenlere uygulanmasını kolaylaştırmak için süreç bilgisi ve deneyimi sürekli olarak oluşturulmalıdır.
- Personel en azından başlangıçta geleneksel süreçlere göre daha yüksek düzeyde eğitim ve beceriye ihtiyaç duyar.
- Sıcaklık kontrolü; Yarı katı haldeki katı oranı ve viskozitesi, sıcaklığa çok bağlıdır. Yarı katı bölgede dar bir sıcaklık aralığına sahip alaşımlar, sıcaklığın doğru kontrolünü gerektirir.

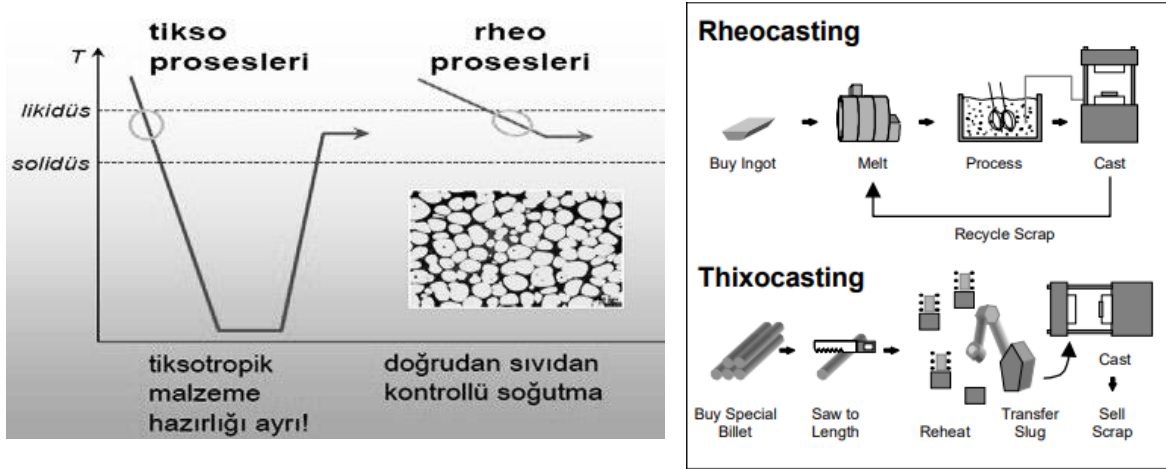
- Homojen olmayan ısıtma nedeniyle sıvı ayrılması, bileşende muntazam olmayan kompozisyona neden olabilir.



Şekil 3. %70 oranında vuruş yapılmış metal akış görüntüsü a) yarı katı metal b) sıvı metal [8]

Yarı-katı Döküm Metodları

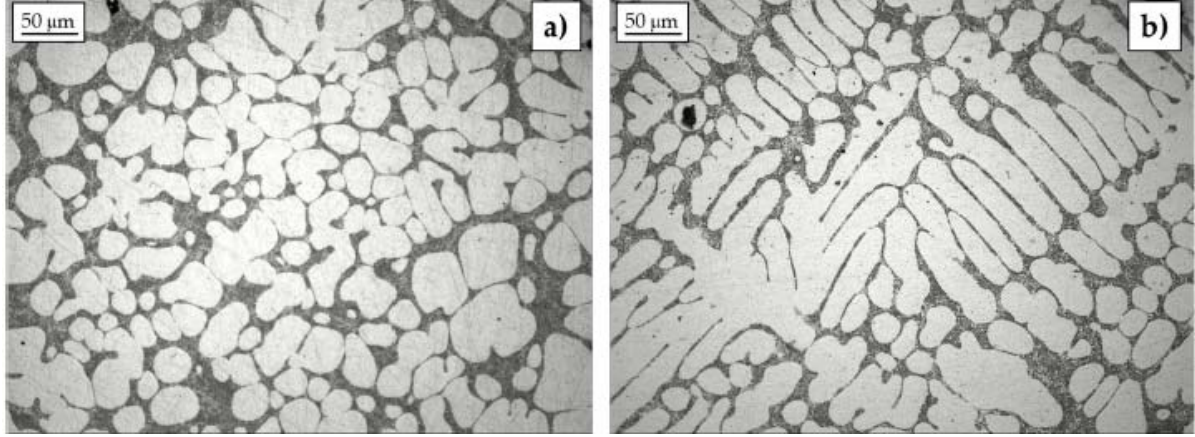
Bugüne kadar yapılan çalışmalar yarı-katı şekillendirme metodlarında 2 yol ortaya koymuştur (Şekil 4):



Şekil 4. Yarı-katı teknolojilerinin 2 çeşidinin şematik gösterimi [19-23]

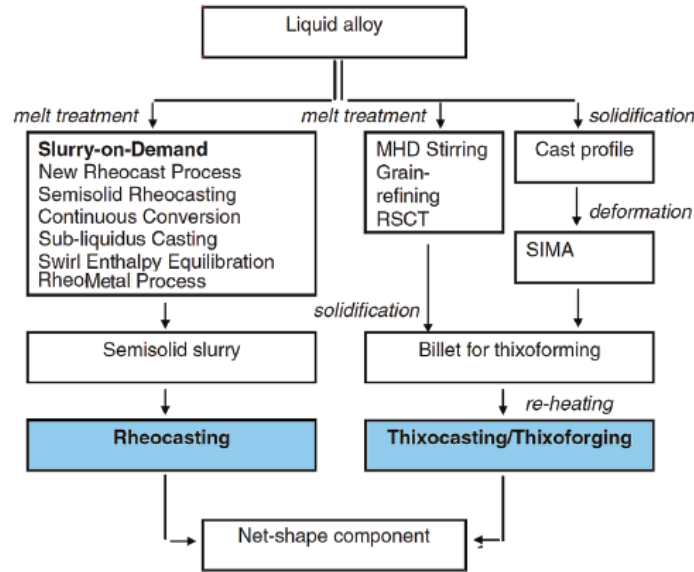
1-Thixocasting: Küresel tane yapısına sahip olması için yapılan işlemlerden sonra oda sıcaklığına soğutulmuş hazırlanan biyetler, kesilerek tekrar yarı-katı sıcaklığa ısıtılarak şekillendirilir. Eğer kapalı kalıpta şekillendirme gerçekleştiriliyorsa thixocasting, açık kalıpta şekillendiriliyorsa thixoforming adı verilmektedir.

2-Rheocasting: Küresel tane yapısına sahip olması için yapılan işlemlerden sonra basınçlı döküm makinası gibi bir şekillendirme makinasına transfer edilen malzeme, yarı-katı sıcaklığa soğuduğunda şekillendirilir.



Şekil 5. AlSi7 alaşımasının tipik mikro yapıları (a) yarı katı döküm ve (b) geleneksel döküm [1].

Küresel tane yapısının elde edilmesi için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Bu yöntemler arasında mekanik karıştırma, elektromanyetik karıştırma, SEED prosesi, SSR (semisolid rheocasting), ikiz vidalı rheomolding, NRC (new rheocasting), ultrasonik karıştırma, FCR (Forced convection rheoforming) vb sayılabilir. Bu yöntemler hazırlanan yarı katı malzeme türüne göre ayrılacak olursa Şekil 6'teki gibi gösterilebilir.



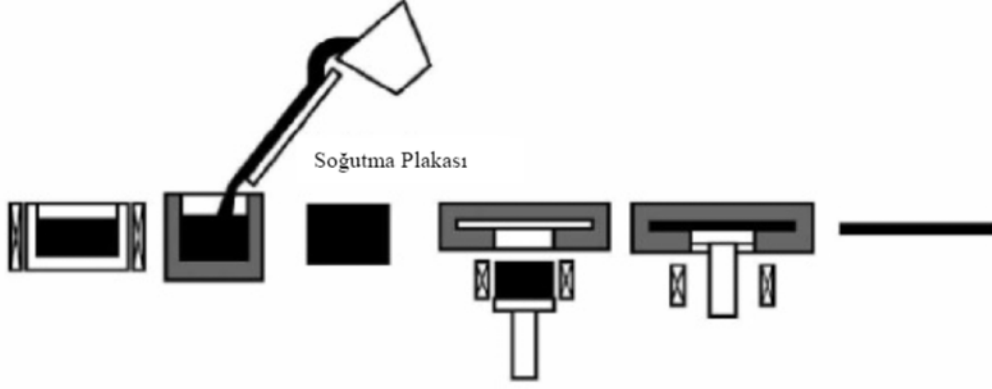
Şekil 6. Yarı-katı döküm metodlarının bulamaç(slurry) ve tiksotropik biyet formundan uygulanış metodlarının şematik gösterimi[11]

Eğimli Soğutma Plakasında Döküm Yöntemi:

Eğimli soğutma plakası temelde Şekil 7'de gösterildiği gibi su ile soğutulan çok basit bir plaka sisteminden oluşmaktadır. Bu proseste, uygun sıcaklıktaki ergimiş metal yumuşak çelikten yapılmış eğimli plaka boyunca akarak kalıp içine dökülmektedir. Eğimli soğutma plakasının yüzeyi katılaştıran metalin yüzeye yapışmasını engellemek için çoğunlukla bor nitrit ile kaplanmaktadır. Katı çekirdekler ergiyik ve eğimli plaka arasındaki temasta hızlı ısı transferinden dolayı şekillenmektedir. Bu çekirdekler uygulanan kayma gerilmesi ve metal akışının bir sonucu olarak yüzeyden ayrılır. Sonuç olarak, çekirdekler metal içine dağılmaktadır. Eğimli soğutma plakasından elde edilen döküm alaşımı katılaştırılıp yeniden ısıtılarak tiksotropik şekillendirmelerde kullanılabileceği



gibi, doğrudan basınçlı döküm makinasına transfer edilerek yarı katı dökümde yapılabilmektedir. Bu yöntemde döküm sıcaklığı, eğimli soğuma plakasının uzunluğu, eğimli soğuma plakasının eğimi, eğimli soğuma plakasının malzemesi ve döküm yapılan kalıbın malzemesi gibi çeşitli parametreler son mikroyapı üzerinde etkilidir..



Şekil 7. Eğimli soğutma plakası kullanılarak tikso şekillendirme prosesinin şematik gösterimi [16]



Şekil 8. Eğimli Soğutma Plakasında Döküm Ünitesi Örneği [22]

Ötektik üstü Al-Si alaşımlarda uygulandığında özellikle enerji tüketimindeki kazanç bu metodu çekici kılmaktadır. Tablo 1’de A390 alaşımında T6 uygulanabilmesinin sonucunda 144 HB sertlik değerine ulaşılabileceğini göstermektedir.

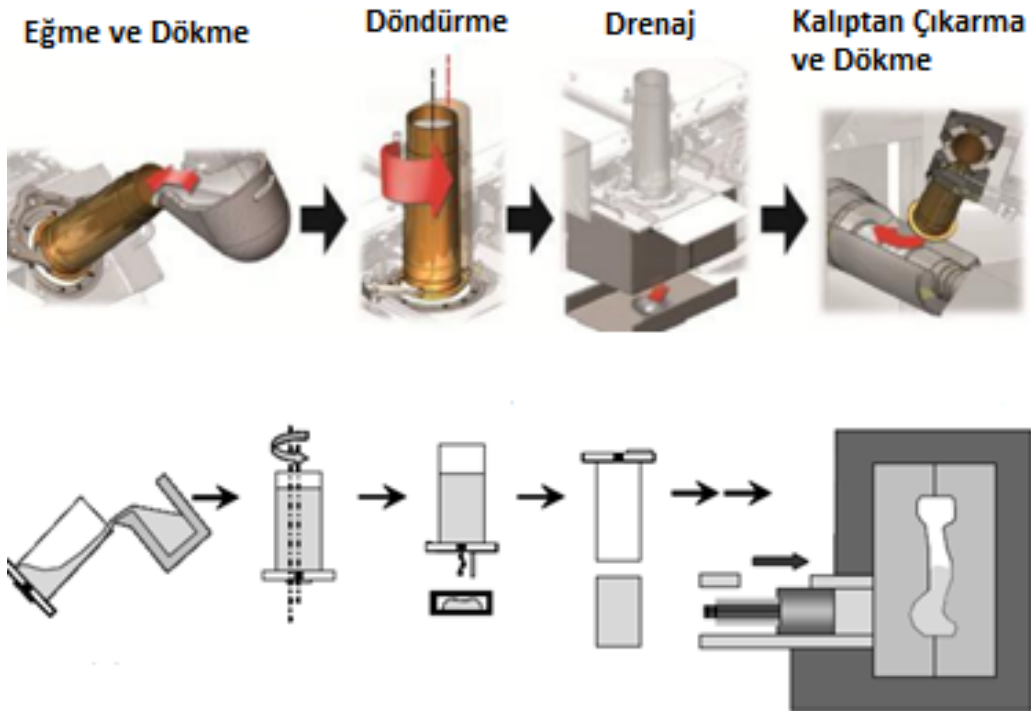


Tablo 1. Eğimli Soğutma plakası ile dökümü gerçekleştirilen ötektik üstü Al-Si alaşımına (A390) ait sertlik değerleri [22].

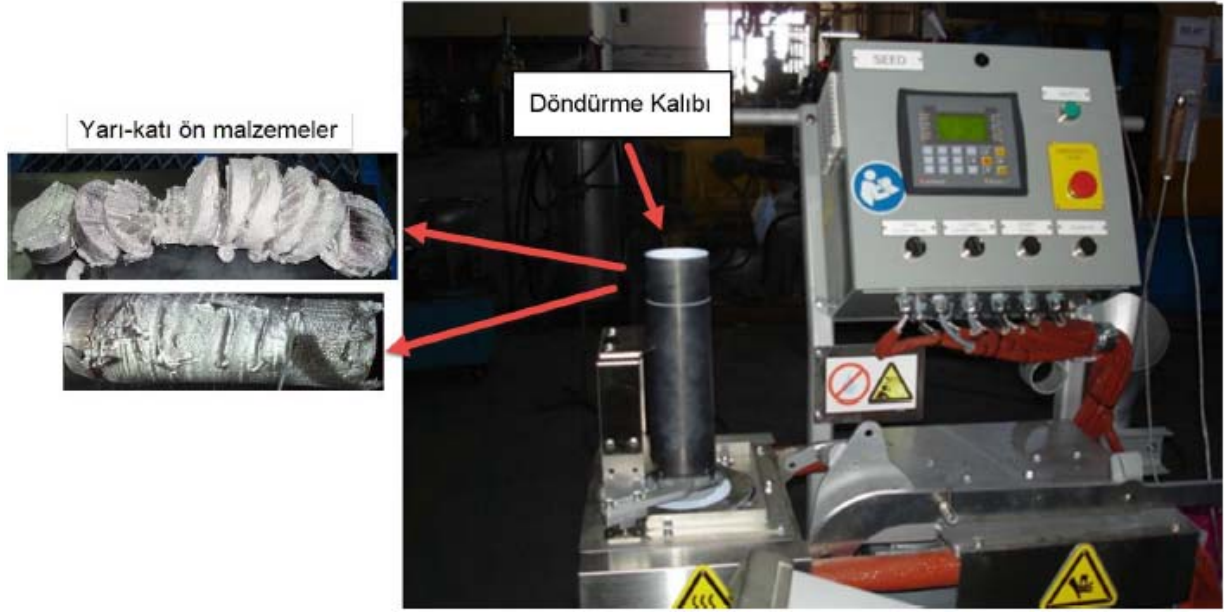
Process	Temper	Hardness (HB)
Die casting	F	80 ± 12
Thixoforming	F	90 ± 4
Thixoforming	T5	101 ± 8
Thixoforming	T6	144 ± 3

Döndürmeli Entalpi Dengeleme Yöntemi (SEED Prosesi):

SEED prosesi (Şekil 9) Dautre ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş bir hammadde hazırlama prosesidir. Bu proseste alaşım uygun kompozisyonda ergitilir, SEED makinasının ısıtılmış kalıplarına transfer edilir, burada türbülans oluşmaması için eğim verilir ve SEED kalıbında eksantrik karıştırma uygulanır. Yarı-katı sıcaklığa gelen alaşımda kalan aşırı ötektik sıvının drenaj edilebilmesi için birkaç saniye boşaltım yapılır. Kalıptan çıkartılarak yüksek basınçlı döküm makinasında şekillendirme işlemi gerçekleştirilir [9].

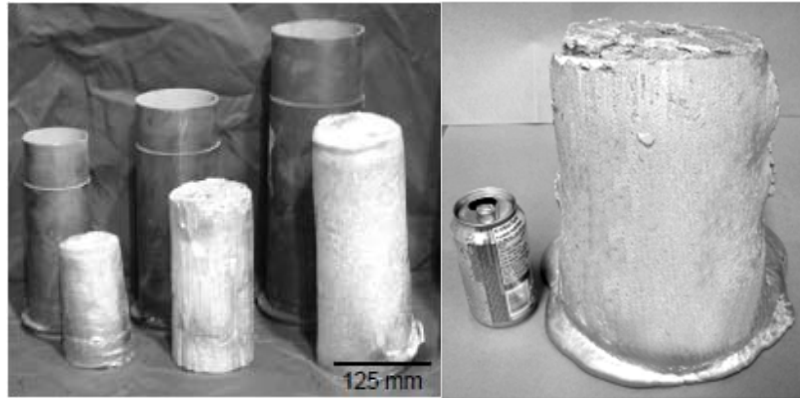


Şekil 9. SEED prosesi ve Yüksek Basınçlı Döküm Makinası kombinasyonu

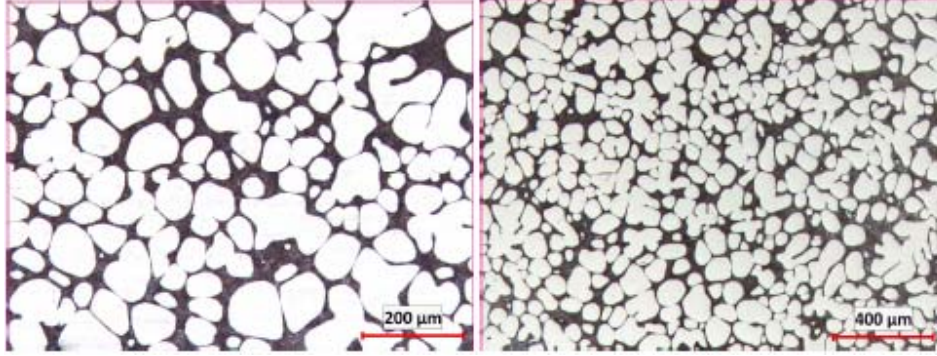


Şekil 10. SEED ünitesi ve yarı-katı ön malzemeler (SEED unit and semi-solid feedstocks) [21]

SEED prosesinde dökümü yapılacak parça ağırlığına göre hazırlama kabının boyutu, sıcaklığı, dönme hızı, süre ve döküm sıcaklığı parametrelerinin optimizasyonunun sağlanması gereklidir. Yarı katı hazırlama prosesinin döküm tezgahından ayrı olması bu optimizasyonu zorlaştırmaktadır.



Şekil 11. 2 ila 18 kg boyutlarında SEED hazırlama potaları ve yarı katı A356 alaşımları[6]



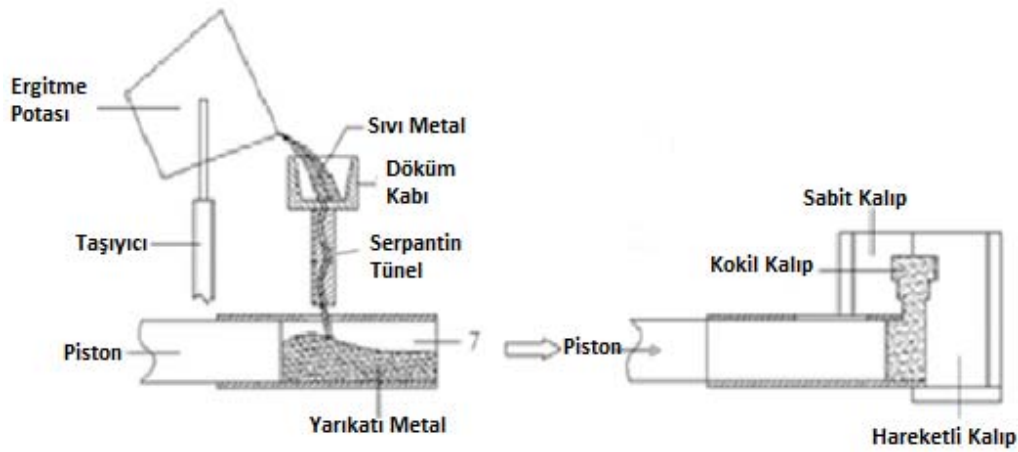
Şekil 12. A357 alaşımının SEED prosesi sonucu elde edilen küresel mikroyapısı [20]

SEED prosenin A356/357 alaşımları için endüstriyel olarak konfigürasyon bulunmaktadır. Bu sebeple makalede paylaşılan mikroyapıdaki küresellik ve mekanik özellikler uygun parametrelerin kullanılması sonucunda elde edilmiştir.

Tablo 2. A357 alaşımının SEED ve Basınçlı Döküm Mekanik özellikleri [13]

	SEED + T6	Kokil Döküm + T6
UTS (MPa)	354	310
YS (MPa)	298	250
%E	11	4

Serpantin Tüneli Döküm Yöntemi:



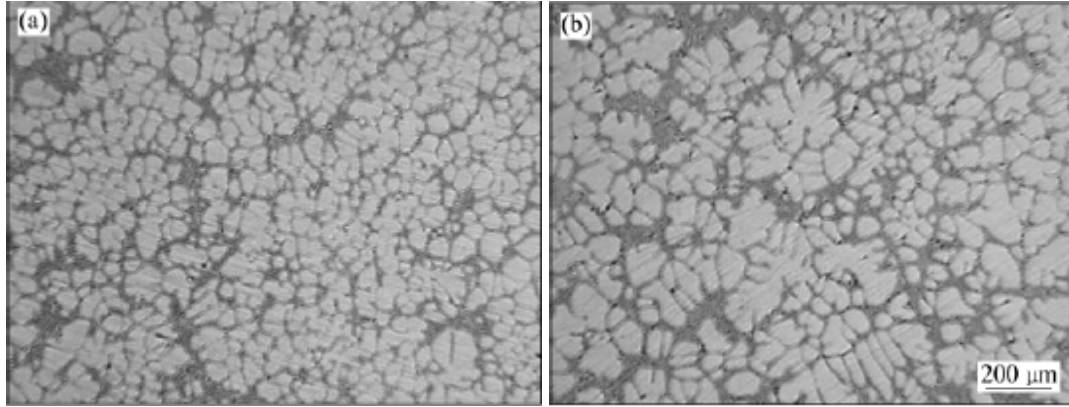
Şekil 13. Serpantin tüneli prosesi şematik gösterimi

Serpantin tünelinden döküm (Şekil 13) geliştirilmiş olan ve küresel tane elde edilmesi için basit ve büyük hacimli dökümler için etkili bir yoldur. Bu yöntemde ergimiş metal su soğutmalı serpantin tünel boyunca dökülür. Su soğutmalı tünel boyunca ilerleyen ergiyikte çekirdekler oluşmaya başlar. Bu çekirdekler döküm yolu boyunca yuvarlanarak oluşan dentrit kollarının kırılmasına ve böylece küresel tane oluşmasına neden olur. Kıvrım sayısı ve



döküm sıcaklığı küreselleşmeyi doğrudan etkiler [26]. Uygulama aşamasında kıvrımların sayısı, uzunluğu, sıcaklığı ve sıvı metal sıcaklığı kontrol edilmesi gereken parametrelerdir. Diğer yarı katı döküm yöntemleri gibi optimizasyon çalışmaları gerekmektedir, serpantin tünel dökümü şeklindeki gibi direkt olarak döküm tezgahına bağlanabilmektedir.

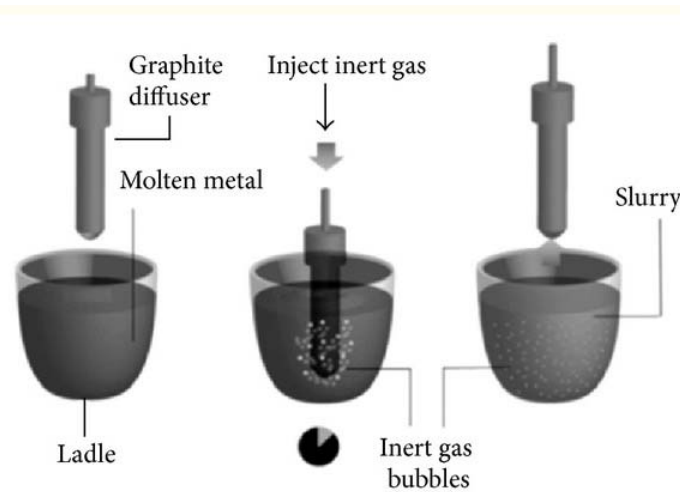
Dökme sıcaklığı 700 ° C'ye kadar çıkmaktadır ve bu döküm sıcaklığında kanal içindeki katı kabuk engellenebilir, bu nedenle endüstriyel operasyon için uygundur [25]. Yüksek sıcaklıklarda sıvı oranının fazla olmasına neden olur ve bu durumlarda yarı katı malzeme üretilirken Şekil 14'de görüldüğü gibi küresel mikroyapı elde etmek zorlaşmaktadır.



Şekil 14. (a) 660°C ve (b) 700 °C döküm sıcaklıklarında soğutulmuş serpantin kanal ile elde edilen A356 alaşımı yarı katı katılaşmış numuneye ait mikroyapı görüntüleri [12]

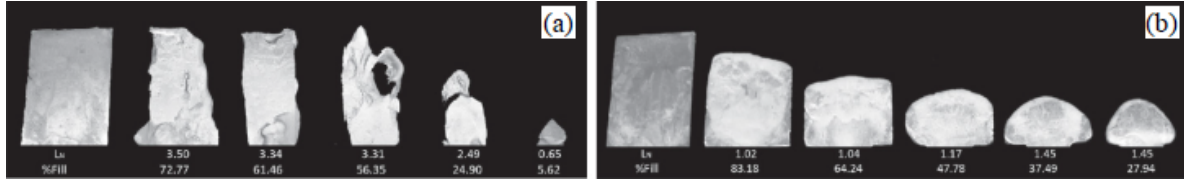
Gaz-İndüklenmiş Yarıkatı Prosesi (GISS):

GISSCO tarafından endüstriyel olarak satışı yapılan patentli bir prosestir. Bu proseste (Şekil 15) alaşım likidüs sıcaklığının hemen üzerindeki bir sıcaklığa ısıtılır. Poröz grafit bir difüzer ergiyiğe daldırılarak inert gaz verilir. Soğuk difüzer cidarlarında çok sayıda ince dentrit çekirdeklenmesi başlar. Verilen gaz ile bu partiküller tüm ergiyiğe dağılır. Bu partiküllerin bir kısmı yeniden ergirken diğerleri non-dendritik katılaşma çekirdeği görevi üstlenir. Difüzer ergiyikten çıkarılır ve yarı-katı hale gelen malzeme basınçlı döküm makinasına beslenerek şekillendirme gerçekleştirilir.



Şekil 15. GISS prosesi şematik gösterimi [9]

Giss prosesinde Şekil 16'da akış davranışı incelendiğinde sıvı metale göre viskozitesi daha yüksek bulamaç metal ile dolunun yapılması gaz sıkışmalarının ve porozite oluşumunun önüne geçmektedir. Bulamaç metal etkin bir şekilde çekirdek görevi gören önceden var olan ince katı parçacıklara sahiptir. Bu nedenle, bulamaç, kalıp boşluğunu doldurduktan sonra, bu katı partiküller, kalıp boşluğunu doldurmak için kendiliğinden büyür, böylece çekinti hataları önemli ölçüde azaltılabilir.

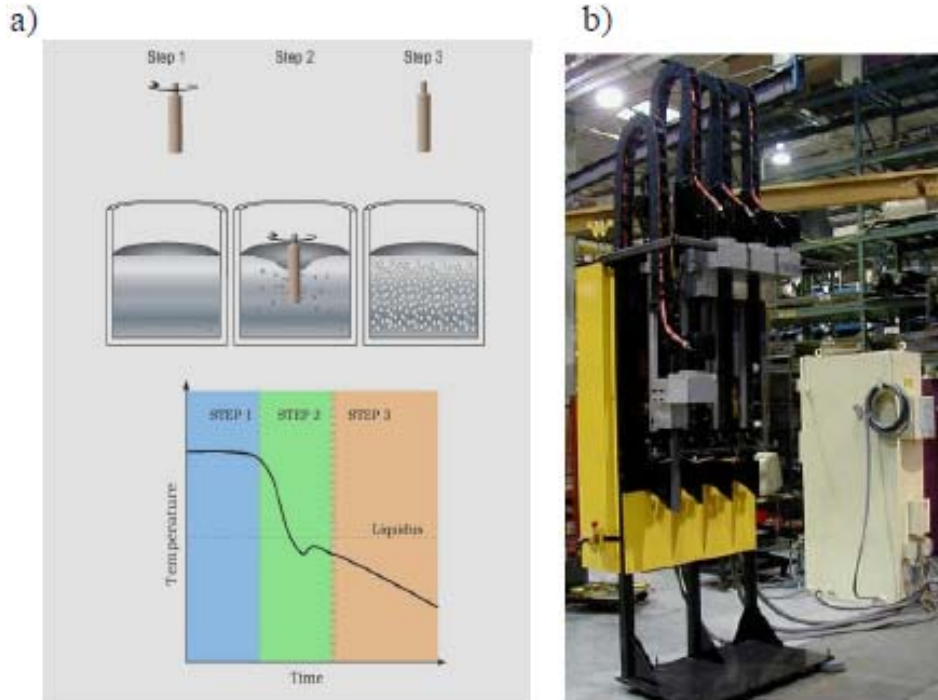


Şekil 16. (a) sıvı döküm ve (b) bulamaç(slurry) dökümde alüminyumun bir kalıba akış davranışı [7].

GISS yöntemi 7075 ve 6061 alüminyum alaşımlarında yüksek performanslı ürünler geliştirmek için kullanılmaktadır. Geliştirilmekte olan bileşenlerin örnekleri Şekil 24'te gösterilmektedir. Mevcut sonuçlar, 7075-T6 fren kaliperi parçalarının nihai gerilme mukavemetinin 450 MPa olduğunu ve uzamanın% 7 olduğunu göstermektedir [7].

Yarı-katı Rheodöküm (Semi Solid Rheocasting -SSR) veya Yeni Mit:

İtalyan Idra Group tarafından MIT patentine dayanarak geliştirilmiş bir yöntemdir (Şekil 17). SSR prosesinde ilk adım ergimiş alüminyum alaşımı homojen sıcaklık gradyentine ulaşıncaya kadar likidüs sıcaklığının hemen üzerine ısıtılır. İkinci adım ergimiş alaşım içine soğuk karıştırıcı (grafitten veya ergimiş alaşımdan) daldırılır ve sıcaklık likidüsün hemen altına ininceye kadar (katılaşma başlayınca) karıştırılır. Son adım, karıştırıcı çıkarılır, yarı-katı alaşım basınçlı döküm makinasına transfer edilir, istenen katı oranına ulaşıldığında şekillendirilir [9].



Şekil 17. a) SSR prosesinin şematik gösterimi, b) SSR istasyonu [18]

Stress Kaynaklı ve Aktif Ergiyik Proses (Stress-Induced and Melt-Activated Process-SIMA Process):



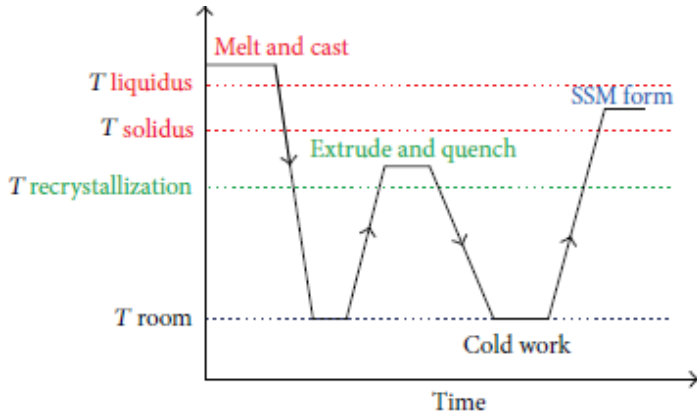
Kısaca, bu tekniğin prosedürü deforme olmuş malzemenin yarı katı hale yeniden ısıtılmasına dayanır [9].

SIMA prosesi karıştırma metoduyla karşılaştırıldığında basittir ve komplike ekipmanlar gerektirmez.

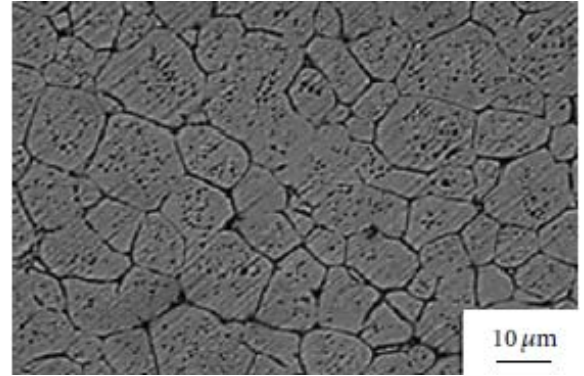
SIMA prosesi dört aşamadan oluşmaktadır.

- I. Alaşımın dökümle yada sıcak ekstrüzyonla üretilmesi,
- II. Yeniden kristalleşme sıcaklığının üstünde yüksek oranlarda deformasyona tabi tutularak dendritik yapıdan ince uzun taneli yapıya dönüştürülmesi,
- III. Küresel mikroyapı elde etmek için solidüs-likidüs sıcaklıkları arasına ısıtılması,
- IV. Yarı-katı hale gelmiş parçanın dökümü yada şekillendirilmesi [5].

a)



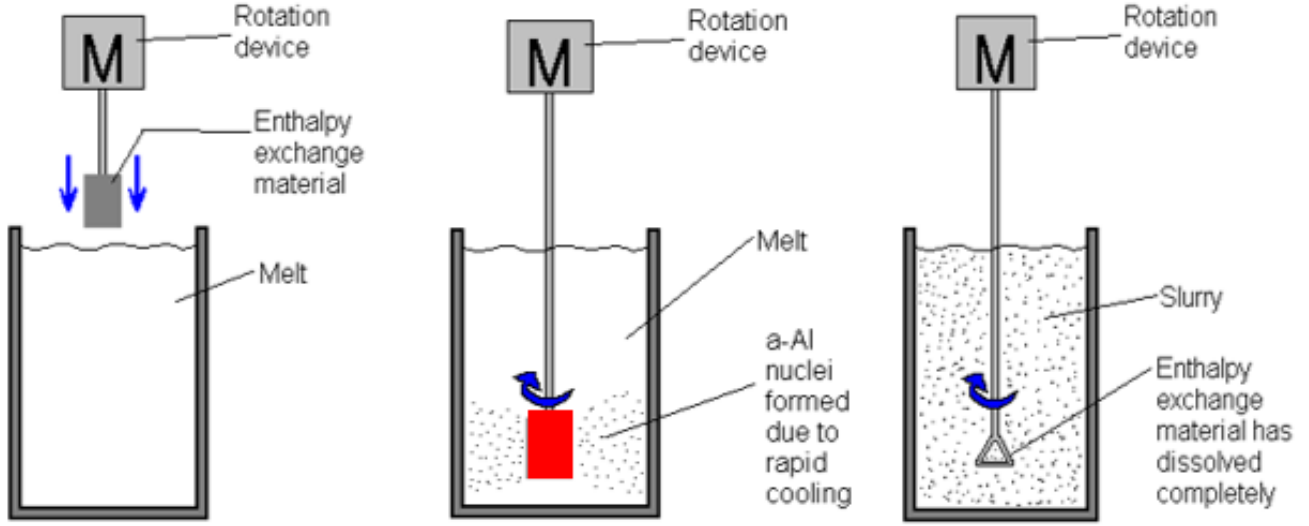
b)



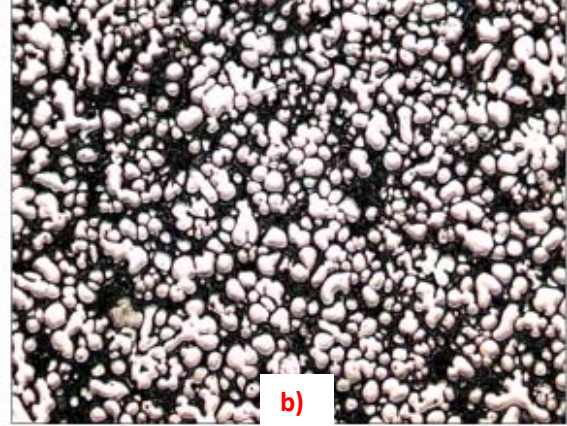
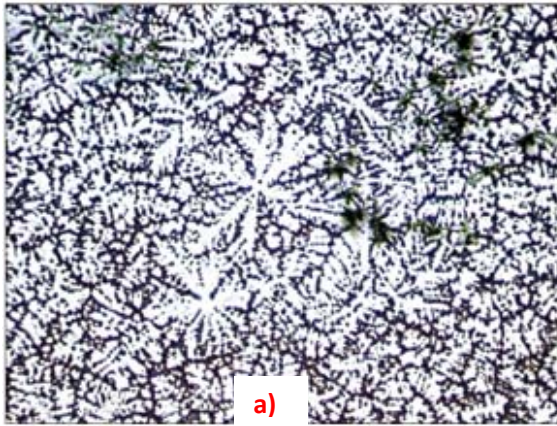
Şekil 18. a) SIMA prosesinin şematik gösterimi, b) 620°C'de 5 dakika izotermal olarak tutulması durumunda SIMA prosesi ile elde edilen deforme Al 7075 alaşımının mikroyapısı [9]

Hızlı Bulamaç Dökümü (Rapid Slurry Casting - RSF):

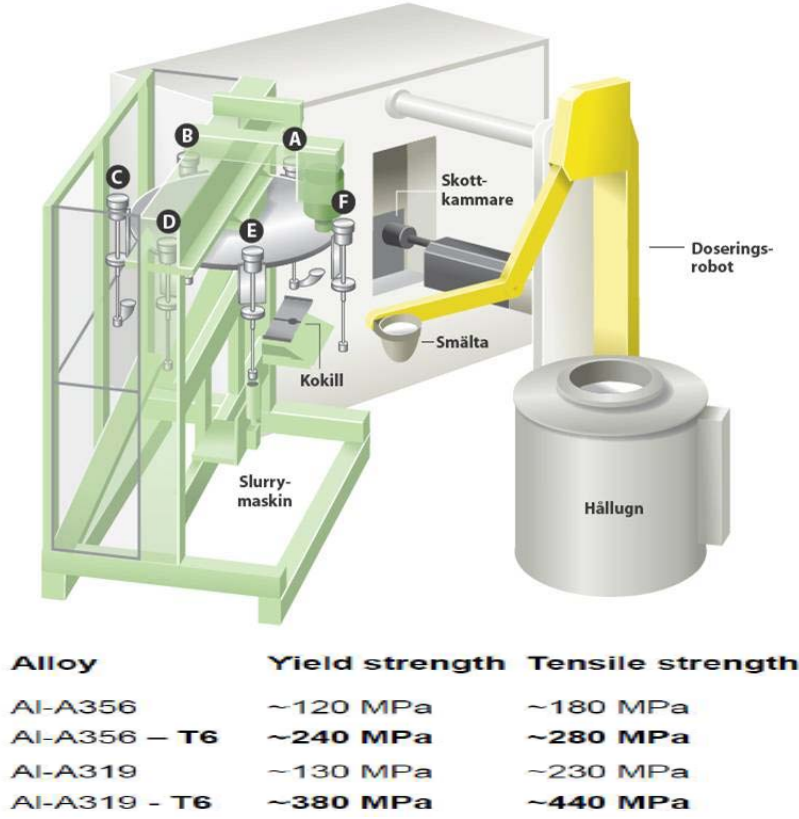
Rapid Slurry Döküm (RSF) prosesi Rheometal firması tarafından endüstriyel olarak satışı yapılan patentli bir prostestir. RSF'nin farkı, entalpi değişim malzemesi adı verilen önceden katılaştırılmış bir alüminyum parçasının kullanımından kaynaklanmaktadır. Entalpi değişim malzemesi karıştırıcı çubukla birlikte dökülerek oluşturulur, Şekil 19'daki gibi bulamaç oluşturma sırasında ergir ve sıvı metale karışır. Entalpi değişim malzemesinin miktarı parça ağırlığının %3-7'si kadardır.



Şekil 19. RSF. yöntemiyle yarkatı malzeme oluşturulması



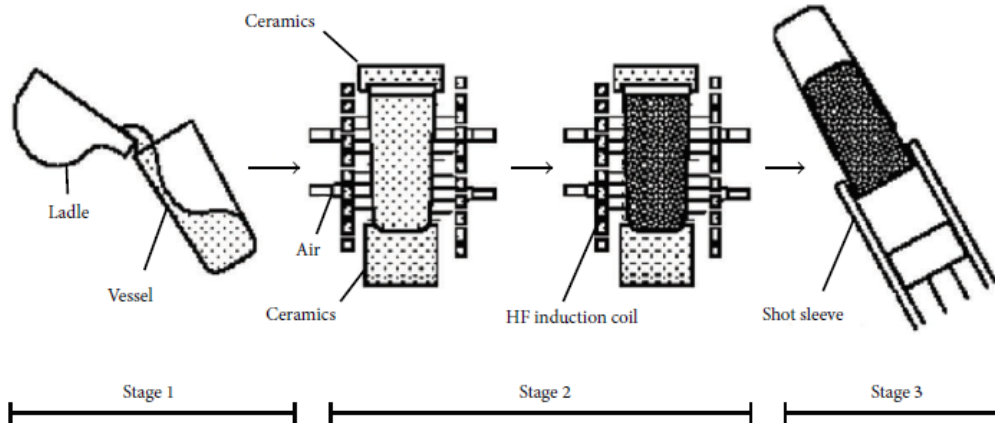
Şekil 20. a) HPDC döküm ile üretilmiş parçada Katı oranı % 40'ta yaklaşık 200 kPa dendritik kesme dayanımı b) RSF ile üretilmiş katı oranı %40'ta yaklaşık 0,2kPa küresel kesme dayanımı



Şekil 21. RSF makinesinin HPDC tezgahına uygulanmış şeklinin şematik gösterimi ve elde edilmiş mekanik özellikler

Yeni Yarıkatı Döküm (New Rheocasting-NRC) ya da Düşük Süper Isılı Döküm:

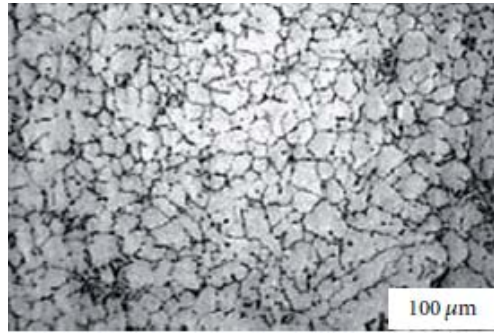
NRC, tiksotropik hammadde üretimi için düşük maliyetli alternatif karıştırmasız bir teknik olarak geliştirilmiştir. Liküdis sıcaklığına yakın veya hemen üzerinde homojen bir sıcaklıkta eriyik Şekil 22'deki gibi önce seramik bir tüpe dökülerek hızlı bir şekilde soğutulur, sonrasında indüksiyon ile yarı katı sıcaklığa hızla ısıtılır ve döküm yapılmak üzere kovana boşaltılır.



Şekil 22. NRC yönteminin şematik gösterimi [9]



	CONV. NAME	STATE	UTS [MPa]	YS [Mpa]	E %	HB	FATIGUE LIMIT [Mpa]	SOURCE
A356.0	AlSi7Mg0,3	T5 (6h 160°C)	250 - 270	180 - 200	8 - 12	78 - 84		STAMPAL
		T6 (5h 520°C + 6h 160°C)	290 - 310	220 - 240	8 - 15	100 - 110	140 10 ⁷ cycles source: Pechiney	STAMPAL
A357	AlSi7Mg0,6	T5 (6h 170°C)	265 - 285	195 - 220	5 - 8	87 - 92		STAMPAL
		T6 (5h 540°C + 6h 170°C)	340 - 360	290 - 310	5 - 7	110 - 120		STAMPAL



Şekil 23. NRC ile edilen mekanik özellikler ve mikroyapı görüntüsü

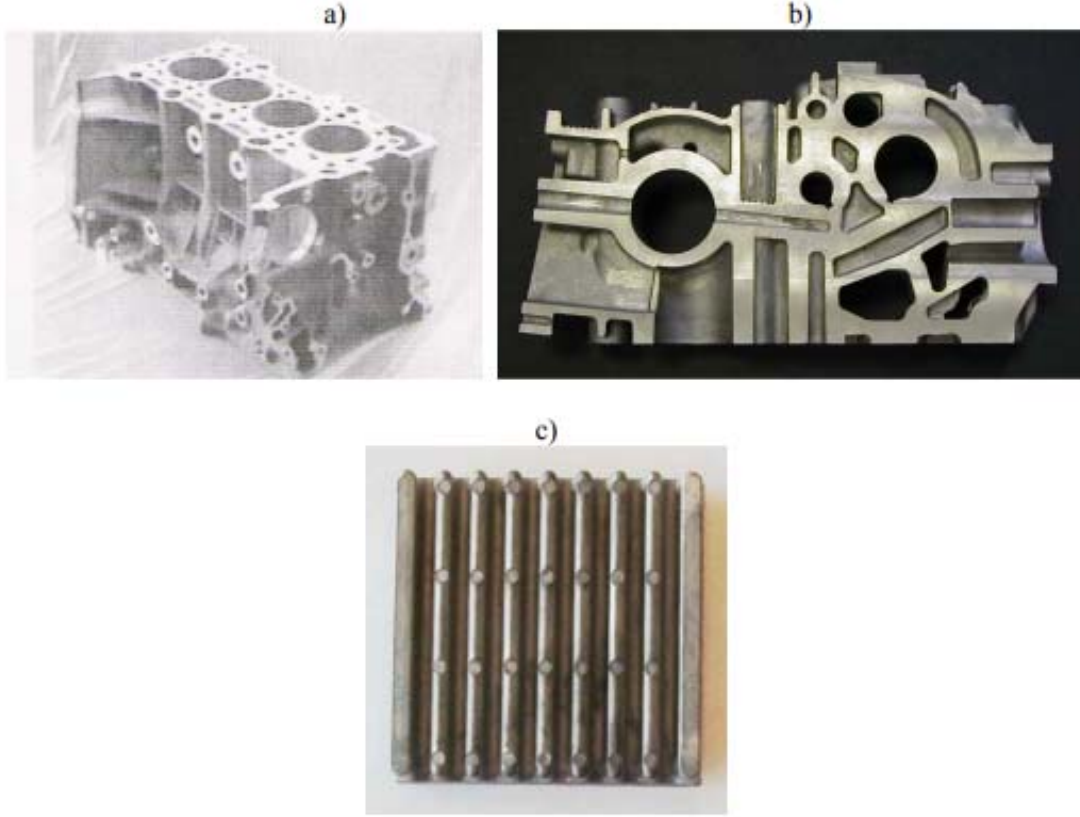
Yarı-Katı Yöntemlerle Üretilmiş Parçalar:



Şekil 24. GISSCO tarafından geliştirilen renkli anodize işlenmiş alüminyum parçaların örnekleri [7].



Şekil 24. Yüksek kaliteli yarı-katı dökümler; a)SRR ile üretilmiş aftermarket jantlar, b)Alfa Romeo için Stampal tarafından üretilmiş süspansiyon parçası, c) Porche için Buhler tarafından üretilmiş süspansiyon parçası, d)Bisiklet parçası, e)Master fren silindiri, f) Cummins Turbo Technologies tarafından üretilmiş turbocharger pervane [17]



Şekil 25. Geleneksel basınçlı döküm yerine kullanılan yarı-katı dökümler a)Honda tarafından üretilen dizel motor bloğu, b)yağ pompası filtre kutusu, c)AMAX tarafından üretilen soğutucu [17]



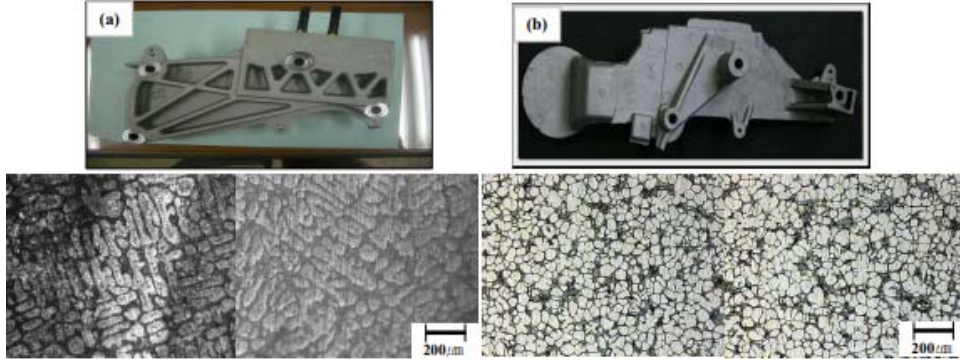
Şekil 26. UNE NRC prosesi kullanılarak 2005 yılında Stampal’da üretime başlayan otomotiv süspansiyon kolu [18]



Şekil 27. RSF Metoduyla üretilmiş telekomünikasyon parçaları a)Telokom. Kutusu b)Telekom. Braketleri



Şekil 28. RSF Yöntemi ve HPDC Yöntemi porozite karşılaştırması



Şekil 28. Kia Motors Co tarafından test edilen motor destek braketleri a) Gravite döküm, b) Rheocasting

Sonuçlar

- Yarı katı metal işleme teknolojileri, başlangıç malzemesi durumuna göre iki ana gruba ayrılabilir: (1) sıvı metalden uygulanan metodlar ve (2) katı metalden uygulanan metodlar.
- Yarı katı döküm metodları için yaklaşık 30 sene teknolojiler geliştirilmekte ve pazardan pay almak için çeşitli patentler ve endüstriyel uygulamalar oluşturulmaktadır.
- Alüminyum alaşımlarının mevcut kokil kalıp döküm yöntemlerinde dendritik tane yapısı sebebiyle ulaşılabilecek mekanik özellikler sınırlıdır, yarı-katı döküm yönteminde küresel tane yapısı sağlanması ile mekanik özelliklerinde artış sağlanmaktadır.
- Pazarda büyük büyüme yok. Bazı başarısız hikayelerden dolayı olumsuz algılar var. Firmalar bu yöntemle üretim yapmak isterlerse öğrenme ve iyileştirme çalışmalarında bulunmaları gerekmektedir. Ya da kendilerine uygun yöntemi seçip deneme aşamasında patent sahiplerinden danışmanlık alması gerekiyor.
- Özellikle ince kesitlere sahip sızdırmazlık ve mekanik özellik beklentileri yüksek parçalarda yarı-katı döküm yöntemi iyi bir seçim olarak duruyor.
- Dar parametrelerle çalışma zorunluluğu, daha fazla süreç kontrolü ve daha iyi yetenekler gerektirir. Proses sapması durumunda düşük mekanik özelliklere sahip parçaları standart yöntemlerle (radyografi kontrolü gibi) ayırmak mümkün değildir.

Referanslar

- 1) A. Pola, M. Tocci and P. Kapranos (2018), Microstructure and Properties of Semi-Solid Aluminum Alloys: A Literature Review Metals 2018, 8, 181; doi:10.3390/met8030181
- 2) D. Apelian, Q. Pan, M. Makhlof Low Cost and Energy Efficient Methods for the Manufacture of Semi-Solid (SSM) Feedstock (2005) DE-FC36-02ID14232
- 3) DÖKTAŞ Dökümcülük Tic. ve San. A. Ş., Görseller, Manisa Tesisleri, 13.12.2020.
- 4) H.V. Atkinson (2004) Modelling the semisolid processing of metallic alloys Progress in Materials Science 50 (2005) 341–412
- 5) İ.E. SAKLAÇOĞLU (2004) , SIMA PROSESİYLE YARI-KATI HALDE KÜRESEL MİKROYAPI OLUŞUMU, https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi138/d138_5357.pdf
- 6) J. Langlais, A. Lemieux (2006) The SEED Technology for Semi-solid Processing of Aluminum Alloys: A Metallurgical and Process Overview
- 7) J. Wannasin, M.Fuchs, J. Lee, C.-U. Lee, N. Rao TVL, M.C. Flemings, (2019), GISS Technology: Principle and Applications in Die Casting, ISSN: 1662-9779, Vol. 285, pp 470-475
- 8) L. ŞENEL, N. AKÇAKALE, F. GÜL (2015), SEMI SOLID METAL CASTING PROCESS TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING OF AUTOMOTIVE COMPONENTS, 2. Uluslar arası Demir Çelik Sempozyumu (IISS'15)
- 9) M. N. Mohammed, M. Z. Omar, M. S. Salleh, K. S. Alhawari, and P. Kapranos, Semisolid Metal Processing Techniques for Nondendritic Feedstock Production, Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2013, Article ID 752175, 16 pages



- 10) M. P. Kenney, R. D. Courtois, G. M. Evans, C. P. Farrior, A. A. Koch, and K. P. Young, “Semi solid metal casting and forging,” in Metals Handbook, vol. 15, pp. 327–338, ASM International, Materials Park, Ohio, USA, 9th edition, 1998
- 11) M. PAYANDEH (2015), Rheocasting of Aluminium Alloys:Slurry Formation, Microstructure, and Properties School of Engineering, Jönköping University Department of Materials and Manufacturing SE-551 11 Jönköping, Sweden
- 12) Mao W M, Chen Z Z, Liu H W, Li Y G, Preparation and Rheo-Die casting of Semi-Solid A356 Aluminum Alloy Slurry through a Serpentine Pouring Channel, Solid State Phenomena Vols. 192-193 (2013) pp 404-409
- 13) P. Côté, M.-È. Larouche,X. G. Chen (2012) New Developments with the SEED Technology, Solid State Phenomena Vols. 192-193 (2013) pp 373-378
- 14) Plato Kapranos (2019) Current State of Semi-Solid Net-Shape Die Casting Metals 2019, 9, 1301; doi:10.3390/met9121301
- 15) R.Koeune, J.-P.Ponthot, An improved constitutive model for the numerical simulation of semi-solid thixoforming, Journal of Computational and Applied Mathematics, Volume 234, Issue 7, 1 August 2010, Pages 2287-2296
- 16) S. Gencalp and N. Saklakoglu (2010) Semisolid Microstructure Evolution during Cooling Slope Casting under Vibration of A380 Aluminum Alloy, Materials and Manufacturing Processes, 25: 943–947
- 17) S. P. Midson (2015), Industrial Applications for Aluminum Semi-Solid Castings, Solid State Phenomena Vols. 217-218 (2015) pp 487-495
- 18) S. P. Midson, A. Jackson (2006), A Comparison of Thixocasting and Rheocasting, World Foundry Congress
- 19) T. Basner (2000), Rheocasting of Semi-Solid A357 Aluminum, SAE 2000 World Congress Detroit, Michigan March 6-9, 2000
- 20) TAHAMTAN S, FADAVI BOOSTANI A. Quantitative analysis of pitting corrosion behavior of thixoformed A356 alloy in chloride medium using electrochemical techniques [J]. Materials & Design, 2009, 30: 2483–2489.
- 21) V. KILIÇLI, A.H.USLU, M. ÇİFCİ, N. AKAR (2017), Reo-Dökümle Üretilmiş AA7075 Alüminyum Alaşımının Metalografik İncelenmesi Politeknik Dergisi, 2017; 20 (3) : 585-594
- 22) Y. Birol (2007), Cooling slope casting and thixoforming of hypereutectic A390 alloy, Journal of Materials Processing Technology 2 0 7 (2 0 0 8) 200–203
- 23) Y. Birol (2019), yarı katı halde döküm için sıvıdan kontrollü soğutma İstanbul-4.ALÜMİNYUM SEMPOZYUMU
- 24) Y. Birol, Semi-solid processing of the primary aluminium die casting alloy A365, Journal of Alloys and Compounds, vol. 473, no. 1-2, pp. 133–138, 2009
- 25) YANG Xiao-rong, MAO Wei-min, SUN Bin-yu (2011), Preparation of semisolid A356 alloy slurry with larger capacity cast by serpentine channel, Trans. Nonferrous Met. Soc. China 21(2011) 455–460
- 26) Zheng-zhou Chen, Wei-min Mao, and Zong-chuang Wu, Preparation of semi-solid aluminum alloy slurry poured through a water-cooled serpentine channel, International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials Volume 19, Number 1, Jan 2012, Page 48

ALÜMİNYUM MALZEMEDEN OLUŞAN KARDAN MİLİNİN KAYNAĞI İÇİN OPTİMUM KAYNAK PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Muzaffer KASABA¹, Efe IŞIK¹

¹ Tirsan Kardan ArGe Merkezi, Manisa, Türkiye

Email: m.kasaba@tirsankardan.com.tr

Özet

Bu çalışmada, dövme alüminyum alaşımı çatal ile döküm alüminyum alaşımı dikişli borunun kaynaklı birleştirilmesi için optimum kaynak parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak kardan mili üretiminde kullanılan yarı otomatik GMAW kaynak robotu, özellikleri aşağıdaki tablolarda verilen AlSi5 kaynak teli ve Air Liquide ARCAL Prime koruyucu gazı kullanılarak farklı kaynak parametrelerinde kaynaklı birleştirilen çatal-boru çiftine mekanik ve metalürjik deney, test ve muayeneler uygulanarak kaynak parametreleri optimize edilmiştir.

Keywords: alüminyum, kaynak, kardan mili, kaynak parametreleri

Giriş

Günümüz endüstrisinde çelikten sonra en fazla kullanılan alüminyum ve alüminyum alaşımları; hafif olmaları, iyi ısı ve elektrik iletkenlikleri, artırılabilen mukavemet özellikleri ve korozyona karşı dirençleri nedeniyle mühendis ve tasarımcılar için günümüzde önemli bir malzeme konumundadır. Özellikle son yıllarda, enerji tasarrufuna dönük çalışmalar, daha az yakıt harcayan hafif ve ekonomik taşıtların üretimini gündeme getirmiş alüminyum alaşımları, otomobillerde, otobüslerde, trenlerde, deniz taşıtları yapımında öncelikli olarak tercih edilen malzemeler olmuştur. Birçok yapı ve makine elemanında alüminyum alaşımları hafif olması nedeniyle kullanım avantajı sağlar. Kardan millerinde de ağırlık azaltma kapsamında alüminyum malzemeler yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kardan mili üretim sürecinde birkaç parçanın mekanik olarak birleştirilmesi gerekir. Böyle durumlarda akla gelen ilk şey güçlü bir çözülemeyen bağlantı sağlayan kaynak işlemleridir. Alüminyum alaşımlar üzerinde yapılan kaynak çalışmalarından elde edilen sonuçlar, kaynak işlemi için ideal kaynak yöntemlerinden biri ve dolayısıyla bir gaz metal ark kaynağı işlemidir. Alüminyum ve alaşımlarının MIG kaynak kabiliyeti oldukça iyi olduğu yapılan araştırmalarla görülmektedir. Yaygın olarak tercih edilen diğer kaynak yöntemleri ise TIG (tungsten asal gaz) kaynağı, FSW (sürtünme karıştırma kaynağı) ve lazer kaynağıdır.

Xiaohui Han ve arkadaşları 6082 T6 alüminyum malzemenin MIG-lazer hibrit kaynağında kaynak dikişindeki porozite dağılımını incelemişlerdir. Xuan Meng ve arkadaşları bu çalışmalarında 6082 T6 alüminyum malzemenin MIG kaynağında çatlak yayılımını gözlemlemişlerdir. Jie Yi ve arkadaşları bu çalışmalarında 6061 T6 alüminyum malzemenin MIG kaynağı sonrası iç yapısını karakterize etmişlerdir. Myhr ve arkadaşı bu çalışmalarında 6082 T6 alüminyum malzemenin MIG kaynağı sonrası HAZ bölgesini incelemişlerdir. Chen Zhang ve arkadaşları çalışmalarında 6082 T6 alüminyum MIG-lazer hibrit kaynağında kaynak parametrelerinin porozite üzerine etkisini incelemişlerdir. Wang ve arkadaşları bu çalışmalarında alüminyum kaynaklı parçaların sonlu elemanlar modellerini oluşturmuş ve 3 nokta eğme deneyi simule edilerek kaynak dayanımını belirlemişlerdir.

Çalışma kapsamında, öncelikle kaynak çalışmalarında kullanılacak olan boru malzemesi olan AA 6061-T6 ve dolu parça malzemesi olan AA 6082-T6 numuneler çıkartılmış, mekanik özellikleri ve kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir. Kaynak için uygun geometriye getirilen dolu parça ve boru uygun kaynak ağızı açılarak birleştirilmiştir. Kaynak robotu ile farklı parametreler kullanılarak dairesel kaynak deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kaynak dikişinin görüntüsü farklı deneyler ile optimize edilmiş, optimize edilen kaynak dikişinden çekme numuneler çıkartılarak mekanik özellikler, sertlik ve iç yapı belirlenmiştir.

Malzeme ve yöntem

Yaşlandırma sertleştirme uygulanmış AA 6061-T6 alüminyum alaşımı boru ile AA 6082-T6 dolu malzemenin mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacı ile Şekil 1. ve Şekil 2.'deki numuneler hazırlanmış ve çekme testlerine tabi tutulmuştur. Çekme testleri sonucunda AA 6061-T6 malzeme boru için Tablo1, AA 6082-T6 malzeme dolu parça için Tablo 2.'deki sonuçlar elde edilmiştir. AlSi5 kaynak teli ve Air Liquide ARCAL Prime koruyucu gazın özellikleri ise Tablo 3. Ve 4.'te verilmiştir.



Şekil 1 : AA 6061-T6 Boru Çekme Numunesi

Tablo 1 : AA 6061-T6 Kimyasal Bileşimi ve Mekanik Özellikleri

Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
95,8-98,6	0,04-0,35	0,15-0,4	max. 0,7	0,8-1,2	max. 0,15	0,4-0,8	max.0,15	max.0,25
Çekme Dayanımı (MPa)		Akma Dayanımı (MPa)		Uzama (%)		Sertlik (HB)		
293		276		12-17		95		



Şekil 2 : AA 6082-T6 Dolu Parça Çekme Numunesi

Tablo 2 : AA 6068-T6 Kimyasal Bileşimi ve Mekanik Özellikleri

Al	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn
Balance	max. 0,5	max. 0,1	max. 0,5	0,6-1,2	0,4-1,0	0,7-1,3	max.0,1	max.0,2
Çekme Dayanımı (MPa)		Akma Dayanımı (MPa)		Uzama (%)		Sertlik (HB)		
314		290		8-12		95		



Tablo 3 : AWS 5.10 (DIN 1732) AlSi5 Kaynak Teli Kimyasal ve Mekanik Özellikleri

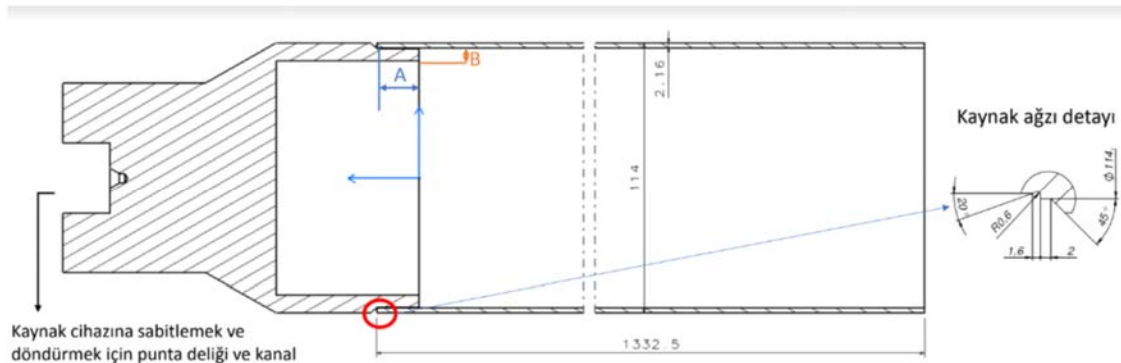
Al	Cu	Fe	Mn	Si	Ti	Zn
Balance	<0,30	<0,05	<0,05	5,0	<0,01	<0,10
Çekme Dayanımı (MPa)		Akma Dayanımı (MPa)		Uzama (%)		
150 – 170		90 – 100		14 – 16		

Tablo 4 : (EN ISO 14175 – II – Ar) Air Liquide ARCAL Prime Koruyucu Gazın Özellikleri

Ar Konsantrasyonu (%)	Diğer Değerler (ppm)	Tedarik Şekli	Paketleme Boyutu	Basınç (bar)	Kapasite (m ³)	Ürün Referansı
	H ₂ O (5 bar) ≤ 5	Tüp	L50 ALTOP	200	10,6	2.010.553
≥ 99,998	O ₂ ≤ 5	Manifold	V16	200	169,6	1.067.233
	N ₂ ≤ 10	Dökme	-	-	-	-

Bulgular

Kaynak çalışmalarını gerçekleştirmek için Şekil 1. deki prototip oluşturulmuştur. Bu prototipte AA 6082-T6 malzemeden olan dolu parçanın kaynaklı birleştirme için talaşlı imalatı gerçekleştirilmiştir. Uygun kaynak ağzı açılmış ve AA 6061-T6 malzemeden boru ile malzemeye uygun sıklık değerleri ile birleştirilmiştir.



Şekil 3 : Deney Parçası Boyutları ve Kaynak Ağız Formu

Deney parçası boyutları, kaynak sırasında kenar etkisi de dikkate alınarak, malzeme tasarrufu sağlamak amacıyla boru boyu 500 mm ile sınırlandırılmıştır. Kaynak denemeleri gerçekleştirilirken kaynak akım şiddeti, kaynak gerilimi, gaz debisi ve kaynak süresi olmak üzere 4 farklı parametre değişken olarak kullanılmıştır. Çalışmalar



optimum kaynak dikişi elde edilinceye kadar 4 grupta gerçekleştirilmiştir. Her grup için kaynak parametreleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. 4 farklı grup çalışma için kaynak parametreleri

Grup	Kaynak Parametreleri			
	Kaynak Akım Şiddeti	Kaynak Gerilimi	Gaz Debisi	Kaynak Süresi
1	210 Amper	23,2 Volt	14 l/dak	30 s
2	220 Amper	23,5 Volt	14 l/dak	30 s
3	230 Amper	23,7 Volt	14 l/dak	30 s
4	166 Amper	20,9 Volt	11,5 l/dak	65s

Hazırlanan 1. kaynak prototipi Tablo 5'de verilen kaynak parametreleriyle her iki tarafı da kaynaklı birleştirilmiş ve makroskobik muayenelerinin yapılması için deney örnekleri çıkarılmıştır.

Şekil 4 incelendiğinde,

- Kaynak metali yığılmasının (kaynak dikişi yüksekliğinin) uygun olmadığı görülmüştür.
- Hem boruda hem de dolu parçada makroskobik incelemelerden de görüleceği gibi 1. grup kaynak parametreleri ile yapılan kaynaklı imalat sonucunda nüfuziyet derinlikleri 0,91 – 1.14 mm olarak bulunmuştur. Derinlikler arasındaki fark doğrudan borunun dolu parçaya çakılması sırasında borunun plastik şekil değiştirmesi ve boruda oluşan gerilmeler nedeniyledir. Bu açıklamadan 1. grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinliğinin uygun olmadığı görülmüştür. Nüfuziyet problemleri nedeni ile mikro yapı incelemesi ve sertlik taraması yapılmamıştır.



Şekil 4. 1. Grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinlikleri

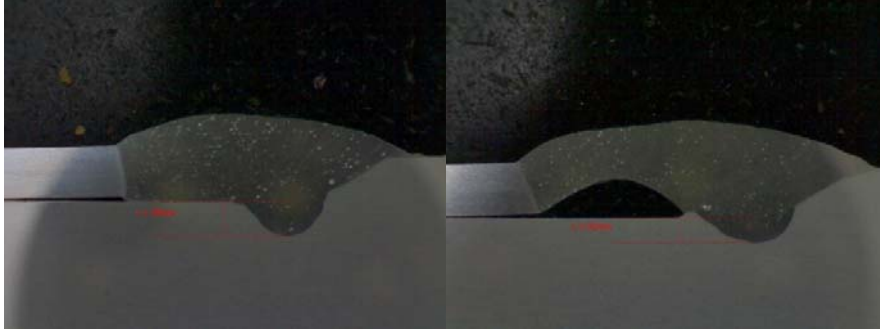
Hazırlanan 2. kaynak prototipi Tablo 5'de verilen kaynak parametreleriyle her iki tarafı da kaynaklı birleştirilmiş ve makroskobik muayenelerinin yapılması için deney örnekleri çıkarılmıştır.

Şekil 5 incelendiğinde,

- Kaynak akım şiddetinin artmasıyla kaynak nüfuziyetinin de iyileştiği ancak yetersiz olduğu görülmüştür.
- Kaynak metali yığılmasının (kaynak dikişi yüksekliğinin) uygun olmadığı görülmüştür.



c. Hem boruda hem de dolu parçada. 2. grup kaynak parametreleri ile yapılan kaynaklı imalat sonucunda nüfuziyet derinlikleri için 1,39 – 1.02 mm olarak bulunmuştur. Bu grup için de derinlikler arasındaki farkın borunun dolu parçaya çakılması sırasında borunun plastik şekil değiştirmesi ve boruda oluşan gerilmeler nedeniyle olduğu kanaatine varılmıştır. 2. grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinliğinin uygun olmadığı görülmüştür. Nüfuziyet problemleri nedeni ile mikro yapı incelemesi ve sertlik taraması yapılmamıştır.



Şekil 5. 2. Grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinlikleri

Hazırlanan 3. kaynak prototipi Tablo 5’de verilen kaynak parametreleriyle her iki tarafı da kaynaklı birleştirilmiş ve makroskobik muayenelerinin yapılması için deney örnekleri çıkarılmıştır.

Şekil 6 incelendiğinde,

- a. Kaynak akım şiddetinin artmasıyla kaynak nüfuziyetinin de iyileştiği ancak yetersiz olduğu görülmüştür.
- b. Kaynak metali yığılmasının (kaynak dikişi yüksekliğinin) uygun hale geldiği görülmüştür.
- c. Hem boruda hem de dolu parçada 3. grup kaynak parametreleri ile yapılan kaynaklı imalat sonucunda da nüfuziyet derinlikleri için 1,16 – 2.36 mm olarak bulunmuştur. Bu grup için de derinlikler arasındaki farkın benzer nedenle olduğu kanaatine varılmıştır. Mevcut grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinliğinin 2,36 olduğu söylenebilir. Boru ile dolu malzeme arasında açıklıklar göz önünde bulundurulduğunda iyileştirme çalışmalarına gerek duyulmuş ve 4. Grup çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Nüfuziyet problemleri nedeni ile mikro yapı incelemesi ve sertlik taraması yapılmamıştır.



Şekil 6. 3. Grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinlikleri

Hazırlanan 4. kaynak prototipi Tablo 5’de verilen kaynak parametreleriyle her iki tarafı da kaynaklı birleştirilmiş ve makroskobik muayenelerinin yapılması için deney örnekleri çıkarılmıştır

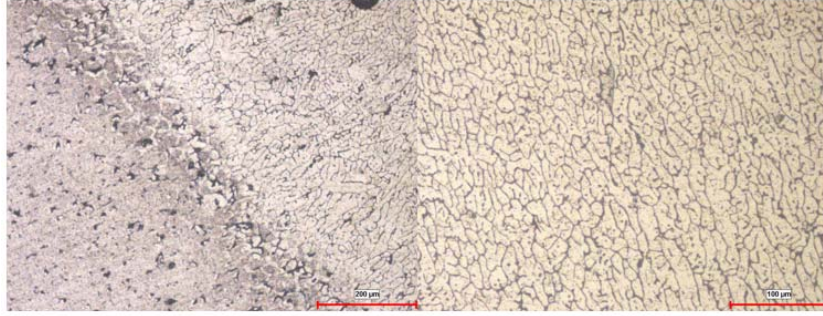
Şekil 7 ve 8 incelendiğinde,

- a. Kaynak parametrelerinin düzenlenmesi ile kaynak nüfuziyeti yeterli düzeye getirilmiştir
- b. Kaynak metali yığılmasının (kaynak dikişi yüksekliğinin) uygun olduğu görülmüştür.

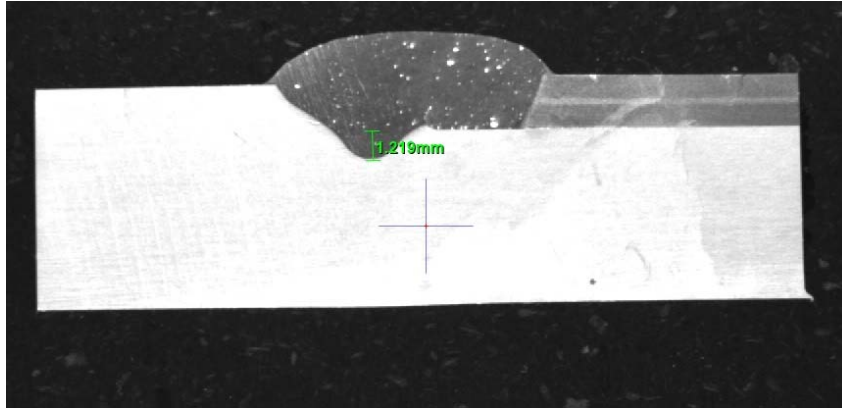


c. 4. Grup Kaynaklı İmalatlardan farklı olarak boruyla kaynaklı birleşme oluşmasının yanı sıra dolu parçada da (çatalda) nüfuziyet mükemmel bir şekilde sağlanmıştır. Kaynaklı birleştirmenin dayanımı; her iki bileşen de de (dolu parça ve boru) oluşan dengeli ve uygun derinlikteki nüfuziyet nedeniyle yüksektir.

4. grup kaynak parametreleri ile yapılan kaynaklı imalat sonucunda da nüfuziyet derinlikleri için 2,2 mm olarak bulunmuştur. Bu grup için de derinlikler arasındaki farkın benzer nedenle olduğu kanaatine varılmıştır. 8. grup kaynak parametreleri için nüfuziyet derinliğinin 2,2 olduğu söylenebilir. Boru ile dolu parça arasında herhangi bir açıklık görülmemesinden dolayı kaynak dikişinin uygun olduğu görülmüştür.

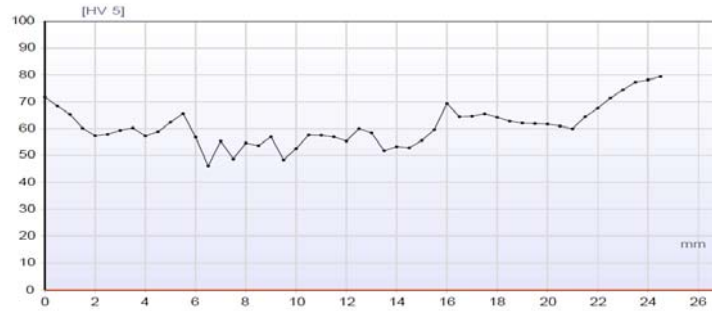


Şekil 7. Görüntü Analizleri



Şekil 8. Nüfuziyet Derinlikleri

Önceki denemelerde olduğu gibi kaynaklı birleştirmelerin ısıdan etkilenmiş bölgelerinde çok hızlı ve aşırı bir sertlik düşüşü görülmemiştir. Bu nedenle de kaynaklı birleştirme güvenlidir.



Şekil 14. Sertlik Sonuçları



Sonuçlar

- Alüminyum alaşımı kardan mili için yapılan 4 grup deney sonucunda optimum kaynak parametreleri aşağıda olduğu şekilde tespit edilmiştir
Kaynak Akım Şiddeti: $I = 166$ Amper
Kaynak Gerilimi : $V = 20,9$ Volt
Gaz Debisi : $q = 11,5$ l/dak
Kaynak Süresi : $t = 65$ s
- Kaynak bölgesinin iç yapısı incelendiğinde tanecik diziliminin gerekli dayanımı sağlamak için uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Optimum kaynak parametreleri ile ulaşılan nüfuziyet derinliği 2,2 mm olup, kaynak dayanımı açısından güvenli bir derinliktir.
- Kaynaklı birleştirmenin mekanik özellikleri çekme testi ile kontrol edilmiştir. Kaynak dikişinden şekildeki kaynak numunesi çıkarılmış ve testi gerçekleştirilmiştir. Maksimum 9000 N yük altında gerçekleştirilen testler sonucunda kaynak numunesinin akma mukavemetinin uygun olduğu görülmüştür.

Teşekkür: Çalışma sürecinde desteğini hiç esirgemeyen Tirsan Kardan ArGe Merkezine ve Test merkezi'ne sonsuz teşekkürlerimi sunarım

Referanslar

- Xiaohui H., Zhibin Y., Yin Ma C., Shi Z. X., (2020). A Porosity distribution and mechanical response of laser-MIG hybrid butt welded 6082-T6 aluminum alloy joint. 132, 106511
- M. S., Yang Y. H., Yu F. X., Gu O. X., Chenfeng D. (2020). Microstructure characterization and mechanism of fatigue crack propagation of 6082 aluminum alloy joints Xuan 257, 123734
- Jie Y.G., Wang S., LI Z., (2019). Effect of post-weld heat treatment on microstructure and mechanical properties of welded joints of 6061-T6 aluminum alloy., 29, 2035-2046
- Myhr O.R., Grong Ø., (1991) Process modelling applied to 6082-T6 aluminium weldments—II. Applications of model. 39, 2703-2708
- Chen Z.M., Gao D.W., Jie Y., Xiaoyan Z., (2017) Relationship between pool characteristic and weld porosity in laser arc hybrid welding of AA6082 aluminum alloy 240, 217-222
- Kemal N., Bekir B.G., (2018) 6082 alüminyum alaşımının mıg kaynağı sonrası mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2, 909-916
- Cemil Ç., Süleyman T., Osman K., (2016). Alüminyum alaşımlarının kaynaklanabilirliği ve kaynak parametrelerin mekanik özelliklere ve mikroyapıya etkisi Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic 20. 216-224



BAKIR - ALÜMİNYUM HİBRİT İLETKEN ÜRETİMİ

U. Gülten¹, C. Akçay², V. Yamaç³ ve O. Akyüz⁴

¹ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

² Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

³ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

⁴ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

Email: ugulten@erbakir.com.tr

Özet

Elektrik iletkenliği, işlenebilme kolaylığı ve düşük hammadde maliyeti nedeniyle, alüminyum elektrik iletken uygulamalarında bakıra alternatif olabileceği konusunda yapılan çalışmalar son yıllarda hız kazanmıştır. Ancak bakır ile kıyaslandığında ergime sıcaklığının, çekme mukavemetinin ve elektriksel iletkenliğinin düşük olması nedeniyle alüminyum kullanımında sınırlamalar vardır. Bu bağlamda yapılan çalışmaların sonucu olarak hibrit tel kavramı ortaya çıkmıştır. Hibrit, teknik açıdan iki farklı sistemin bir arada kullanılması olarak tanımlanır ve bu çalışma kapsamında alüminyum ve bakır telleri bir arada bulunduran bükülü hibrit iletken üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada prototip üretiminin birinci aşamasında 8 mm ETP tip bakır filmaşinden 0.550 ve 0.580 mm çaplarında çok telli üretimleri ve 2,50 mm alüminyum girdi telinden 0.94 mm alüminyum tek tel üretimi yapılmıştır. Sonraki aşamada bakır ve alüminyum telleri bir arada bulunduran hibrit iletken üretimi için büküm işlemi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, bükülü kopma mukavemeti 170 MPa, birim ağırlığı 47,6 g/m olan düzgün geometriye sahip hibrit iletken üretimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Alüminyum, Tel Çekme, Büküm, Hibrit İletken

Giriş

Günümüzde iletken tel sektöründe en yakın kullanılan malzemelerin başında bakır ve alüminyum gelmektedir. Her iki metali fiziksel olarak kıyasladığımızda, öne çıkan en önemli nokta yoğunluk farkıdır. Bakırın yoğunluğu 8,89 g/cm³ iken alüminyumun 2,70 g/cm³' tür. Bu sebeple, kullanılması planlanan iletkenlerin fiziksel özellikleri ağırlık ve boyutsal olarak önem kazanır. İletkenlik özellikleri ele alındığında, bakırın iletkenliğinin alüminyuma göre çok daha iyi olması (Cu: 100 IACS, Al: 62 IACS), aynı sistem için gerekli olan alüminyum iletkenin miktarının hacimsel olarak daha fazla, ağırlık olarak daha az olması anlamına gelir. Aynı akım taşıma kapasitesine sahip olan alüminyum ve bakır iletkenin teknik değerleri birbirleri ile karşılaştırıldığında, bakır yerine alüminyum iletken kullanılması durumunda, 1,6 kat oranında daha hacimli alüminyum iletkene gerek duyulur. Buna karşılık alüminyumun ağırlık avantajı hacim farkını ortadan kaldırmaktadır. Diğer taraftan alüminyumun mekanik özellikleri bakıra göre düşük kalmaktadır. Bu nedenle, bakır ile alüminyum telin bir arada kullanıldığı iletkenler güncel çalışma konuları arasındadır. Dolayısıyla çalışmadaki hibrit iletken tel, teknik gereksinimleri karşılayabilen ve daha az maliyetli optimize edilmiş bir iletken [1].

Bu araştırma kapsamında ağırlık, akım taşıma ve hacim optimizasyonları sonucunda ortaya çıkan, 6,0 mm² (1 (0,94 mm Al) + 8 (0,55 mm Cu) + 13 (0,58 mm Cu)) hibrit iletken üretimi gerçekleştirilmiştir. İletken iki farklı malzeme ve üç farklı çapta tel demetinden oluşmaktadır. Elektrik iletkenliği ile ön plana çıkan malzemelerin bazı fiziksel ve elektriksel özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir.



Tablo 1. Elektrik iletkenliği yüksek olan metallerin temel özellikleri

Malzeme	Simge	Yoğunluk (g/cm ³)	Ergime sıcaklığı (°C)	İletkenlik (m/Ω mm ²)
Alüminyum	Al	2,7	658	36
Bakır	Cu	8,89	1083	58
Gümüş	Ag	10,5	960	62
Altın	Au	19,33	1063	45

Bakır ve alüminyum metallerinin +20 °C’ deki bazı özellikleri Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 2. Alüminyum ve bakır temel özellikler tablosu

Özellik	Birim	Alüminyum (Al)	Bakır (Cu)
Özgül ağırlık	g/cm ³	2,7	8,89
Erime sıcaklığı	°C	660	1084
Isıl iletkenlik	W/(m.K)	237	401
Isı genleşme katsayısı (25 °C)	µm/(m.K)	23,1	16,5
Elastisite modülü	kN/mm ²	70	120
20 °C de direnç ısı değişim katsayısı	1/°C	0,004	0,0039
20 °C de iletkenlik	IACS %	62	100
20 °C de özgül direnç	nΩ.m	26,5	16,78
Çekme gerilmesi (sert tavlı)	Kg/mm ²	180...80	450...240
Kopma uzaması (sert tavlı)	%	2...35	1...35

Bakır en yaygın kullanılan iletken malzeme olmakla birlikte, alüminyumun iletken olarak örnek kullanım alanları arasında; şarj kabloları, güç ve enerji kabloları, otomotiv kabloları yer almaktadır. Çalışmada üretimi gerçekleştirilen iletkenin otomotiv kablosu olarak kullanılması amaçlanmaktadır. Orta büyüklükte hafif otomobillerde, ortalama 1500 adet kablo olup toplam kablo uzunluğu yaklaşık 3 km (24 kg)’ dır.. **4 mm²** kesitinde 1 metrede iletkenlik işlevini yerine getiren bakırın ağırlığı yaklaşık **28 gr**, buna karşın aynı işlevi yerine getiren alüminyum iletkenin ağırlığı **18 gr** olup kesiti yaklaşık **6 mm²** dir. Bir iletken olarak alüminyum, aynı iletkenlik işlevini gören bakıra göre daha az hammadde maliyetli ve daha hafiftir. Bakırın 1 tonu LME’ de 7990 \$’ dan işlem görürken, alüminyumun 1 tonu 1990 \$’ dan işlem görmektedir. Bu çalışmada, hammadde maliyetleri göz önünde bulundurularak, gerekli özellikleri karşılayan hibrit iletken tel üretimi yapılmıştır [3].



Malzeme ve yöntem

Malzemeler

Çalışmada, ürün yapısının merkezinde kullanılmak üzere dış tedarikçiden temin edilen EN AW-1370 standardına uygun 2,50 mm alüminyum girdi teli kullanılmıştır. Teknik satın alma şartnamesi, EN 573-3 (Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products- Part 3: Chemical composition and form of products) standardından yararlanılarak oluşturulmuştur. Malzemenin kimyasal tanımlaması, EN AW- 1370-Al 99,7 şeklindedir. Girdi teli kontrolü ölçüm sonuçları Tablo 3' te verilmiştir.

Tablo 3. Er-Bakır test sonuçları

Karakteristik	Öngörülen	Ölçülen
Tek Tel Çapı	2,490.. 2,530 mm	2,504
Tek Tel Direnci	Ohm\km	5,145
Tek Tel Uzaması	$\leq 5.0 \%$	0,8
Tek Tel Mukavemeti	$\leq 180 \text{ N/mm}^2$	176.0
İletkenlik	$\geq 35,50 \text{ m/Ohm.mm}^2$	35,94
Tek Tel Birim Ağırlığı	13,148 - 13,573 kg/km	13,26

Bakır girdi malzemesi olarak ise 8 mm çapında ASTM-B49 standardına uygun bakır filmaşın kullanılarak 8x0,55 mm ve 13x0,58 mm çoktelli ara mamül üretimi yapılmıştır. 8 mm bakır filmaşın Er- Bakır sürekli döküm tesisinde üretilmiştir. Tesis, fırın, döküm bölümü ve hadde bölümünden oluşmaktadır. Fırın bölümü, katot şarj edilerek beslenir. Yakıt olarak doğalgaz kullanılmaktadır. Döküm bölümünde, sıvı bakır istenilen hızda ve şartlarda baraya dönüştürülerek üretimin devamlılığı sağlanır. Hadde bölümünde ise, bara istenilen standartlarda filmaşına dönüştürülür.

0,940 mm alüminyum ve 1,80 mm bakır tek tel üretimi

Alüminyum ve bakır teller hibrit tel haline gelmeden önce kendi çekme proseslerine tabi tutulmuştur. 2,50 mm alüminyum tek tel girdisinden 0,940 mm tek tel üretimi, alüminyum çekme makinesinde 7 kilometre olarak gerçekleştirilmiştir. Alüminyum tek tel üretim parametreleri Tablo 4' te verilmiştir. [2]

Tablo 4. Alüminyum 0,94 mm tek tel üretim proses parametreleri

Karakteristik	Set değeri
Set Edilen Hız Değeri (m/sn)	5
Çekme Emülsiyon sıcaklığı (°C)	25,1
Tavlama Emülsiyon Sıcaklığı (°C)	26,5
Tavlama Voltajı (V)	19
Tel Gerginliği (cN)	6000



8 mm bakır filmaşın ise bir sonraki proses olan kabetel çekme makinesinde inceltme işleminde 1,80 mm' ye inceltiştir. Çoktelli inceltme prosesinde kullanılmak üzere 8 adet 1,80 mm bakır tek tel, 8x0,550 mm bakır çoktelli üretimine, 13 adet 1,80 mm tek tel 13x0,580 mm çoktelli üretimine girdi olacak şekilde üretim yapılmıştır.

Sayıca 8 ve 13 telden oluşan 8x0,550 mm ve 13x0,580 mm çoktelli üretimlerinin gerçekleştirilmesi

Çoktelli prosesinde 8x0,550 mm ve 13x0,580 mm bakır ara ürün üretimleri yedişer kilometre olarak gerçekleştirilmiştir. Üretim parametreleri Tablo 5'te verilmiştir.

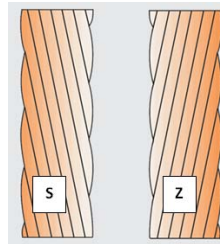
Tablo 5. 8 ve 13 tel üretimi çoktelli prosesi parametreleri

Karakteristik	8x0,550 mm Set değeri	13x0,580 mm Set değeri
Çıkış hadde çapı (mm)	0,556	0,586
Set edilen hız değeri (m/sn)	25	25
Tavlama voltajı (V)	56	56
Tel gerginliği (cN)	9400	15300
Çekme emülsiyon sıcaklığı (°C)	39,6	39,6
Tavlama emülsiyon sıcaklığı (°C)	35,2	35,2
Tavlama akımı (A)	1700	3160
Travers adımı	1,3	1,3

Büküm yapıları ve özellikleri

Çalışmada üretilen ürünün yapısı 1+8+13 (Al+Cu+Cu) olarak belirtilmiştir. Bükülü teller, belirli sayı ve çaptaki tellerin bükülmesiyle üretilirler. Bükümlü, teller kullanım yerine göre belirlenmiş olan geometrik yapılarına, adım uzunluklarına ve büküm yönlerine göre adlandırılırlar. Bükülü yönüne göre bükülü yapılar ikiye ayrılır.

Sağ büküm: Z Sol büküm: S. Büküm yönü (S veya Z) büküm işleminin hangi doğrultuda gerçekleştiğini gösterir.



Şekil 1. S ve Z büküm yapısının gösterimi

Hatve ise, bir telin, bükülü çap etrafında bir turunu tamamlamak için gerekli olan mesafedir. Belirlenmesinde müşteri şartnamesi veya müşteri talebi esastır. Bükülü ürün yüzey düzgünlüğüne doğrudan etki eden bir özelliktir. Çalışmada üretimi yapılan ürünün birinci ve ikinci katmanın büküm yönleri aynı olup her ikisi de S bükümdür. Ayrıca her iki katmaların beklenen hatvesi, 22 mm ile 25 mm aralığındadır.

6,0 mm² (1 (0,94 mm Al) + 8 (0,55 mm Cu) + 13 (0,58 mm Cu) hibrit bükümü tel üretiminin gerçekleştirilmesi

Bükülü üründe yuvarlaklık beklentisi olup, en dış çevrede bulunan 13x 0,580 mm tellere bağlı olarak ürünün teorik çapı hesaplanmıştır.

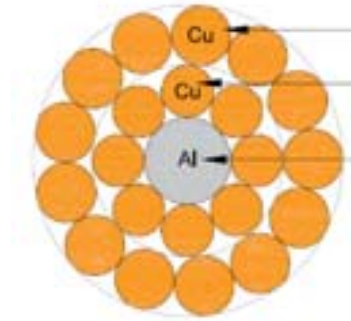


Araştırma kapsamında, üç farklı oranda kompaktlama yapılarak üretim yapılması planlanmıştır. Bu aşamada, yüzey düzgünlüğünün sağlanabilmesi, belirlenen tek tel çaplarında ve hatvede, olabilecek bükülü çapın ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu parametrelerin bir kısmı üretim makinası kullanma talimatlarına göre belirlenirken bir kısmı müşteri teknik şartnamesinden veya ürün talebi özelliklerinin incelenmesi ile belirlenmektedir.

Bükülü tel üretim parametreleri hazırlanması sırasında; malzeme özelliklerinden ve üretim makineleri kataloglarından yararlanılmıştır. Üretim devri; makinenin çalışma hızını ifade eder. Malzemeden bağımsız olarak makinenin izin verdiği ölçülerde set edilmiştir. Hatve yönü; makine operatör panelinden makineye set edilir. Doğrudan müşteri talebinden gelmektedir. Hatve; makineye operatör panelinden set edilir ve doğrudan müşteri talebinden gelmektedir. Bükülü ürün üretiminde kullanılan ana parametreler Tablo 6' da gösterilmiştir.

Tablo 6. 6,0 mm² (1 (0,94 mm ALU) +8 (0,55 mm CU) +13 (0,58 mm CU)) hibrit bükülü üretim parametresi

	1. deneme	2. deneme	3. deneme
Devir	700	700	700
Hadde	2,95 (%6,4)	2,98 (%5)	2,9 (%7,8)
Büküm yönü	S	S	S



Şekil 2. 6 mm² hibrit iletken ürün yapısı

Bulgular

Üretimin her aşamasında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçümlerde kullanılan ölçüm ekipmanlarının listesi altta verilmiştir.

- Çap ölçümü: Mitutoyo 293-340-30 Dijital
- Direnç ölçümü: Resistomat 2304
- Uzama ve mukavemet ölçümü: Zwick/Roell 500 N
- Birim ağırlık ölçümü Sartorius GE2102 Hassas Terazı

Sonraki tablolarda çoktelli ve büküm aşamasından sonra yapılan testlerin ölçüm sonuçları verilmiştir.



Tablo 7. Çoktelli üretimi mekaniksel ve fiziksel özellikleri

Karakteristik Tanımı	Birim	8x0,55 mm Cu	13x0,58 mm Cu
Çoktelli Çapı	Mm	0,551	0,581
Çoktelli Direnci	Ohm\km	9,01	4,99
Tek Tel Direnci	Ohm\km	72,08	64,83
Çoktelli Birim Ağırlığı	Kg/km	16,93	30,62
Tek Tel Birim Ağırlığı	Kg/km	2,12	2,36
Çoktelli Uzaması	%	29,97	30,73

Tablo 6’da verilen parametreler ile yapılan testlerde elde edilen numunelerin kesit görüntüleri sırasıyla Şekil 2’de verilmiştir.

Farklı kompaktlama oranlarında yapılan deneme üretimlerinde beklentileri karşılayan yapıda ürünler elde edilmiştir. Hibrit iletkenin, hedeflenen geometriyi sağladığı doğrulanmıştır. Kesit görünüşleri incelenmiş ve yuvarlaklık olarak belirgin bir fark tespit edilmemiştir.



Şekil 2. 6 mm² hibrit iletken ürün yapısı (Deneme -1, Deneme- 2, Deneme-3)

Tablo 8. Hibrit telin tek tellerde yapılan ölçüm sonuçları



		Direnç (Ohm/km)	Br. Ağırlık (g/m)	Tek Tel Uzama (%)	Tek Tel Kopma Muk. (MPa)	Tek Tel Kopma Yükü (N)	Çap (mm)
1. Numune / Deneme	Merkez Al 0.94 mm	46,03	1,61	15,0	96	58	0,88
	1. Katman Cu 0.55 mm	75,59	2,01	24,1	260	60	0,54
	2. Katman Cu 0.58 mm	70,15	2,17	20,4	262	67	0,57
2. Numune / Deneme	Merkez Al 0.94 mm	46,34	1,60	14,4	95	57	0,94
	1. Katman Cu 0.55 mm	74,93	2,03	23,5	255	60	0,55
	2. Katman Cu 0.58 mm	69,13	2,21	18,0	269	69	0,57
3. Numune / Deneme	Merkez Al 0.94 mm	46,67	1,59	13,4	96	58	0,94
	1. Katman Cu 0.55 mm	76,36	1,98	21,4	262	60	0,54
	2. Katman Cu 0.58 mm	71,84	2,13	14,7	269	69	0,57

Tablo 9. Hibrit tel bükülü halde yapılan ölçüm sonuçları

		Birim Ağırlık (g/m)	Bükülü Kopma Mukavemeti (MPa)	Bükülü Kopma Yükü (N)
1. Numune / Deneme	1. ölçüm	47,711	172	930
	2. ölçüm	47,698	171	930
	3. ölçüm	47,722	171	929
2. Numune / Deneme	1. ölçüm	48,142	172	930
	2. ölçüm	48,066	171	929
	3. ölçüm	48,145	171	929
3. Numune / Deneme	1. ölçüm	46,869	170	921
	2. ölçüm	46,875	170	923
	3. ölçüm	46,877	171	929



Sonuçlar

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda aranan mekanik ve fiziksel özelliklerde hibrit iletken üretimi gerçekleşmiştir.

Her üç denemede de uygulanan parametrelere bağlı olarak elde edilen sonuçlar hibrit bükülü ürünler için know-how oluşturmıştır.

Belirlenen teknik şartname gereksinimi olan 2,20 mm nominal çap talebini yerine getirebilmek için en dış katmanda bulunan 0,580 mm çaplı tellerin yerine 0,440 mm çaplı teller kullanılmalıdır. Aynı oranda 0,55 mm tellerin çapı da 0,410 mm ye düşürülmeli ve merkezde bulunan tek tel alüminyum girdisinin çapı da 0,70 mm ye düşürülmelidir.

Referanslar

[1] Aluminum Wire & Cable Conference - Detroit 19th-20th of July Comparison of – Aluminum (Al) versus Copper (Cu)

[2] EN 573-3 (Aluminium and aluminium alloys. Chemical composition and form of wrought products-part:3)

[3] Aluminium cables in automotive applications - EXAMENSARBETE INOM MATERIALTEKNIK, AVANCERAD NIVÅ, 30 HP STOCKHOLM, SVERIGE 2016, Man Yu

BİR ALÜMİNYUM BİRİM PARÇANIN GERİLME DAĞILIMLARININ BİR SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ İLE DOĞRULANMASI

Sedat TARAKÇI¹, Muzaffer KASABA¹ ve Efe IŞIK¹

¹ Tirsan Kardan Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

Email: s.tarakci@tirsankardan.com.tr

Özet

Kardan milleri motorlu taşıtlarda, motor veya şanzımandan aldığı torku ve dönme hareketini, diferansiyel veya ihtiyaç duyan başka bir ekipmana ileten aktarma organlarıdır. Yüksek tork taşıma gerekliliklerini karşılamak amacıyla, kardan mili bileşenleri genellikle çelik malzemeden üretilmektedir. Çelik parçalarda ağırlık azaltma, geometrilerin sınır koşulları nedeniyle kısıtlı olabilir. Bu nedenle alüminyum gibi düşük yoğunluklu parçalarla geliştirilen uygulamalar önem kazanmaktadır. Fakat alüminyumun mekanik özellikleri gereği alüminyum malzeme kullanılarak tasarlanan parçaların dayanıklılıkları özelinde detaylı çalışma yapılması gerekmekte, özellikle ortaya çıkan tasarımların doğrulanması büyük önem kazanmaktadır. Deneysel yöntemlerle tasarımların doğrulanması en iyi çözüm gibi gözükse de doğrulama testlerinin, prototip üretimlerinin ve test ekipmanlarının maliyetleri nedeniyle tasarımların ekonomik olarak gerçekleştirilebilirliği olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenle doğru kurulacak bir sonlu elemanlar modeli üzerinden gerçek durumu yansıtan bir benzetim yöntemi ile doğrulama gerçekleştirmek ekonomik olarak daha uygun bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, alüminyum bir kardan mili alt parçası için geliştirilen sonlu elemanlar ile tasarım doğrulama metodu ortaya koyulmuştur. Analiz sonuçlarına göre tasarımı dondurulan parçanın prototip üretimleri gerçekleştirilmiş, numune üzerinden gerinim verisi toplanmıştır. Test sonuçlarıyla analiz sonuçları karşılaştırılmış, kardan mili birim parçaları için geliştirilen alt komple yaklaşımının ve buna bağlı lineer olmayan sonlu elemanlar modelinin yüzde %8,92'lik bir hata payı içinde güvenli olarak kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum kardan mili, Sonlu elemanlar metodu, Veri toplama

Giriş

Günümüzde otomotiv endüstrisinde beklentiler her geçen gün artmaktadır. Bu doğrultuda daha hafif kardan mili tasarım ve uygulamalarının aktarma organları arasında yerini alması beklenmektedir. Çevresel kaygılarla da birlikte otomobil üreticileri tüm dünyada yeni çözümler aramaktadırlar. Kara taşıtları için daha hafif fakat yüksek dayanımlı bileşenler geliştirmek bunu sağlarken de güvenlikten taviz vermemek ve yakıt tüketimini azaltmak otomobil üreticileri için öncelikli hedef haline gelmiştir.

Alüminyum gibi düşük yoğunluklu parçalarla geliştirilen uygulamalar önem kazanmaktadır. Fakat alüminyumun mekanik özellikleri çelik eşdeğerine göre mukavemet açısından soru işaretleri getirmektedir. Bu nedenle tasarımda iyileştirmelere gidilmeli ve parça geometrilerinde belli güçlendirmeler gerçekleştirilmelidir. Alüminyum malzeme ile üretim yöntemlerine yönelik literatürde birçok çalışmaya rastlanmaktadır.

Choi ve arkadaşları (2013) kardan milleri için alüminyum soğuk çekim sıcak ekstrüzyon boru imalat parametrelerinin gerekli mukavemet özelliklerini sağlaması amacıyla optimizasyonu üzerine çalışmıştır.

Birol ve arkadaşlarının (2016) çalışmasında, otomotiv süspansiyon bileşenlerinde yaygın olarak kullanılan hafif EN AW 6082 alaşımlı dövme yapının karakterizasyon çalışması yapılmıştır.

Deneysel yöntemlerle tasarımların doğrulanması en iyi çözüm gibi gözükse de test ve prototip maliyetleri, test ekipman maliyetleri, zaman gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle doğru kurulacak bir sonlu elemanlar modeli üzerinden gerçek durumu yansıtan bir simülasyon ile doğrulama gerçekleştirmek daha uygun bir yöntem olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında hafif ticari araç uygulamalarında kullanılan bir kardan miline ait çatallı flanş parçası için alt komple yaklaşımıyla bir sonlu elemanlar modeli kurulmuş ve lineer olmayan statik bir analiz gerçekleştirilmiştir. Ardından parça üzerindeki gerilim dağılımları ortaya çıkarılarak belirlenen kriterler doğrultusunda gerilim dağılımı limitlerini sağlayan tasarım dondurulmuştur. Bu tasarıma göre prototip birim parça üretimleri gerçekleştirilmiştir.



Üretilen prototip parça üzerinden veri toplama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar analiz sonuçlarına göre belirlenen noktalara gerinim ölçerler uygulanmış, statik torsiyon testi sırasında aynı noktalardan gerinim okuma çalışmaları yapılmıştır.

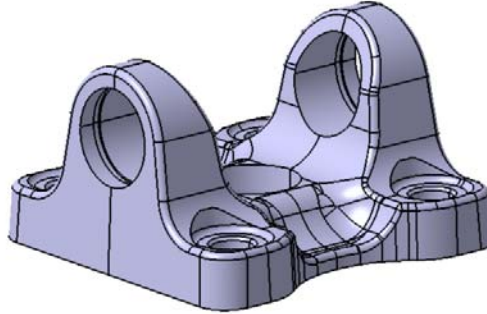
Malzeme ve yöntem

Sonlu Elemanlar Yöntemi

Sonlu elemanlar yöntemi veya sonlu elemanlar analizi, mühendislikte sınır değer problemlerinin çözümünde yaklaşık sonuç elde etmek için kullanılan bir tekniktir. Sınır değer problemleri, alan problemi olarak da adlandırılır. Burada alan ilgilenilen bölgedir ve genellikle fiziksel bir yapıyı temsil eder (Akkas ve diğ., 2019). De Borst ve arkadaşları (2010) lineer olmayan yapısal analiz prensiplerini ortaya koymuştur. Alan değişkenleri diferansiyel denklemlerden elde bağımlı değişkenlerdir. Sınır koşulları alan değişkenlerine ya da türevleri gibi onlara bağlı değişkenlere bağlıdır (Akkas ve diğ., 2019).

Sonlu elemanlar analizinin işleyişi şu şekildedir: Öncül işlemlerde öncelikle problemin geometrisi tanımlanır. Sonrasında kullanılacak eleman tipleri belirlenir. Daha sonra elemanların malzeme özellikleri tanımlanır. Benzer şekilde elemanların geometrik özellikleri de tanımlanır. Mesh modeli oluşturulur ve sınır koşulları ile yüklemeler tanımlanır. Çözüm sırasında önceki alan değişkenlerinin bilinmeyen değerleri hesaplanır. Hesaplanan değerler reaksiyon kuvvetleri gibi sonradan oluşan değişkenlerin hesaplanmasında yeniden kullanılır. Ardıl işlemlerde sonuçlar grafik, liste ya da çizim olarak yansıtılır. Problemin çözümünde Altair Hyperworks programı kullanılmıştır.

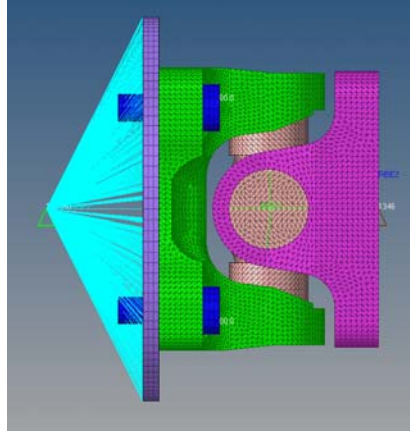
Alüminyum malzemeden üretilmesi planlanan çatallı flanş (FY) adlı parçanın **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** 'de görülen tasarımı Catia V5 paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Çatallı Flanş Katı Modeli

Tasarım iterasyonlarına paralel sonlu elemanlar modelinde de gerçeğe daha yakın bir sonlu elemanlar modeli kurmak için çalışmalar yapılmıştır. Bu doğrultuda;

- Civataların modellenmesi, (Kim ve diğ, 2010, Gould ve diğ., 1972, Yorgun ve diğ., 2004)
- Civata öngerilmesi,
- Test cihazı bağlantısı benzetimi,
- Kulak bağlantıları için universal mafsal modellenmesi,
- Kontak tanımlamaları, (Habraken ve diğ., 1998)
- Lineer olmayan çözüm metodu uygulanarak Şekil 2’te görülen model ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 2. Geliştirilmiş Sonlu Elemanlar Modeli

Modele ait yükleme koşulları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yükleme Koşulları

Sabitlenme	Yükleme
Sabit sınır koşulları 1,2,3,4,5,6 (ankastre) rijit elemanların master noduna bağlı (RBE2)	Sabit sınır koşulları 2,3,5,6 rijit elemanların master noduna bağlı (RBE2)
	Moment elemanların master noduna bağlı (RBE2)

Modelin bu yükleme koşulları altında doğrusal olmayan statik analizi gerçekleştirilmiştir.

Test ve Veri Toplama Yöntemi

Test numunesi cihaza bağlanmadan önce, test numunesinin enstrümantasyonu gerçekleştirilir. Bu doğrultuda, benzer parçaların sonlu elemanlar sonuçlarından hareket ile veri toplanacak noktalar belirlenir. Veri toplanacak yüzeylerin gerinim ölçer uygulaması için temizlenmesi ve zımparalanması gerekmektedir. Alkol ile temizlenmiş yüzeye rozet tip 0°/45°/90° 120Ω gerinim ölçerler yapıştırılır. Sonrasında terminallerin uygulaması yapılır. Uygulamaya göre çeyrek veya yarım köprü bağlantıları yapılır. Bağlantılar multimetre ile kontrol edilir. Sıvı conta veya koruyucu bantlarla gerinim ölçerler korunur. Gerinim ölçer uygulaması tamamlanan ve enstrümente edilen test numunesi Şekil 3 ’de görülen statik torsiyon test cihazı’na bağlanarak sabitlenir. Bağlantı sonrasında farklı tork seviyelerinde prototip parça üzerinde ortaya çıkan gerinim seviyelerinin belirlenmesi amacı ile statik torsiyon testi gerçekleştirilir ve test sırasında ölçülen değerler LMS SCADAS test cihazında kayıt altına alınır. Veri toplama sırasında toplanan gerilim ve gerinim değerlerinin yorumlanmasında sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2 dikkate alınır ve asal gerilmeler hesaplanır.



$$\sigma_p = \frac{E}{2} \left[\frac{e1 + e3}{1 - \vartheta} + \frac{\sqrt{2}}{1 + \vartheta} \sqrt{(e1 - e2)^2 + (e2 - e3)^2} \right] \quad [1]$$

$$\sigma_Q = \frac{E}{2} \left[\frac{e1 + e3}{1 - \vartheta} - \frac{\sqrt{2}}{1 + \vartheta} \sqrt{(e1 - e2)^2 + (e2 - e3)^2} \right] \quad [2]$$

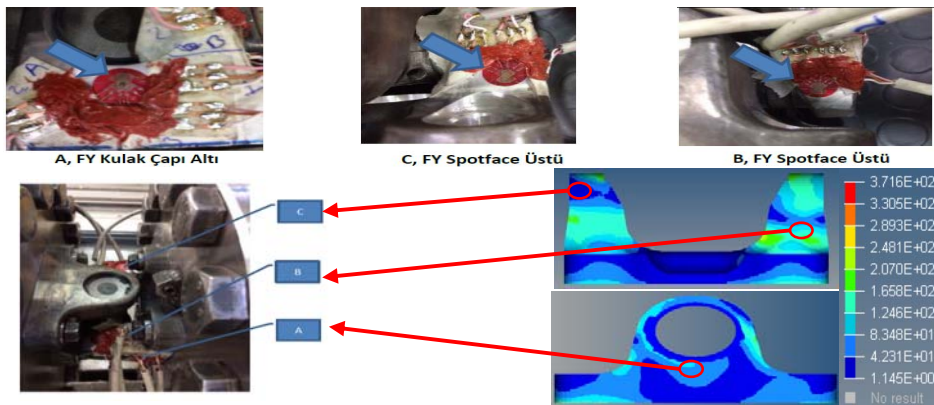
Burada hesaplanan asal gerilmelerden yola çıkarak Denklem 3'te gösterilen Von Mises teorisine göre eşdeğer gerilmeler hesaplanır.

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_p^2 + \sigma_Q^2 - \sigma_p * \sigma_Q} \quad [3]$$



Şekil 2. Statik Torsiyon Test Cihazı

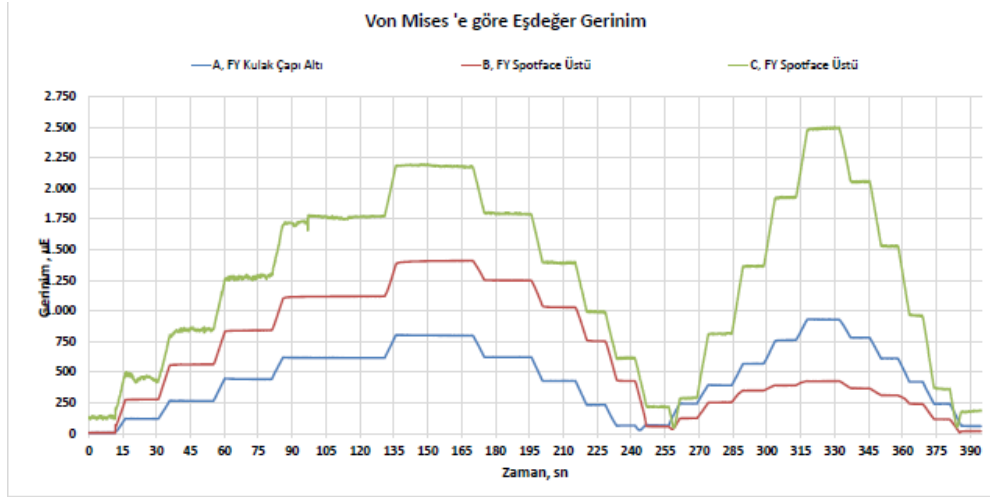
Çalışma kapsamında Şekil 1'de görülen çatallı flanş geometrisine göre prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu parçanın, sonlu elemanlar analiz sonuçları doğrultusunda belirlenen kritik yüzeyler üzerinden veri toplama çalışmaları yürütülmüştür. Gerinim ölçer uygulama noktaları Şekil 4'te gösterilmektedir. Gerinim ölçer uygulama noktalarının sonlu elemanlar modeli üzerindeki yeri ve sonlu elemanlar analizine göre bu noktalardaki gerilme seviyeleri (MPa) Şekil 4'te gösterilmektedir. Kardan milinin enstrümantasyonu gerçekleştirilmiş ve LMS SCADAS veri toplama cihazı kullanılarak gerinim ölçerlerin kalibrasyonu gerçekleştirilmiştir. Test numunesi, veri toplanmak üzere Şekil 3'te gösterilen biçimde statik torsiyon test cihazı'na bağlanarak sabitlenmiştir (Işık ve diğ., 2016).



Şekil 3: Gerinim ölçer uygulama noktaları



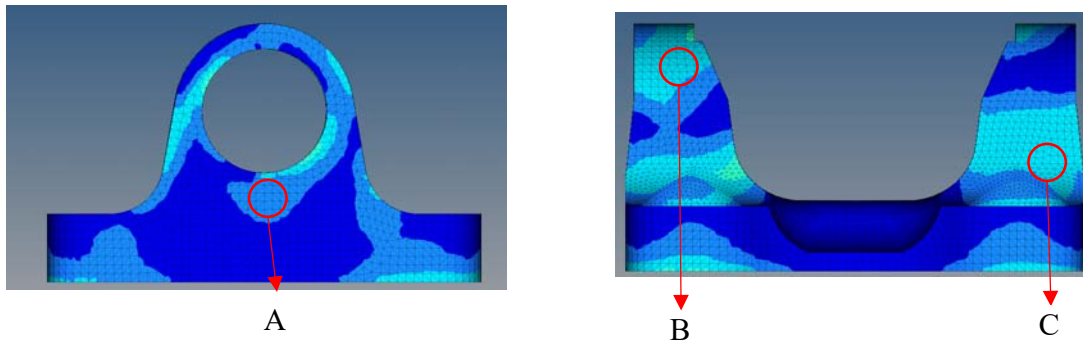
Test numunesinin sabitlenmesini takiben statik torsiyon testi, 500 Nm artışlarla 2.500 Nm tork uygulama yüküne kadar gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te görüleceği gibi test cihazının karakteri gereği tork yüklemesi adım adım gerçekleştirilmiştir ve her adımda yüklemenin düzenli rejime gelmesi beklenmektedir. Test sırasında, prototip olarak üretilen ve enstrümante edilen çatallı flanş parçası üzerinden toplanan gerinim verisinden yola çıkılarak, prototip parça üzerinde ortaya çıkan eşdeğer gerilme değerleri denklem 1, 2 3 göre hesaplanmıştır. Von Mises'e göre hesaplanan eşdeğer gerinim sonuçları Şekil 5 'da gösterilmektedir.



Şekil 4. Prototip olarak üretilen çatallı flanş parçası üzerinde ortaya çıkan eşdeğer gerinim değerleri

Bulgular

Veri toplama çalışmaları sonrasında gerinim ölçerlerin yapıştırıldığı koordinatlar belirlenerek, sonlu elemanlar modeli üzerinden bu noktadaki maksimum gerilme değerleri (Şekil 6) tespit edilmiştir. Her iki metotla da elde edilen gerilme değerleri ve aralarındaki farklar Tablo 2'de verilmektedir.



Şekil 5. Veri Toplama Noktaları



Tablo 2. Karşılaştırma Tablosu

	C	B	A
	Spot face üstü I	Spot face üstü II	Kulak çapı altı
TEST [MPa]	129	108	51
FEA [MPa]	126	102	56
SAPMA [%]	2,33	5,56	8,92

Prototip çatalı flanşların statik torsiyon testleri sonucunda, parçalarda herhangi bir hasar oluşmadığı ve ürünlerin güvenli olduğu görülmüştür.

Test sonuçlarıyla analiz sonuçları karşılaştırılmış, kardan mili birim parçaları için geliştirilen alt komple yaklaşımının ve buna bağlı lineer olmayan sonlu elemanlar modelinin yüzde %8,92’lik bir hata payı içinde olduğu görülmüştür.

Sonuçlar

Ünal ve arkadaşları taşıt jantları üzerinden gerçekleştirdiği sonlu elemanlar analizlerinin testle doğrulanması çalışmasında %9’luk bir hata payı içinde çalışmalarını gerçekleştirmeyi başarmışlardır (Ünal ve diğ.,2020). Akkaş ve arkadaşları kardan milleri üzerinde test ve sonlu elemanlar doğrulama çalışmasında %10’luk bir hata payı yakalamışlardır (ve diğ., 2019). Gregefors dişli setleri için gerçekleştirdiği deney ve sonlu elemanlar analiz karşılaştırma çalışmasında %18’lik hata payı elde etmiştir (Gregefors, 2016).

Yukarıda belirtilen benzer çalışmalar ile kıyaslandığında geliştirilen sonlu elemanlar yönteminin güvenli şekilde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu bağlamda sanal doğrulama çalışmaları sonucunda fiziksel numune gereksinimlerinin azalması, test ve malzeme giderlerinin de düşürülmesi ile pazardaki rekabet avantajının artırılması hedeflenmektedir.

Teşekkür: Tirsan Kardan A.Ş. Ar-Ge Merkezi’ne ve Test Merkezi’ne bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimizi sunarız.

Referanslar

- Birol, Y., et al. (2016) Processing of high strength EN AW 6082 forgings without a solution heat treatment, Materials Science and Engineering: A, 2016. 674: p. 25-32.
- Bouquerel, J., et al. (2015) Investigations of the microstructural response to a cold forging process of the 6082-T6 alloy, Materials & Design, 2015. 68: p. 245-258.
- Choi, Y., et al. (2013) Forming of the precision aluminum tube for a light weight propeller shaft, Journal of Mechanical Science and Technology, 2013. 27(11): p. 3445-3449.
- De Borst, R., et al. (2012) Nonlinear finite element analysis of solids and structures, John Wiley & Sons.
- Gregefors C., (2016) Correlation study between FEA and physical testing for a hypoid gear set, Bitirme Tezi, KTH Engineering Sciences, Stockholm
- Gould, H.H. and B.B. Mikic (1972) Areas of contact and pressure distribution in bolted joints.
- Habraken, A. and S. Cescotto (1998) Contact between deformable solids: the fully coupled approach, Mathematical and Computer modelling, 1998. 28(4-8): p. 153-169.



HyperWorks (2017)

Işık, E. and Ç. Öz (2016) Determination of the mechanical properties of friction welded tube yoke and tube joint, Advances in Materials Science and Engineering.

Kasaba, M., et al (2019) A Correlation Study of an FEA Method Developed for Heavy Duty Driveshaft Applications, The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics, 2019. 7: p. 315-320.

Kim, J., J.-C. Yoon, and B.-S. Kang (2007) Finite element analysis and modeling of structure with bolted joints, Applied mathematical modelling, 2007. 31(5): p. 895-911.

Systèmes, D., 3D CAD design software CATIA (2013)

Ünal Ç., Bögrekçi İ., Demircioğlu P. (2020) Modeling With Finite Element Analysis And Testing of Commercial Vehicle Wheels, Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind., 4(2): 86-96, (2020)

Yorgun, C., S. Dalcı, and G. Altay (2004) Finite element modeling of bolted steel connections designed by double channel, Computers & structures, 2004. 82(29-30): p. 2563-2571.



BİR DEKANTÖR SANTRİFÜJ MAKİNASINDA TİTREŞİM ANALİZİ

Sevgi BOZDOĞAN¹, Engin AYDINOĞLU¹, M. M. Fatih KARAHAN^{2,3}, B. Burak ÖZHAN^{2,3}

¹ Polat Makina Sanayi A.Ş., Aydın, Türkiye

² Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye

³ Hanka Techna İnovasyon Arge Makina Sanayi ve Ticaret Ltd. Ş., Manisa, Türkiye

Email: s.bozdogan@polatas.com.tr

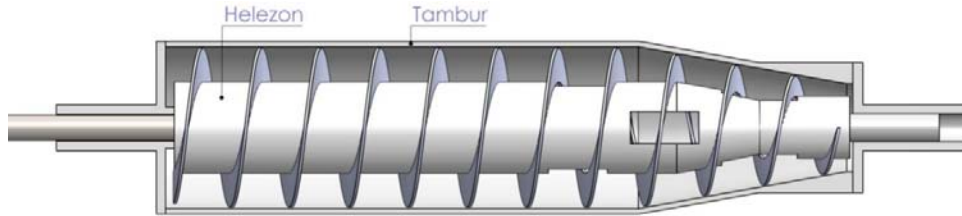
Özet

Dekantör santrifüjler katı-sıvı ayrıştırılmasında kullanılan silindirik makinelerdir. Birbirine göre açısal hız farkı bulunan çift rotor sisteminden oluşmaktadırlar. Dekantörlerde, üretim, montaj ve asimetrik geometri kaynaklı, yüksek hız genlikleri titreşim spektrumlarında gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, zeytin hamurundan zeytinyağı ayrıştırılması amaçlı kullanılan bir dekantör santrifüjün yataklarından titreşim ölçümleri alınmıştır. Elde edilen titreşim spektrum grafikleri analiz edilmiş; dengesizlik, eksen kaçıklığı ve mekanik gevşeklik problemleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dekantör Santrifüj, Titreşim Analizi, Asimetrik Rotor

Giriş

Dekantörler, katı-sıvı ayrıştırılması amaçlı kullanılan, yüksek hızda dönen silindirik makinelerdir. Katı fazın dışarı taşınması için merkezci ivmeyi kullanırlar. Dekantörlerde, yüksek devirlerde dönen birbirine göre açısal hız farkı bulunan iki farklı rotor sistemi mevcuttur. Bu rotor sistemleri tambur ve helezon olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1). Dekantör santrifüjler, endüstride; zeytinyağı, mineral yağ ve petrol gibi farklı ürünlerin ayrıştırılmasında kullanılabilmektedir.



Şekil 1. Helezon ve tambur geometrisi.

İlk dekantör patenti mucit Gustaf de Laval tarafından sürekli krema ayırıcısı (krema seperatörü) için çıkarılmıştır. De Laval'ın bu ilk patenti 1878 yılında ortaya konulan, kabaca küresel tambur şeklinde olan bir sürekli santrifüj içindir (G. De Laval 1881). Ortaya konulan ilk patentten itibaren bu yapılarla ilgili bir çok çalışma literatüre girmiştir. Corner Walker ve Records [2] iki farklı dekantörün katı kuruluğu üzerindeki etkisini incelemiştir. Zhu vd. [3] petrokimya endüstrisinde, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) süspansiyonları ayırmak için kullanılan bir dekantör modelinin benzetimini (simülasyonunu) gerçekleştirip, deneysel sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Bell ve Pearse [4] dekantör santrifüjlerde kullanılan altı besleme hızlandırıcısının performansını deneysel ve hesaplamalı olarak incelemiştir. Menesklou vd. [5] dekantör santrifüjlerin dinamik davranışını gözlemlemek için fiziksel tabanlı bir hesaplama modeli sunmuştur.

Dekantör santrifüjlerde, katı fazın dışarı taşınması için yüksek devirlerde dönen birbirine göre açısal hız farkı bulunan iki farklı rotor sistemleri mevcuttur. Rotor sistemlerinden helezonun asimetrik olması ve açısal hızlarının yüksek olmasından dolayı dekantörlerde yüksek titreşim seviyeleri izlenir. Bu rotor sistemlerinde oluşan titreşim davranışları analiz edilerek, olası titreşim arızaları giderilebilir. Rotor sistemleri gibi dönen makinelerde sık karşılaşılan arıza nedenleri; dengesizlik, eksen kaçıklığı, mekanik gevşeklik ve rulman hatalarıdır.



Orhan [6], dönen makinelerde oluşan dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik ve rulman arızalarının genel özellikleri ve bu arızaların sebep oldukları titreşimleri ele almıştır. Çalışan bir makinede meydana gelen titreşim davranışlarını örnek olarak sunmuştur. Uysal ve Morgül [7] dönen makinelerdeki dengesizlik arızalarının genel özelliklerini incelemiştir. Spektrum grafikleri ve faz açıları yardımıyla dengesizlik sınıflarını rapor etmişlerdir. Yıldırım ve Karahan [8] kompresör yataklanmasında kullanılan rulmanlarda titreşim analizi ile kestirimci bakım çalışmasının sonuçlarını ortaya koymuşlardır. Orhan vd. [9] mevcut olan titreşim analizi metodu ile rulman arızalarının belirlenmesini ele almışlardır. Sinha vd. [10] rotor dengesizliği ve eksen kaçıklığının tahmin edilebilmesi için bir yöntem önermiştir. Bu çalışma, çoklu rotor sistemlerinde eksen kaçıklığının sebebinin, rotorun dönme hızından bağımsız, iki rotor arasındaki sapmanın boyutuna bağlı olarak sistemin kaplinlerinde eşzamanlı oluşan kuvvetler ve momentlerden kaynaklandığını varsaymaktadır. Wang vd. [11] çift rotorlu sistemlerde kaide gevşekliği durumundaki dinamik tepkiyi, sonlu elemanlar modeline dayanarak oluşturmuşlardır. Sonlu elemanlar metodu sonuçları ile deneylerden ölçülen sonuçları karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada, zeytin hamurundan zeytinyağı ayırtırmak üzere kullanılan dekantör santrifüj makinasının yatak kısımlarından titreşim analizörü yardımıyla, titreşim ölçümleri alınarak, titreşim spektrum grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen titreşim spektrum grafikleri analiz edilmiş; dengesizlik, eksen kaçıklığı ve mekanik gevşeklik problemleri tespit edilmiştir. Ancak veriler incelendiğinde; titreşim hız genliklerinin uluslararası standartlara (BS ISO 20816-1: 2016) uygun olduğu görülmüş, hasar aşamasında olmadığı tespit edilmiştir.

Malzeme ve yöntem

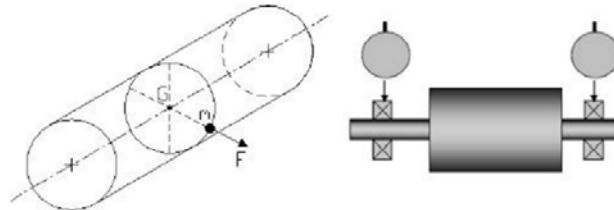
Teorik Esaslar

Titreşim, en genel haliyle bir cismin denge konumu etrafında yaptığı salınım hareketi olarak tarif edilir. Titreşimler, hareketli parçalara sahip makinaların ve bu makinalara bağlı yapıların içindeki dinamik kuvvetlerin etkisi sonucu ortaya çıkar [12]. Üretim, montaj ve çalışma koşulları göz önünde bulundurulduğunda kusursuz bir makine yoktur. Makinelerde parçalar arasındaki boşluğun artması, deformasyon gibi sebeplerle dengesizlik, eksen kaçıklığı meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra, yatakların sökölüp takılması durumlarında montajının doğru yapılmaması mekanik gevşekliğe neden olmaktadır. Bu gibi makine arızaları titreşim analizi yardımıyla tespit edilebilir. Tespitin ardından, arızaya uygun müdahale yoluyla titreşim değerleri kabul edilebilir seviyelerde tutulabilir.

Dengesizlik

Döner makine elemanlarında dönme ekseninin geometrik merkezi ile ağırlık merkezinin çakışmadığı durumlarda ortaya çıkan soruna dengesizlik (balanssızlık) denir. Teorikte mükemmel dengelenmiş bir makinede titreşim oluşmaz. Fakat pratikte mükemmel olarak dengelenmiş makine olamayacağı için tüm makineler az da olsa dengesizdirler [7]. Dengesizlik asimetrik parçalar, çalışma şartları, üretim hataları gibi nedenlerden dolayı oluşabilir. Spektrum grafiğinde devir sayısının eşdeğeri olan frekansta bir tepe gözlemlenirse, burada dengesizlikten söz edilebilir. Dalga formu periyodik, basit, vuruntusuz ve sinüs deseni şeklinde oluşur. Dengesizlik arızası, statik dengesizlik, moment dengesizliği ve dinamik dengesizlik olmak üzere üçe ayrılır.

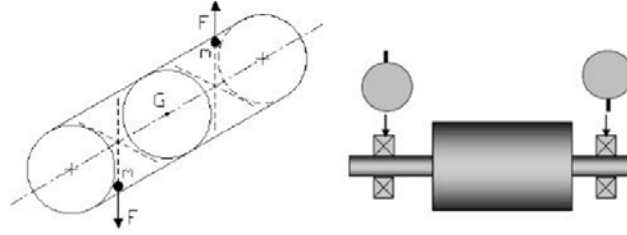
Statik dengesizliğe ağırlık merkezi ile çakışmayan dengelenmemiş bir kütle neden olur. Bir nokta dengesiz olduğundan dolayı rotorun her dönüşünde bir işaret oluşur (Şekil 2). Yatak fazları aynıdır ve genelde radyal doğrultuda $1 \times rpm$ in genliği daha büyüktür.



Şekil 2. Statik dengesizlik şematik gösterimi.

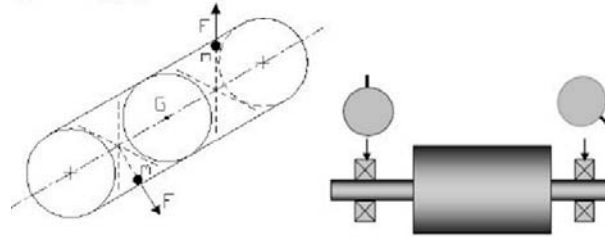


Özellikle uzun rotorlarda birbirine 180° açı yapacak şekilde şaftın çapraz noktalarında bulunan dengelenmemiş kütleler nedeniyle oluşan dengesizlik, moment dengesizliğidir. Statik dengesizlikte olduğu gibi spektrum grafiğinde radyal doğrultuda 1rpm 'de baskın genliği gözlemlenir. Faz ölçümleri yapılarak statik dengesizlikten ayrılır. Makinenin karşılıklı ön ve arka yataklarından ölçü alınır, iki yatak arasındaki faz farkının 180° olması gerekmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Moment dengesizliği şematik gösterimi.

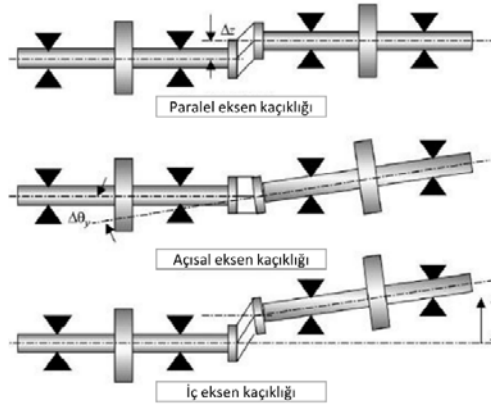
Pratikte daha sık karşılan dengesizlik dinamik dengesizliktir. Dinamik dengesizlik, statik dengesizlik ve moment dengesizliğin birleşimi olarak tanımlanabilir. Radyal doğrultuda 1rpm 'de baskın genliği oluşturur. Makinenin karşılıklı ön ve arka yataklarından alınan ölçümlerde, faz farkının dengesizliği yaratan kütlelerinin eksen üzerindeki dağılımına göre değişebilir (Şekil 4).



Şekil 4. Dinamik dengesizlik şematik gösterimi. [7]

Eksen Kaçıklığı

Dönen ve döndürülen makinelerde millerin aynı merkezde olmaması durumu eksen kaçıklığıdır [6]. Eksen kaçıklığı, montaj sırasında yanlış hizalanması, rulman yatağının ısı genleşmesi gibi sebeplerden dolayı millerde, kaplinlerde, yataklarda ve makinenin çeşitli bölgelerinde oluşabilir. Spektrum grafiğinde mil dönme hızının 1. ve 2. harmoniklerinde tepe gözlemlendiğinde, eksen kaçıklığından söz edilebilmektedir. Eksen kaçıklığı Şekil 5 'te görüldüğü üzere paralel eksen kaçıklığı, açısal eksen kaçıklığı ve iç eksen kaçıklığı olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

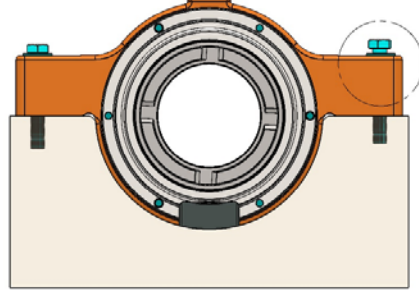


Şekil 5. Eksen kaçıklığı şematik gösterimi. [10]



Mekanik Gevşeklik

Dönen makinelerde yaygın olarak görülen problemlerdendir ve sistemin şiddetli titreşimine sebep olur. Genellikle kalitesiz kurulum ve uzun süreli titreşim sonucu oluşmaktadır. Titreşim spektrum grafiklerinde mil dönme devrinin çoklu harmoniklerinde (1x, 2x, 3x) gözlemlenmektedir. Bazı durumlarda mil dönme devrinin yarım harmoniklerinde de (0.5x, 1.5x, 2.5x) gözlemlenmektedir.

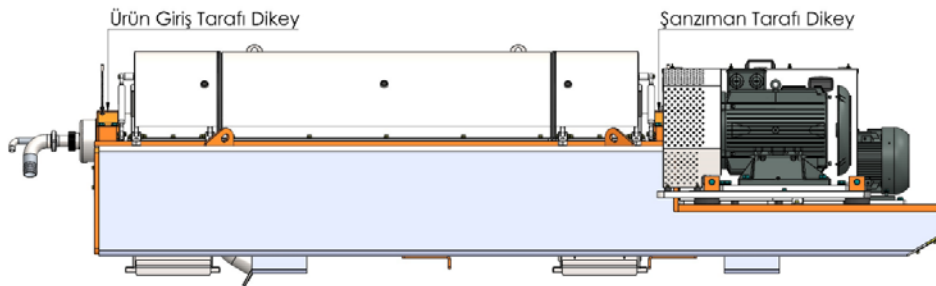


Şekil 6. Mekanik gevşeklik şematik gösterimi.

Uygulama Çalışması

Bu çalışmada, zeytin hamurundan zeytinyağı ayırtırmak üzere kullanılan dekantör santrifüj makinasının yatak kısımlarından titreşim analizörü yardımıyla, titreşim ölçümleri alınarak, titreşim spektrum grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen titreşim spektrum grafikleri analiz edilmiş; dengesizlik, eksen kaçıklığı ve mekanik gevşeklik problemleri tespit edilmiştir. Dekantörün helezon dönme devri 3090 rpm olup, diferansiyel hız farkı 30 rpm'dir. Dekantörde, helezon ve gövdeye ait iki motor bulunmaktadır. Gövde grubu (helezon ve tambur) şaseye karşılıklı iki yataktan monte edilmiştir. Titreşim ölçümleri Şekil 7'de gösterilen dekantörün yatak kısımlarından gerçekleştirilerek titreşim davranışı incelenmiştir.

Titreşim ölçümleri, Leonova Emerald EME-400 marka titreşim analizörü ve ivme algılayıcısı kullanılarak ürün giriş ve şanzıman taraflarındaki yataklardan dikey yönde gerçekleştirilmiştir. Titreşim sinyalleri ivme algılayıcısı ile zaman ortamında algılanmış, analizör ile FFT işleminden geçirilerek frekans ortamına dönüştürülmüştür.



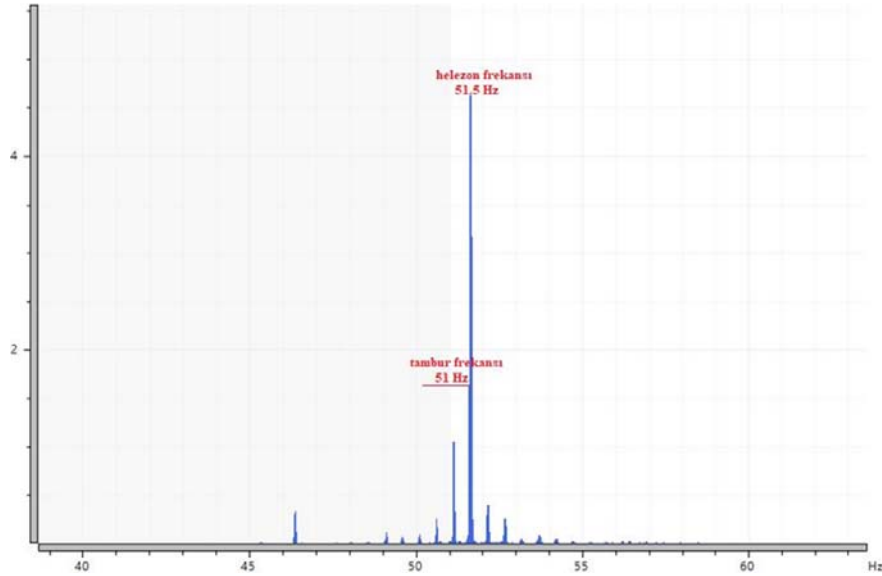
Şekil 7. Dekantör titreşim ölçüm noktaları.



Bulgular

Bu çalışmada, dekantörün yatak kısımlarından (ürün giriş ve şanzıman tarafları) dikey yönde titreşim ölçümleri yapılmıştır. Titreşim spektrum grafikleri, 0-200 Hz ve 0-500 Hz aralığında, düşük ve yüksek çözünürlük kullanılarak elde edilmiştir.

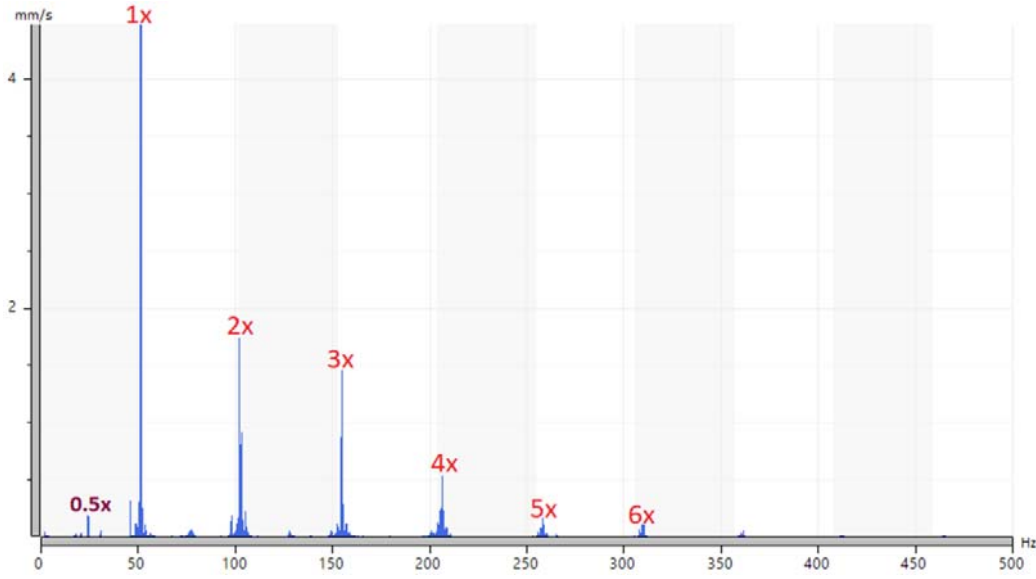
Tambur ve helezon temel frekanslarının spektrum grafiğinde açıkça görülmesi için, yüksek çözünürlükte ölçüm alınıp spektrum üzerinde 50-55 Hz arasında büyütme işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Görüldüğü üzere tambur ve helezon arasındaki diferansiyel hız farkı 0.5 Hz (30 rpm) civarındadır



Şekil 8. Yüksek çözünürlüklü titreşim spektrumu.

Şekil 9'daki titreşim spektrumunda temel frekansın birçok harmoniğinin görülmesi; yatak boşluğu ve eksen kaçıklığı ile ilgili problemler olduğunu göstermektedir. Temel frekans ve harmoniklerinde yan bantların bulunması bu görüşü desteklemektedir. Yan bantların genliği temel frekans ve harmoniklerinin genliğini geçmemektedir. Maksimum titreşim hız genliği 4.51 mm/s'dir. Belirtilen titreşim genliğinin değeri uluslararası titreşim standartlarına (BS ISO 20816-1:2016) göre uygundur. Veriler kabul edilebilir değerdedir.

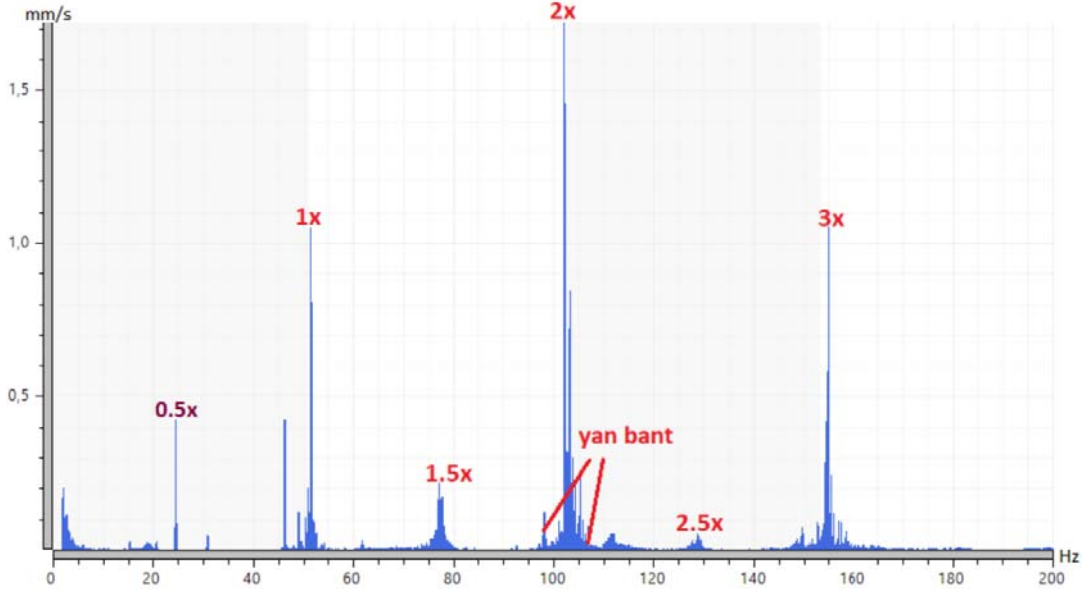
Ayrıca temel hasar frekansının 0.5 katında görülen düşük bir titreşim büyüklüğünün, önem teşkil etmeyen bir mekanik gevşeklik problemi olma olasılığı söz konusudur.



Şekil 9. Ürün giriş tarafı rulman yatağından dikey yönde alınan düşük çözünürlüklü titreşim spektrumu.

Güç ve hareket iletim tarafından alınan titreşim ölçümleri Şekil 10'da görülmektedir. Spektrumda temel frekansın harmoniklerinin yanı sıra alt (0.5x) ve ara (1.5x, 2.5x) harmonikleri de görülmektedir. Bu durum iç montaj gevşekliğinden veya rotor sürtünmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ayrıca temel ve harmonik frekanslarda yan bantlar mevcuttur. Bu da yatakta boşluk olduğu anlamına gelmektedir. Yan bantların genliği temel frekans ve harmoniklerinin genliğini geçmemektedir. Maksimum titreşim genliği ile ikinci harmonikte karşılaşılmaktadır ve değeri 1.78 mm/s'dir. Belirtilen titreşim genliğinin değeri uluslararası titreşim standartlarına (BS ISO 20816-1:2016) göre uygundur.



Şekil 10. Şanzıman tarafı rulman yatağından dikey yönde alınan yüksek çözünürlüklü titreşim spektrumu.



Sonuçlar

Bu çalışmada, zeytinyağı ayırtırmak üzere kullanılan dekantör santrifüj makinasının yatak kısımlarından titreşim ölçümleri alınarak, titreşim spektrum grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen titreşim spektrum grafiklerinin analiz edilmesi ile dengesizlik, eksen kaçıklığı ve mekanik gevşeklik problemleri tespit edilmiştir. Ancak veriler incelendiğinde; titreşim hız genliklerinin uluslararası standartlara uygun olduğu görülmüş, hasar aşamasında olmadığı tespit edilmiştir.

İşletme şartlarında gerçek zamanlı olarak alınan veriler üzerine yapılan bu çalışmalar titreşim analizlerinin, makineyi izleme açısından önemini göstermektedir. İzlenen makinede bulunan problemler her ne kadar standartlara göre uygun sonuçlar verse de bu takibin yapılması, standartlara uygun olmayan olası durumların tespit edilmesi ve olası büyük problemlerin önlenmesi hususunda yol gösterici olacaktır.

Referanslar

- [1] De Laval, G. (1881). (AB Separator) Centrifugal Creamer. US Patent: 247804
- [2] Corner-Walker N., Records FA., (2000). The dry solids decanter centrifuge: conveyor torque and differential. 37, 18–23.
- [3] Zhu G., Tan W., Yu Y., Liu L., (2013). Experimental and numerical study of the solid concentration distribution in a horizontal screw decanter centrifuge. Ind. Eng. Chem. Res. 2013, 52, 17249–1725.
- [4] Bell G.B., Pearse J., (2016). Experimental and computational analysis of the feed accelerator for a decanter centrifuge. J. Process Mechanical Engineering. 0, 1-14.
- [5] Menesklou P., Nirschl H., Gleiss M., (2020). Dewatering of finely dispersed calcium carbonate- water slurries in decanter centrifuges: about modelling of a dynamic simulation tool. Separation and Purification Technology 251,117-287.
- [6] Orhan S., (2003). Dönen makinelerde oluşan arızalar ve titreşim ilişkisi. Teknoloji 4, 41-48.
- [7] Uysal V., Morgül Ö.K., (2015). Dönen makinelerdeki dengesizlik (balanssızlık) arızasının titreşim analizi ve faz açısı yardımıyla teşhisi. SAÜ Fen Bil Der.3, 245-256.
- [8] Yıldırım E., Karahan M.M.F., Titreşim analizi ile rulmanlarda kestirimci bakım. CBÜ Fen Bil Der. 11.1, 17-23.
- [9] Orhan S., Arslan H., Aktürk N., (2003). Titreşim analiziyle rulman arızalarının belirlenmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. 18, 39-48.
- [10] Sinha J.K., Lee A.W., Friswell M.I., (2004). Estimating unbalance and misalignment of a flexible rotating machine from a single run-down. Journal of Sound and Vibration. 272, 967-989.
- [11] Wang N., Xu H., Jiang D., (2016). Dynamic model and fault feature research of dual-rotor system with bearing pedestal loosenees. Mathematical Problems in Engineering. 2016, 18.
- [12] Karahan M.M.F., (2005). Titreşim analizi ile makinelerde arıza teşhisi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yüksek Lisans Tezi)



YENİ NESİL PANEL KONDANSER PROJESİ

Naim Alper SÜLEN¹ and Doğuş ÜKLİMEK¹

¹ Vestel Beyaz Eşya San. ve Tic. A.Ş./R&D Centre, Manisa, Turkey

Email: alper.sulen@vestel.com.tr
dogus.uklimek@vestel.com.tr

Abstract/Özet

Buzdolaplarında, özellikle günümüzde, enerji tüketimi çok önemli bir kriter haline gelmiştir. Ürünün hem düşük enerji tüketim değerine sahip olması hem de uluslararası standartlar doğrultusundaki performans kriterlerini sağlaması açısından, verimli bir soğutma tasarımı yapmak gerekmektedir. Bu proje ile birlikte, buzdolabının yan panellerinden ısı atımını sağlamak için kullanılan panel kondanser teknolojisi ile enerji verimliliğinin yanında, ürüne birçok avantaj eklenecektir. Yurt dışından ithal edilebilen fan motoru tedariği ortadan kaldırılacak ve yerli yan sanayilerden temin edilecek panel kondanseler ile ülkemizde ekstra iş imkanı sağlanacaktır. Bu kondanselerin kullanımıyla birlikte, fabrikamızda bu işleme özgü otomasyon sistemi devreye alınacak ve endüstri 4.0 doğrultusunda daha kaliteli ve hızlı üretim gerçekleştirilecektir. Yeni nesil kondanser teknolojisi sayesinde bir ürün üretimi için harcanan sürenin düşürülmesi ve bu sayede üretim adetlerinin artırılması sağlanacaktır. Aynı zamanda, fan iptali sayesinde kullanıcılara, hijyen, güvenlik ve maliyet açısından da avantajlar sunulacaktır. Bunlarla beraber enerji verimliliği artırılarak, ürünlerin yıllık enerji tüketimleri yaklaşık %10 oranında azaltılacak ve yürürlüğe girmesi öngörülen yeni standart/regülasyona uyum süreci hızlandırılarak, yerli üretimimizin uluslararası pazardaki rekabet düzeyi düşünüldüğünde ekstra avantaj elde etmesi sağlanacaktır.

Keywords: Yeni Nesil Teknoloji, Panel Kondanser, Enerji Verimliliği

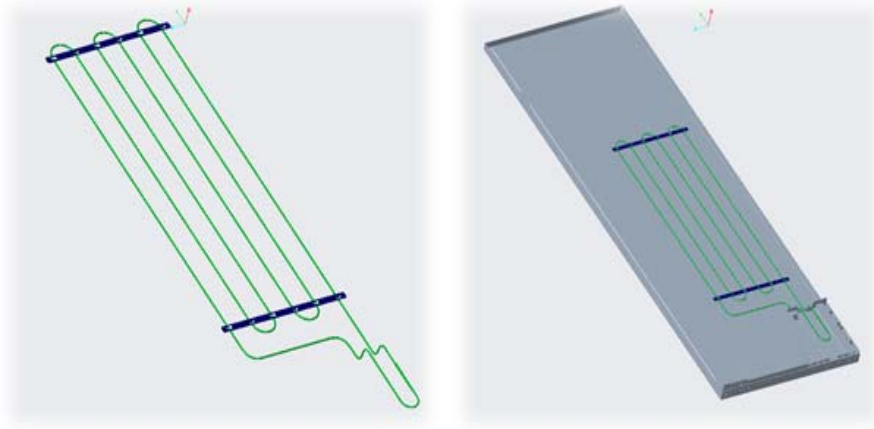
Introduction/Giriş

Yeni nesil panel kondanser projesi ile beraber ithal edilen komponentleri iptal etmek, üretim için harcanan sürelerin düşürülmesiyle birlikte süreç inovasyonu, ürün enerji tüketim, performans ve ses seviyesi değerlerinde iyileştirme sağlanacak ve birim ürün maliyetlerini düşürerek müşteri memnuniyeti de arttırılacaktır. Yurt dışından tedarik edilebilen kabindibi fanlarına gerek kalmayacağı için ülke ekonomisine de katkı sağlanacaktır. Fan kullanımının iptali sayesinde montaj işçiliği azalacak ve otomasyon entegrasyonu ile bir ürün üretimi için harcanan sürelerin azaltılması sağlanacaktır. Yeni nesil kondanser teknolojisine geçilmesiyle birlikte, enerji tüketimindeki pozitif etkiyle beraber, 2021 de devreye girmesi planlanan yeni regülasyona uyum sağlanacaktır. Bu çalışmayla, kabin dibi bölgesindeki komponent çeşitliliği azaltılarak müşteri konforu ve güvenliğine katkı sağlanmış olacaktır. Bu sayede daha sade ve estetik görünüm de elde edilmiş olacaktır. Elektronik ve arıza oranı yüksek bir component olan kabin dibi fanın çıkarılmasıyla da müşteri şikayetleri azaltılmış olacaktır. Hedeflenmiş ve yeni teknoloji bu hedefler doğrultusunda çalışılmıştır.



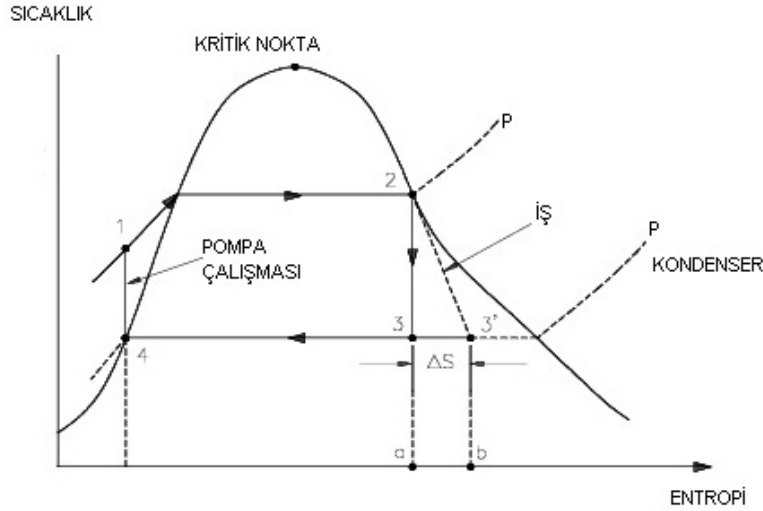
Materials and methods / Malzeme ve yöntem

Panel Kondanser



Şekil 1. Malzeme Örnekleri

Panel Kondanserler, buzdolabının yan panelleri ile birlikte yoğuşturucu görevi görerek dışarıya ısı atımını kolaylaştırırlar. Şekil 1’de görüldüğü gibi panel kondanser boruları, yan panel levhalarına alüminyum bant yardımıyla yapıştırılmıştır, bu işlem bantlama makinalarında yapılmaktadır. Bu yöntem, panel kondanser boruları ile çelik levha arasında iyi bir temas yöntemidir. Panel Kondanserler ile birlikte temas yüzeyinin artırılarak ısı atımının kolaylaşmasıyla beraber daha verimli bir sistem meydana gelmiş olur.

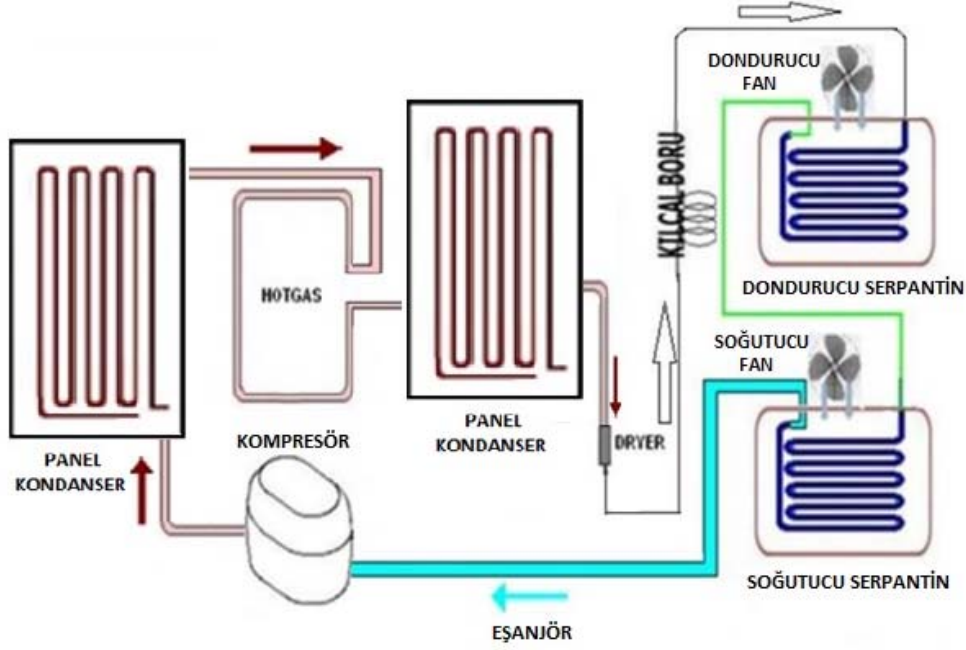


Şekil 2. Sıcaklık-Entropi Diyagramı

Bu çalışma, öncelikle kullanılan mevcut kondanserin termal ve akış analizleri yapılarak başlanmış ardından yeni sistemin iyileştirme çalışmaları analizlerle teorik olarak hesaplanmıştır. Ardından teori, farklı ortam sıcaklıklarındaki testlerle pratiğe dönüştürülmüş ve enerji tüketim testleriyle verimlilik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca son kullanıcı simülasyon testleriyle olası potansiyel riskler gözlemlenmiş tüm bu çalışmanın ardından ürün finallenmiştir. Arge, kalite, üretim, planlama, tedarik, otomasyon ve yan sanayii ile çok geniş bir ekibin koordineli çalışması neticesinde düşük enerji tüketimi, yüksek performans ve yüksek müşteri memnuniyeti hedefleriyle çalışılmıştır.



Ek olarak, buzdolabı soğutma çevrimi Şekil 3’de gösterilmiş olup, panel kondanselerinin çevrimdeki yerleri de burada görülmektedir.



Şekil 3. Buzdolabı Soğutma Çevrimi

Results/Bulgular

Mevcut yapıda kullanılan fan ve kompleks bir yapıya sahip kondanseler yerine çok daha basit ve asıl işlevi ısı atmak olan komponentin daha efektif çalışacağı yeni sistem tasarlanmıştır. Isı atılmasının kolaylaştırarak, sistemin daha verimli çalışması sağlanmıştır.

Yeni nesil panel kondanseler tasarımı ve kapasitesini belirleyen parametreler boru boyu, boru çapı, boru et kalınlığı, pas aralıkları ve pas sayısıdır. Bu parametreler dolabın hacmine, yapısına ve çalışma prensibine göre değişmektedir. Panel kondanseler kullanılan ürünler de dolabın enerji verimliliğinin artmasıyla beraber, Endüstri 4.0 doğrultusunda üretim verimliliğini de arttırmaktadır. İthal edilen malzemelerinde iptal olmasıyla dışa bağımlılık azalmıştır. Bu sayede yerli tedarik Panel Kondanseler ile ülke ekonomisine de katkı bulunulacaktır.

Conclusions/Sonuçlar

Sonuç olarak yeni nesil panel kondanseler kullanımı ile birlikte, enerji avantajı, ses seviyesinin düşürülmesiyle beraber akustik açıdan avantaj, performans iyileştirme, ürün güvenliği ve estetiği açısından avantajlar, müşteri güvenliğinin artırılması, müşteri şikayetlerinin azaltılması ve ithal malzemelerin iptal edilerek yerli tedarik yan sanayilerin desteklenmesi projenin genel sonuçları olmaktadır.





CuSn₂ ALAŞIMLI FİLMAŞİNDE TEL ÇEKME VE SÜREKLİ DİRENÇLİ TAVLAMANIN MEKANİK VE ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERE ETKİSİ

O. AKYÜZ¹, C. AKÇAY², G. BAYKENT³, U. GÜLTEN⁴ ve H. GÖKER⁵

¹ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

² Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

³ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

⁴ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

⁵ Er-Bakır Elektrolitik Bakır Mamulleri /AR-Ge Merkezi, Denizli, Türkiye

Email: orhanakyuz@yahoo.com

Özet

Bakır-Kalay alaşımlı ürünler, saf bakıra göre daha yüksek korozyon direnci ve daha gelişmiş mekanik davranış özellikleri sergilemektedir. Bu özelliklerinin yanı sıra, saf bakırdan daha yüksek elektrik direncine sahip oldukları için ısıtma uygulamalarında direnç teli olarak yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu çalışmada bakır kalay (CuSn) alaşımlı filmaşinlerin sürekli döküm, tel çekme ve sürekli direnç tavlama prosesleri sonrasında değişen mekanik ve elektriksel özellikleri incelenmiştir. CuSn alaşımlı ürünün, döküm sonrası tel çekme işlemi ile çekme dayanımı artarken, çekme uzamasının azaldığı görülmüştür. Tel çekme işleminden sonra artan çekme mukavemeti sürekli dirençli tavlama işlemi sonrası azalmış ve çekme uzaması artmıştır. Tel çekme prosesi ile tel içerisinde oluşan küçük taneli yapı ve dislokasyon yoğunluğu artışı neticesinde düşen elektrik iletkenliğinin sürekli dirençli tavlama sonrası arttığı görülmüştür. Bu çalışma sonucunda farklı tavlama faktörlerinin CuSn alaşımlı tellerin mekanik ve elektriksel özelliklerini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bakır, Kalay, Alaşım Dikine Döküm, Tel Çekme, Tavlama

Giriş

Bakır, yüksek termal ve elektriksel iletkenliği ile birlikte çok iyi şekillendirilebilmesi ve göreceli korozyon direncine sahip olması nedeniyle pek çok uygulamada ilk tercih edilen malzemedir [Benasciutti et. A. (2018), Junichiro et. al. (2012)]. Fakat günümüzde bakır tellerin kullanım alanları çeşitlenmekte ve artış kaydetmektedir. Otomotiv, hızlı tren, ev elektronik gereçleri ve endüstriyel robotlar gibi uygulamalarda kullanılan bakır tellerde ağırlığı düşürmek için çap incelirken kullanım yerine bağlı olarak çeşitli mekanik zorlanmalara karşı telin aynı zamanda yeterince mukavemetli olması gerekmektedir. Tek başına saf bakır yüksek elektrik iletkenliği ve uygun maliyete sahip olmasına bazı tel ve kablo uygulamalarında ihtiyaç duyulan mekanik dayanımı yeterince karşılamamaktadır. Bu nedenle bakır alaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Son kırk yılda pek çok Cu-X (Sn, Ag, Nb, Cr ve Fr) alaşımları geleneksel soğuk haddeleme veya soğuk çekme yöntemi ile geliştirilmiştir [Ko et. al. (2010), Liu et. al. (2012), Tian et. al. (2011),]. Bu alaşımlar yüksek oranda deformasyon sonrası yüksek mekanik dayanım ve yüksek elektrik iletkenliği gösterebilmektedirler. Ayrıca bu alaşımların özellikleri üzerinde kimyasal kompozisyon, ısıtma işlem ve deformasyon prosesleri önemli rol oynamaktadır. İkili alaşımların yanı sıra maliyetleri azaltmak ve malzeme özelliklerini daha fazla geliştirebilmek için üçüncü veya dördüncü elementlerin ilave edilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır [Liu et. al. (2012)]. İki fazlı malzemelerin özellikleri onun kompozisyonu, mikroyapısı ve çalışma sertleşmesi kabiliyeti ile yakından ilişkilidir [Zauter ve Kudashov (2006)].

Proje kapsamında grafit potalı ocak teknoloji ile sürekli dikine döküm tekniği ile ağırlıkça %1.55 kalay içeren CuSn₂ alaşımlı filmaşin üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilen filmaşinler tel çekme prosesi ile belirli çaplara çekilmiş ve sürekli dirençli tavlama tekniği ile tavlanaarak değişen mekanik ve elektriksel özellikleri incelenmiştir.

Malzeme ve yöntem

Malzeme

Çalışmada alaşım malzemesi olarak kalay kaplama tesisinde kullanılan kalay anod döküm makinesinden çıkan kalay çubukları kullanılmıştır. Kalay çubuklar çeşitli ağırlıklarda dilimlenerek alaşım malzemesi olarak pota içerisine eklenmiştir. Kullanılan yüksek saflıkta kalay malzemenin tedarikçi analiz sertifika değerleri, tedarikçiden gelen kalayın Er-Bakır'da yapılan kimyasal analiz sonucu ve bu kalayın ergitilerek kalay anod döküm makinesinden çıkan ürünlerinin kimyasal analiz sonucu Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kalay alaşım malzemesinden alınan kimyasal analiz sonucu

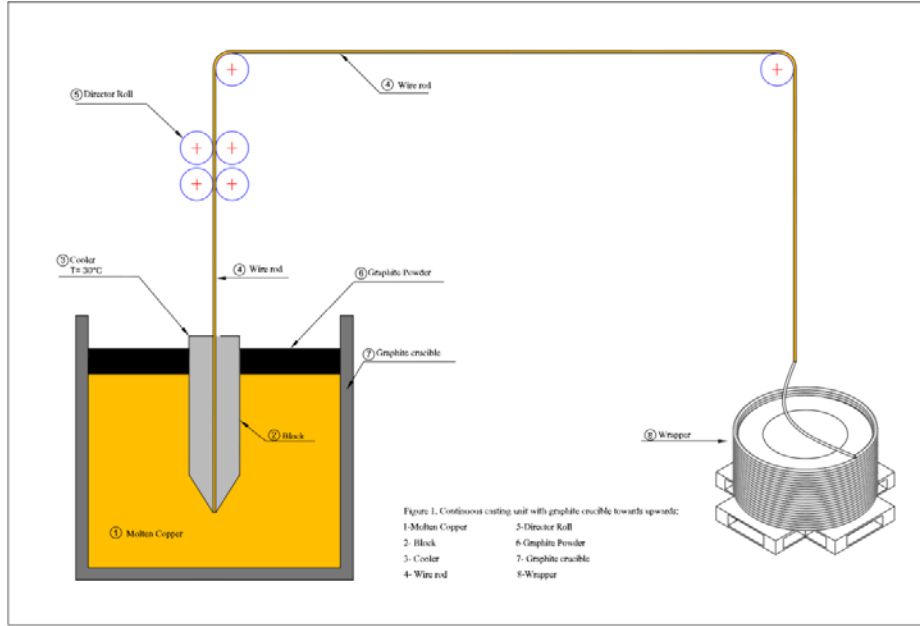
BS EN 610 Kalay ve Kalay Alaşımlı- Kalak Külçe	Sn	Al	As	Bi	Cd	Cu	Fe	Pb	Sb	Zn	Empüriteler Toplamı
	min	max	max	max	max	max	max	max	max	max	max
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	99.90	0.001	0.03	0.01	0.001	0.03	0.005	0.01	0.04	0.001	0.1000
Ölçüm Sonuçları	99.983	0.00003	0.0013	<0.0007	0.00002	0.0010	0.0063	<0.0024	<0.0056	0.0001	0.0175
	99.982	0.00002	0.0011	<0.0007	0.00002	0.0012	0.0066	<0.0024	<0.0056	0.0002	0.0178

Tablo 2. Çalışmada kullanılan bakır katotların kimyasal analiz sonucu

Malzeme	Cu	Ag	As	Fe	Ni	Pb	S	Sb	Se	Sn	Zn	Mn
Birim	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
Değer	99.997	8.1	<0.3	0.4	<0.5	<0.3	2.4	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.2

Yöntem

Kütlece %1.6 kalay içeren CuSn alaşımlı bakır filmaşınların üretimi Rautomead RS-80 prototip üretim sisteminde gerçekleştirilmiştir. Üretim sırasında ilk olarak yüksek saflıkta bakır katotlar yaklaşık 1200°C'deki grafit pota içerisine yüklenmiştir. Daha sonra pota içerisindeki bakır katot ağırlığına bağlı olarak ağırlıkça %1.6 oranına denk gelecek miktarda yüksek saflıkta kalay külçeler grafit pota içerisine dozajlanmıştır. Döküm işlemi grafit pota üzerinde bulunan döküm makinesinde gerçekleşmektedir. Yukarı döküm teknolojisi olarak adlandırılan bu teknik ile grafit pota içerisindeki ergimiş sıvı metal içerisine su soğutmalı grafit kalıp daldırılarak metalostatik basınç ile ergimiş metal grafit kalıp içerisine yönlendirilir. Su ile soğutma sayesinde ergimiş bakır-nikel alaşımı sıvı metal hızlıca katılaşarak 8 mm çapında filmaşın haline getirilmiştir. Üretimler sırasında gerek alaşım oranı gerekse üretim hızı ve ideal iç yapı için üretim parametrelerinin optimizasyonu yapılmıştır. 8 mm çapında CuSn2 alaşımlı bakır filmaşın dökümünün şematik gösterimi aşağıda verilmiştir.



Şekil 1. Dikine döküm tekniğinin şematik gösterimi

CuSn2 alaşımlı 8 mm filmaşın ürünler nihai 1.20 mm çapa çekilmesi için öncelikle 2.80 mm çapa çekilmiş ve tavlanmıştır. Daha sonra 2.80 mm tavlı teller 1.20 mm çapa çekilmiş ve nihai üründe istenilen mekanik özellikleri sergilemesi için tav optimizasyonu yapılmıştır. Çalışmada kullanılan hadde serileri Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. 8 mm girdiden 2.80 mm tavlı üretimde kullanılan hadde serisi

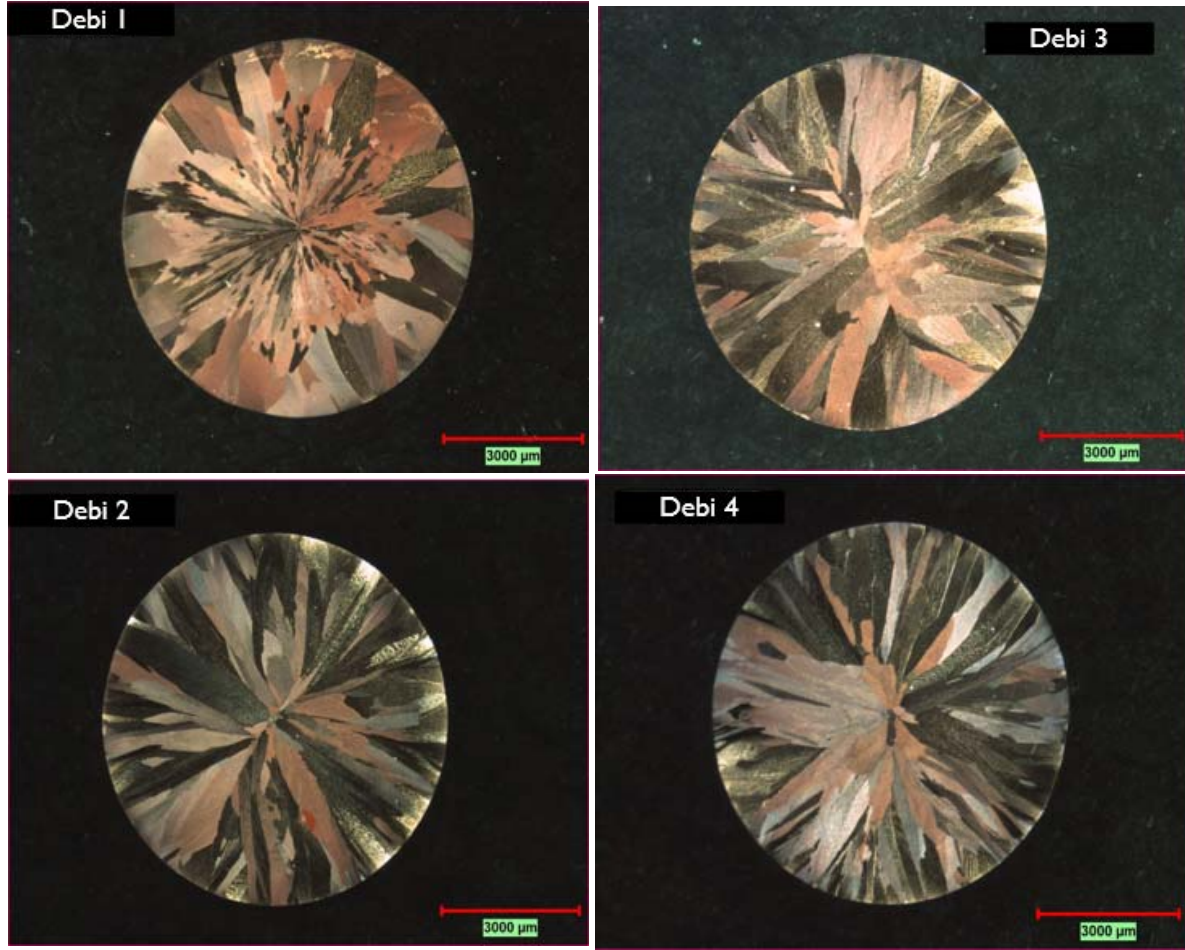
Hadde No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Çap (mm)	7.13	6.35	5.65	5.04	4.49	4.02	3.56	3.18	2.80

Tablo 4. 2.80 mm girdiden 1.20 mm tavlı tel üretimde kullanılan hadde serisi

Hadde No	1	2	3	4	5	6	7	8
Çap (mm)	2.69	2.40	2.14	1.91	1.70	1.51	1.35	1.22

Bulgular

8 mm CuSn2 alaşım filmaşın üretiminde proses şartlarının optimizasyonu için soğutma suyu debisi değişimleri incelenmiştir. 4 farklı soğutma suyu debisinde üretimler gerçekleştirilmiş ve üretilen 8 mm filmaşının içyapı görselleri alınmıştır (Şekil 2). İçyapı görüntüleri incelendiğinde soğutma suyu debisinin tane boyutu ve tane dağılımına dramatik etki ettiği görülmüştür. Debi arttıkça hızlı katılaşma sonrası debi Şekil 2'de debi 4 olarak gösterilmiş ideal döküm içyapısının olduğu gözlemlenmiştir. İdeal döküm içyapısı, merkezde bir tane ve onun etrafında telin çevresine doğru uzanan kaba taneler ve en dış tabada hızlı katılaşma neticesinde oluşmuş nispete daha küçük taneli bir yapı olarak tanımlanabilir.



Şekil 2. Farklı soğutma debilerinde 8 mm filmaşinde değişen içyapı görüntüleri

Döküm parametre optimizasyonu sonrası üretilen CuSn2 alaşım 8 mm filmaşinlerde kimyasal, mekanik ve elektriksel özellikleri belirleme testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5’de verilmiştir. İçerisinde yaklaşık %1.5 kalay bulunan CuSn2 alaşımlı filmaşinin elektriksel iletkenliği yaklaşık 28 m/(Ohm.mm²) olarak ölçülmüştür. Saf bakırın elektriksel iletkenliği 58 m/(Ohm.mm²) iken bakır içerisine katılan kalayla birlikte elektriksel iletkenlik önemli miktarda değiştiği görülmektedir. Dikine döküm tekniğinin doğal bir sonucu olarak oksijen miktarı ASTM B49 standardının izin verdiği 10 ppm değerinin altında ortalama 3 ppm olarak gerçekleşmiştir. Oksijensiz bakırın (OFC) 8 mm çapta döküm örneğinin kopma mukavemeti yaklaşık 175 MPa iken CuSn2 alaşımlı 8 mm filmaşinde bu değer ortalama 234 MPa olarak ölçülmüştür. Kopma uzama değerleri kıyaslandığında OFC ürünün kopma uzaması yaklaşık %41 iken bu değer CuSn2 alaşımlı üründe yaklaşık %36 ölçülmüştür. Bu sonuçlar incelendiğinde bakır içerisine kalay ilavesi ile birlikte mekanik özelliklerin iyileştiği görülmektedir.

Tablo 5. 8 mm CuSn2 alaşımlı filmaşin kimyasal, mekanik ve elektriksel test sonuçları

Numune Adı	Kalay Oranı (%)	Oksijen (ppm)	Mukavemet (MPa)	Kopma Uzaması (%)	Direnç (Ohm/Km)	İletkenlik (m/(Ohm.mm ²))
CuSn2 Başlangıç	1.52	4.0	231	36.0	0.71139	28.04
CuSn2 Bitiş	1.55	2.0	237	36.3	0.72030	27.81

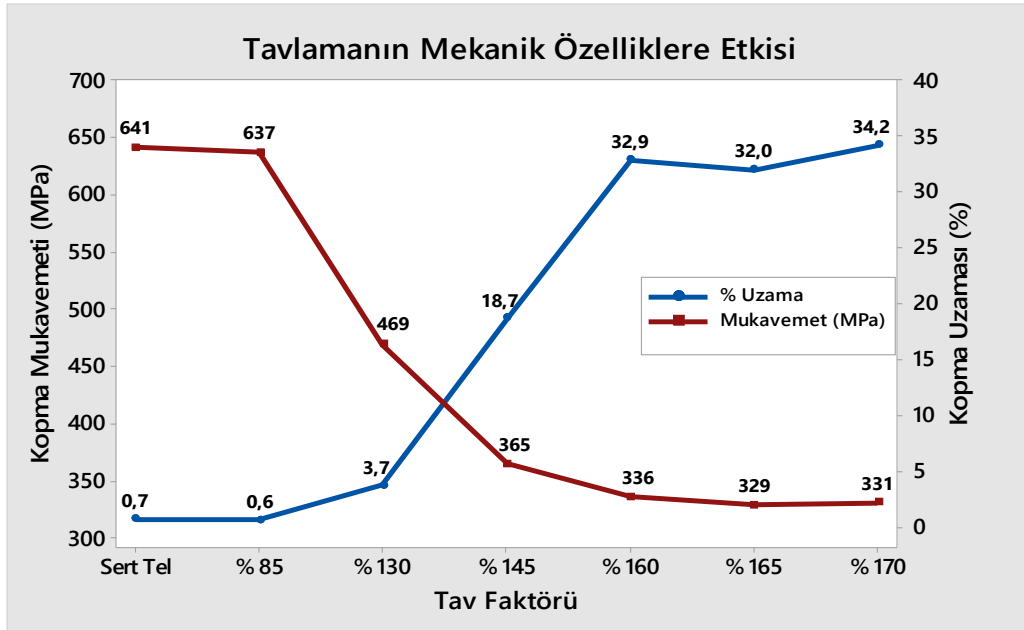


8 mm çapında üretilen CuSn2 alaşımlı filmaşın Niehoff MSM 85 marka/model kabatel çekme makinesinde 2.80 mm çapa çekilmiş ve sürekli dirençli tavlama tekniği ile tavlınmıştır. 3 farklı tav faktöründe deneme yapılarak ideal tav faktörü değeri belirlenmiş ve bu parametrede 2.80 mm tavlı tel üretimleri gerçekleştirilmiştir. Tav faktörüne bağlı elde edilen mekanik ve elektriksel özellikler Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. CuSn2 alaşımlı 8 mm filmaşından 2.80 mm tel çekme sonrası tav faktörü optimizasyonu

Tav Faktörü	Kopma Uzaması (%)	Mukavemeti (MPa)	Direnç (Ohm/km)	Çap (mm)	İletkenlik (m/(Ohm.mm ²))
Tav 1	35.2	328	5.409	2.803-2.808	27.90
Tav 2	36.0	326	5.440	2.805-2.810	27.58
Tav 3	37.8	324	5.461	2.807-2.814	27.50

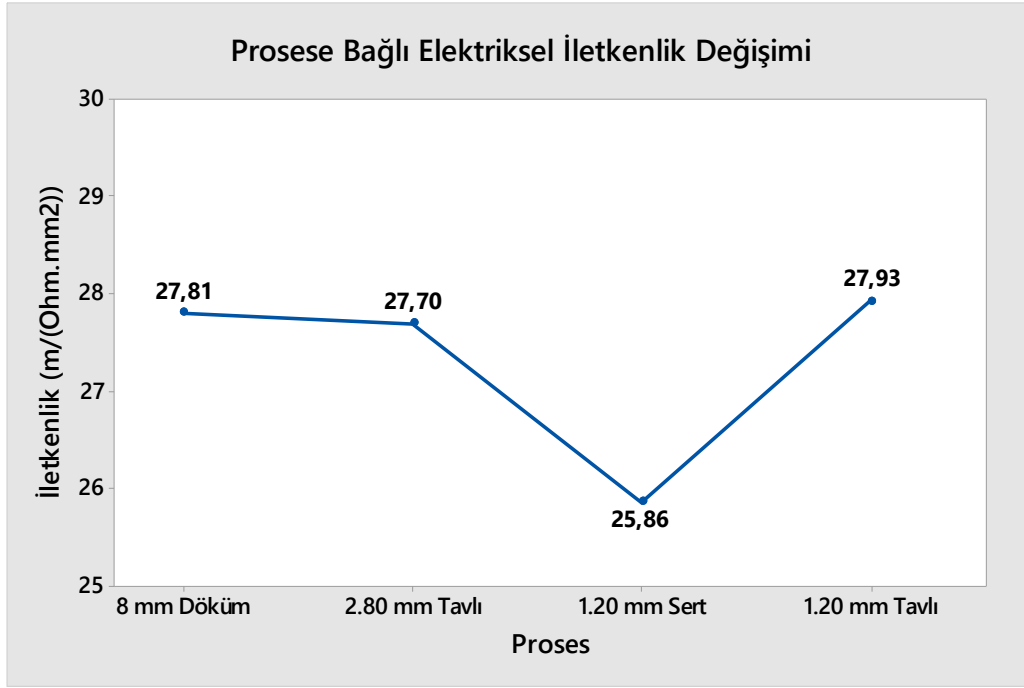
2.80 mm tavlı ürünler Niehoff M30 marka/model kabatel çekme makinesinde 1.20 mm çapa çekilmiş ve sürekli dirençli tavlama tekniği ile tavlınmıştır. Tav faktörü kademeli olarak artırılarak değişen mekanik özellikler incelenmiştir. Şekil 3'te verilen tav faktörü parametresine bağlı elde edilen kopma mukavemeti/kopma uzaması değişimi incelendiğinde uygulanan tav faktörü arttıkça telin ısındığı ve belli bir tav faktörü değerinden sonra telin mekanik özelliklerinde dramatik bir değişim olduğu görülmektedir. Sert çekilmiş 1.20 mm çapındaki telde kopma mukavemeti 641 MPa iken aynı ürünün tav faktörü %160 ve üzeri değerlerde tavlınmış halinin kopma mukavemeti yaklaşık 330 MPa olarak ölçülmüştür. Kopma uzamasında sert çekim sonrası %1 in altında iken tavlama sonrası %33 mertebelerine yükselmiştir. Tav faktörünün sürekli artırılmasının bir noktadan sonra telin mekanik özelliklerini önemli ölçüde değiştirmede yine aynı grafikten görülmektedir. Bu sonuç dikkate alındığında ideal tav faktörünün %160-165 aralığında olduğu sonucuna varılmıştır. Daha fazla tav faktörü yükseltmenin gerek enerji sarfıyatı gerekse telin aşırı ısınması sonucu oluşacak hataların artması olası yüksek olmasıda optimum tav faktörü belirlemede kullanılan varsayımlardır.



Şekil 3. 1.20 mm çapa çekilmiş telde tav faktörü değişiminin mekanik özelliklere etkisi



Üretilen CuSn2 alaşımlı ürünlerin prosese bağlı olarak değişen elektriksel iletkenlik değerleri Şekil 4'te verilmiştir. Şekildeki grafik incelendiğinde 1.20 mm çapa sert çekilen üründe elektriksel iletkenlik değerinin 25.86 m/(Ohm.mm²) değerine düştüğü görülmektedir. Bu durum soğuk şekillendirme sırasında malzeme içerisinde artan dislokasyon yoğunluğunun elektronlarının hareketini engellemesi ve buna bağlı olarak telin iletkenliğinin düşmesinden kaynaklandığı yönünde yorumlanabilir. 1.20 mm çapta sert çekim sonrası tavlanan üründe elektriksel iletkenlik artmaktadır. Bu durum tavlama ile birlikte tel içerisinde dislokasyon yoğunluğunun azalması, ortalama tane boyutunun büyümesi ve buna bağlı olarak birim kesitte tane sayısının azalması neticesinde elektronların daha rahat hareket edebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4. CuSn2 alaşımlı üründe prosese bağlı değişen elektriksel iletkenlik değerleri

Sonuçlar

Araştırma çalışması kapsamında CuSn2 alaşımlı filmaşın dökümü, tel çekmesi ve tavlama çalışmaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde;

- Rautomead RS-80 Ar-Ge döküm sisteminde ağırlıkça %1.6 kalay içeren CuSn2 alaşımlı ürünün dökülebilir olduğu,
- Döküm iç yapısına üretim hızı, soğutma suyu debisi ve soğutma suyu sıcaklığının dramatik etki ettiği,
- CuSn2 alaşımlı telin soğuk haddeleme tekniği ile belirli çaplara inceltilebileceği,
- Saf bakır tele kıyasla CuSn2 alaşımlı ürün tavlama parametrelerinde büyük farklılıklar olduğu,
- Alaşım içerisindeki kalay oranının iletken tel sektörü göz önüne alındığında nispeten yüksek olmasına bağlı olarak soğuk şekillendirme sürecinde saf bakıra oranla daha düşük kesit daralmasında daha yüksek mukavemet değerlerine ulaştığı,
- Tel çekme denemeleri sonrasında sürekli dirençli tavlama tav faktörünün telin mekanik ve elektriksel özelliklerine önemli ölçüde etki ettiği ve tavlamanın şekillendirme kabiliyetini tele geri kazandırdığı,
- Alaşımda bulunan %1.6 kalay, saf bakıra göre telin mekanik özelliklerini büyük ölçüde değiştirdiği gözlemlenmiştir.



Referanslar

- Benasciuttia, D. De Bona, F. Moro, L. Novak, J.S. (2018). Experimental characterization of a CuAg alloy for thermo-mechanical applications: non-linear plasticity models and low-cycle fatigue curves. *Proc. Eng.* 213, 743–753.
- Junichiro, T. Kenichi, H. Nobuhiro, T. and Jun, Y. (2012). Change in mechanical properties of fine copper wire manufactured by continuous rotary draw bending process. *Jour. of Mat. Proc. Tech.* 212, 2505-2513.
- Ko, Y.G. Namgung, S. Lee, B.U. Shin, D.H. (2010). Mechanical and electrical responses of nanostructured Cu–3 wt%Ag alloy fabricated by ECAP and cold Rolling. *Jour. of All. and Comp.* 504, 448–451.
- Liu, J.B. Zhang, L. Dong, A.P. Wang, L.T. Zeng, Y.W. Meng, L. (2012) Effects of Cr and Zr additions on the microstructure and properties of Cu–6 wt.% Ag alloys. *Mat. Sci. and Eng. A*, 532, 331– 338.
- Tian, Y.Z. Wu, S.D. Zhang, Z.F. Figueiredo, R.B. Gao, N. Langdon, T.G. (2011). Comparison of microstructures and mechanical properties of a Cu–Ag alloy processed using different severe plastic deformation modes. *Mat. Sci. and Eng. A*. 528, 4331–4336.
- Zauter, R. Kudashov, D.V. (2006). Precipitation hardened high copper alloys for connector pins made of wire. The 23rd International Conference on Electrical Contacts. ICEC2006, Sendai.

SICAK DÖVME ÜRETİM PARAMETRELERİNİN KARDAN MİLİ PARÇASI ÜZERİNE ETKİLERİNİN SİMÜLASYON DESTEKLİ ARAŞTIRILMASI VE OPTİMİZASYONU

FULYA EYÇİN^{1*}, TUĞÇE YAĞCI^{2,3}, SERHAT BARDAKCI³

¹Tirsan Kardan San. ve Tic. A.Ş., Manisa, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye

³TWIN Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti. MCBÜ Teknokent, Manisa, Türkiye

Email: f.eycin@tirsankardan.com.tr

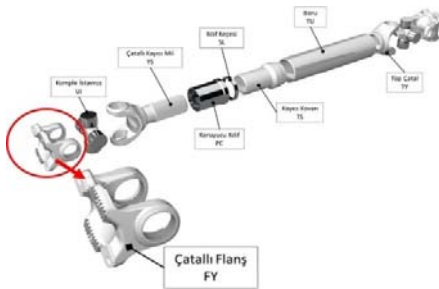
Özet

Bu çalışmanın temel amacı, hesaplamalı malzeme mühendisliği ve sayısal simülasyon tekniklerinden yararlanılarak, sıcak dövme ile çelik alaşımlarından üretilen kardan miline ait çatalı flanş parçasının üretim parametrelerinden sıcaklık ve sürtünme katsayısının bütünsel etkisinin araştırılması ve optimizasyonudur. Çalışmada, çatalı flanş parçasının sanal üretiminde dört farklı dövme sıcaklığı (750°C, 850°C, 950°C, 1050°C), sürtünme katsayısı değeri (0.1, 0.2, 0.4 C) uygulanmış ve 4 istasyonda (ezme 1-2, dövme 1-2) dövme simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda, kardan mili çatalı flanş bileşeni için üretimde kullanılacak, uygun dövme sıcaklığı ve sürtünme katsayısı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kardan mili, sıcak dövme, hesaplamalı malzeme mühendisliği, simülasyon.

Giriş

Dövme işlemi darbe veya basınç altında kontrollü bir plastik deformasyon sağlanarak, metale istenen şekli verme, tane boyutunu küçültme ve mekanik özelliklerini iyileştirme amacıyla uygulanan bir plastik şekil verme yöntemidir (Panjan ve diğ., 2002). İşlem gerçekleştirildiği sıcaklığa göre sıcak ve soğuk dövme olarak sınıflandırılır. Dövme işlemleri, yüksek sıcaklıklarda hem malzemenin şekil değiştirme kabiliyeti daha yüksek olduğundan genellikle sıcak olarak yapılmaktadır. Aynı zamanda, yüksek sıcaklıklarda metalin plastik deformasyon direncinin daha düşük olması nedeniyle uygulanması gereken kuvvet daha küçük olmaktadır (Şan, 2007). Endüstriyel uygulamalarda dövme ile şekillendirme uygulamalarında, enerji verimliliği ve üretim kapasitesinin yüksekliği, kalıp ömrünün daha uzun olması gibi üstün özelliklerinden dolayı mekanik presler tercih edilmektedir. Preste, genellikle parça her kalıp boşluğunda bir defa basılmaktadır (Ceschini, 2013). Hesaplamalı malzeme mühendisliği ve simülasyon destekli araştırma geliştirme çalışmaları her geçen gün önem kazanmaktadır. Karmaşık sistemlerin kullanılan ham maddeden son ürüne dek, deneysel verilere dayandırılarak modellerinin tanımlandığı ve benzetim çalışmalarıyla gerçek sonuçlara yaklaşan verilerin elde edildiği uygulamalar gerek enerji verimliliği gerekse küresel rekabet şartlarında ön plana çıkmaktadır. Hesaplamalı malzeme mühendisliği ve simülasyon uygulamalarının malzeme üretiminde öngörülebilirliği artırmak, kaza ve hasarları önlemek, garanti risklerini azaltmak, marka itibarını güvence altına almak, alarım, ürün ve proses geliştirmede etkin bir zaman yönetiminin sağlanması gibi pek çok avantajı bulunmaktadır (Liu, 2001). Bu bağlamda, sıcaklık, basınç, sürtünme, enerji, hız gibi birçok parametre içeren şekillendirme proseslerinin simülasyon destekli tasarımlarının gerçekleştirilmesi için ticari olarak kullanılan yazılımlar mevcuttur. Dövme uygulamalarında kullanılan süreç benzetim yazılımlarından biri de Simufact Forming yazılımıdır. Simufact Forming, hammadde tedarikinden başlayarak sıcak dövme işleminde tüm proses zincirlerinin modellenmesini sağlamaktadır. Bu yazılımdan faydalanarak, dövme ile plastik şekil vermede, başlangıç ısı işlem/ısıtma, yığma, ön ve son şekillendirme, kesme, delme, kalibre etme, soğutma ve son ısı işlem proses basamaklarının tamamı modellenabilmektedir (Öztürk, 2016). Günümüzde basit bir civatadan türbin rotoruna veya tek parça halindeki uçak kanadına kadar çeşitli boyut ve şekillerdeki parçaların dövme ile üretimi mümkündür. Otomotiv endüstrisinde sıcak dövme ile üretilen iş parçalarından biri de kardan milidir.



Şekil 1. Kardan mili bileşenleri ve çatallı flanş parçasının görünümü.

Kardan mili motorun bağlı olduğu vites kutusundan gelen torku diferansiyelde bulunan dişlilere iletmek için kullanılan aktarma elemanıdır. Bu iletim, tek mil ile yapılabileceği gibi araç dingil mesafesine ve aracın sahip olduğu toplam aks sayısına bağlı olarak, birden fazla kardan mili ile de yapılabilmektedir. Kardan milleri; hafif-orta-ağır ticari araçlardan, yol dışı araç uygulamalarına, endüstriyel uygulamalardan, çok çekerli binek otomobillere kadar geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Kardan millerinin güç aktarım hattındaki vites kutusu ve diferansiyel ile olan bağlantısı, ilgili bileşenlerin konstrüksiyonuna bağlı olarak kardan milinin yapısındaki çeşitli komponentler ile gerçekleştirilmektedir. Bu bağlantı genellikle çatallı flanş olarak adlandırılan kardan mili bileşeni ile sağlanmaktadır. Kardan milini oluşturan parçaların üretiminde farklı yöntemler kullanılmasına

rağmen, büyük bir kısmı dövme ile üretilmektedir. Kardan mili bileşenleri ve çatallı flanş parçasının görünümü Şekil 1’de verilmektedir. Bu çalışmada, hesaplamalı malzeme mühendisliği ve sayısal simülasyon desteği ile sıcak dövme üretilen çatallı flanş parçasının üretim parametrelerinden olan sıcaklık ve sürtünme katsayısının mekanik özellikler üzerindeki etkileri araştırılmış ve sanal verilere dayanılarak optimum proses koşulları belirlenmiştir.

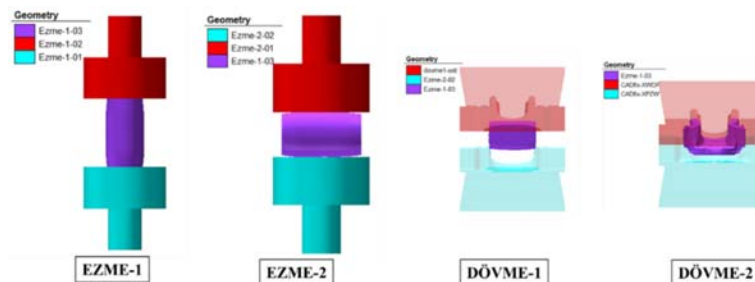
Malzeme ve Yöntem

Çalışmada kullanılan çelik alaşımına ait optik emisyon spektrometresi ile tespit edilen kimyasal kompozisyon Tablo 1’de verilmektedir. 1141M olarak adlandırılan çelik alaşımı Tirsan Kardan A.Ş. firmasında kardan mili parçaları üretiminde kullanılmaktadır. Alaşım, 229 HB sertliğe sahiptir.

Tablo 1. 1141M çelik alaşımının kimyasal kompozisyonu (%ağ.)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	Sn
0.41	0.19	1.40	0.006	0.093	0.12	0.02	0.05	0.06	0.004	0.09	0.004

Bu alaşım kullanılarak gerçekleştirilen sıcak dvme ile çatalı flanş üretimi simülasyon çalışmalarında, sonlu hacimler yöntemi ile çözümlemeden faydalanılmıştır. İlk olarak 1141M eliğine ait elastisite modülü, yoğunluk, termal iletim katsayısı vb. fiziksel malzeme özelliklerinin sanal sisteme tanımlanması gerçekleştirilmiştir. Ardından, simülasyonda değerlendirilecek olan ve prosesin ana girdilerini oluşturan sıcaklık ve sürtünme katsayısı sınır koşulları belirlenmiştir. Sıcaklığın deformasyon özellikleri üzerindeki etkisinin görülebilmesi amacıyla iş parçasının prosese başlangıç sıcaklığı, 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C olarak belirlenmiştir. Sürtünme katsayısı ise coulomb kuvvetleri cinsinden 0.1, 0.2 ve 0.4C olarak tanımlanmiştır. Sıcak dövme işlemi, şekil 2’de görüldüğü gibi ezme 1-2 ve dövme 1-2 olmak üzere, 4 farklı operasyonda yapılmıştır.

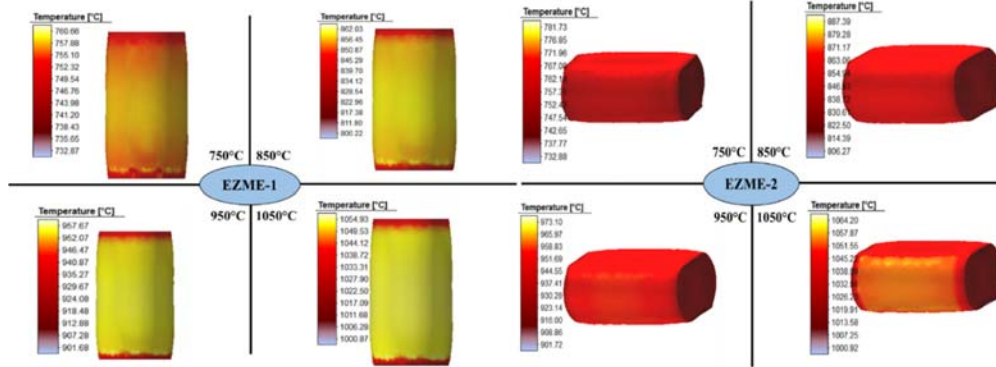


Şekil 2. Sıcak dövme işleminin operasyonel adımları.

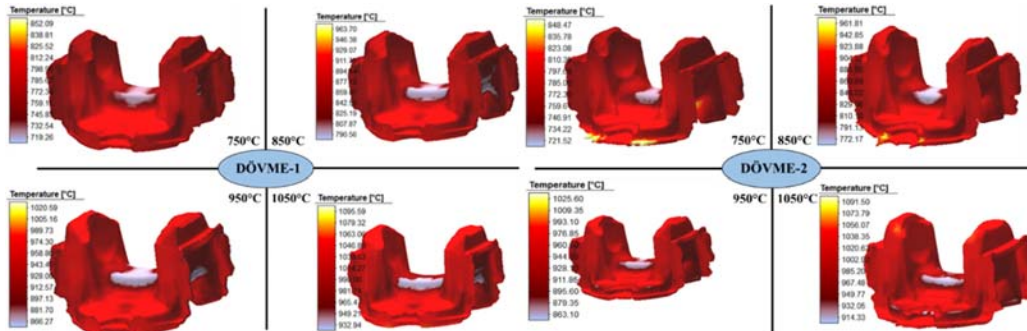


Bulgular

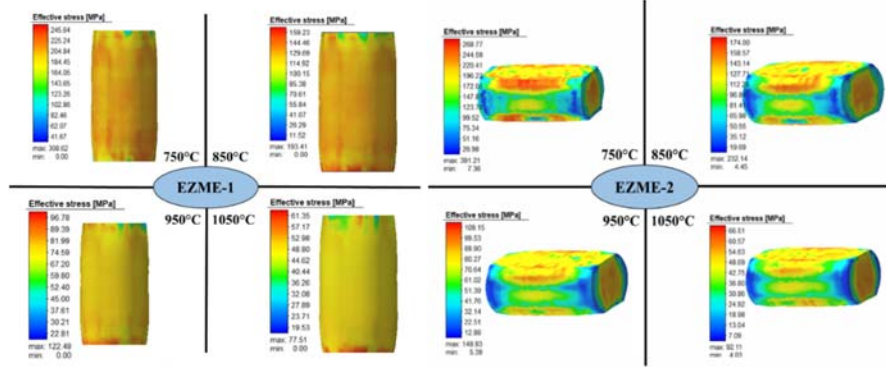
Sıcak dövme prosesinin tüm operasyonel adımlarında bir sonraki adıma, iş parçasının bir önceki operasyonda şekillendirilmiş hali transfer edilmiştir. Simülasyon çalışmaları ile iş parçasındaki sıcaklık dağılımları, efektif gerilme ve gerinim analizleri, kalıba etkiyen basınç miktarındaki değişimler, kuvvet-deplasman eğrileri elde edilmiş ve sonuçlar her bir operasyonel adımda karşılaştırılmıştır. Böylelikle, sıcak dövme ile çatallı flanş parçasının üretim parametrelerinin optimizasyonu sağlanmıştır. Yapılan simülasyon analizlerinde, malzemenin deformasyonla sıcaklığında meydana gelen değişimler kaydedilmiştir. Çatallı flanş üretiminin ilk aşaması olan Ezme-1'de 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C malzemenin sıcaklık dağılımında meydana gelen değişime bakıldığında (Şekil 3), sırasıyla özellikle pres ve malzemenin temas bölgelerinde 760 °C, 862°C, 957°C ve 1054°C sıcaklıklarına ulaştığı görülmüştür. Ezme 2 operasyonunda sıcaklık dağılım sonuçlarında, maksimum değerler sırasıyla 781°C, 887°C, 973°C ve 1064°C olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 4). Dövme-1 operasyonel adımı bu sıcaklık değerleri sırasıyla, 852°C, 963°C, 1020°C ve 1095°C maksimum değerlerine ulaşmıştır (Şekil 5). Şekillendirme simülasyonunun son adımı olan Dövme-2 operasyonunda ise bu değerler sırasıyla, 848°C, 961°C, 1025°C ve 1091°C olarak tespit edilmiştir (Şekil 5). Ön şekillendirme işlem adımlarından biri olan Ezme-1 operasyonu sırasında, iş parçasının kalıp boşluğu ile ilk temas ettiği bölgelerde yer alan sıcaklığın deformasyon yoluyla daha fazla açığa çıkan ısıdan dolayı daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşın, dövme parçaların orta yüzeyinde bulunan sıcaklık, hava ısı transferi nedeniyle daha düşüktür. Simufact Forming malzeme şekillendirme yazılım programı kullanılarak yapılan sıcak dövme simülasyon analizlerinden elde edilen bir diğer sonuç, iş parçasında meydana gelen gerilme dağılımlarıdır. Sırasıyla Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında farklı sıcaklıklarda iş parçasında oluşan gerilmelerin dağılımları Şekil 6 ve Şekil 7'de verilmektedir. Buna göre, sıcaklık arttıkça her bir operasyonda iş parçasında oluşan gerilmeler kendi içinde azalma eğilimi göstermiştir.



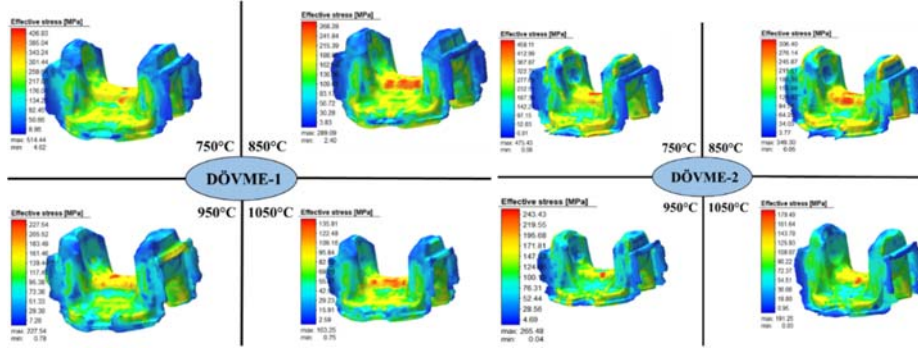
Şekil 4. Ezme-1 ve Ezme-2 operasyonunda 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C malzemenin sıcaklık dağılımında meydana gelen değişimler.



Şekil 6. Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonunda 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C malzemenin sıcaklık dağılımında meydana gelen değişimler.

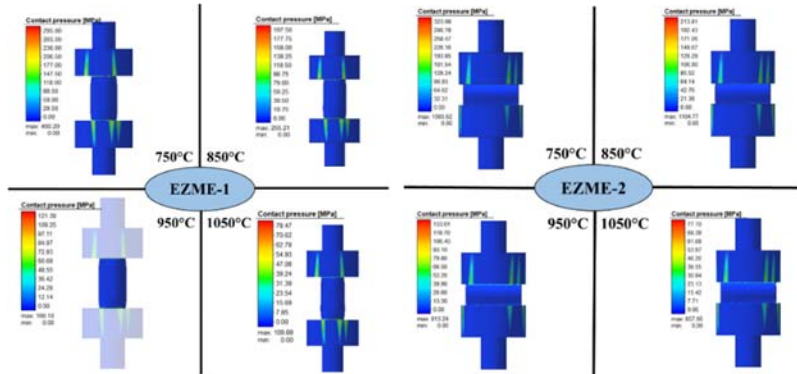


Şekil 6. Ezme-1 ve Ezme-2 operasyonlarında 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C iş parçasında gerilme dağılımları.

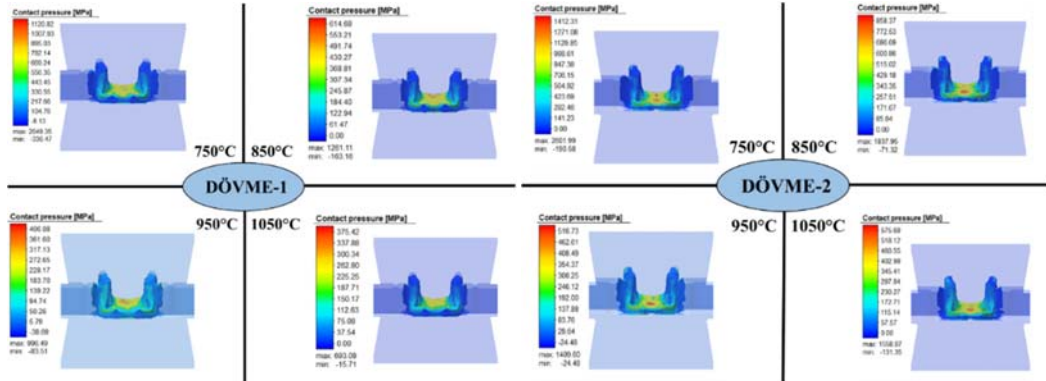


Şekil 7. Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonunda 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C iş parçasında gerilme dağılımları.

Farklı sıcaklık ve operasyonlarda sanal ortamda gerçekleştirilen simülasyon analizleri sonucunda iş parçası ile kalıp arasındaki temas noktalarında oluşan basınç değerleri (contact pressure) öngörülebilmektedir. Analizler neticesinde en yüksek temas basıncı her bir operasyon adımı için 750 °C sıcaklık değerinde, en düşük temas basıncı ise 1050 °C sıcaklıkta kaydedilmiştir (Şekil 8, Şekil 9). Şekil 9'a yer alan Dövme-2 son şekillendirme aşamasına ait kalıp-iş parçası temas basınç verilerine bakıldığında, 750 °C'de iş parçasında yer yer 1410 MPa değerinde temas basıncı kaydedilirken, 1050 °C'de bu değer 575 MPa olarak karşımıza çıkmaktadır.

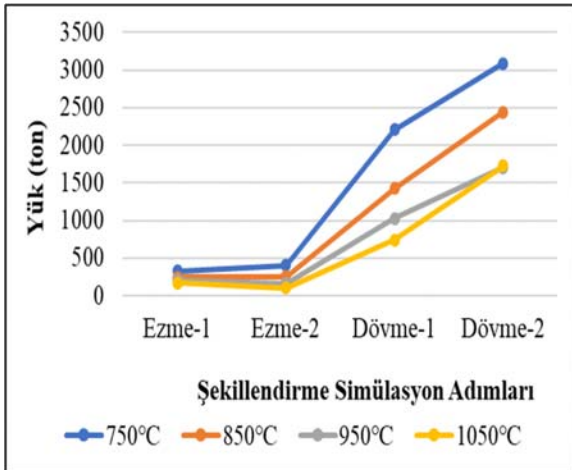


Şekil 8. Ezme-1 ve Ezme-2 operasyonlarında 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C'de iş parçasına etkiyen basınç dağılımları.

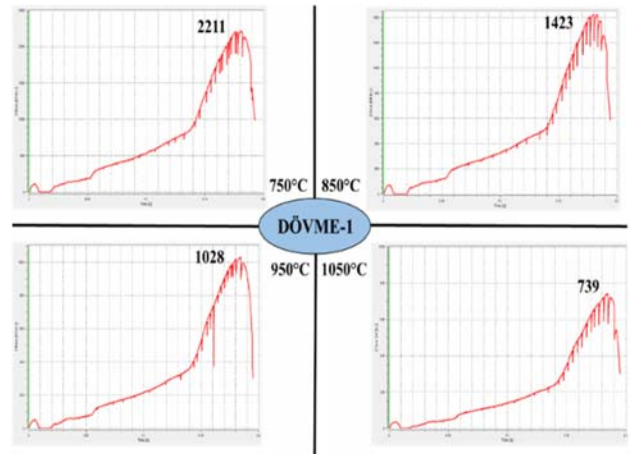


Şekil 9. Dövmе-1 ve Dövmе-2 operasyonlarında 750°C, 850°C, 950°C, 1050°C'de iş parçasına etkiyen basınç dağılımları.

Simülasyon yazılımı ile farklı sıcaklık değerleri için, malzemeye ait kuvvet-zaman grafikleri elde edilebilmektedir. Bu veriler, sıcak dövme ile çatallı flanş parçasının şekillendirilmesi sırasında kullanılması gereken pres yükü hakkında bilgi vermektedir. Şekil 15'te, Ezme-1, Ezme-2, Dövmе-1 ve Dövmе-2 proses adımlarında, farklı sıcaklıklarda şekillendirme için gerekli pres yükü değerleri verilmektedir. Bu noktada, alaşıma ait denge diyagramına bakıldığında 750 °C'de alaşım α -Fe ve östenit fazı içerirken, 1050 °C'ye çıkıldığında mikroyapının yalnızca yüzey merkezli kübik yapıya sahip olan ve şekillendirilme kabiliyeti α -Fe'e göre çok daha yüksek olan östenit fazından oluştuğu görülmektedir. Dolayısıyla, sıcaklık artışıyla beraber faz dönüşümü de gerçekleştiğinden, şekillendirme için gerekli olan pres yükü azalacaktır. Bu durumda, simülasyon sonuçları literatür verileriyle örtüşmektedir. Şekil 11'de simülasyon programından alınan ve farklı sıcaklıklar için Dövmе-1 operasyonunda şekillendirmede elde edilen kuvvet-zaman grafikleri de yer almaktadır.



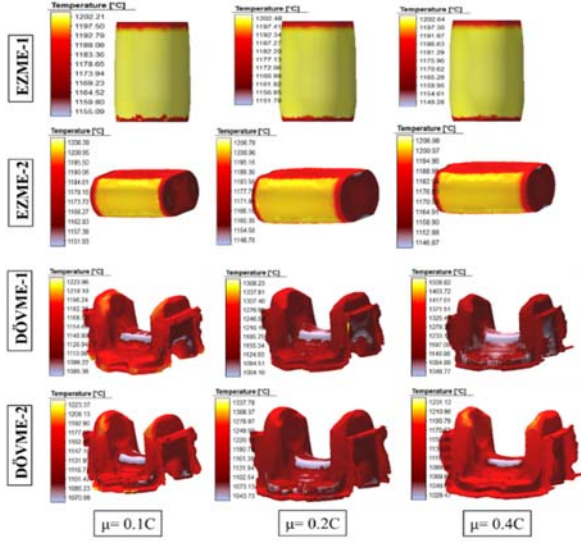
Şekil 10. Sıcak dövme proses adımlarında farklı sıcaklıklarda şekillendirme için gerekli pres yükü değerleri



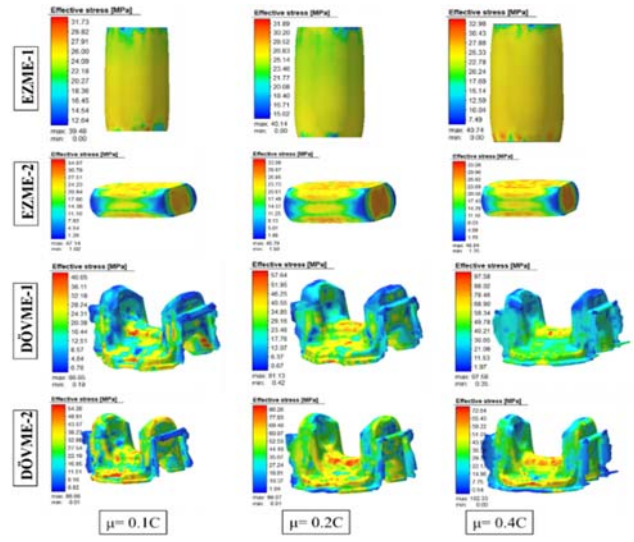
Şekil 11. Farklı sıcaklıklar için Dövmе-1 operasyonunda şekillendirmede elde edilen kuvvet-zaman grafikleri.



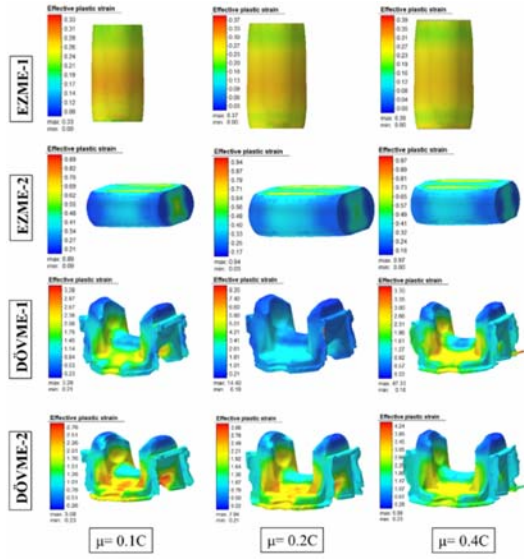
Sıcak metal dövme işleminde, pres ve iş parçası arasındaki arayüz sürtünmesi; malzeme akışı, deformasyon, şekillendirme kuvvetleri ve kalıp aşınması üzerinde önemli bir etkiye sahip oldukları için gözetilmesi gereken bir diğer parametredir (Equbal ve diğ., 2016). Sıcaklıkla birlikte sürtünme katsayısı değişiminin de malzeme özellikleri üzerindeki etkilerinin gözlenmesi amacıyla, 1200°C malzeme sıcaklığında, 0.1, 0.2 ve 0.4 C olmak üzere üç farklı sürtünme katsayısında simülasyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir.



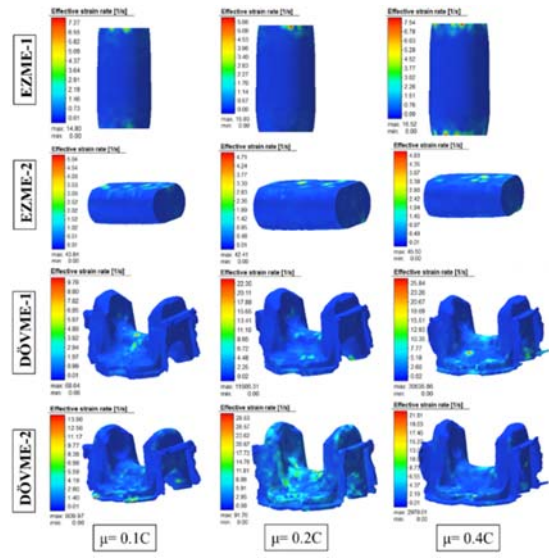
Şekil 12. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı olarak iş parçasındaki sıcaklık dağılımları.



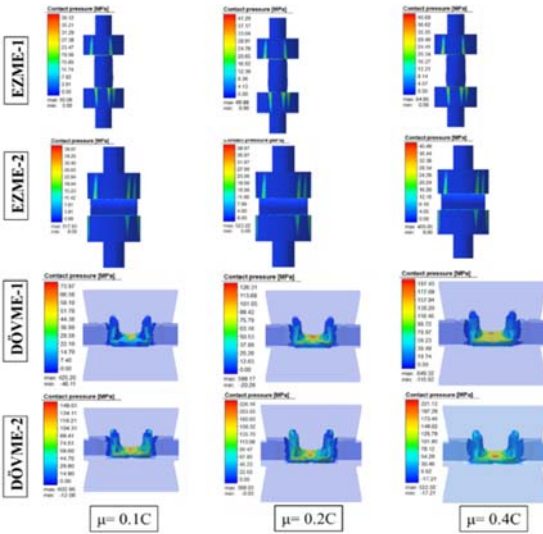
Şekil 13. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı olarak iş parçasına etkiyen gerilme dağılımları, sıcaklık dağılımları.



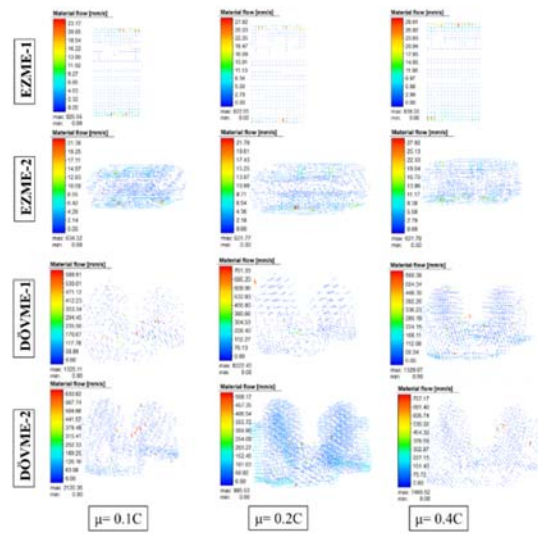
Şekil 14. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı olarak iş parçasındaki plastik gerinim dağılımları.



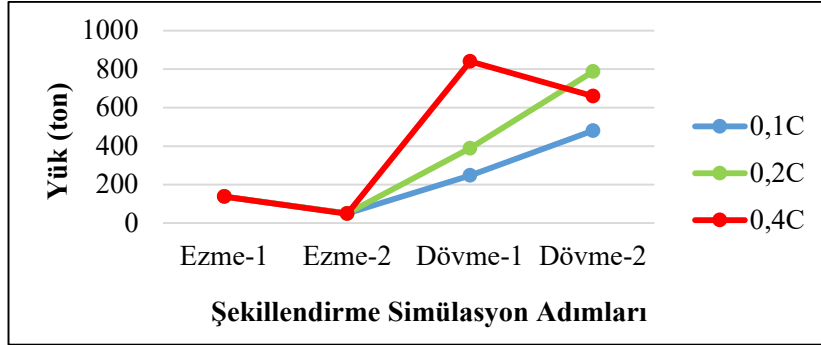
Şekil 15. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı olarak iş parçasındaki şekil değiştirme hızı.



Şekil 16. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı olarak iş parçasına etkiyen basınç dağılımları.



Şekil 17. Ezme-1, Ezme-2, Dövme-1 ve Dövme-2 operasyonlarında sürtünme katsayısına bağlı malzeme akış çizgilerinin yönelimleri.



Şekil 18. Sıcak dövme proses adımlarında farklı sürtünme katsayısı değerlerinde şekillendirme için pres yükleri.

Sonuçlar

Sıcaklık artışıyla faz dönüşümü gerçekleştiğinde şekillendirme için gerekli olan pres yükü azalmaktadır. Çalışma sonucunda uygun olan dövme sıcaklığı 1050°C ve sürtünme katsayısı 0,4C olarak tespit edilmiştir.

Referanslar

- Ceschini, L., Marconi, A., Martini, C., Morri, A., & Di Schino, A. (2013). Tensile and impact behaviour of a microalloyed medium carbon steel: effect of the cooling condition and corresponding microstructure. *Materials & Design*, 45, 171-178.
- Equbal, M. I., Alam, P., Ohdar, R., Anand, K. A., Alam, M. S. (2016). Effect of cooling rate on the microstructure and mechanical properties of medium carbon steel. *Int J of Met Eng*, 5(2), 21-24.
- Liu, J., Yanagida, A., Sugiyama, S., Yanagimoto, J. (2001). The analysis of phase transformation for the prediction of microstructure change after hot forming. *ISIJ international*, 41(12), 1510-1516.
- Ozturk, M., Kocaoglan, S., Sonmez, F. O. (2016). Concurrent design and process optimization of forging. *Computers & Structures*, 167, 24-36.
- Panjan, P., Urankar, I., Navinšek, B., Terčelj, M., Turk, R., Čekada, M., & Leskovšek, V. (2002). Improvement of hot forging tools with duplex treatment. *Surface and Coatings Technology*, 151, 505-509.
- Şan, S. (2007). Mikroalaşımli çeliklerin işlenebilirliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.



KARDAN MİLİ PARÇALARINDAN ÇATALLI FLANŞIN FARKLI SOĞUMA ORTAMLARINDAKİ MİKROYAPISAL ÖZELLİKLERİNİN SİMÜLASYON DESTEKLİ İNCELENMESİ

FULYA EYÇİN^{1*}, TUĞÇE YAĞCI^{2,3}, SERHAT BARDAKCI³

¹Tirsan Kardan San. ve Tic. A.Ş., Manisa, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Manisa, Türkiye

³TWIN Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti. MCBÜ Teknokent, Manisa, Türkiye

Email: f.eycin@tirsankardan.com.tr

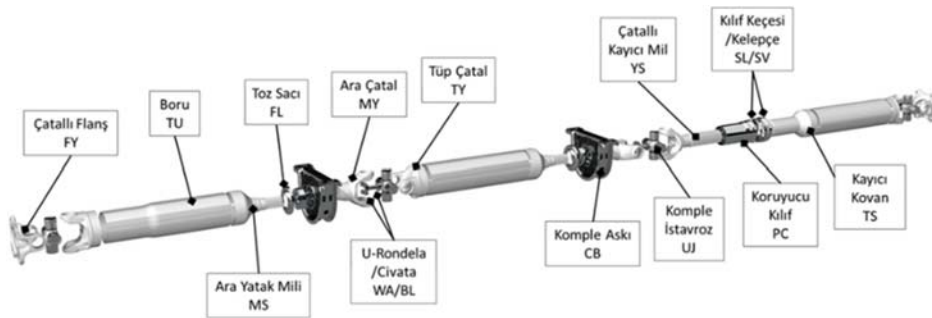
Özet

Bu çalışmanın temel amacı, hesaplamalı malzeme mühendisliği ve sayısal simülasyon tekniklerinden faydalanılarak, 1141M çelik alaşımından sıcak dövme ile üretilen çatallı flanşın, proses sonrası soğuma şartlarına bağlı faz dağılımlarının ve mekanik özelliklerin tespit edilmesi ve soğutma ortam şartlarının optimize edilmesidir. Kardan mili komponentlerinden birisi olan ve genellikle kardan milinin araç güç aktarım hattındaki vites kutusu ve diferansiyel ile bağlantısını sağlayan çatallı flanş parçası, dövme prosesi sonrası farklı ortamlarda soğutulabilmektedir. İş parçasının mekanik özellikleri soğuma sırasında belirlenmektedir. Çatallı flanş parçası sıcak dövme prosesi sonrasında simülasyon çalışmalarıyla, hava, su ve kontrollü olarak soğutulmuştur. İşlem sonucunda farklı soğuma ortamlarında malzeme içerisindeki faz dağılımları karşılaştırılmış ve elde edilen sanal verilerle çatallı flanş için en uygun olan soğuma ortamı bu çalışma ile tespit edilmiştir. Dövme prosesiyle üretilen çatallı flanş için en uygun faz dağılımları ve sertlik değerleri kontrollü soğutma sonucunda elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kardan mili, çatallı flanş, soğuma ortamı, kontrollü soğutma

Giriş

Sıcak dövme, çelik malzemelerin plastik şekillendirilmesinde yaygın olarak kullanılan endüstriyel bir süreçtir. Avrupa'da her yıl sıcak dövme işlemleriyle milyonlarca ton çelik parça üretilmektedir (Panjan, 2002). Otomotiv endüstrisinde, sıcak dövme ile üretilen ürünlerden biri olan kardan mili; taşıtlarda hareket ve tork iletmek amacıyla kullanılan millere, kardan mafsalının uygun şartlarda bağlanmasıyla oluşmaktadır. Hareket mili olarak da adlandırılan bu mil, motor hareketinin şanzımana aktararak tekerleklerle iletilmesinde görevli tek bileşen olup, araçların alt kısımlarında yer almaktadır ve dönen bir mekanizmaya sahiptir. Şekil 1'de araçlarda kullanılan üç parçalı bir hareket mili görülmektedir.



Şekil 1. Üç parçalı bir kardan mili ve bileşenleri.

Küreselleşen teknolojinin beraberinde getirdiği ihtiyaçları karşılamak için sıcak dövme ile metal şekillendirmede sürdürülebilir ve inovatif yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yaklaşımlarla, dövme parametrelerinde ve dövme sonrası kontrollü soğutma işlemlerinde gerçekleştirilecek yenilikçi optimizasyonlarla, çeliklerde çeşitli



mikroyapılar, buna bağlı olarak gelişmiş mekanik özellikler ve performans kriterleri elde etmek mümkündür (Şan, 2007; Ceschini, 2013).

Sıcak dövme prosesi ile ilgili son yıllarda yayınlanan literatür çalışmaları incelendiğinde, prosesin geliştirilmesi ve optimizasyonu üzerine çok sayıda araştırma yapıldığı ve konunun güncelliğini koruduğu açıkça görülmektedir. Özellikle, dövülmüş parçalarda mikroyapının ve mekanik özelliklerin simülasyon destekli olarak analiz edilebilmesi ve buna dayanarak proses parametrelerinin optimize edilebilmesi sıcak dövme teknolojilerinde dönüm noktası olmuştur. Alaşımın kompozisyonuna ve dövme işlem koşullarına göre mikroyapının tahmin edilebilmesini sağlayan sanal analizler, sıcak dövme ile üretim yapan endüstriye yol gösterici nitelik taşımaktadır. (Liu, 2001; Öztürk, 2016). Kardan milinin sıcak dövme işleminde östenitleme sıcaklığı, tane boyutu, ve soğutma hızı gibi çeşitli parametreler, ürün kalitesini ve performansını belirleyici rol oynamaktadır.

Mekanik işlemlerle mikroyapıda; mukavemet, tokluk, korozyon ve yorulma direncinin optimal bir kombinasyonu sağlanmaktadır. Buna bağlı olarak, iş parçalarında ve bunların yapısal bileşenlerinde üstün teknolojik özellikler, yüksek kalite ve daha iyi performans elde edilmektedir (Equbal,2016). Araçlarda güvenlik bileşeni olan şaftın ömrünün istenen değerde olması ve araçta herhangi bir tehlike yaratmaması için dövme prosesi sonrası soğuma şartları son derece önemlidir. Sıcak dövmenin endüstriyel uygulamalarında kullanılan ticari yazılımlardan biri de Simufact Forming'tir.

Bu yazılımdan faydalanılarak, sıcak dövme parametrelerinin kontrolü ve sonrasında farklı soğuma ortamlarında çelik alaşımının mikroyapısal özelliklerinin (özellikle östenit fazından ferrit/perlit/beynit fazlarına geçişinin doğru analizi) tahmin edilebilmesi mümkündür. Bu çalışmada, hesaplamalı malzeme mühendisliği ve sayısal simülasyon desteğiyle, 1141M olarak adlandırılan, düşük karbonlu ve mikroalaşımli çelikten sıcak dövme ile üretilen çatallı flanşın farklı soğuma ortamlarında mikroyapısındaki faz dağılımları araştırılmış ve optimum soğuma koşulları belirlenmiştir.

Malzeme ve yöntem

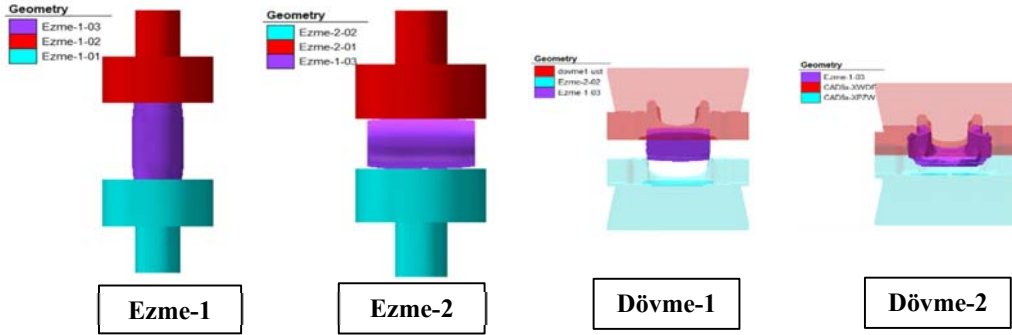
Çalışmada kullanılan çelik alaşımına ait optik emisyon spektrometresi ile tespit edilen kimyasal kompozisyon Tablo 1'de verilmektedir. 1141M olarak adlandırılan çelik alaşımı Tirsan Kardan A.Ş. firmasında kardan mili parçaları üretiminde kullanılmaktadır. Alaşım, 229 HB sertliğe sahiptir.

Tablo 1. 1141M çelik alaşımının kimyasal kompozisyonu (%ağ.)

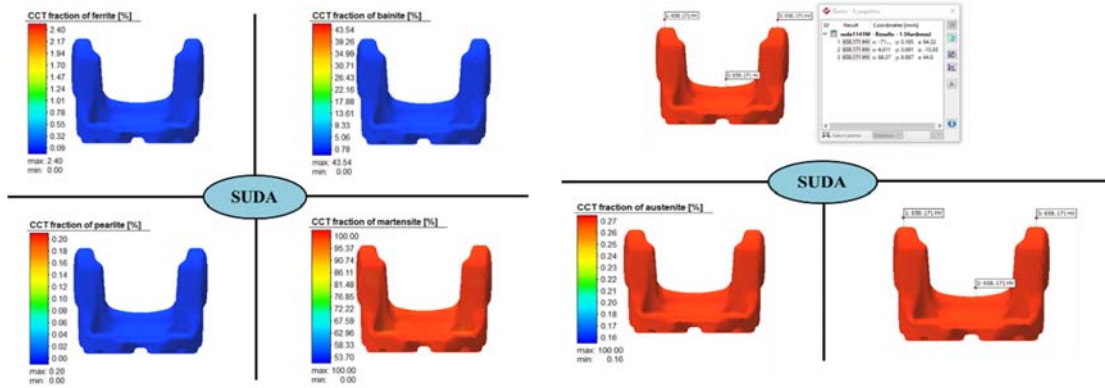
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Al	Cu	Sn
0.41	0.19	1.40	0.006	0.093	0.12	0.02	0.05	0.06	0.004	0.09	0.004

Bulgular

Dövme simülasyonları Şekil 2'de görüldüğü gibi ezme 1-2 ve dövme 1-2 olmak üzere, 4 farklı operasyonda yapılmıştır. Dövme prosesi tamamlanan parçalar havada, suda ve kontrollü olarak soğutulmuştur.

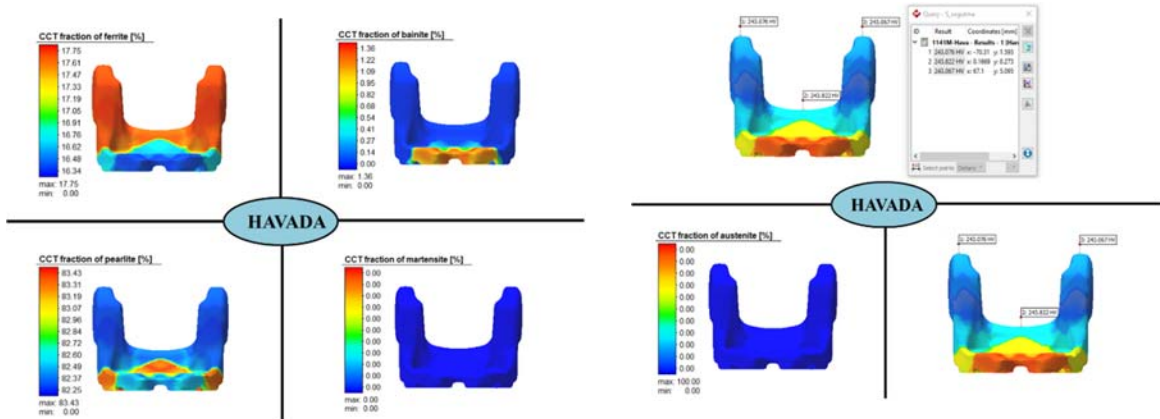


Şekil 2. Sıcak dövme işleminin operasyonel adımları



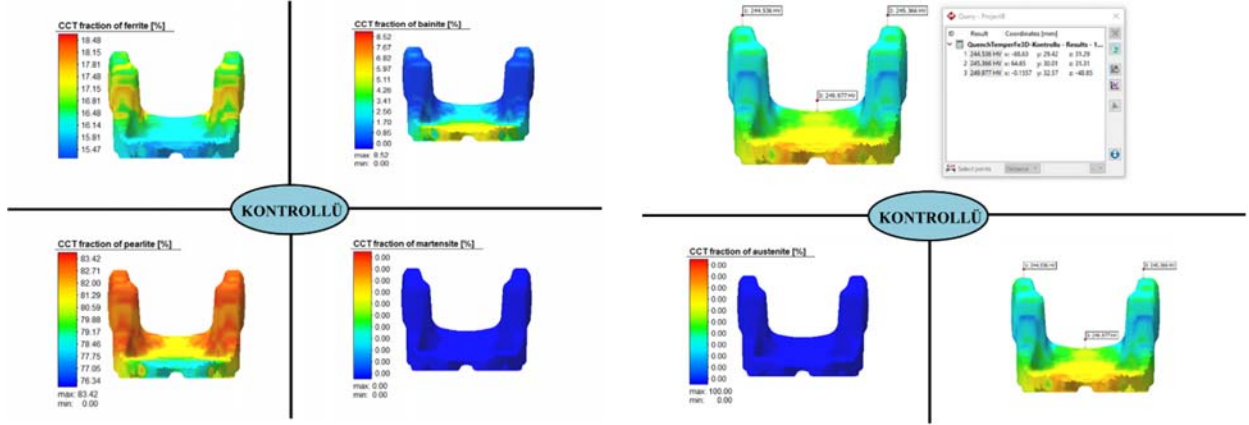
Şekil 3. Suda soğuma faz dönüşümleri ve sertlik değerleri.

Suda soğutma işlemi sonrasında yapıda, ferrit (max. %2,40), beyrit (max. %43,54), martenzit (max. %100), östenit (max. %0,27) tespit edilmiştir. Mikroyapısal analizde perlit fazına rastlanmamıştır. Çatalı flanş ortalama sertlik değeri ise 658 HV olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Havada soğuma faz dönüşümleri ve sertlik değeri

Havada soğutma işlemi sonrasında yapıda ; Ferrit max %17,75 - Beyrit max %1,36 – Martenzit max %0– Östenit max %0 – Perlit max %83,43 olarak tespit edilmiştir. Çatalı flanş ortalama sertlik değeri ise 243 HV'dir.



Şekil 5. Kontrollü soğuma faz dönüşümleri ve sertlik değeri

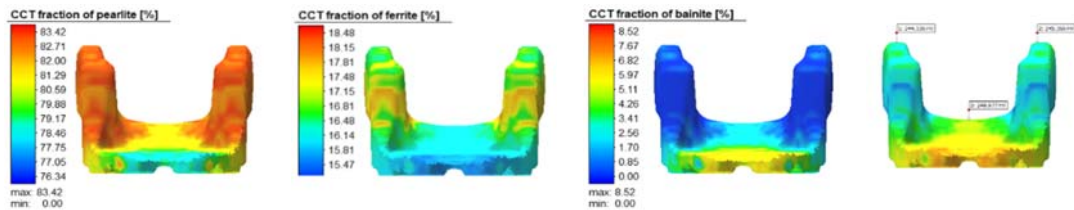
Kontrollü soğutma işlemi sonrasında yapıda, ferrit (max. %18,48), beyrit (max. %8,52) ve perlit (max. %83,42) olarak tespit edilmiştir. Mikroyapısal analizde martenzit ve östenit fazı görülmemiştir. Çatalı flanş ortalama sertlik değeri ise 246 HV olarak tespit edilmiştir.

Sonuçlar

Yapılan çalışma sonucunda istenilen faz dağılımları ve sertlik değeri kontrollü soğuma ortamı simülasyonu ile elde edilmiştir. Soğuma ortamlarına göre mikroyapıdaki faz dağılımı ve sertlik değerleri Tablo 2’de, kontrollü soğuma ortamında elde edilen faz dağılımlarına ait görseller ise Şekil 6’de verilmiştir.

Tablo 2. Soğuma ortamlarına göre mikroyapıda faz dağılımları ve sertlik değerleri.

Soğuma Ortamı	Faz Dağılımları					Ortalama Sertlik (HV)
	Martenzit (%)	Beyrit (%)	Perlit (%)	Ferrit (%)	Östenit (%)	
Hava	0	1.36	83.43	17.75	0	243
Su	53.59	43.54	0.20	2.40	0.27	658
Kontrollü	0	8.52	83.42	18.48	0	244



Şekil 6. Kontrollü soğumaya ait simülasyon sonucunda elde edilen özellikler.

Teşekkür: Bu çalışma sırasında, simülasyon uygulamalarının gerçekleştirilmesinde firmamıza destek veren TWIN Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti.’ne teşekkürlerimizi sunarız.



Referanslar

- Ceschini, L., Marconi, A., Martini, C., Morri, A., & Di Schino, A. (2013). Tensile and impact behaviour of a microalloyed medium carbon steel: effect of the cooling condition and corresponding microstructure. *Materials & Design*, 45, 171-178.
- Equbal, M. I., Alam, P., Ohdar, R., Anand, K. A., Alam, M. S. (2016). Effect of cooling rate on the microstructure and mechanical properties of medium carbon steel. *Int J of Met Eng*, 5(2), 21-24.
- Liu, J., Yanagida, A., Sugiyama, S., Yanagimoto, J. (2001). The analysis of phase transformation for the prediction of microstructure change after hot forming. *ISIJ international*, 41(12), 1510-1516.
- Ozturk, M., Kocaoglan, S., Sonmez, F. O. (2016). Concurrent design and process optimization of forging. *Computers & Structures*, 167, 24-36.
- Panjan, P., Urankar, I., Navinšek, B., Terčelj, M., Turk, R., Čekada, M., & Leskovšek, V. (2002). Improvement of hot forging tools with duplex treatment. *Surface and Coatings Technology*, 151, 505-509.
- Şan, S. (2007). Mikroalaşımli çeliklerin işlenebilirliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.



ÇOK PARÇALI KARDAN MİLİ UYGULAMALARINDA ARA YATAK GRUBU POZİSYONUN KARDAN MİLİ DOĞAL FREKANSI VE AĞIRLIĞINA ETKİSİ EFFECT OF CENTER BEARING POSITION ON CARDAN SHAFT NATURAL FREQUENCY AND WEIGHT IN MULTIPLE CARDAN SHAFT

Turan SOLMAZ, Muzaffer KASABA ve Efe IŞIK²

¹ Tirsan Kardan ArGe Merkezi, Manisa, Türkiye

² Tirsan Kardan ArGe Merkezi, Manisa, Türkiye

Email: tsolmaz@tirsankardan.com.tr

Özet

Kardan milleri, motordan gelen güç ve dönme hareketini arka akslara ileten aktarma organlarının en önemli üyelerinden biridir. Kardan millerinde geliştirme çalışmalarının en önemli konusu ağırlık azaltma çalışmalarıdır. Ağırlık azaltma çalışmaları en büyük engel ise kardan mili geometrisinde kısıtlardır. Kardan mili geometrisinde yapılan değişiklikler rezonans frekansını değiştirip titreşim ve gürültü problemlerine yol açabilmektedir. Bu çalışma kapsamında çok parçalı kardan milleri uygulamalarında ara yatak pozisyonu konumu, sonlu elemanlar yöntemi ile belirlenerek rezonans frekansının değiştirilmeden ağırlık azaltma çalışması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kardan mili, doğal frekans, modal analiz, ağırlık azaltma

Giriş

Kardan mili araç motorunda üretilen gücü, dişli kutusu üzerinden arka aksa aktaran aktarma organı elemanıdır. Günümüz otomotiv sektöründe araçlardan hafiflik, konfor oranı ve kullanım ömründe beklentiler artmıştır. Araçlarda ağırlık ve titreşim istenmeyen parametrelerdir. Ağırlık araçta yakıt tüketimini artırmakta, titreşim ise konfor oranını düşürmektedir ayrıca ses ve gürültü oranını artırmakta ve kullanım ömrünü azaltmaktadır.

Ağırlık azaltma çalışmaları kardan mili geliştirme çalışmalarındaki en önemli kalemi oluştururlar. Fakat kardan milinde ağırlık azaltma çalışmaları en büyük engel ise kardan mili geometrisindeki kısıtlardır. Özellikle kardan mili birim parçalarından kardan mili borusu üzerinden gerçekleştirilecek geometri değişikliği kardan milinde titreşim ve gürültü problemlerine yol açar. Oluşan gürültünün azaltılması ve önlenmesi işlemi genellikle aktif ve pasif yöntemler ile gerçekleştirilir. Aktif yalıtım, gürültüyü doğuran kaynak üzerinde iyileştirme tedbirleri alınması ile yapılırken; pasif yalıtım, gürültünün kaynağında etkili bir çözümün gerçekleştirilemediği durumlarda, kaynak etrafında veya alıcı ortamda alınan çeşitli önlemleri içerir.

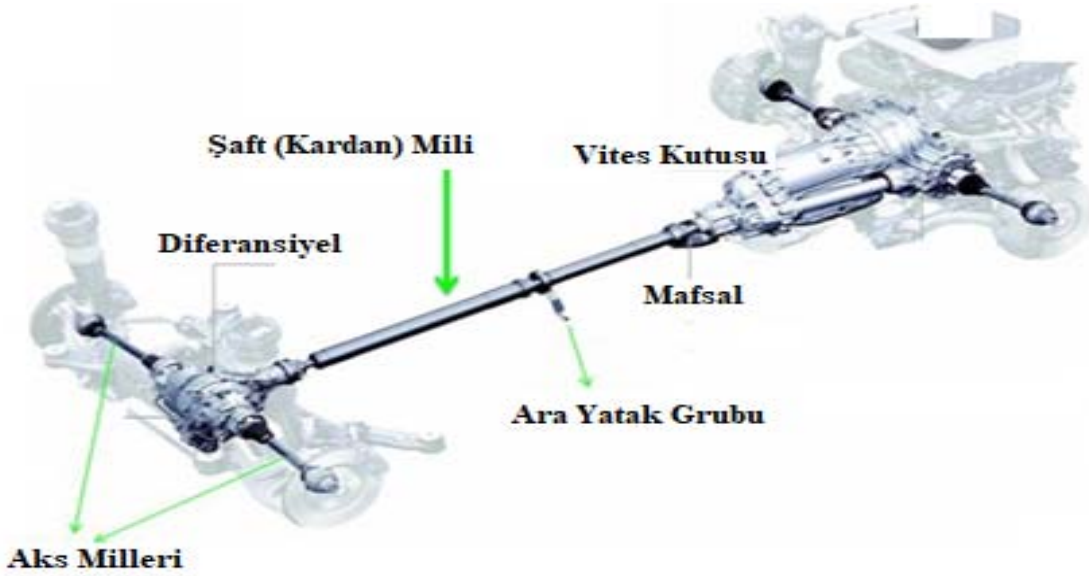
Yapı kaynaklı gürültülerde, gürültünün aktif yöntemler ile azaltılması için kaynağın titreşim özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin iyileştirilmesi işlemi ise ancak kaynağın modal parametreleri olan doğal frekansının ve titreşim biçiminin doğru olarak tespit edilmesi ile mümkün olur. Cihaz ve makine parçalarının modal parametrelerinin belirlenmesi için genellikle deneysel modal analiz yöntemleri tercih edilir. Fakat tasarım aşamasında deneysel yöntemlerin uygulanması için ihtiyaç duyulan ekipman, prototip ve personel gibi maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı deneysel yöntemin yerine kullanılabilecek, kardan milinin gerçek durumunu en uygun simule edebilecek bir sonlu elemanlar modeli oluşturma ihtiyacı doğmuştur.

Bu çalışma kapsamında konu hakkında literatürde şu çalışmalar gerçekleştirilmiştir, “Universal joint and driveshaft design manual” kitabında kardan mili genel olarak incelenmiş, kardan milinden kaynaklı gürültü ve titreşim konuları incelenmiş ve kardan mili askısı özellikleri ile ilgili genel bilgiler verilmiştir (SAE International 1979). “Analysis of 1.order vibrations caused by center bearing in multi-pieces driveshaft applications” makalesinde kardan milinde titreşim ve gürültü problemleri belirleme ve çözüm yolu sunulmaktadır (Kasaba, Işık 2019). “Vibration Noise Harshness of a Light Truck Driveshaft, Analysis and Improvement with Six Sigma Approach”



bildirisinde hafif ticari araçlarda hafif ticari araçlarda kardan milinin titreşim ve gürültü kaynaklı vakalarını incelemiştir (Ertürka vd. 2016). "NVH Phenomena in Light Truck Drivelines "kitabında araçlarda güç aktarma organlarının titreşim ve gürültü nedenleri incelenmiştir (ExnerW., 1995)."Analysisand Optimization in Automobile Drive Shaft" kardan mili borusunu kompozit malzemeden imal ederek doğal frekansını incelemiştir (Virendra V. MahetaAnup B. Patel 2015).

Otomotivde araç tasarımı yapılırken ana ekipmanların (motor, şanzıman, akslar) konumları belirli parametrelere ve ihtiyaçlara göre belirlenmektedir. Araçta kardan mili vites kutusu çıkışına ve diferansiyelinin girişine Şekil1'deki gibi bağlanmaktadır.



Şekil 1. Kardan Milinin Araç Bağlantısı

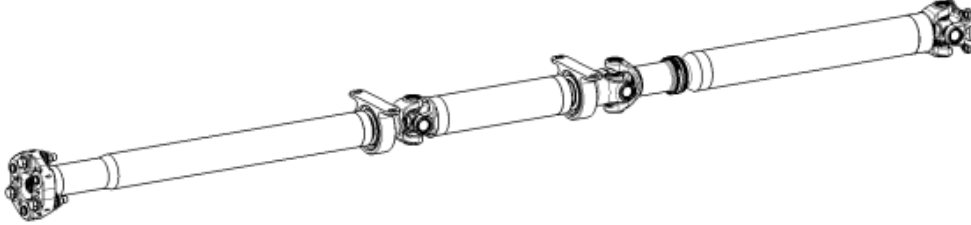
Çalışma kapsamında çok parçalı kardan millerinde sonlu elemanlar metodu ile ağırlık azaltma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sonlu elemanlar modal analizleri ile çok parçalı kardan millerinde ağırlık azaltma çalışmaları yapılırken, rezonans frekansının titreşim ve gürültü problemlerine yol açmaması için kardan milinin ara yatak grubunun konumu belirlenmiş ve kardan mili borusu geometrisi değiştirilmiştir. Bu sayede herhangi bir titreşim gürültü problemine yol açmadan kardan milinde ağırlık azaltma çalışması gerçekleştirilmiştir.

Yöntem

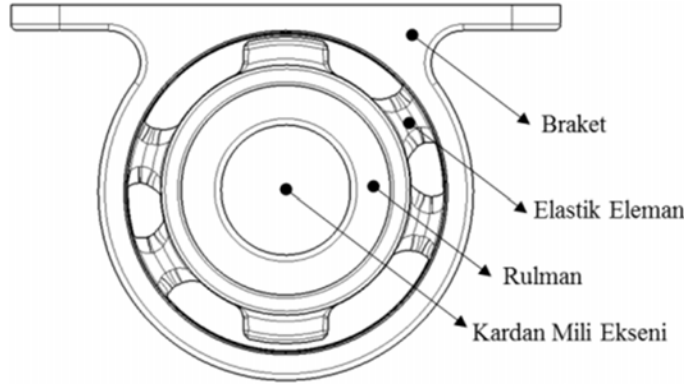
Kardan millerinde kritik hız, kardan milinin doğal frekansını uyaran teorik açısal hızdır. Kardan mili devri doğal frekansına yaklaştıkça, kardan milinin gürültüsü artmaya başlar, bu da sistem titreşimini önemli ölçüde artırır. Ortaya çıkan rezonans, yönlendirmeden bağımsız olarak ortaya çıkar. Kardan mili devri doğal kendi doğal frekansına eşit olduğunda, bu hız kritik hız olarak adlandırılır. Tek paçalı kardan milinin kritik hıza girmesi söz konusu ise Şekil2'deki gibi birden fazla parçalı olarak tasarlanmakta ve parça sayısına göre Şekil 3'deki askı elemanları ile araç gövdesine bağlanmaktadır. Kardan mili askısı en basit haliyle merkezinde rulman, rulman dış bileziği etrafında sönümleyici elastik eleman ve bu elemanın bağlı olduğu tutucudan oluşmaktadır. Genellikle rulman olarak bilyeli rulmanlar, elastik malzeme olarak kauçuk ve braket malzemesi olarak çelik veya alüminyum kullanılmaktadır.



Kardan millerinin askının konumu doğal frekansları ile doğrudan orantılıdır. Askı konumuna göre kardan mili borularının boyutları da belirlenir. Tasarım aşamasında askı konumunun doğru olarak belirlenmesi hem titreşim problemlerinin oluşmamasına hem de ağırlıktan tasarruf edilmesini sağlar.



Şekil 2 Çok parçalı kardan mili



Şekil 3. Kardan mili askısı

Dahili tork ölçer tarafından tespit edilen tork değerlerinin doğrulundan emin olmak için her test cihazı için dahili tork ölçer sistemlerinin belirli periyotlarda doğrulanması gerekmektedir. Bu doğrulama işlemi yalnızca yurt dışı imkanlarla akredite kuruluşlar tarafından yapılabilmektedir. Doğrulama hizmetinin yurt dışı imkanlarla gerçekleştirilmesi, hizmet süresinin çok uzun olması, tork ölçer başına düşen hizmet bedelinin pahalı olması ve test cihazı bekleme sürelerinin çok uzun olması gibi farklı kalemlerde maliyetlere yol açmaktadır. Maliyet kalemlerini azaltmak, doğrulama işlemini yerileştirmek ve firma içi bilgi birikimini arttırmak amaçlarıyla bu çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur.

Çalışma kapsamında 1 adet tork ölçer (referans tork ölçer) için yurt dışında bulunan akredite bir kurumdan doğrulama hizmeti alınmıştır. Bu referans tork ölçer tasarlanmış olan mekanik sistem üzerine, dahili tork ölçere paralel biçimde monte edilmiştir. Böylelikle, referans tork ölçer ve dahili tork ölçerin paralel bağlantıyla topladığı verilerin kıyaslaması yapılabilmektedir. Bu yöntem ile dahili tork ölçerin doğruluğundan daha maliyetsiz şekilde, yerli imkanlarla ve daha sık periyotlarda emin olunabilmektedir. Aynı zamanda doğrulama işleminin test cihazı üzerinde yapılmasıyla mekanik sistem ve test cihazı kaynaklı kayıpların da doğrulama işlemine dahil edilmesi sağlanmaktadır.



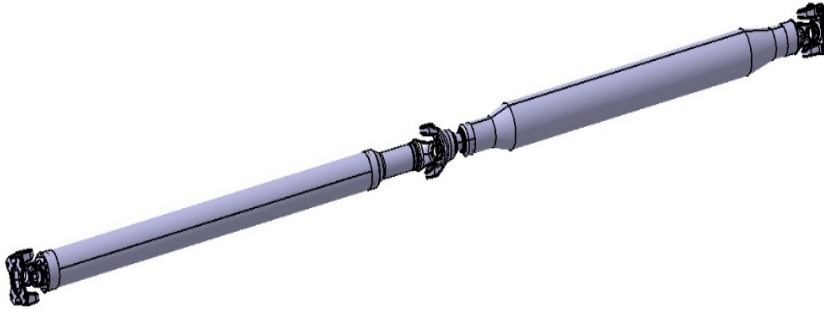
Sonlu Elemanlar Yöntemi

Deneyisel yöntemler genellikle doğru sonuç versede maliyet ve zaman gibi önemli nedenlerden dolayı bir takım alternatif yöntem ve metotlar tercih edilmektedir. Daha önceden yapılan test ve doğrulama çalışmaları ile sonlu elemanlar metodu sonuçları karşılaştırılıp valide edilerek standartlaştırılmıştır. Çalışmalarda, testlere %5 sapma ile yakınsonuçlar vermektedir, test, maliyet zaman gibi nedenlerden dolayı valide edilmiş, standartlaştırılmış sonlu elemanlar metodu tercih edilmiştir.

Sonlu elemanlar modelini kurabilmek için çok parçalı kardan milleri şekil4a ve 4b'deki 3 boyutlu katı modeli oluşturulmuştur.

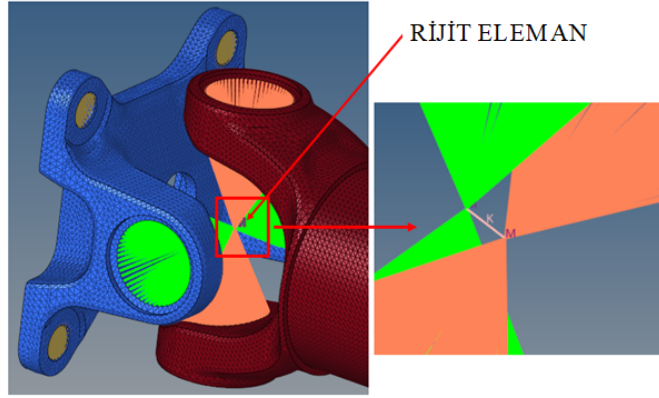


Şekil 4a İki parçalı kardan mili katı modeli



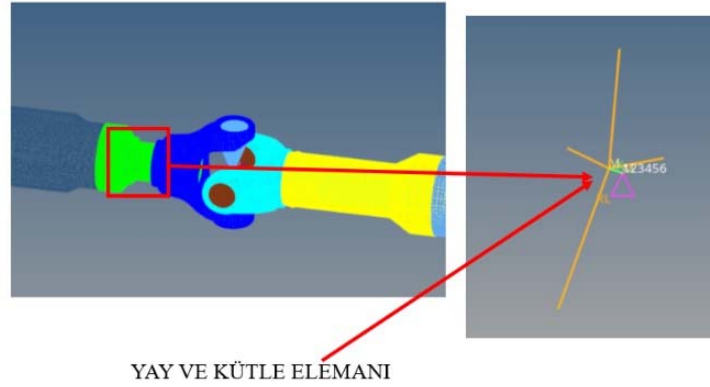
Şekil 4b İki parçalı kardan mili katı model

Modal analizlerin lineer olmasından dolayı karşılaşılan temas tanımlamalarındaki sınırlamalar nedeniyle kardan mafsallarına ait istavrozlar, eşdeğer kinematik ve mekanik özellikleri sağlayan 6 serbestlik dereceli tek boyutlu yay elemanları ile modellenmiş ve bu yay elemanları kulaklara katı elemanlar ile bağlanmıştır. İstavrozun katı olarak modellenmesinin yerine, eşdeğer katılığa sahip yay elemanından oluşması sonlu eleman modelinin daha az çözüm süresine ihtiyaç duymasını da sağlamaktadır. İstavroz kütleleri noktasal kütle elemanlar olarak tanımlanarak yay elemanının iki ucuna dağıtılmıştır. İstavrozların eksenel dönme katılıkları, modal analiz öncesi gerçekleştirilen statik analizler ile hesaplanmıştır. İstavrozların sonlu elemanlar programında modellenmesi Şekil5'de verilmiştir.



Şekil 5 İstavroz Sonlu Elemanlar Modeli

Askı rulmanı ile askı braketleri arasında kauçuk askı takozu yer almaktadır. Askı braketinin katılığının kardan mili doğal frekansı üzerinde etkisi bulunmamaktadır. Kardan milinin taşıt gövdesi ile bağlantısını sağlayan askıların kauçuk takozları da 6 serbestlik derecesine sahip yay elemanları ile tanımlanmış ve kardan miline katı elemanlar ile bağlanmıştır. Yay elemanının diğer ucuna da sınır şartı verilmiştir. Askıya ait yaylanabilen kütleler de nokta kütle olarak tanımlanmıştır. Askı modelinde kullanılan yay elemanının katılık değerleri askı tedarikçisi tarafından sağlanan katılık eğrileri kullanılarak elde edilmiştir. Askının sonlu elemanlar programında modellenmesi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 Askı Sonlu Elemanlar Modeli

Bulgular

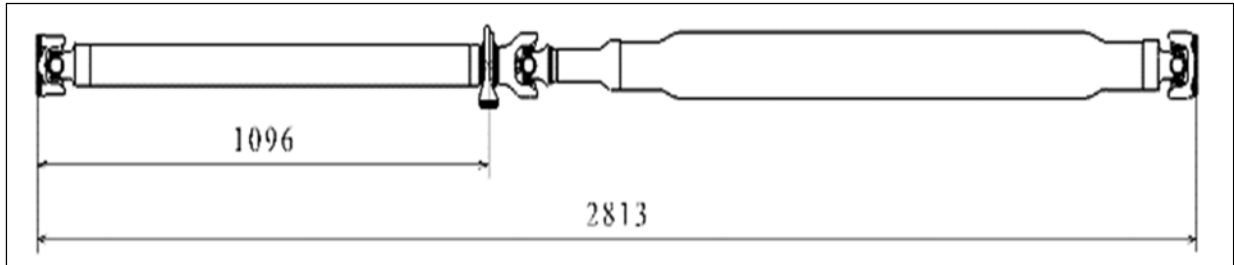
Ağırlık azaltma çalışmaları kapsamında kardan milinin rezonans frekansını etkilemeden kardan mili askısının konumunun kardan mili ağırlığına olan etkisini inceleyebilmek için toplam kardan mili tam boyu ve kardan mili alt komponentlerinde herhangi bir değişiklik yapmadan (tüp çatal, çatallı flanş, kayıcı mili vb.), farklı boru boyutları ile 2 farklı kardan mili modeli oluşturulmuştur..



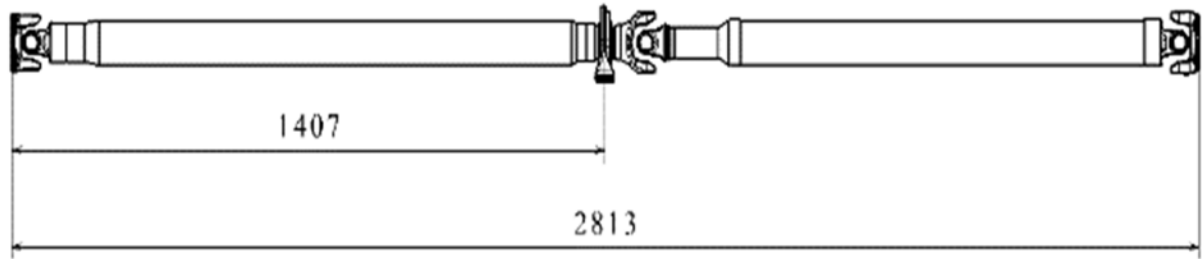
Tablo 1

	Ağırlık(kg)	Askı merkezi uzaklığı (mm)	1. Boru çapı (mm)	2. Boru çapı (mm)
MODEL-1	26	1096	70	115
MODEL-2	22,5	1047	84	84

Model1 Şekil7a da, Model2 ise Şekil 7b’de verilmiştir. Kardan millerinin ağırlıkları ve boru boyutları Tablo1 de belirtilmiştir.

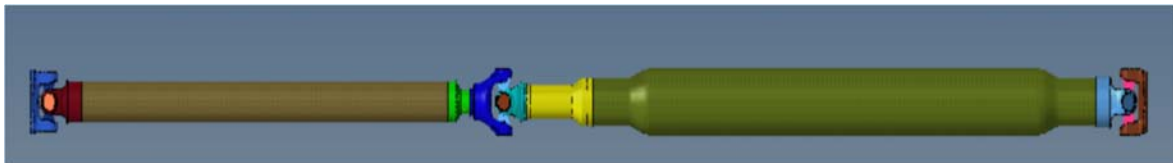


Şekil 7a

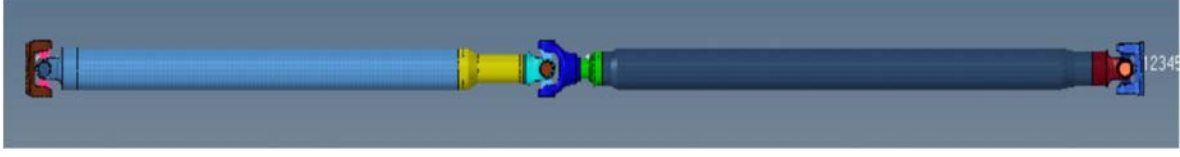


Şekil 7b

Katı modelleri tamamlanan kardan millerinin geliştirilen sonlu elemanlar modelleme prensiplerine bağlı kalarak sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan sonlu elemanlar modelleri Model 1 için Şekil 8a, Model 2 için ise Şekil 8b de verilmiştir.

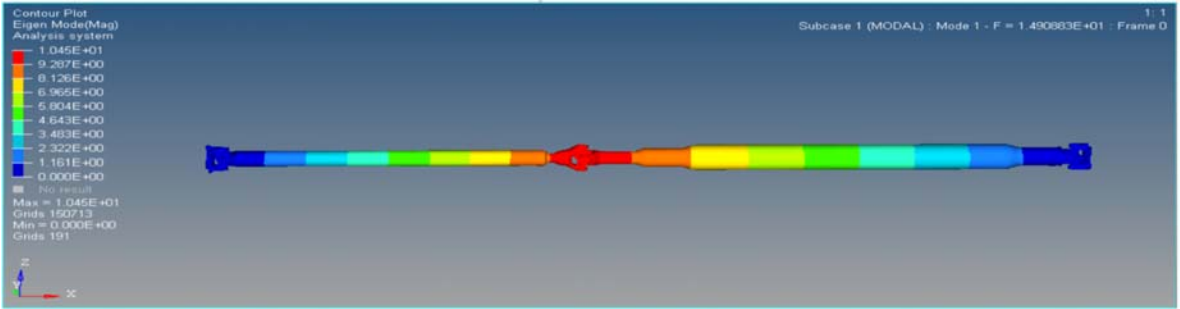


Şekil 8a

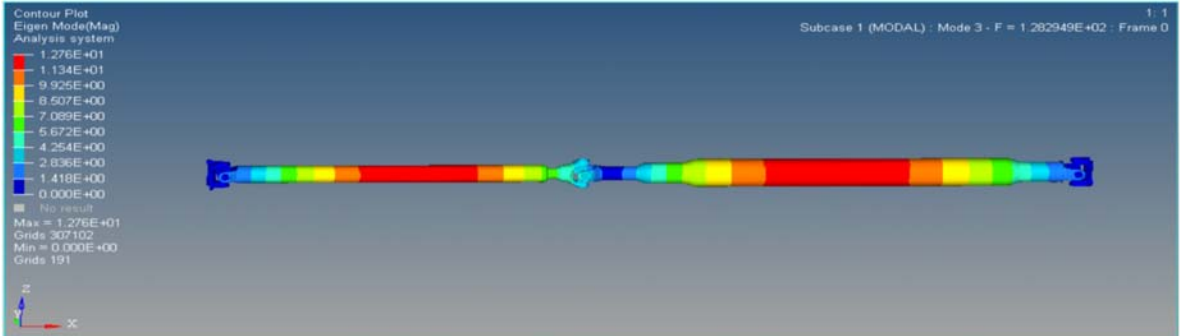


Şekil 8b

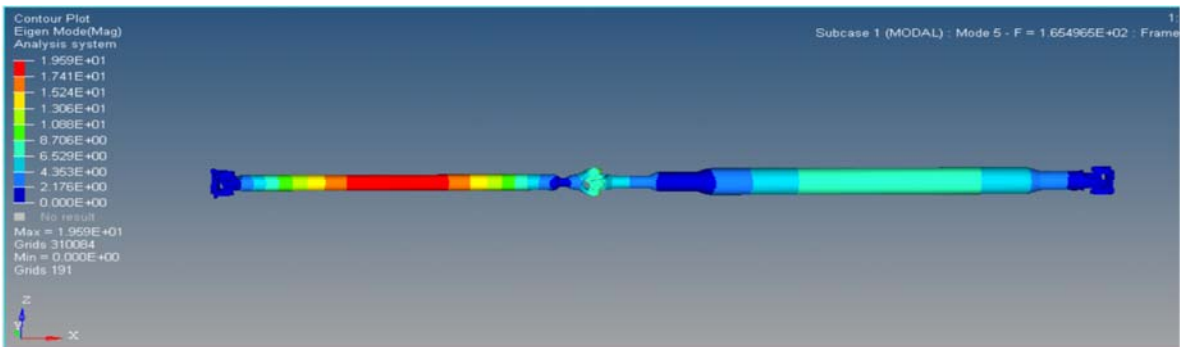
Sonlu elemanlar ile modellenen kardan millerinin modal analizleri gerçekleştirilmiştir. Model1 için birinci titreşim biçimi Şekil 9a’da ikinci titreşim biçimi Şekil 9b’de üçüncü titreşim biçimi de Şekil 9c’de verilmiştir.



Şekil 9a Model 1 1. Titreşim Biçimi



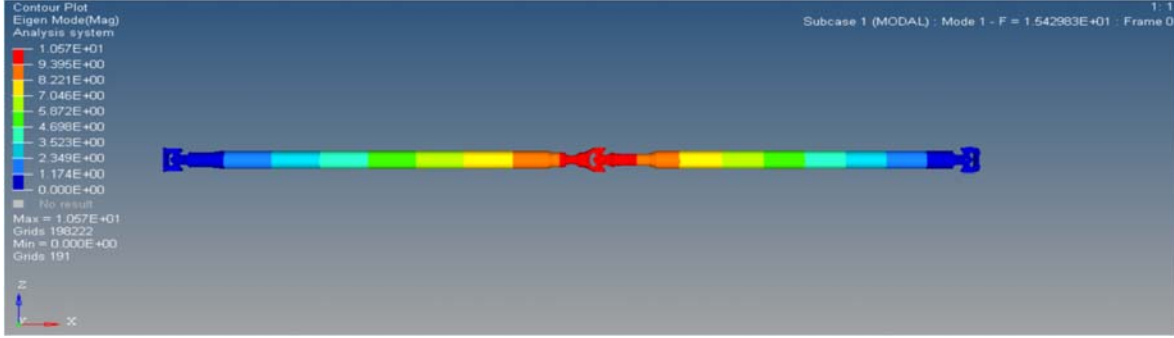
Şekil 9b Model 1 2. Titreşim Biçimi



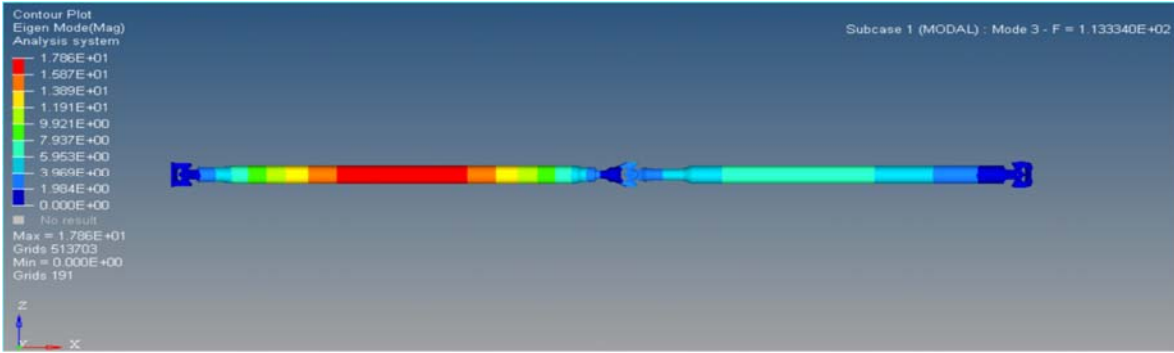
Şekil 9c Model 1 3. Titreşim Biçimi



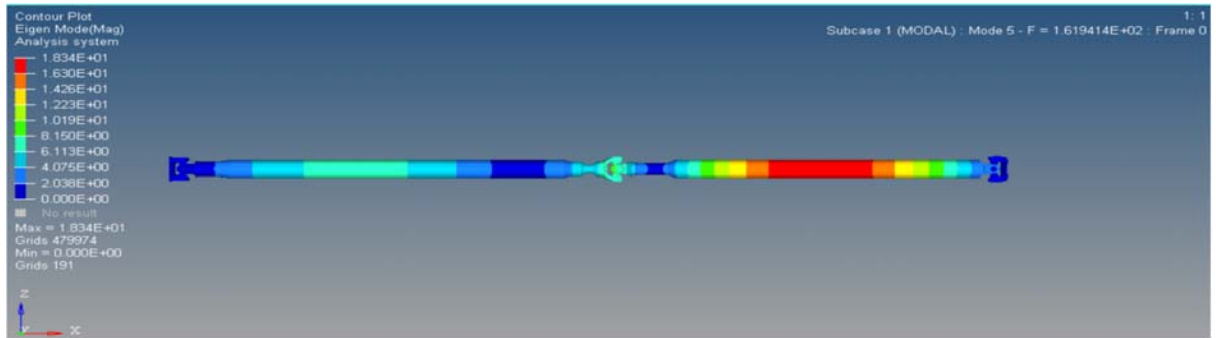
Sonlu elamanlar ile modellenen kardan millerinin modal analizleri gerçekleştirilmiştir. Model1 için birinci titreşim biçimi Şekil 10a’da ikinci titreşim biçimi Şekil 10b’de üçüncü titreşim biçimi de Şekil 10c’de verilmiştir.



Şekil10a Model 2 1. Titreşim Biçimi



Şekil10b Model 2 2. Titreşim Biçimi



Şekil10c Model 2 3. Titreşim Biçimi

Sonuç

Otomotiv sektöründe hafiflik ve konfor en önemli müşteri beklentileridir. Kardan mili tasarımı gerçekleştirilirken uygulamanın izin verdiği sınırlar da göz önünde bulundurularak kritik hız kriterini sağlamak için büyük çapta boruların kullanımı tercih edilmektedir. Büyük çaplı boru boyutlarının kullanımı hem ağırlık artışına neden olmakta hem de araçta hacim kaybına neden olmaktadır. Daha önceden geliştirilen ve doğrulanan analiz metodu kullanılarak yapılan incelemede Tablo 2deki sonuçlar elde edilmiştir. Askı konumu 310mm yer değiştirerek ve yakalanılarak kardan mili ağırlığı %13,5 hafifleştirilmiştir.



Tablo2

	Ağırlık (kg)	1. mod [Hz]	2. mod [Hz]	3.mod [Hz]
MODEL-1	26	14,9	128	165
MODEL-2	22,5	15,4	113	161

Teşekkür: Tirsan Kardan Ar-Ge Merkezi'ne bu çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı sonsun teşekkürlerimizi sunarız.

Referanslar

- D. R Satpute, ProfBelkar, S. B., ProfMhaske. M. S. (2015). MultipleCracksEffects on VibrationCharacteristics of ShaftBeam. International Journal of EngineeringResearchand General Science, Volume 3, Issue 1.
- ErtürkaA.T.,KarabaybBaynalçS.,Korkutd K., and T., (2016). Vibration Noise Harshness of a Light Truck Driveshaft, Analysis and Improvem twith Six Sigma Approach. Special Issue of the 6th International Congress & Exhibition.
- ExnerW. (1995). NVH Phenomena in Light Truck Drivelines. SAE Technical Paper,952641.
- Kasaba M. Işık E. (2019).Analysis of 1.order vibrationscausedbycenterbearingınmulti-piecesdriveshaftapplications, İskenderun Teknik Üniversitesi 19. Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu.
- SAE International, (1979). Jointanddriveshaftdesignmanual. Advances in Engineeringseries. No.7, Second.
- Virendra V. MahetaAnup B. Patel (2015). Analysis andOptimization in Automobile Drive Shaft.IJIRST – International JournalforInnovativeResearch in Science&Technology. Volume 1, Issue 12.
- WellmannT., Govindswamy, K., Braun, E., andWolff, K. (2007). Aspects of Driveline Integration for Optimized Vehicle NVH Characteristics. SAE Technical Paper 2007-01-2246
- XiaY., Pang, J., Zhou, C., Li, H. et al. (2015).Study on theBendingVibration of a Two-PiecePropellerShaftfor 4WD Driveline. SAE Technical Paper 2015-01-2174.

İnternet kaynakları:

<https://otomobilterknoloji.blogspot.com/2016/02/saft-milinin-yapisi-cesitleri-ozellikleri.html>,(01.02.2016)



HIZLI KAPI PLASTIĞI TERMOFORM KALIBI TASARIMI VE İMALATI PROJESİ

YUNUS ÖZKAN ve ESRA NUR KAZ

DİZAYN OPTİMUM MÜHENDİSLİK LTD. ŞTİ., Manisa, Türkiye

Email: yunusozkan@optimummuhendislik.com

Özet

Bu çalışmada; beyaz eşya firmalarının buzdolabı kapı plastikleri üretirken mevcut üretim sistemlerini daha verimli hale getirilmek ve sistemlerdeki çevrim süresinin azaltılması amaçlanmıştır. Teknik zorluk olarak özellikle kapı termoform kalıplarında termoform işleminden sonra plastiğin kesilmesi termoform süresinden daha fazla süre almaktadır. Mevcut durumda, kalıptan çıkan plastik ürünler için termoform işleminden sonraki istasyonda her kenarı 4 kez döndürülerek kesim işlemi yapılmaktadır. Firmamızda, kapı plastiği üretim maliyetini düşürmek için kapı plastiğinin kenar kesimlerini termoform işleminden sonra değil, termoform işlemi esnasında kesecek kalıp üretimi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Termoform, hızlı kapı vakum kalıbı, buzdolabı kapı plastiği

Giriş

Ülkemiz özellikle son yıllarda beyaz eşya sektöründe, buzdolabı üretim üssü olmuştur. Ülkemizde her yıl 7 milyonu aşkın buzdolabı üretilmektedir. Buzdolabı üreten Türk firmaları globalde yurt dışında buzdolabı üreten rakipleriyle kıyasıya rekabet içerisindeyler. Bir buzdolabını oluşturan birçok parça vardır ve bu buzdolabını oluşturan bu parçaların üretim maliyetlerini düşürmek için firmalar devamlı arge çalışmaları yapmaktadırlar.

Kalıpcılığın hizmet verdiği pek çok farklı alan bulunmaktadır: Kesme kalıpları, bükme kalıpları, enjeksiyon kalıpları, vb. alanların yanında plastik malzemelerin ısıtılarak şekillendirilmesine yönelik, basit ve aynı zamanda diğer kalıplama yöntemlerine göre her yönüyle daha ucuz ve kolay olan termoform kalıplarıdır. Termoform son derece kullanılabilir çeşitli ürünlerle sonuçlanan plastik bir form verme tekniğidir. Bu imalat işlemi sırasında, ince plastik levhalar şekil almalarını kolaylaştırmak için ısıtılır. Plastik levha belirli bir sıcaklığa ulaşmış şekil alacak noktaya geldiği zaman kalıp yüzeyindeki yardımcı küçük çaplı delikler vasıtasıyla vakumlanır ve kalıbın üzerine sıvanarak ürünün oluşması sağlanır.

Günümüzde kullanmış olduğumuz tek kullanımlık tabaklar, plastik bardaklar, yoğurt kapları, çikolata

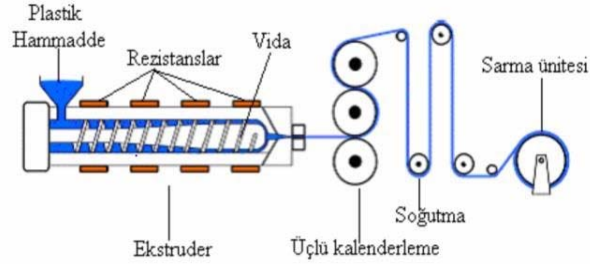
jelatinleri vb. ürünler bu yöntemle üretilmektedir. Termoform kalıplama plastiklerin şekillendirilmesinde kullanılan önemli yöntemlerden biri olup yöntem her geçen gün daha da genişlemektedir. Bu yöntemle özellikle levha şeklindeki plastikler şekillendirilmektedir. Özellikle ilk yatırım maliyetlerinin diğer yöntemlere göre (enjeksiyon vb.) daha düşük olması ve kullanım kolaylığı bu yöntemle olan ilgiyi artırmaktadır. Termoform kalıplama yöntemiyle üretilmiş buzdolabı gövde ve kapı plastikleri Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1 Örnek buzdolabı gövde ve kapı plastikleri

Termoform yöntemi, plastik tabaka ya da filmin form sıcaklığında kalıp ya da kalıplar arasında hava basıncı ya da mekanik kuvvet birleşimiyle meydana gelir. Bu birleşme esnasında kalıp soğumaya başlar ve rijitlik tamamlanmış olur. Bu yöntem sadece termoplastikler de uygulanabilir. Tekrar tekrar biçimlendirilebilen, işlem görebilen ve yüksek derecede modifikasyon potansiyeli olan plastiklere termoplastik denir. Termoplastikler, moleküller bağlarla birbirine bağlanmış dallı veya lineer makromolekül zincirlerinin oluşturduğu plastiklerdir. Termoplastikler, ısıtıldığı zaman eriyebilen ve yeniden şekillendirilebilen polimerlerdir. Böylece plastik elastik davranış sergiler ve termoform yöntemi uygulanabilir (eriyebilir, kaynaklanabilir). Ayrıca termoplastikler yüksek modifikasyon potansiyeline sahip plastiklerdir. Termoplastikler levha ekstrüzyonu yöntemi ile üretilmektedir.

Esnek ve rijit PVC birleşimleri ile ABS, PE, PC gibi polimerler bu yöntem için kullanılan başlıca malzemelerdir. Kalıpsız ekstrüzyon süreci karıştırıcı bir ergitme cihazından alınan termoplast hamurunun gittikçe sıklaşan merdane çiftleri arasından geçirilmesi ve sabit gergili bir sarma mekanizması ile oluşan ince levha filmin sarılmasından ibarettir. Termoplastik levha ekstrüzyonunun bir örneği Şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 2 Termoplastik levha ekstrüzyonu

Birçok termoplastik levha, folyo türü plastiklerin yumuşayacakları bir sıcaklıkta esnek ve şekillenebilecek

duruma getirilmek suretiyle kalıplamaya hazırlanır. Kalıplama tek tek besleme şeklinde yapılırken, sürekli besleme şeklinde de ısıt şekillendirme ile (termoform) kalıplama yapılmaktadır. Isıl şekillendirme işleminin kalıplama aşamasında, kalıbın şekli ve kenarlarının şekli, yumuşatılmış plastik malzemeye aktarılır. Isı kalıp tarafından emildiği ve plastik soğuduğu zaman, plastik yeni elde edilen şekle yerleşecektir. Kalıbın kendisi plastiğin son şekli için belirleyici faktördür.

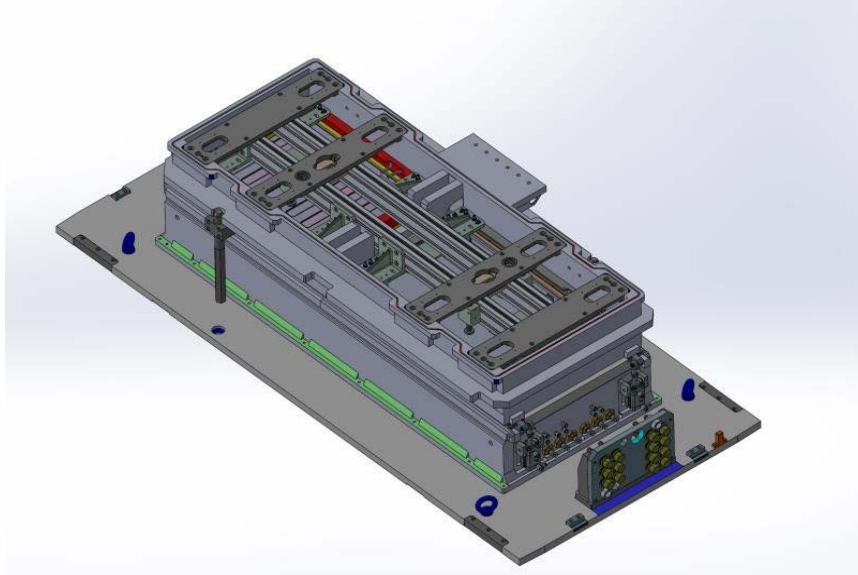
Kalıplama şekilleri olarak tek plastik levha, ko-extrüzyon ve laminatlar bu sistemde kalıplanabilmektedir. Özellikle enjeksiyonla kalıplama ile şekillendirilmesi zor olan çok katlı (katmanlı) plastik parçalar kolayca bu yöntemle üretilabilmektedir. Bu şekilde fiziksel ve kimyasal özellikleri değiştirilebilen parçalar elde edilebilmektedir. Bu tip parçaların üretimi ısıt şekillendirme yöntemiyle daha ucuza imal edilir. Isıl şekillendirme yöntemiyle yarı otomatik, tam otomatik şekillendirme yapılabilmektedir. İnce, esnek plastik levha, folyolar mekanik olarak, vakumlu basınçla



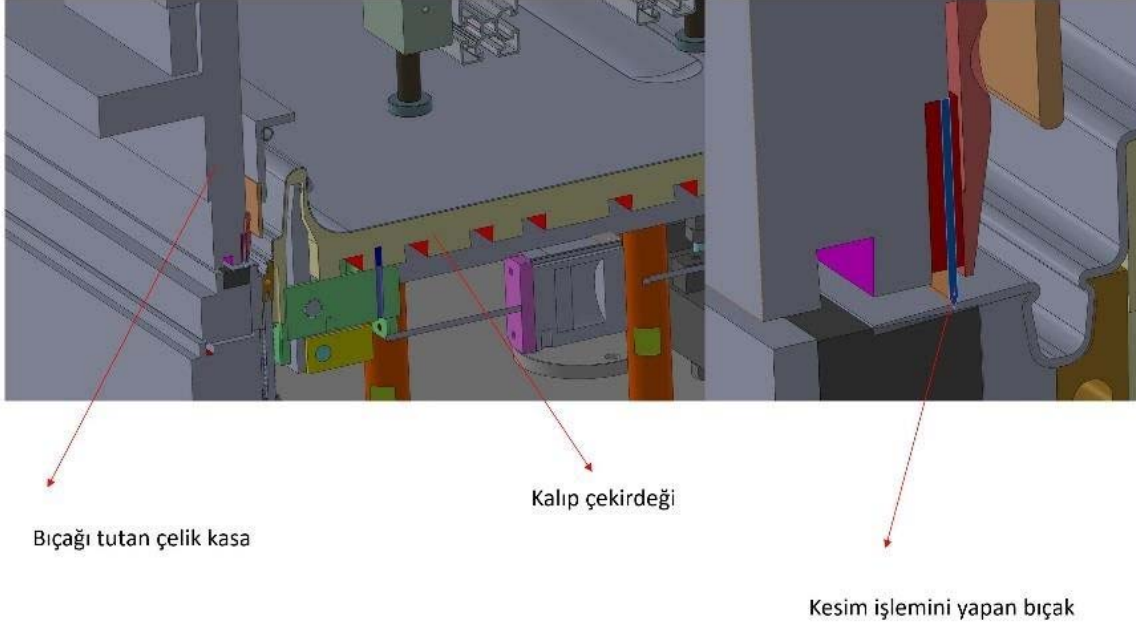
beraber veya diğer değişkenler vasıtasıyla şekillendirilir. Şekillendirilecek parçanın yüzey kalitesi ve parça et kalınlığı ayarlanabilir.

Yöntem

Bu çalışmada, hızlı kapı termoform üretebilme kabiliyeti olan makinelerde çalışacak şekilde, özel, termoform işlemi sırasında kendinden kesmeli kapı plastiği termoform kalıpları tasarlanmış ve imal edilmiştir. Mevcut durumda kapı plastiğinin kenarlarının kesim işleminin termoform sonrası ayrı bir operasyon olarak, dört bir kenarının ayrı ayrı kesilmesi çevrim süresini uzatmaktadır. Bu kenar kesme işlemi termoform sırasında kalıp üzerinde olacak şekilde planlanarak bu süre kaybı telafi edilmiştir. Bununla birlikte mevcut üretim yönteminde termoform sırasında vakum ve 2 bara kadar dış basınçla şekillendirme yapılmaktadır. Bu yöntemde dış basınç 4 bara artırılmış olarak planlanarak, plastik çok ısıtılmadan şekillendirilmiştir. Mevcut durumda plastik levha sıcaklığı 120 °C, kalıp sıcaklığı 90 °C dir; yeni durumda ise levha sıcaklığı 80 °C, kalıp sıcaklığı 20 °C olmaktadır. Yeni durumda soğutma süresinden olan kayıp telafi edilebildiği gibi detayların daha iyi şekillendirilmesiyle daha ince levha kullanılabilmiştir. Kapı plastiği termoform kalıbı örneği Şekil 3 de gösterilmektedir. Kendinden kesmeli kapı termoform kalıbı kesit görünümü Şekil 4 de verilmiştir.



Şekil 3 Kendinden kesmeli kapı plastiği termoform kalıbı



Şekil 4 Kendinden kesmeli kapı termoform kalıbı kesit görünümü

Sonuçlar

- 1- Mevcut üretim yönteminde 20 – 25 saniye çevrim süresi; bu kalıplarla 11 – 13 saniyeye düşürülebilmektedir.
- 2- Mevcut üretim yönteminde 1,4 – 1,5 mm kalınlıkta plastik levha kullanılarak yapılan üretim 1– 1,2 mm levha ile yapılarak malzeme tasarrufu yapılmıştır.
- 3- Daha hızlı üretim imkânı ve daha ince levha kullanılabilmesi daha az sayıda makineyle yüksek üretim sayılarına ulaşmayı; böylelikle düşük yatırım maliyeti, alan ve enerji tasarrufu ile birlikte personel tasarrufu sağlanmıştır.

Referanslar

- ALSAC, C. (2008). Polivinilklorür ve Polietilen Çift Katmanlı Ambalaj Malzemesinin Özelliklerine Termoform Kalıplama Parametrelerinin Etkileri, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Çakır, S., (2013). Bor İçeren Termoplastik Poliüretan Kompozitler, Marmara Üniversitesi, İstanbul. PINAR, E., (2010). Plastiklerin Enjeksiyon Yöntemiyle İmalatta hataların Tespiti ve Proses Şartlarının Optimizasyon uygulaması, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

AĞIR GRAMAJLI (DÖŞEMELİK) KUMAŞLARDA ÇEKMEZLİĞİN SANFOR ETİKETİNE UYGUN DÜZEYİNE GETİRİLMESİ

İlker Ertuna¹, Nazlı Doğanlı¹, Fatma Karaoğlu¹, Ali Küçükpetek¹, Doç. Dr. Ceren Göde²

¹ Menderes Tekstil AR-GE Merkezi, Denizli, Türkiye

² Pamukkale Üniversitesi Denizli Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Denizli, Türkiye

Email: nazlidindar@arge.menderes.com

Özet

Kumaşların yıkama sonrası boyut değişimlerinin belirli değerler arasında olması oldukça önemlidir. Özellikle uluslararası pazarlarda boyut değişimi kalite değerlendirmesinde önemli bir rol almaktadır. Bu nedenle örme ve dokuma kumaşlar için yıkama sırasında meydana gelebilecek boyut farklılıkları için ülkemizde ve dünyada bazı standart değerler kabul edilmiş olup, bu değerlere uygunluk özellikle gelişmiş ülkeler için önemli bir kriter olarak görülmektedir. Yıkamada boyut farklılığı söylendiğinde daha çok kumaşın boydan çekmesi yani ürünün kısalması olarak akla gelmektedir. Çünkü üretim esnasında kumaş boydan gerdirildiği için problem en fazla bu kısımda çıkmaktadır. Bu çalışmada yüzde yüz pamuklu metre malı döşemelik dokuma kumaşlarda, çözgü boyut değişimi yani çözgü çekmezlik değerleri müşterinin istediği değerlere getirilmesi amaçlanmıştır.

Keywords: Boyut değişimi, Çekmezlik, Dokuma kumaş, Sanforlama

Giriş

Tekstilde yıkama sonrası oluşan boyut değişimi her zaman önemli bir problem olmuştur. Özellikle uluslararası pazarlarda boyut değişimi kalite değerlendirmesinde önemli bir rol almaktadır. Bu sebeple dokuma kumaşlar yıkama sırasında meydana gelebilecek boyut farklılıkları için ülkemizde ve dünyada bazı standart değerler ülkeler için önemli bir kriter olarak görülmektedir. Boyut değişimi değerleri incelendiğinde, istenilen değerlerinin yıkama talimatları ve ürün tipine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği bilinmektedir (Dayıoğlu, 1990). Bunun yanı sıra dünyada söz sahibi bazı tekstil markaları kendilerine ait özel standart değerler oluşturmuşlardır. Firmaların müşteri memnuniyeti için istedikleri standart değerlerini karşılayabilmek için bu konuya daha fazla önem vermeleri gerekmektedir (Demirhan ve Meriç, 2005).

Türkiye’de tekstil üretiminin ve ihracatının en önemli kalemlerinden olan ev tekstilinde döşemelik kumaşlar önemli bir paya sahiptir. Tüketiciler döşemelik kumaşların hem göze hoş görünmesini, hem de uzun süreler dayanıklı olarak kullanma imkanı vermesi istenmektedir. Bu anlamda döşemelik sektörü içinde en önemli iki parametre dayanıklılık ve estetik olmaktadır. Bu beklentiler doğrultusunda yeni materyaller kullanma ve aynı materyallerle daha iyi kullanım koşulları sağlayan ürünleri üretebilme yoluna gidilmiştir (Yavuzkasap, 2011).

Dokuma kumaşlar, atkı ve çözgü ipliklerinin birbirlerine dik yönde kesişmesiyle birbirlerinin altından ve üstünden geçerek bir "örgü" yapısı içinde bağlanmasıyla oluşmaktadır. Bunun sonucunda, kumaş düzlemine dik düzlemde kıvrım olan iplikler serbest uzunluklarından daha kısa bir kumaş uzunluğu içine yerleşirler (Başer, 1990).

Dokuma kumaş yapıları çok çeşitlidir. Kumaş yapısı, bezayağı, dimi ve saten örgülerinin kullanıldığı tek katlı yapılar olabildiği gibi, iki katlı (çift katlı), üç katlı ve çok katlı olarak da tasarlanabilir. İki katlı, üç katlı ve çok katlı kumaş örgüleri, teknik özellikleri ve görüntüleri ile karmaşık yapıya sahip olmalarına ve üreticiye bazı güçlükler getirmesine rağmen, tekstil endüstrisinde geniş yer tutmaktadırlar (Sarıkaya, 2014).

Kumaş çekmesi veya deformasyonu hidrofilik (su tutuculuğu yüksek) lifli kumaşlarda büyük problemdir. Bu kumaşların başında elastikiyeti az olan pamuklu kumaşlar gelir. Su emiciliği iyi olan lifler ıslandığında liflerin içerisine giren su, kristalin yapı taşlarının içine nüfus edemeyerek bunların arasındaki bölgeleri doldurmaktadır. Bunun sonucunda lifin enine kesitinde bir artma meydana gelir. Liflerin enine kesitlerinin artması ipliklerin enine kesitlerinin (çaplarının) büyümesine neden olmaktadır. Bunun sonucunda iplikte boyunda kısalma meydana gelir (Demirhan ve Meriç, 2005).



Bu çalışmanın amacı; yüzde yüz pamuklu metre malı döşemelik dokuma kumaşlarda, çözgü boyut değişimi yani çözgü çekmezlik değerleri müşterinin istediği değerlere getirilmesi amaçlanmıştır. Bununla birlikte; çözgü çekmezlik değerine ulaşılması ile ilgili müşteri şikâyetini ortadan kaldırılması, tamir proseslerinin ortadan kaldırılması ile süreç iyileştirmesini sağlanması, kimyasal sarfiyatının azaltılması, yeni süreç ile kapasitenin artmasını sağlanması, yeni süreç ile verimliliği artırılması, elektrik sarfiyatının azaltılması, buhar sarfiyatının azaltılması, doğalgaz sarfiyatının azaltılması hedeflenmiştir.

Malzeme ve Yöntem

Proje kapsamında, döşemelik AD ve SD kaliteli dokuma kumaşlar üzerine çalışma yapıldı.

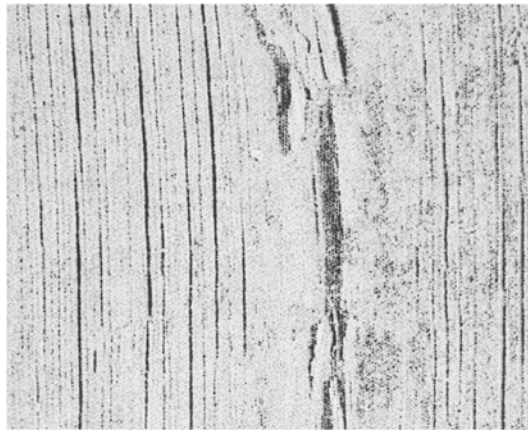
Mevcut döşemelik kumaşlarda çözgü çekmezlik karşılaşılan problemler;

- Döşemelik kumaşlar olan AD ve SD kalite kumaşlar çözgü çekmezlik değerleri standart $\%+2$ - $\%-4$ aralığından saptığı ve kumaş tamir sürecine girdiği tespit edildi.
- AD Kumaş Proses akışı 17 adımdır ve bu süreç sevk aşaması içindir, eğer kalite kontrol onay vermez ise proses akışı 17 adımdan da fazla olmaktadır.
- SD Kumaş Proses akışı 19 adımdır ve bu süreç sevk aşaması içindir, eğer kalite kontrol onay vermez ise proses akışı 19 adımdan da fazla olmaktadır.

Döşemelik AD ve SD kaliteli dokuma kumaşlar, proses esnasındaki gerilimler ve apre kimyasalın yeterli ya da uygun seçilememesi nedeniyle istenilen çözgü değerleri sağlanamadığı tespit edildi (Şekil 1). Bu değerlerin sağlanamamasından dolayı çözgü çekmezliklerinin iyileştirmek için ara basamakta fikse işlemi olacak şekilde çift apre yapıldıktan sonra sanfor işlemine tabi tutulmaktadır. Kumaşların kalite kontrolü yapıp değerlerin istenilen aralıkta olmaması mevcut durumu tekrar sanfor prosesine getirmekte ve döngü bu şekilde devam etmekteydi. Sonuç olarak çekmezlik sorunu bize fazla enerji tüketimi yani tamir sürecine, istenilen değerlere çok aşıldığında ikinci kalite kumaşa ve iş kaybına neden olduğu tespit edildi. Proseste tüketilen doğal kaynaklar dikkate alınarak, laboratuvar ve işletme çalışmaları sonucu daha az proses, kimyasal, su, enerji, buhar, doğal gaz kullanımı ile istenen çözgü çekmezlik değerine ulaşılması amaçlanmıştır.

Parametreler;

- Kimyasalların miktarı,
- Reçete,
- Çözgü çekmezlik değeri,
- Bezin yıkama, apre ve sanfordaki geçiş hızı, süresi,
- Bezin fiksede kalış süresi,
- Sıcaklık,
- Uygulanacak prosesler,
- Ph değeri



Şekil 1. Döşemelik dokuma kumaş



Bulgular

AD VE SD kalite ağır gramajlı dōşemelik kumaşlarda çekmezlik değęlerini (%+2 - %-4) de tutabilmek için en iyi yöntemin mevcut durumdaki proses aşamalarından merserize işlemleri sırasında hızın ne kadar önemli bir parametre olduğu yapılan çalışmalarla takip edilmiş, hızı uygun değere getirerek kumaş liflerinin daha fazla şişmesi ve buna bağlı olarak daha stabil (rijit) hale gelmesi, uygun reçete ile istenilen çözgü çekmezlik değęleri (%+2 - %-4) arasında tutulmuştur.

- AD Kumaş proses akış sayısı 17'den optimum adım sayısına 14 adıma düşürüldü.
- SD Kumaş proses sayısı 19'dan optimum adım sayısına 16 adıma düşürüldü.

Proseste tüketilen doğa kaynaklar dikkate alınarak, laboratuvar ve işletme çalışmaları sonucu:

AD dōşemelik kumaşlar için;

- Tamir proseslerinin %90-100 ortadan kaldırılması ile süreç iyileştirilmiştir.
- Kimyasal sarfiyatı %17,6 azaltılmıştır.
- Yeni süreç ile toplam kapasite %21,3 artmıştır.
- Yeni süreç ile toplam üretim %17,9 artmıştır.
- Su sarfiyatı %11,3 azaltılmıştır.
- Elektrik sarfiyatı %22,2 azaltılmıştır.
- Buhar tüketimi %9,4 azaltılmıştır.
- Doğalgaz sarfiyatı %45,5 azaltılmıştır.

SD dōşemelik kumaşlar için;

- Tamir proseslerinin %90-100 ortadan kaldırılması ile süreç iyileştirilmiştir.
- Kimyasal sarfiyatı %8,5 azaltılmıştır.
- Yeni süreç ile toplam kapasite %16,8 artmıştır.
- Yeni süreç ile toplam üretim %14,1 artmıştır.
- Su sarfiyatı %15,9 azaltılmıştır.
- Elektrik sarfiyatı %20,5 azaltılmıştır.
- Buhar tüketimi %11,2 azaltılmıştır.
- Doğalgaz sarfiyatı %43,6 azaltılmıştır.

Sonuçlar

Yüzde yüz pamuklu metre malı dōşemelik dokuma kumaşlarda, çözgü boyut değışimi yani çözgü çekmezlik değęleri müşterinin istediği değęlere gelmesi için proseste tüketilen doğa kaynaklar dikkate alınarak, yapılan çalışmalar sonucunda daha az proses, kimyasal, su, enerji, buhar, doğa gaz kullanımı ile istenen çözgü çekmezlik değęine ulaşılması başarıyla sağlanmıştır.

Teşekkür: Çalışmanın uygulanması sırasında, veri toplama aşamasında sağladığı destek için Menderes Ar-Ge Merkezi çalışanlarına teşekkürü bir borç biliriz.



Referanslar

- Başer, G. (1990). Dokuma Kumaşların Yapısal Tasarımları İçin Kumaş Çekmelerinin Tahminlenmesi, Tekstil ve Makine. 200-210
- Dayıoğlu, H. (1990). Tekstil Mamullerinin Boyutsal Değişmesi Üzerine Bir Araştırma, Tekstil & Teknik. Sayı: 63, 112-114.
- Demirhan, F., Meriç B. (2005). Örme Kumaş ve Giysilerde Yıkama ve Kurutma Sonrası Boyut Değişimlerinin İncelenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 3(11), 381-390
- Sarıkaya, G. (2014). Çok Katlı Kumaşların Performans Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, 1-10.
- Yavuzkasap, D. (2011). Döşemelik Kumaşların Mekanik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, 1-10.



GELİŞTİRİLMİŞ DAYANIMA SAHİP BİR BAĞLANTI ELEMANI TASARIMI

Sezgin YURTDAS¹, Barış TANRIKULU¹, Özlem TOKER¹, Cenk KILIÇASLAN¹, Umut İNCE¹

¹ Norm Civata Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

Email: sezgin.yurtdas@normcivata.com

Özet

Ağırlık azaltma çalışmaları otomotiv sektöründe son yılların en popüler çalışma konularından bir tanesidir. Özellikle elektrikli ve hibrit araçların kullanımında menzil mesafelerinin artırılması, CO₂ emisyon değerlerinin düşürülmesi ve daha düşük yakıt tüketiminin sağlanabilmesi amacıyla makine elemanlarında hafifletme çalışmaları önem kazanmış durumdadır. Çalışma kapsamında incelenen DIN EN ISO 7380-2 bağlantı elemanı, karbon çeliği ve alaşımlı çeliklerden üretilen bağlantı elemanlarının mekanik özelliklerinin verildiği ISO 898-1 şartnamesinde tam dayanıma sahip olmayan bağlantı elemanı olarak ifade edilmektedir. İlgili şartnameye göre DIN EN ISO 7380-2 ürününün çekme dayanımı standart ürünlerin %80'ini sağlamaktadır. Yapılan çalışma ile DIN EN ISO 7380-2 grubunda yer alan M12x1,75x40 ürününün kafa geometrisinde tasarım revizesi sayesinde ürün gramajında bir değişime yol açmadan tam dayanıma sahip bağlantı elemanı mekanik özellik değerlerini göstermesi hedeflenmiştir. Revize edilen tasarımın 3 boyutlu modelleme çalışmaları Catia, soğuk şekillendirme malzeme akış analizleri ise Simufact Forming yazılımları ile gerçekleştirilmiştir. Numune üretimi tamamlanan revize bağlantı elemanı formu için çekme ve tork testleri gerçekleştirilmiş ve ISO 898-1'de istenen mekanik değerlerde tam dayanımı sağladığı tespit edilmiştir.

Ahahtar Kelimeler: soğuk dövme, bağlantı elemanı, ağırlık azaltma, CO₂ emisyonu, çekme dayanımı.

Giriş

Bağlantı elemanları uygulama alanlarına göre farklı standartlar altında derlenmiş olup metal endüstrisinde en yaygın kullanılan emniyet elemanlarından birisi olarak ifade edilmektedir. Artan küresel rekabet ortamı nedeniyle bağlantı elemanı üreticilerinden üstün mekanik dayanım ve ağırlık azaltma konularında ürün beklentisi oluşmaktadır. Nüfusun artışı ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte son yıllarda araçların yoğun olarak kullanılması ve araçlardan salınan CO₂ oranının giderek artış göstermesi, sera gazlarının atmosferdeki yoğunluğunda artışa neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin de önemli sebeplerinden birisi olarak gösterilen sera gazlarının atmosferde birikmesi gün geçtikçe daha tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır (Osakada, 2007). 2009 yılından itibaren Avrupa Birliği tarafından yayınlanan yönetmeliklerle, karbon emisyonunun büyük ölçüde kaynaklandığı kara yolu taşımacılığında araçlar için zorunlu emisyon hedefleri konulmaktadır. 2030 itibariyle sera gazı emisyonunda ara hedef olarak en az %55'lik bir azalma ve 2050 yılı itibariyle de iklim-nötr Avrupa'nın gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir (Avrupa Birliği Komisyonu ve Konseyi, 2009). Karbon emisyonuna neden olan yakıt tüketiminin azaltılması amacıyla otomotiv sektöründe ağırlık azaltma çalışmaları son yıllarda oldukça önem kazanmış olup yakıt fiyatları da yakıt kullanımını açıkça etkileyen önemli bir araç haline gelmiştir (Basso ve Oum, 2007). Ham petrol fiyatlarındaki yerel ve global artış, müşteri eğilimlerini önemli ölçüde etkileyerek otomotiv üreticilerini daha hafif ve dolayısıyla yakıt tüketimi açısından daha ekonomik araç üretimine yönlendirmiştir (Schipper, 2014). Bir binek araçta yaklaşık 3500 ile 7000 arasında bağlantı elemanı kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda bağlantı elemanlarında yapılan ağırlık azaltma çalışmaları aracın ağırlığında kayda değer bir azalmaya yol açabilmektedir. Yapılan çalışmada bağlantı elemanlarında ağırlık azaltmanın 3 yöntem ile gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Bunlardan birincisi, bağlantı elemanının üretiminde kullanılan çelik gibi yüksek yoğunluklu malzemelerin yerine alüminyum alaşımları gibi yoğunluğu daha düşük malzemelerin kullanılmasıdır. Ancak bu durumda, üretim maliyetinde artış, farklı malzeme kullanımından dolayı ortaya çıkabilecek galvanik korozyon riski ve malzemenin üretim aşamasında kalıplara yapışması/tutunması gibi problemlerle karşılaşılabilir. İkinci yöntem, bağlantı elemanları geometrisinin mekanik özelliklerinden ve servis performansından ödün vermeden modifiye edilerek hafifletilmesidir. Üçüncü ve son yöntem olarak da bağlantı elemanının montaj yönteminin değiştirilmesiyle bağlantı elemanı başına elde edilecek ağırlık kazanımı sayesinde iş parçasının nihai ağırlığında hafifletme sağlanabilmesidir (Toparlı vd., 2018). Otomotiv sektöründe ağırlık azaltma yapılmaları güvenlik ve sürüş konforu için ayrıca kritik bir öneme sahiptir (Lange vd., 1992). Ağırlık azaltma çalışmaları, mekanik tasarım, malzeme bilimi, imalat bilimi



ve optimizasyon yöntemleri gibi farklı mühendislik ve bilim disiplinlerini içermektedir (Groenbaeck ve Hinsel, 2000).

Bağlantı elemanlarının geometrisinde yapılan modifikasyonlarla ağırlık azaltma üzerine çok sayıda tasarım çalışması yapılmış olsa da bu çalışmaların yaygın olarak altı köşe başlı bağlantı elemanlarına yönelik uygulandığı görülmektedir. Yapılan çalışmada, DIN EN ISO 7380-2 standardına uygun M12x1,75x40 ürünün kafa geometrisi revize edilerek bağlantı elemanının toplam ağırlığında bir değişime yol açmadan ISO 898-1'e göre istenilen tam mekanik dayanım değerlerini sağlaması hedeflenmiştir. Bu sayede montaj noktalarında azaltılmış dayanım nedeniyle meydana gelebilecek kırılma problemlerinin minimize edilmesi ve bağlantı elemanı gramajında bir artışa yol açmadan tam dayanıma sahip cıvata formunun elde edilmesi mümkün hale gelebilecektir.

Tasarım ve nümerik çalışmalar

Tasarım

Çalışma kapsamında incelenen M12x1,75x40 ürün formu DIN EN ISO 7380-2 grubu içerisinde yer almaktadır. İlgili ürün grubu, karbon çeliği ve alaşımlı çeliklerden üretilen bağlantı elemanlarının mekanik özelliklerinin verildiği ISO 898-1 şartnamesinde tam dayanıma sahip olmayan bağlantı elemanı olarak ifade edilmektedir. Belirtilen şartnameye göre ilgili ürün grubunun sağlaması gereken çekme dayanım değeri, standart tam dayanıma sahip ürünlerinin %80'ine karşılık gelmektedir (Tablo 1). Dolayısıyla gerçekleştirilecek çalışmalarda ilgili ürün formunun gramajında herhangi bir artışa yol açmadan tam dayanım mekanik değerlerini sağlaması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda üzerinde çalışılan DIN EN ISO 7380-2 ürün grubunda yer alan M12x1,75x40 ürün formuna ait teknik resim Şekil 1'de verilmiştir. Çalışması yapılan ürün formu hâlihazırda orta karbonlu bir çelik malzemesinden soğuk dövme yöntemi ile 4 istasyonlu bir soğuk şekillendirme presinde üretilmektedir.

Tablo 1. Dayanımı azaltılmış bağlantı elemanları için minimum çekme yükü (N)

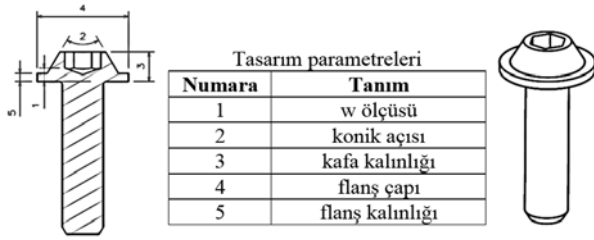
Metrik	Kalite sınıfı	
	8.8 ^a	10.9 ^a
	Dayanımı azaltılmış ürün formu için minimum çekme yükü (N)	
M10	37.100	48.200
M12	53.900	70.200
M16	100.000	130.000

^a ISO 898-1'e göre %80 çekme yükü

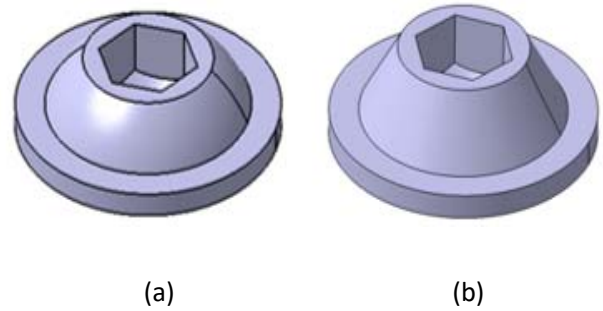


Şekil 1. M12x1,75x40 (DIN ISO EN 7380-2)

Tam dayanıma sahip olmayan bağlantı elemanı tasarımında kritik bölge ürünün kafa geometrisi olduğu için belirlenen üründe kafa formunu oluşturan parametreler üzerinde alternatif tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda Şekil 2’de verilen parametrelerin bağlantı elemanı dayanımı üzerine etkisi incelenmiş olup belirlenen alternatif geometriler özel matematiksel modeller ile kontrol edilerek dayanım performansları tespit edilmiştir. Yapılan nümerik çalışmanın ardından belirlenen revize kafa formuna ve mevcut tasarıma ait katı modellere Şekil 3’de yer verilmiştir.



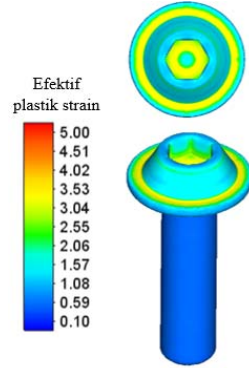
Şekil 2. Ürün tasarımında incelenen tasarım parametreleri



Şekil 3. Bağlantı elemanı kafa formu;
(a) DIN EN ISO 7380-2 (b) revize tasarım

Nümerik çalışmalar

Tam dayanım performansı sağlayacak final kafa geometrisinin tespit edilmesinin ardından nümerik simülasyon çalışmaları gerçekleştirilerek final formun soğuk şekillendirilebilirliği üzerinde çalışılmıştır. Bu doğrultuda Catia yazılımından faydalanılarak nihai bağlantı elemanı formu modellenmiş ve hacim eşitliği prensibi gözetilerek istasyon tasarımı oluşturulmuştur. Belirlenen ara istasyon modelleri kullanılarak kalıp modelleri elde edilmiş ve soğuk dövme analizlerinin gerçekleştirileceği Simufact.forming yazılımına entegre edilmiştir. Simülasyon çalışmalarından alınan final ürün formu Şekil 4’de verilmiştir. İlgili ürün formları incelendiğinde simülasyonlarda herhangi bir akış kusurunun meydana gelmediği ve istenilen tolerans değerlerinde nihai ürün formunun elde edilebildiği belirlenmiştir.



Şekil 4. Simülasyondan alınan final ürün formu

Bulgular

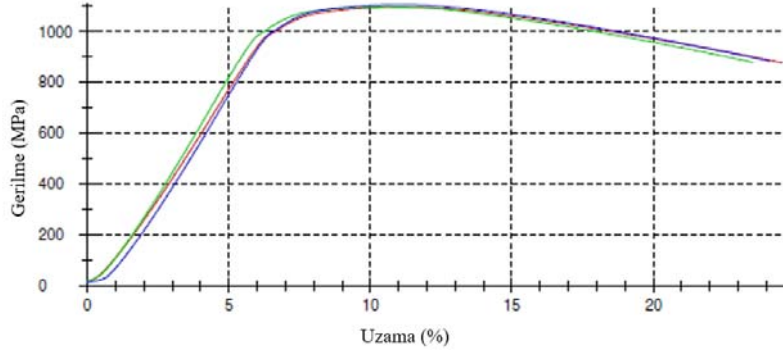
Nümerik çalışmalarda final ürün formunun tamamen soğuk şekillendirme ile dövülebilirliği tespit edildikten sonra soğuk dövme kalıplarının imalat aşamasına geçilmiş olup gerekli kalıp formlarının sağlanmasının ardından üretim hattı denemeleri gerçekleştirilmiştir. Üretim denemeleri simülasyonlarda tespit edilen dövme yükleri göz önünde bulundurularak 4 istasyonlu JBF19B4S presinde gerçekleştirilmiştir. Yapılan ara istasyon ayarları neticesinde final ürün formu istenilen tolerans değerleri içerisinde dövülebilmektedir. Belirlenen istasyon tasarımı ve kalıp performansını sınamak üzere 1000 adetlik numune üretimi gerçekleştirilmiş olup herhangi olumsuz bir durum meydana gelmemiştir.

Soğuk şekillendirme prosesinin nümerik çalışmalara paralel olarak sorunsuz bir şekilde tamamlanmasının ardından elde edilen yarı mamuller sırasıyla ısıtma işlemi ve kaplama proseslerine tabi tutularak nihai ürün formu elde edilmiştir. Isıtma işlemi sonucunda ürün formunun 10.9 kalite sınıfına erişmesi ve bu kapsamda istenilen mekanik değerleri yerine getirmesi sağlanmıştır. Bu aşamanın ardından ürüne lamelli bir kaplama çeşidi olan Delta Protect KL 100 VH 301 GZ uygulanarak hem korozyon direnci kazanması hem de sürtünme katsayısının daha dar bir tolerans aralığında meydana gelmesi sağlanmıştır. Şekil 5’de tüm ara prosesleri tamamlanmış ve mekanik testlere hazır hale getirilmiş final ürün formuna yer verilmiştir.



Şekil 5. Revize M12x1,75x40 final formu

İlgili ürün formu için tüm ara prosesler tamamlandıktan sonra rastgele belirlenen 3 adet numune için çekme ve tork testleri gerçekleştirilmiştir. Testlerde elde edilen mekanik veriler cıvatanın tam dayanıma sahip olduğunu doğrulamaktadır. Şekil 6’da çekme testi grafiği verilmiş olup cıvatanın kritik noktalardaki değerleri de Tablo 2’de ifade edilmiştir. Numunelere gerçekleştirilen tork testleri sonucunda elde edilen total, kafa altı ve diş sürtünme değerleri ise Tablo 3’de ayrıntılı olarak paylaşılmıştır.



Şekil 6. Çekme testinde gerilme-uzama ilişkisi

Tablo 2. Çekme testi sonuçları

No	S_0 (mm ²)	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	F_m (kN)	Kopma uzaması (%)
Test 1	84,3	991	1095	92,32	18,9
Test 2	84,3	995	1097	92,48	18,2
Test 3	84,3	1004	1104	93,04	18,3

Tablo 3. Tork-kilitleme yükü- sürtünme katsayısı test sonuçları

No	F (kN)	T_{tot} (Nm)	T_{kafa} (Nm)	$T_{diş}$ (Nm)	μ_{kafa}	$\mu_{diş}$	μ_{tot}
Test 1	52,53	119,71	67,68	52,03	0,13	0,11	0,12
Test 2	52,54	121,66	68,06	53,60	0,13	0,12	0,12
Test 3	52,52	122,99	70,22	52,78	0,13	0,12	0,13

Sonuçlar

Yapılan çalışmada DIN EN ISO 7380-2 ürün grubunun kafa geometrisinde tasarım revizesi yapılarak ISO 898-1 şartnamesine göre gerekli çekme dayanım değerleri elde edilmiş ve nihai ürün formu tam dayanıma dönüştürülmüştür. ISO 898-1 şartnamesine göre M12 10.9 kalite sınıfına sahip ürünün tam dayanım mekanik özelliklerini sağlayabilmesi için çekme testinde minimum 87,7 kN değere sahip olması gerekmekte iken bu değer revize ürün formunda minimum 92,3 kN olarak tespit edilmiştir. Belirlenen final kafa formu ile ürünün gramajında bir değişime yol açmadan mekanik özelliklerinde iyileşme sağlanmış ve yeni nesil bir bağlantı elemanı elde edilmiştir.



Teşekkür: Yazarlar çalışmalarında göstermiş oldukları katkılardan dolayı Norm Cıvata üretim ekibine teşekkür etmektedirler.

Referanslar

- Basso, L.J., Oum, T.H., (2007). Automobile fuel demand: a critical assessment of empirical methodologies. *Transport Reviews* 27 (4), 449–484.
- EU Parliament and Council (2009). Regulation (EC) No 443/2009: Setting emission performance standards for new passenger cars as part of the community's integrated approach to reduce CO₂ emissions from light-duty vehicles, https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en
- Groenbaeck, J., Hinsel, C., (2000). Improved fatigue life and accuracy of precision forging dies by advanced tripwound prestressing system, SME Clinic on Precision Forging Technology, Columbus, Ohio, USA.
- Lange, K., Cser, L., Geiger, M., Kals, J.A.G. (1992). Tool life and tool quality in bulk metal forming. *CIRP Annals* 41 2, 667-675.
- Osakada, K. (2007). Cold forging in Japan, Presentation at the 40th International Cold Forging Group, Plenary Meeting, Padova, Italy, September.
- Schipper L., (2011). Automobile use, fuel economy and CO₂ emissions in industrialized countries: Encouraging trends through 2008?, *Transport Policy*, 18, 2, pp. 358-372.
- Toparli, M.B., Kılınçdemir, N.E., Yurtdaş, S., Tanrıkulu, B., İnce, U. (2018). Weight reduction of fasteners in automotive industry, *Int. Automot. Technol. Congr.* (9).



COVID-19'a KARŞI GELİŞTİRİLEN FARKLI AŞI TİPLERİ

Şeyda Nur Girgin¹, Nuri Sarıkaya¹ ve Erdal Eroğlu¹

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü, Manisa, Türkiye

Email: erdal.eroglu@cbu.edu.tr

Özet

Tüm dünyayı etkisi altına alan ve pandemi olarak nitelendirilen SARS-CoV-2 virüsünün sebep olduğu COVID-19 hastalığına karşı geliştirilen çeşitli aşı adaylarından bazıları faz çalışmalarını tamamlamış olup, onay alarak insanlığın hizmetine sunulmuştur. İngiltere ve Amerika'da insanlar üzerinde uygulanmaya başlanan Alman BioNTech firması tarafından geliştirilen aşı çok yeni bir teknoloji olan *in vitro* transkribe mRNA (BNT162b1) aşısı olup, ülkemizde yakın zamanda başlayacak olan aşılama da kullanılacak Çinli Sinovac Biotech firmasının geliştirdiği aşı ise bir inaktif virüs aşısıdır. Bunların dışında Rusya'nın geliştirdiği Sputnik V (Gam-COVID-Vac) ve İngiltere'de Oxford Üniversitesi'nin geliştirdiği AstraZeneca aşıları ise adenoviral temelli aşılardır. Ülkemizde de mRNA, adenoviral, inaktif virüs, rekombinant protein ve rekombinant DNA aşı çalışmaları yürütülmekte olup, bazıları araştırma aşamasında iken bazıları da faz denemeleri aşamasına ulaşmıştır. Bu makalenin amacı, dünyada ve ülkemizde COVID-19'a karşı geliştirilen farklı aşı tiplerinin ayrıntılı olarak tartışılması ve bu alanda yayımlanan güncel verilerin derlenmesidir.

Anahtar Kelimeler: Koronavirüs, COVID-19, pandemi, aşı

Giriş

Aralık, 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde tanımlanan şiddetli akut solunum sendromu koronavirüs 2 (SARS-CoV-2), hızlı yayılım gösteren COVID-19 hastalığına sebep olmuş ve daha sonra tüm dünyaya yayılarak Mart 2020'de Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. Koronavirüsler, büyük, tek sarmallı, pozitif polariteli RNA genomuna sahip zarflı virüslerdir. Zoonotik olan koronavirüsün dört tipi insanlar arasında yayılarak hastalığa sebep olmaktadır. Yakın zamanda, SARS-CoV ve Orta Doğu solunum sendromu koronavirüs (MERS-CoV), insanlarda yüksek ölüm oranına sahip zoonotik enfeksiyonlara ve salgınlara sebep olmuştur (Krammer, 2020).

COVID-19 hastalığı, dünya üzerinde 224 farklı ülke ve bölgede etki göstermekte olup Ocak, 2021 itibarıyla belirlenen vaka sayısı 96 milyonu, ölenlerin sayısı ise 2 milyonu aşmıştır (WHO, 2021). Tüm dünyayı etkisi altına alan bu hastalığın ülkemizdeki verilerine bakıldığında, yaklaşık 2,5 milyon vaka ile birlikte 25 bine yakın can kaybı bildirilmiştir (Sağlık Bakanlığı, 2021). SARS-CoV-2 enfeksiyonlarının üstesinden gelmek için test aşamasında olan birçok terapötik yaklaşım mevcuttur. Bu yaklaşımlardan biri, virüsün yapısı, yaşam döngüsü ve patogenezi dikkate alınarak virüse özel yeni ilaçların tasarımı iken daha hızlı sonuç alınacağı düşünülen diğer bir yaklaşım ise influenza, hepatit B, hepatit C ve filovirüsler için kullanılan mevcut ilaçların bu virüse karşı kullanımıdır. Dünya genelinde, antiviral ilaçlar, sıtma ilaçları, immünomodülatörler, hücre ve plazma bazlı terapiler gibi çeşitli terapötik tedaviler halihazırda kullanılmaktadır. Çeşitli terapötik yaklaşımlara rağmen, COVID-19 hastalığına yakalandıktan sonra iyileştiği bildirilen hastaların yeniden enfeksiyona yakalanması ve mevcut yaklaşımların eksiklikleri, SARS-CoV-2'ye karşı daha uzun koruma sağlaması beklenen aşıların gerekliliğine işaret etmektedir (Rawat vd., 2020).

COVID-19'a Karşı Aşı Geliştirme Çalışmaları

Pandeminin şiddetli ve dünya çapında bir etkiye sebep olmasıyla güvenli ve etkili terapötiklerin ve aşıların hızlı bir şekilde geliştirilmesinin insan toplumu için en acil ihtiyaçlardan biri olduğu düşünülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 64 adet aşı klinik aşamada iken 173 adet aşının klinik öncesi çalışmaları devam etmektedir (WHO, 2021). Klinik aşamaya ulaşan farklı aşı tipleri Tablo 1'de gösterilmiştir.



Tablo 1. Klinik aşamaya ulaşan farklı aşı tipleri (WHO, 2021).

	Platform	Aday Aşılar	(no. - %)
PS	Protein Subunit	20	%31
VVnr	Viral Vektör (non-replicating)	10	%16
DNA	DNA	8	%13
IV	İnaktif Virüs	9	%14
RNA	RNA	7	%11
VVr	Viral Vektör (replicating)	4	%6
VLP	Virüs Benzeri Partikül	2	%3
VVr + APC	VVr + Antijen Sunucu Hücre	2	%3
LAV	Canlı Zayıflatılmış Virüs	1	%2
VVnr + APC	VVnr + Antijen Sunucu Hücre	1	%2
Toplam		64	

Dünyada ve ülkemizde COVID-19 hastalığına karşı farklı aşı tipleri (mRNA tabanlı aşılar, inaktif virüs aşıları, adenoviral aşılar, rekombinant protein aşıları ve rekombinant DNA aşıları) üzerinde çalışmalar yoğun bir şekilde devam etmektedir. Dünya genelinde yürütülmekte olan ve faz 3 aşamasına ulaşan bazı aşı çalışmaları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Dünya genelinde yürütülmekte olan bazı aşı çalışmaları (WHO, 2021).

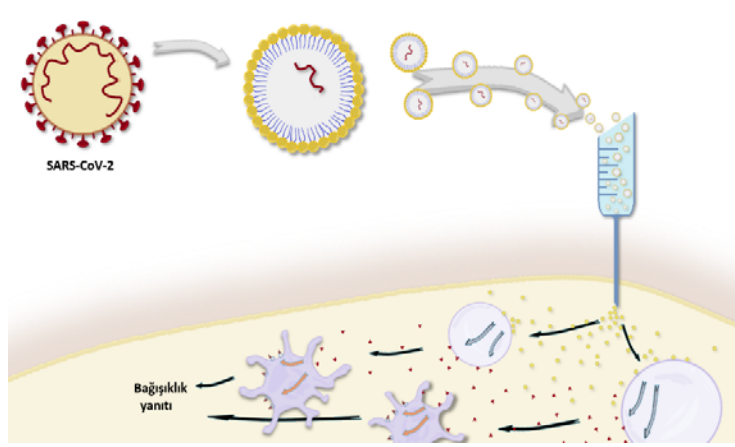
ID	Kısaltma	Aşı tipi	Aşı adayı	Doz	Aşılama takvimi	Yol	Geliştiren Şirket	Faz
1	IV	İnaktif virüs	SARS-CoV-2 vaccine (inaktif)	2	Gün 0 + 14	IM	Sinovac Research and Development Co., Ltd	Faz 3
2	IV	İnaktif virüs	İnaktif SARS-CoV-2 vaccine (Vero cell)	2	Gün 0 + 21	IM	Sinopharm + Wuhan Institute of Biological Products	Faz 3
3	VVnr	Viral vektör (Non-replicating)	ChAdOx1-S- (AZD1222) (Covishield)	1-2	Gün 0 + 28	IM	AstraZeneca + University of Oxford	Faz 3



4	VVnr	Viral vektör (Non-replicating)	Recombinant novel coronavirus vaccine (Adenovirus type 5 vector)	1	Gün 0	IM	CanSino Biological Inc./Beijing Institute of Biotechnology	Faz 3
5	VVnr	Viral vektör (Non-replicating)	Gam-COVID-Vac Adeno-based (rAd26-S+rAd5-S)	2	Gün 0 + 21	IM	Gamaleya Research Institute; Health Ministry of the Russian Federation	Faz 3
6	PS	Protein subunit	SARS-CoV-2 rS/Matrix M1-Adjuvant	2	Gün 0 + 21	IM	Novavax	Faz 3
7	RNA	RNA bazlı aşı	mRNA-1273	2	Gün 0 + 28	IM	Moderna + National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID)	Faz 3
8	RNA	RNA bazlı aşı	BNT162 (3 LNP-mRNAs)	2	Gün 0 + 28	IM	BioNTech + Fosun Pharma; Jiangsu Provincial Center for Disease Prevention and Control + Pfizer	Faz 3
9	RNA	RNA bazlı aşı	CVnCoV vaccine	2	Gün 0 + 28	IM	CureVac AG	Faz 3
10	DNA	DNA bazlı aşı	nCov vaccine	3	Gün 0 + 28 + 56	IM	Zydus Cadila	Faz 3

mRNA Tabanlı Aşılar

Rekombinant DNA teknolojisi ile, dizisi bilinen bir genin bir plazmid üzerine klonlanması ile oluşturulan kalıp DNA'dan üretilen *in vitro* transkribe mRNA (IVT mRNA), gen düzenlemesinden antikor üretimine kadar farklı uygulama alanları bulmuştur (Akıncı vd., 2017 ; Tiwari vd., 2018). IVT mRNA'nın temel yapısı, matur ökaryotik mRNA'nın yapısına benzemektedir ve 5' ve 3' kodlanmayan bölgelerle (UTR) çevrili protein kodlayan açık okuma çerçevesi (ORF), 5' ucunda 7-metil guanozin 5'cap ve 3' ucunda poli (A) kuyruğu içermektedir (Verbeke vd., 2019). mRNA aşılarında, Şekil 1'de gösterildiği gibi antijeni kodlayan genetik şifre canlıya verilmekte ve daha sonra antijen aşılanan bireyin hücrelerinde ifade edilmektedir (Krammer, 2020). Şu ana kadar SARS-CoV-2'ye karşı geliştirilen RNA bazlı aşılarından 7 tanesi klinik aşamada olup 22 tanesi ise klinik öncesi aşamalarda (WHO, 2021).



Şekil 1. mRNA bazlı aşının şematik gösterimi.

Alman BioNTech firması tarafından geliştirilen ve SARS-CoV-2 spike proteinini kodlayan BNT162b1 isimli mRNA aşısı Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından onaylanarak insanlığın hizmetine sunulmuştur. Geliştirilen bu aşı, spike proteinin kodlayan gen dizisinin yanı sıra 5' cap, poli(A) kuyruğu, kodlanmayan bölgeleri (UTRs), mRNA'nın kararlılığını arttıran modifiye baz N1-methyl-pseudouridine (üridin yerine) ve dentritik hücrelerde ifade seviyesini artırıcı elementleri de içermektedir. BioNTech, mRNA'ların parçalanmadan hücre içerisine aktarılması ve buna bağlı olarak aşının verimliliğinin artırılması amacıyla lipid nanoparçacıkları taşıyıcı bir sistem olarak kullanmıştır (Şahin vd., 2020). Yayımlanan son çalışma raporuna göre, iki dozluk BNT162b2 aşısının, 16 yaş ve üstü kişilerde COVID-19 hastalığına karşı %95 koruma sağladığı ortaya konmuştur (Polack vd., 2020).

Benzer bir şekilde Amerikan Moderna firması, mRNA-1273 olarak adlandırdıkları SARS-CoV-2 spike proteini kodlayan bir mRNA aşısı geliştirmiştir (Corbett vd., 2020). mRNA-1273 aşısı da benzer şekilde, lipid nanoparçacıkları içerisine kapsüllenmiş modifiye nükleotidler içeren bir mRNA aşısıdır. İlk bulgular, yeterli immünojenik yanıtın oluştuğunu ve spesifik antikorların üretildiğini bildirmektedir (Baden vd., 2020; Rawat vd., 2020). Bunlara ek olarak, Alman CureVac firması tarafından geliştirilen ve CVnCoV olarak adlandırılan mRNA aşısı, SARS-CoV-2'nin spike proteinini hedef alan, modifiye edilmemiş mRNA içeren ve doğal viral enfeksiyonu taklit ederek vücudun savunma sistemini hareket geçiren bir aşı olup bu aşının faz III klinik denemeleri devam etmektedir (Curevac, 2021).

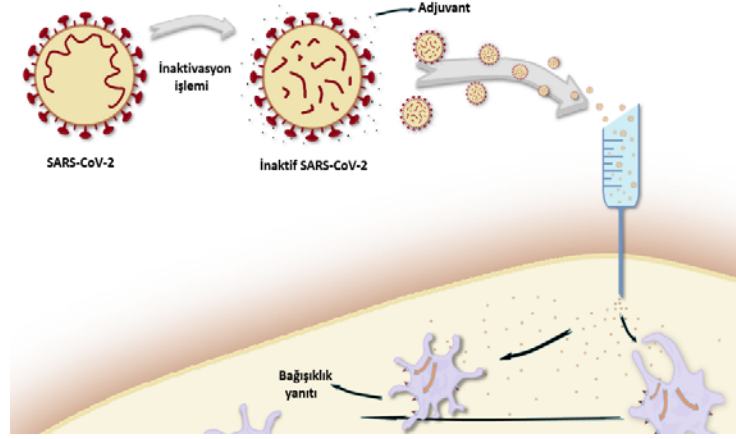
Ülkemizde ise Selçuk Üniversitesi'nde spike proteini kodlayan, lipid nanoparçacıklar ile aktarımının yapılması planlanan mRNA temelli bir aşı çalışması bulunmaktadır (Selçuk Üniversitesi, 2020). Bu aşı çalışmasında üç farklı prototip aşının dizayn edildiği, hayvan deneylerine başlandığı, ve 1.5-2 ay içinde insan denemelerine başlanacağı belirtilmiştir (Anadolu Ajansı, 2021).

İnaktif Virüs Aşıları

Virüsün *in vitro* ortamda uygun hücre kültüründe üretilmesi ve ısı veya kimyasal işlemlerle inaktif hale getirilmesi ile üretilen aşılar inaktif virüs aşıları denilmektedir. Bu aşının üretimi BSL3 (biyolojik güvenlik seviyesi 3) ortamında Vero hücreleri (Afrika yeşil maymunu böbrek epitel hücreleri) kullanılarak yapılmaktadır. İnaktif aşılar, en eski aşı tekniği olarak bilinmekte ve milattan önce ortaya çıkan çiçek hastalığına karşı kullanıldığı tahmin edilmektedir. Bu aşılama örneğinde, hastaların deri lezyonlarından toplanan örneklerin sağlıklı bireylerin derilerine sürülmesiyle çiçek virüsüne karşı koruma sağlandığı bilinmektedir (Hopkins, 1988). 1955 yılında gerçekleşen ve literatürde Cutter olayı olarak anılan trajedide, çocuk felcine karşı üretilen inaktif virüs aşısının içerdiği virüsler tam anlamıyla inaktif hale getirilmediği için aşılanan çocuklarda sakatlıklar oluşmuş ve dahası bazı ölüm vakaları gerçekleşmiştir (Fitzpatrick, 2006). Bu tip aşılar, inaktif hale getirilen ve tüm bileşenleri içeren virüsün kullanımıyla spike, matriks, zarf ve nükleoprotein antijenlerine karşı çeşitli antikorların üretimi



gerçekleşmektedir (Şekil 2). SARS-CoV-2'ye karşı geliştirilen inaktif virüs aşılardan 9 tanesi klinik aşamasında olup 12 çalışma ise klinik öncesi aşamada devam etmektedir (WHO,2021).



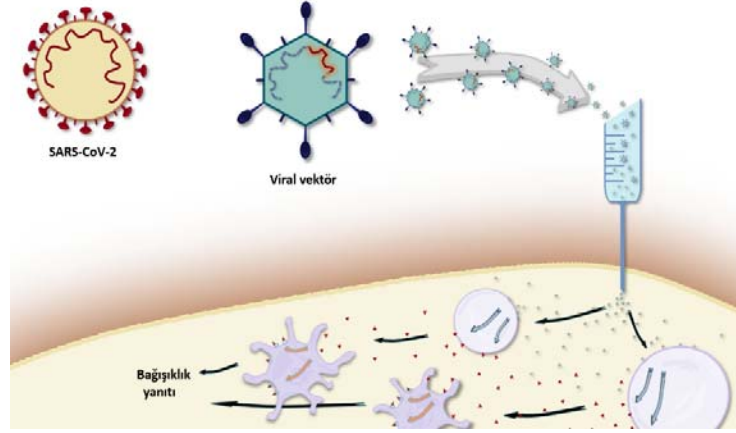
Şekil 2. İnaktif aşılardan şematik gösterimi ve çalışma prensibi.

Çin menşeli Sinovac Biotech firması tarafından COVID-19 hastalığına karşı geliştirilen ve inaktif hale getirilmiş SARS-CoV-2 virüsünü içeren aşıya CoronaVac ismi verilmiştir. Geliştirilen bu aşının güvenliği, toleransı ve immünojenitesinin değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilen faz 1/2 çalışmaları The Lancet dergisinde Kasım 2020'de yayımlanmıştır. Faz 1 aşamasında kullanılan aşı cell factory process adı verilen teknik ile Faz 2 aşamasındaki aşı ise bir biyoreaktör içerisinde üretilmiştir. 16-25 Nisan 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen Faz 1 denemeleri toplamda 144 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. 3-5 Mayıs 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen Faz 2 denemelerine ise 600 kişi katılmıştır. Faz 2'de farklı bir yöntemle üretilen inaktif SARS-CoV-2 viryonlarının, faz 1'de kullanılan viryonlara göre daha yüksek oranda bozulmamış spike proteini içermesinden dolayı Faz 2 çalışmasında belirlenen bağışıklık yanıtının faz 1 çalışmasına oranla önemli ölçüde yüksek olduğu belirtilmiştir. Bu klinik çalışmalarda elde edilen veriler ışığında, Çin, Brezilya, Endonezya ve Türkiye'de devam eden faz 3 çalışmalarında 3 µg CoronaVac kullanımının yeterli bağışıklık elde etmek için uygun olduğu belirtilmiştir. Devam etmekte olan NCT04456595 kodlu faz 3 çalışması tahmini olarak Ekim 2021 tarihinde tamamlanacağı düşünülmektedir (Zhang vd., 2020).

Ülkemizde ise Erciyes Üniversitesi'nde ArGe aşaması tamamlanan ERUCOV-VAC isimli bir inaktif virüs aşısının faz 1 çalışmalarına devam edilmektedir (Erciyes Üniversitesi, 2020).

Adenoviral Aşılar

Antijenik bir proteini kodlayan genetik materyalin konak hücre içerisine aktarımında vektör olarak adenovirüslerin kullanıldığı aşılar adenoviral aşılar denilmektedir (Şekil 3). Adenovirüsler, çift sarmallı DNA ve zarfsız kapsid yapısına sahip, hayvanlar ve insanlarda patojenik etkiye sebep olan virüsler olarak bilinmektedir. Zarfsız yapıdaki adenovirüslerin yüksek ısı dayanıklılığına sahip olması, bu virüsün aşı çalışmalarında vektör olarak tercih edilmesindeki en büyük avantajlarından biridir. Günümüzde SARS-CoV-2'ye karşı geliştirilen adenoviral bazı aşılarından 17 tanesi klinik aşamalarda olup, 40 tanesi ise klinik öncesi araştırma aşamasındadır (WHO, 2021). İngiltere ve İsviçre menşeli Oxford/AstraZeneca'nın geliştirdiği ChAdOx1 nCoV-19 (AZD1222) aşısı (Barrett vd., 2020) ve Rusya'da geliştirilen Gam-COVID-Vac ve Gam-COVID-Vac-Lyo (Logunov vd., 2020) aşıları yaygın olarak bilinen adenoviral aşı örnekleridir. AZD122 aşısında maymun adenovirüs vektörü (Doremalen vd., 2020), Rusya'da geliştirilen aşılar ise rekombinant adenovirüs tip26(rAd26) ve tip5 (rAd5) vektörleri kullanılmıştır (Logunov vd., 2020).



Şekil 3. Adenoviral aşılarda şematik gösterimi ve çalışma prensibi.

Rusya’da Gamaleya Epidemiyoloji ve Mikrobiyoloji Araştırma Enstitüsü tarafından iki farklı formülasyonda geliştirilen ve Sputnik V olarak da bilinen Gam-COVID-Vac ve Gam-COVID-Vac-Lyo aşılı rekombinant adenoviral aşılara örnektir. Üretilen aşının güvenliği ve immünojenitesinin değerlendirildiği faz 1/2 çalışmalarının sonuçları The Lancet dergisinde Eylül 2020 tarihinde yayınlanmıştır. Üretilen aşılardan Gam-COVID-Vac aşısı dondurulmuş aşı formunda, Gam-COVID-Vac-Lyo ise liyofilize aşı formunda tasarlanmıştır. Bu aşılardan her ikisinde de SARS-CoV-2’nin spike glikoproteinini ifade eden rAd26-S, rAd5-S içeren rAd26 ve rAd5 viral vektörleri kullanılmıştır. Klinik çalışmalar 18 Haziran ile 3 Ağustos 2020 tarihleri arasında 76 gönüllü katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Gam-COVID-Vac gönüllü sözleşmeli askeri çalışanlar üzerinde, Gam-COVID-Vac-Lyo gönüllü siviller üzerinde test edilmiştir. Klinik çalışmalarda kullanılan aşının bir dozunda 10^{11} virüs partikülü bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma boyunca gözlenen yan etkilerin ciddiye alınmayacak derecede hafif olduğu bildirilmiştir. Gözlenen en yaygın yan etkiler; 44 kişide enjeksiyon alanında ağrı (%58), 38 kişide yüksek ateş (%50), 32 kişide baş ağrısı (%42), 21 kişide asteni (%28), 18 kişide kas ve eklem ağrısı (%24) olarak belirtilmiştir. 14’üncü günde nötralize edici antikorlarda ve SARS-CoV-2 glikoprotein antikorlarında önemli ölçüde artış olduğu ve aşılamadan sonra 28’inci günde ise spesifik T hücre tepkilerinin en üst seviyeye ulaştığı ifade edilmiştir (Logunov vd., 2020).

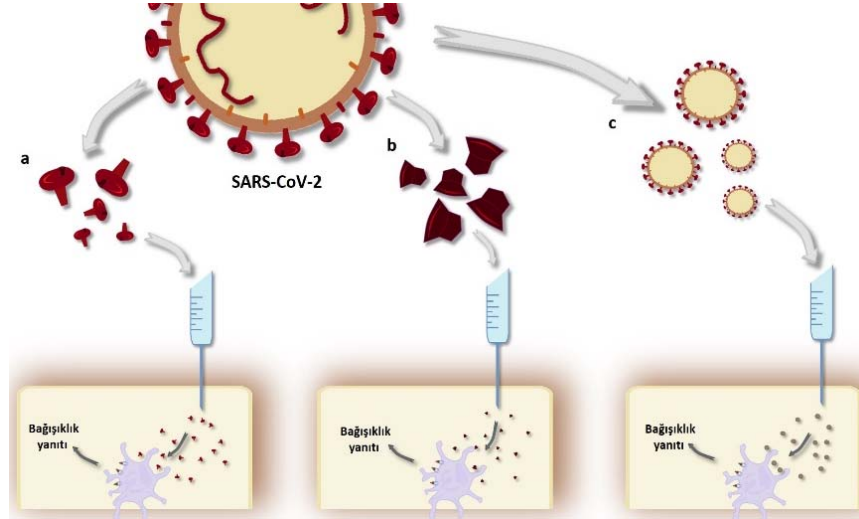
İngiltere’de Oxford Üniversitesi’nin geliştirdiği, SARS-CoV-2 spike proteinini ifade eden ve viral vektör olarak replikasyon yeteneği yok edilmiş şempanze adenovirüsünün (ChAdOx1 nCoV-19 (veya AZD1222) olarak adlandırılan aşı da adenoviral temelli bir aşıdır. Geliştirilen aşının güvenliği, reaktogenitesi ve immünojenitesinin değerlendirildiği faz 1/2 çalışmalarının sonuçları Temmuz 2020 tarihinde The Lancet dergisinde yayınlanmıştır. Klinik çalışmalarda SARS-CoV-2 enfeksiyonuna sahip olmayan veya COVID-19 benzeri semptomları göstermeyen 18-55 yaş arası sağlıklı yetişkinler, 5×10^{10} viral partikül içeren ChAdOx1 nCoV-19 ile aşılanmışlardır. ChAdOx1 nCoV-19 grubunda aşılanan katılımcılarda ciddi olmayan lokal ve sistemik reaksiyonlar daha yaygın olarak gözlenmiş olup, bu yan etkilerin çoğunluğu titreme, ağrı, ateşli his, kas ağrısı, halsizlik ve baş ağrısı olarak kayıtlara geçmiştir. Tek bir doz aşılamayla bile SARS-CoV-2’ye karşı hem humoral hem de hücreli bağışıklık yanıtların aktif hale geldiği gözlemlenmiştir. Bu aşının faz 3 çalışmaları Brezilya, Güney Afrika ve İngiltere’de devam etmektedir (Folegatti vd., 2020).

Benzer bir şekilde ülkemizde Ankara Üniversitesi’nde gerçekleştirilen çalışmalarda Tip5 adenovirüslerin kullanıldığı adenoviral vektör bazlı bir aşı faz I klinik çalışmalarına geçiş aşamasındadır (TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2021).



Rekombinant Protein Aşıları

Rekombinant protein aşıları, özellikle virüs yüzeyinde bulunan antijenik bir proteinin laboratuvar ortamında uygun bir konukçu içerisinde ifade edilmesi ve saflaştırılmasıyla elde edilir (Kochhar vd., 2020). Rekombinant proteinler, memeli hücreleri, böcek hücreleri, bitkiler, bakteriler ve mayalar dahil olmak üzere farklı sistemlerde ifade edilebilmektedir. Bakteriler, kullanım kolaylığı ve yüksek seviyeli ekspresyon kapasiteleri nedeniyle en çok kullanılan sistemlerdir ancak post-translasyonel modifikasyonların gerekli olduğu antijenler için memeli veya böcek hücreleri daha fazla tercih edilmektedir (Nascimento ve Leite, 2012). Bu aşılar, rekombinant spike protein bazlı aşılar, rekombinant reseptör-bağlayıcı domain (RBD) bazlı aşılar ve virüs benzeri partikül (VLP) bazlı aşılar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Şekil 4). Spike proteininin ifade edilmesi nispeten zor olduğu için bu durum üretim verimini ve doz sayısını etkilemektedir. Bununla birlikte, RBD'nin ifade edilmesi daha kolaydır ve tek başına ifade edildiğinde nispeten küçük bir proteindir. (Krammer, 2020). Hepatit B aşısı ve grip için kullanılan FluBlok aşısı gibi bazı rekombinant protein aşıların kullanımı mevcuttur (Rawat vd., 2020). Dünya genelinde, SARS-CoV-2'ye karşı geliştirilen rekombinant protein aşılarından 20 tanesi spike veya RBD proteinleri olarak, 2 tanesi ise VLP bazlı aşı adayları olarak klinik aşamada test edilmektedir (WHO, 2021).



Şekil 4. Rekombinant (a) spike protein bazlı, (b) RBD bazlı ve (c) VLP bazlı aşıların şematik gösterimi ve protein aşılarının çalışma prensibi.

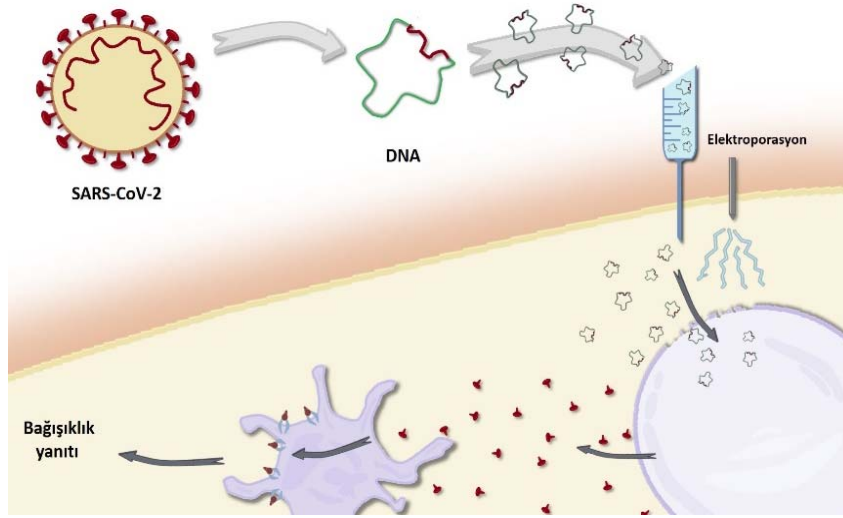
Geliştirilen rekombinant protein aşılarından en bilineni, Avustralyalı Novavax firmasının geliştirdiği NVX-CoV2373 isimli aşıdır. NVX-CoV2373, trimerik tam uzunlukta SARS-CoV-2 spike glikoproteinleri ve MATRİX-M1 adjuvanından oluşan nanopartikül aşısıdır ve testlerde faz III aşamasına geçilmiştir (Keech vd., 2020). NVX-CoV2373 aşısı ile yapılan bir çalışmada, immunize edilmiş sinomolgus maymunlarının üst ve alt enfeksiyona ve akciğer hastalıklarına karşı korunduğu gözlemlenmiştir (Guebre-Xabier vd., 2020). Çinli bir firma tarafından geliştirilen ve ZF2001 olarak adlandırılan diğer bir protein aşısı faz III aşamasındadır. Tam virüs veya tam uzunlukta spike proteinini hedefleyen diğer aşıların aksine ZF2001, SARS-CoV-2'nin reseptör-bağlayıcı domainini hedeflemektedir (Yang, vd., 2020). Kanadalı Medicago firması tarafından genetiği değiştirilmiş bitkilerden üretilen VLP bazlı aşı Faz II-III aşamasında klinik çalışmalarını sürdürmektedir (Jeyanathan vd., 2020). CoVLP olarak adlandırılan bu aşıda, SARS-CoV-2 spike proteinini *Nicotiana benthamiana* bitkisinde geçici ekspresyonla üretilmiştir (Ward vd., 2020).

Türkiye'de ise İzmir Biyotıp ve Genom Merkezi'nde yürütülen SARS-CoV-2 spike proteini ve RBD proteini kullanarak gerçekleştirilen çalışmada, *in vivo* ortamda gerçekleştirilen ilk denemelerden olumlu sonuçların alındığı bildirilmiştir (İzmir Biyotıp ve Genom Merkezi, 2020). Spike proteininin kullanıldığı bir diğer çalışma ise Hacettepe Üniversitesi'nde yürütülmektedir ve klinik öncesi *in vivo* deneylere devam edildiği bilinmektedir. Geliştirilen bu aşılarından farklı olarak, Boğaziçi Üniversitesi'nde RBD bazlı aşı ve Orta Doğu Teknik Üniversitesi'nde VLP bazlı aşı çalışmaları da gerçekleştirilmektedir (TÜBİTAK, 2020).



Rekombinant DNA Aşıları

Rekombinant DNA aşıları, diğer bir adıyla plazmid DNA aşıları, hedef antijeni kodlayan gen(ler)in konakçıya uygun bir plazmit DNA vektörüne klonlanmasıyla üretilmektedir (Silveira vd., 2020). DNA aşıları, diğer aşı tiplerine kıyasla daha düşük immünojenite sağlamasına rağmen, *in vivo* ortamda üretilen antijenin doğal formda ifade edilmesi avantajına sahiptir (Şekil 5) (Eroğlu vd., 2016). Üretim kolaylığı, güvenlik ve ölçeklenebilirlik gibi özellikleri sebebiyle mRNA aşılarıyla benzer özelliklere sahip olan DNA aşıları, konak enzimleri tarafından kolayca bozunması ve konak organizmanın genomuna entegre olabilmek riski gibi bazı dezavantajlara sahiptirler (Jeyanathan vd., 2020; Rawat vd., 2020). DNA aşılarını verimli hale getirmek amacıyla elektroporator gibi cihazlara ihtiyaç duyulmakta olup bu cihazlar DNA aşılarının kullanımını sınırlamaktadırlar (Krammer, 2020).



Şekil 5. DNA bazlı aşıların üretimi ve çalışma prensibi.

SARS-CoV-2'ye karşı geliştirilen DNA aşılarından 8 tanesi klinik aşamada olup, 16 tanesi ise klinik öncesi aşamadır. Japonya'da geliştirilen spike proteininin antijen olarak kullanıldığı DNA aşılarından biri olan AG0301-COVID19 aşısının yaklaşık 500 gönüllü üzerinde gerçekleştirilen faz II-III çalışmalarına devam edilmektedir. Benzer bir şekilde Güney Koreli bir firma tarafından geliştirilen GX-19 aşısı da spike proteinini kodlayacak şekilde tasarlanmıştır ve faz I-II çalışmaları devam etmektedir. Hindistan'da geliştirilen nCov olarak adlandırılan aşı ise faz III aşamasındadır (WHO, 2021). ABD'li biyoteknoloji şirketi Inovio Pharmaceuticals tarafından geliştirilmekte olan DNA aşısı INO-4800, SARS-CoV-2'nin S proteinini kodlayan bir plazmid içermektedir. Aşının elektroporasyon yoluyla intradermal olarak uygulandığı klinik öncesi bir çalışmada, SARS-CoV-2 S proteininin konak hücre reseptörüne bağlanmasını bloke eden antikorların üretiminin gerçekleştiği gösterilmiştir (Silveira vd., 2020). Şu anda faz II-III klinik çalışmalarına devam eden INO-4800 aşısı, klinik öncesi *in vivo* testlerde tek bir aşılama ile hücresel ve humoral bağışıklık yanıtları aktive edebilme başarısı göstermiştir (Smith vd., 2020).

Benzer şekilde, Ege Üniversitesi'nde klinik öncesi çalışmaların devam ettiği bir rekombinant DNA bazlı aşı çalışması mevcuttur (Ege Üniversitesi Haber Ajansı, 2020). Ülkemizde yürütülen tek DNA bazlı aşı projesi olan bu çalışmada, lipozom nanoparçacıkları kullanılarak aşı formülasyonlarının oluşturulması ve ardından klinik öncesi *in vivo* denemelerin yapılması planlanmaktadır (TÜBİTAK, 2020).



Sonuç

Gerçekleştirdiğimiz bu literatür derlemesinde, COVID-19 hastalığına karşı ülkemizde ve dünyada farklı üniversiteler/firmalar tarafından geliştirilen ArGe aşamasında veya klinik aşamaya ulaşmış güncel aşı tipleri ele alınmıştır. BioNTech firmasının geliştirdiği BNT162b1 isimli aşı klinik aşamalarda oldukça etkili bulunmuş ve Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi'nden onay alarak insanlar üzerinde uygulanmaya başlamıştır. BNT162b1 aşısı yeni geliştirilen bir teknik olan mRNA tabanlı bir aşı olup, insanlar üzerine uygulanan ilk mRNA aşısı olma başarısını göstermiştir. Ülkemizde de farklı aşı tipleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar mevcut olup, yerli aşımızı geliştirme noktasında ümit vaat edici gelişmeler yaşanmaktadır. Geliştirilecek olan her farklı aşı (tipi) COVID-19 hastalığı ile olan savaşımızda insanlık için yeni bir silah, yeni bir ümittir.

Kaynakça

1. Akıncı, E., Yıldız, M., Ünal, P., Badakul, G. (2017). *In vitro* transcription and validation of human pancreatic transcription factors' mRNA. Turk. J. Biol., 41(5), 708–718.
2. Anadolu Ajansı. (2021). Selçuk Üniversitesi'nde geliştirilen Türkiye'nin ilk mRNA aşısının yazın kullanıma sunulması planlanıyor. <https://www.aa.com.tr/tr/koronavirus/selcuk-universitesinde-gelistirilen-turkiyenin-ilk-mrna-asisinin-yazin-kullanima-sunulmasi-planlaniyor/2105643>
3. Baden, L., Sahly, H., Essink, B. et al. (2020). Efficacy and Safety of the mRNA-1273 SARS-CoV-2 Vaccine. N. Engl. J. Med., Advance online publication. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2035389>
4. Barrett, J.R., Belij-Rammerstorfer, S., Dold, C. et al. (2020). Phase 1/2 trial of SARS-CoV-2 vaccine ChAdOx1 nCoV-19 with a booster dose induces multifunctional antibody responses. Nat. Med. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-01179-4>
5. Corbett, K. S., Edwards, D. K., Leist, S. R., Abiona, O. M., Boyoglu-Barnum, S. et al. (2020). SARS-CoV-2 mRNA vaccine design enabled by prototype pathogen preparedness. Nature, 586, 567–571.
6. CureVac. (2020). CureVac's mRNA-based vaccine candidate against COVID-19. <https://www.curevac.com/en/covid-19/>
7. Doremalen, N., Lambe, T., Spencer, A. et al. (2020). ChAdOx1 nCoV-19 vaccine prevents SARS-CoV-2 pneumonia in rhesus macaques. Nature, 586, 578–582.
8. Ege Üniversitesi Haber Ajansı. (2020). <https://egeajans.ege.edu.tr/?p=13775> Son erişim tarihi: 22 Aralık 2020.
9. Erciyes Üniversitesi. (2020). <https://en.erciyes.edu.tr/news/The-Volunteers-were-Injected-with-the-First-Dose-of-COVID-19-Vaccine-C/84> Son erişim tarihi: 20 Aralık 2020.
10. Eroğlu, E., Singh, A., Bawage, S., Tiwari, P.M., et al. (2016). Immunogenicity of RSV F DNA Vaccine in BALB/c Mice. Advances in Virology, 2016, 10.
11. Fitzpatrick, M. (2006). The Cutter Incident: How America's First Polio Vaccine Led to a Growing Vaccine Crisis. J. R. Soc. Med., 99(3), 156.
12. Folegatti, M P., Ewer J K., Aley, K. P., et al. (2020). Safety and immunogenicity of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine against SARS-CoV-2: a preliminary report of a phase 1/2, single-blind, randomised controlled trial. The Lancet, 396(10249), 467-478.
13. Guebre-Xabier, M., Patel, N., Tian, J., et al. (2020). NVX-CoV2373 vaccine protects cynomolgus macaque upper and lower airways against SARS-CoV-2 challenge. Vaccine, 38 (50), 7892-7896.
14. Hopkins, D., R. (1988). Smallpox: ten years gone. Am. J. Public Health, 78(12), 1589–1595.
15. İzmir Biyotıp ve Genom Merkezi. (2020). <https://www.ibg.edu.tr/news/details/first-animal-tests-for-the-coronavirus-vaccination-gave-positive-results/> Son erişim tarihi: 20 Aralık 2020.
16. Jeyanathan, M., Afkhami, S., Smaill, F. et al. (2020). Immunological considerations for COVID-19 vaccine strategies. Nat. Rev. Immunol., 20, 615–632.
17. Keech, C., Albert, G., Cho, I., Robertson, A., Reed, P., Neal, S., et al. (2020). Phase 1–2 Trial of a SARS-CoV-2 Recombinant Spike Protein Nanoparticle Vaccine. N. Engl. J. Med., 383, 2320-2332.
18. Kochhar, S., Kim, D., Excler, J. L., Condit, R. C., et al. (2020). The Brighton Collaboration standardized template for collection of key information for benefit-risk assessment of protein vaccines. Vaccine, 38(35), 5734–5739.
19. Krammer, F. (2020). SARS-CoV-2 vaccines in development. Nature, 586, 516–527.



20. Logunov, D. Y., Dolzhikova, I. V., Zubkova, O. V., et al. (2020). Safety and immunogenicity of an rAd26 and rAd5 vector-based heterologous prime-boost COVID-19 vaccine in two formulations: two open, non-randomised phase 1/2 studies from Russia. *The Lancet*, 396(10255), 887–897.
21. Nascimento, I., P., Leite, L., C., C. (2012). Recombinant vaccines and the development of new vaccine strategies. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 45(12), 1102-1111.
22. Polack, F., Thomas, S., Kitchin, N. et al. (2020). Safety and Efficacy of the BNT162b2 mRNA COVID-19 Vaccine. *N. Engl. J. Med.*, 383, 2603-2615.
23. Rawat, K., Kumari, P., Saha, L. (2021). COVID-19 vaccine: A recent update in pipeline vaccines, their design and development strategies. *Eur. J. Pharmacol.*, 5, 892.
24. Selçuk Üniversitesi. (2020). <https://selcuk.edu.tr/HaberKulturSporDetay/2020-selcuk-universitesi-asi-calismalari-dunya-saglik-orgutu-listesinde--4504> Son erişim tarihi: 20 Aralık 2020.
25. Silveira, M. M., Moreira, G., Mendonça, M. (2020). DNA vaccines against COVID-19: Perspectives and challenges. *Life Sciences*, 267, 118919. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118919>
26. Smith, T., R., F., Patel, A., Ramos, S., et al. (2020). Immunogenicity of a DNA vaccine candidate for COVID-19. *Nat Commun.*, 11(1), 2601.
27. Şahin, U., Muik, A., Derhovanessian, E. et al. (2020). COVID-19 vaccine BNT162b1 elicits human antibody and TH1 T cell responses. *Nature*, 586, 594–599.
28. TC Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2021). COVID-19 ile mücadele kapsamında atılan adımlar. <https://sanayi.gov.tr/covid-19/asi-ilac-ve-tani-calismalari#asi-calismalari> Son erişim tarihi: 25 Ocak 2021.
29. Tiwari, P.M., Vanover, D., Lindsay, K.E. et al. (2018). Engineered mRNA-expressed antibodies prevent respiratory syncytial virus infection. *Nat. Commun.*, 9, 3999.
30. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK). (2020). Covid-19 Türkiye Web Portalı. Bilimsel Kaynaklar. <https://covid19.tubitak.gov.tr/bilimsel-kaynaklar>
31. Türkiye Cumhuriyeti Sağlık Bakanlığı. (2021). COVID-19 Bilgilendirme Sayfası. https://covid19.saglik.gov.tr/?gclid=Cj0KCQiAifz-BRDjARIsAEElyGKYgNmEcJgXBO0MFSwyfDUEB6h6vekswXUD0Xo2WoyQhY9uFbwmiAaAt07EALw_wcB Son erişim tarihi: 22 Ocak 2021.
32. Verbeke, R., Lentacker, I., Smedt, S., Dewitte, H., 2019. Three decades of messenger RNA vaccine development. *Nano Today*, 28.
33. Ward, B., Gobeil, P., Seguin, A., et al. (2020). Phase 1 trial of a Candidate Recombinant Virus-Like Particle Vaccine for Covid-19 Disease Produced in Plants. *MedRxiv* <https://doi.org/10.1101/2020.11.04.20226282>
34. World Health Organization (2021) Draft Landscape of COVID-19 Candidate Vaccines. <https://www.who.int/publications/m/item/draft-landscape-of-covid-19-candidate-vaccines> Son erişim tarihi: 22 Ocak 2021.
35. Yang, S., Li, Y., Dai, L., et al. (2020). Safety and immunogenicity of a recombinant tandem-repeat dimeric RBD protein vaccine against COVID-19 in adults: pooled analysis of two randomized, double-blind, placebo-controlled, phase 1 and 2 trials. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.12.20.20248602>
36. Zhang, Y., Zeng, G., Pan, H., Li, C., et al. (2020). Immunogenicity and Safety of a SARS-CoV-2 Inactivated Vaccine in Healthy Adults Aged 18-59 years: Report of the Randomized, Double-blind, and Placebo-controlled Phase 2 Clinical Trial. *MedRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.07.31.20161216>



DEKSTRİN İLAVESİNİN DÖKÜM HATALARI VE YAŞ KALIP KUMUNUN MEKANİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

¹GÜLCAN ÇETİN, ¹MÜMİN OKUL, ¹UMUT AKTAŞ, ^{2,3}TUĞÇE YAĞCI, ^{2,3}ADEM KORKMAZ

¹Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye

³Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye

E-mail: gulcan.cetin35@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, kum kalıplarda bağlayıcı olarak kullanılan dekstrinin, yaş kalıp kumlarının özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi, sırasıyla yatay ve dikey (FTL ve DISA) otomatik kalıplama hatlarında ve yaş kum kalıplama sisteminde kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmaktadır.

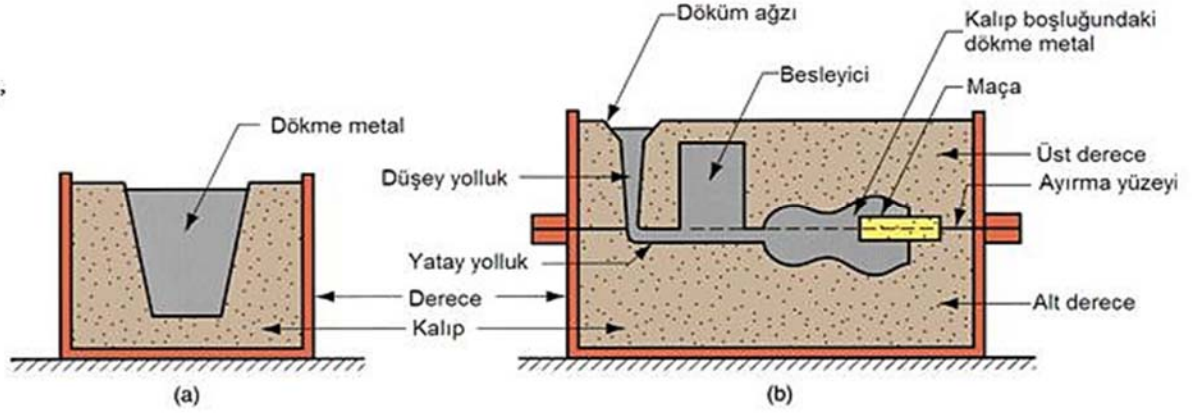
Döküm işleminde kullanılan yaş kalıp kumu, silis (SiO₂ tanecikleri), kil (bentonit), su (nem) ve gerekli ilavelerin karışımından meydana gelmektedir (İzgiz, 2012; Gül ve Hasırcı, 2006). Yaş kalıp kumunun, iş parçasının kalıptan çıkarılması sırasında meydana gelen mekanik etkilere karşı dayanıklı, yaş basma/çekme mukavemeti yüksek ve aynı zamanda döküm esnasında açığa çıkan gazların kalıp içerisinden uzaklaştırabilmesi için gaz geçirgenliğinin iyi olması gibi özellikler sergilemesi istenmektedir. Ayrıca, kalıbın doldurulması sırasında laminar, hızlı, kesintisiz sıvı metal akışını sağlayacak şekilde kalıp yüzeyinin erozyon ve penetrasyon direncine, dolayısıyla yüksek kuru basma mukavemetine sahip olması gerekmektedir (Aramide ve diğ., 2011).

Son zamanlarda üretimde meydana gelen yaş kum kalıplama sistemi kaynaklı hatalar ve bu hataların artışı söz konusu çalışmanın gerçekleştirilmesinde itici güç olmuştur. Meydana gelen hataların sistem üzerine olan etkilerini minimize etmek ve hali hazırda kullanılanlara göre daha stabil bir kalıp kumu malzemesi elde etmek amacıyla yapılan literatür araştırmaları sonucunda çalışmanın odak noktasının yaş kalıp kumlarına bağlayıcı olarak ilave edilebilen dekstrin maddesi üzerine olması saptanmıştır. Bu çalışmayla, dekstrin ilavesinin yaş kalıp kumu üzerindeki etkileri deneysel çalışmalarla araştırılmış ve kalıp kumu bileşim optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: kum kalıba döküm, yaş kalıp kumu, dekstrin, döküm hataları.

Giriş

Karmaşık geometriye sahip parçaların imalatında kullanılan, faz değişimi esasına dayanan döküm yönteminin, spesifik olarak birçok alt yöntemi olmasına rağmen, kum kalıba döküm bunlar arasında en çok kullanılan yöntemdir. Kum kalıba döküm yöntemi, sahip olduğu 1 kg'a kadar varabilen geniş döküm parça ağırlığı skalası, düşük maliyetli üretim ve kalıp malzemesinin doğada bolca bulunabilmesi gibi özellikler nedeniyle popülerliğini koruyan bir yöntemdir.



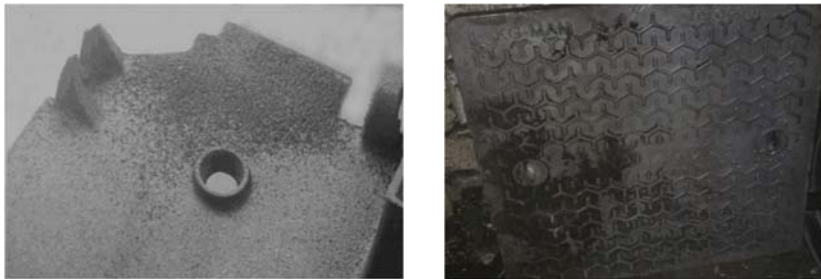
Şekil 7. Kum kalıba döküm yönteminin şematik gösterimi (a) açık kalıp, (b) kapalı kalıp.

Adını yöntem içerisinde kullanılan kalıp malzemesinden alan kum kalıba döküm yöntemi, dökümü yapılacak olan parçanın negatifinin, kum kalıp içerisinde oluşturulması ve ergiyik metalin kalıp boşluğuna doldurulması prensibine dayanmaktadır. Bu amaçla kullanılan kalıp kumunun, diğer kalıp malzemelerinin aksine birçok avantaja sahip bir kalıp malzemesi olmasıyla beraber, bu konu üzerine yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları sürekli devam etmektedir. Kum kalıba döküm yönteminde kullanılan yaş kalıp kumu bileşiminde bulunan, kil ve su birleşerek kum taneciklerinin bir arada tutulması için bağlayıcı görevi görür (Erbul, 2019; Ülker, 2007).

Dekstrin, nişastanın yüksek sıcaklıkta muamele edilmesiyle elde edilen bir nişasta türevidir. Bağlayıcı olarak kullanılan dekstrin maddesi, kömür, levha, tutkal, pelet odun, köşebent, laminasyon kaplamanın yanı sıra kimya ve döküm sanayinde tercih edilmektedir. Özellikle döküm sanayinde döküm kalıbını oluşturmak için kullanılan kalıp kumunun bir araya getirilmesinde kullanılmaktadır (Dipankar ve Sagar, 2015; Millot ve diğ., 2012).

Kum kalıba döküm prosesinde kullanılan yaş kalıp kumlarından kaynaklanan döküm hataları analiz edildiğinde, sinter ve kalıp koparma hataları en sık karşılaşılan hata türlerindendir. Sinter hatası, döküm işlemi öncesi veya sırasında, sıvı metalin kalıp yüzeyindeki kum taneleri arasına girmesi ve katılaşmasıyla oluşan bir döküm hatasıdır. Metal yüzeyine difüze olan kum taneleri pürüzlü bir yüzey oluşumuna neden olmakta ve döküm parçasının dış yüzeyinin görüntüsünü olumsuz yönde etkilemektedir (MEB, 2006; Akar, 2018).

Kum ve kalıp koparma hatası ise, sıvı metalin kalıba girişte kumu aşındırması veya koparması sonucunda oluşan bir döküm hatasıdır. Kalıp içerisinde sıvı metalin akışının engellendiği veya yavaşladığı bölgelerde, daha sık görülmektedir [2,3]. Literatür araştırmaları sırasında karşılaşılan bu durum, yaş kalıp kumlarıyla ilgili bu çalışmanın gerçekleştirilmesine öncülük etmiştir. Öte yandan, proses sırasında oluşan döküm hatalarının önüne geçilebilmesi ya da minimize edilebilmesi için teorik ve deneysel araştırmalarla, mevcut durumun analizini zorunlu kılmıştır.



Şekil 2. Sinter hatası.



Şekil 3. Kum kalıp koparma hatası.

Bu çalışmada, döküm işleminde mevcutta kullanılan yaş kalıp kumu ve dekstrin ilavesiyle elde edilen yaş kalıp kumunun test ve karakterizasyon çalışmalarıyla, kimyasal ve mekanik özellikleri standartlara uygun olarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca, her iki kalıp kumu kullanılarak gerçekleştirilen dökümlerden elde edilen iş parçalarındaki döküm hataları, mikroskopik incelemelerle analiz edilmiş ve sonuçlar detaylı olarak karşılaştırılmıştır.

Malzeme ve Yöntem

Yapılan deneysel çalışmalar ve incelemeler sonucunda, bu hataların kullanılan yaş kalıp kumundan kaynaklanabileceği tespit edilmiş ve yaş kalıp kumu karışımına dekstrin ilavesi yapılmıştır. DISA 2070-C isimli otomatik dikey kalıplama hattının mikser karışımına yapılan dekstrin ilavesinden sonra yaş kalıp kumundan, incelenmek üzere numuneler alınmıştır.



Şekil 4. DISA 2070-C otomatik dikey kalıplama hattı.

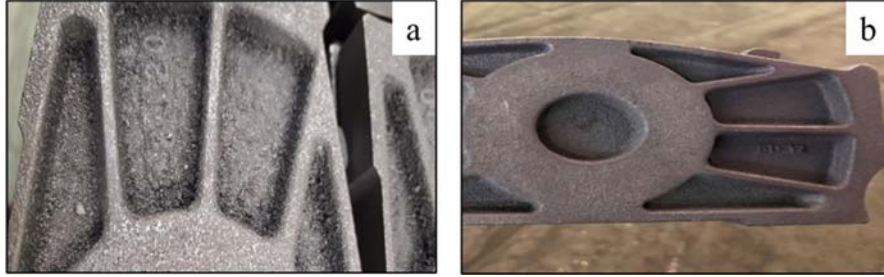
Alınan numuneler, Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş. Metalografi Laboratuvarında nem, kompaktabilite, gaz geçirgenliği, ıslak çekme, yaş basma ve kesme, uçucu madde kaybı, yanma kaybı testlerine tabi tutularak incelenmiştir. Ayrıca, numunelerde kum sıcaklığının ölçümleri de gerçekleştirilmiştir. Dekstrin ilaveli yaş kalıp kumu karışımından alınan numuneler üzerine yapılan testlerin sonucunda elde edilen veriler ile dekstrin ilavesiz yaş kalıp kumuna ait analiz değerleri karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.



Bulgular

Tablo 1. Dökümü gerçekleştirilen bir iş parçasının dekstrin ilavesi yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra yaş kalıp kumu değerleri.

Yaş Kalıp Kumuna Dekstrin İlavesi	Islak Çekme Mukavemeti (N/cm ²)	Basma Mukavemeti (N/cm ²)	Yaş Kesme Mukavemeti (N/cm ²)	Kompaktabilite (%)
Yok	0.19	19.1	4.7	42.37
Var	0.22	24.3	5.8	50.12



Şekil 5. Dökümü gerçekleştirilen bir iş parçasında dekstrin ilavesinin döküm hataları üzerindeki etkisinin görünümü (a) dekstrin ilavesinden önce, (b) dekstrin ilavesinden sonra.

Dekstrin ilaveli ve ilavesiz yaş kalıp kumundan örneklerin alınmasının ardından laboratuvarında gerekli testler ve analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan test ve analizler neticesinde Tablo 1’de görüldüğü üzere, dekstrin ilavesinden sonra yaş kalıp kumunun dayanımının arttığı gözlemlenmiştir. Aynı zamanda daha önce dökümü gerçekleştirilen iş parçasının dekstrin ilavesinden sonra Şekil 5’te de görüldüğü üzere, döküm hataları üzerinde iyileştirici bir etkisi mevcuttur.

Sonuçlar

Yapılan çalışmalar sonucunda, DISA 2070-C otomatik dikey kalıplama hattının mikser kum karışımına yapılan dekstrin ilavesinden sonra firmaya ait laboratuvarında belirlenen testler yapılarak elde edilen sonuçlar ile sistemde kullanılan mevcut kum değerleri karşılaştırıldığında yaş basma/kesme mukavemetlerinde ve ıslak çekme mukavemetinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Daha önce dökümü gerçekleştirilen iş parçalarıyla, yaş kalıp kumuna dekstrin ilavesi yapıldıktan sonra dökümü gerçekleştirilen iş parçalarına ait analiz sonuçları karşılaştırıldığında, sinter ve kalıp koparma hatalarında belirgin iyileşmeler olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan testler ve incelemeler neticesinde, bu çalışmaların FTL isimli otomatik yatay kalıplama hattında kullanılan yaş kalıp kumu için de tekrarlanması ve sonuçların karşılaştırılması uygun görülmüştür.



Referanslar

- Akar, M., (2018). Döküm hataları ve önlenmesi için tasarım yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Aramide, F. O., Aribio, S., Folorunso, D. O. (2011). Optimizing the moulding properties of recycled ilaro silica sand. Leonardo Journal of Sciences, 19, 93-102.
- Dipankar, D. ve Sagar, P. (2015). Modified biopolymer-dextrin based crosslinked hydrogels: application in controlled drug delivery, RSC Adv., 5, 25014- 50
- Erbul, A., (2019). Dökme demirlerin kum kalıba döküm tekniğinde yolluk sistemlerinin dizaynı ve simülasyon sonuçlarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gül, F., ve Hasırcı, H., (2006). Üretim şartlarının yerçekimine ters döküm yöntemiyle üretilen parçaların yapı ve mekanik özelliklerine etkileri. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 21, 2, 257-264.
- İzgiz, S. (2012). Yaş kalıplama kumu, Değişim Yayınları. 157, 2012.
- Millot, C. L., Deremaux, L. G., Wils, D., Neut, C., Miller, L.E., Saniez-Degrave, M.H. (2012). Impact of a resistant dextrin on intestinal ecology: how altering the digestive ecosystem with NUTRIOSE®, a soluble fibre with prebiotic properties, may be beneficial for health, J. Int. Med. Res., 40 211-24.
- Ülker, A., (2007). Kum kalıba dökümde farklı yolluk, besleyici tasarım yöntemlerinin kıyaslanması, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, (2006). Meslekî eğitim ve öğretim sisteminin güçlendirilmesi projesi, Ankara.



HAFİF TİCARİ ARAÇ KARDAN MİLLERİ İÇİN TÜRKİYE’DE İLK KARBON KOMPOZİT TÜP ÇATAL TASARIM VE ÜRETİMİ

Mehmet Er KİPEL ¹, Ferit SİMSAROĞLU ¹, Fulya EYÇİN ¹, Volkan YIKGEÇ ¹

¹ Tirsan Kardan Sanayi Ticaret A.Ş., Manisa, Türkiye

Email: m.kipel@tirsankardan.com.tr

Özet

Bu çalışmanın temel amacı, tasarımı gerçekleştirilen karbon kompozit tüp çatalın çoklu FE analizleri ile, prototiplerinin üretilerek oluşturulan kardan mili montajlı kompleinin performans testleriyle doğrulanması ve nihayetinde karbon kompozit tüp çatalı kardan mili ürününün elde edilmesidir.

Çalışmada, karbon kompozitten oluşan tüp çatal ve bağlantıları CAD ortamında tasarlanmıştır. Karbon kompozit tüp çatal parametreleri ve tüp çatal ile kardan mili elemanlarının bağlantısını sağlayan yapıştırıcı malzeme özellikleri tanımlanarak gerçekleştirilen FE analizleri sonucuna göre tasarım revizyonları yapılmıştır. Karbon kompozit tüp çatal prototipi ile oluşturulan kardan mili montajlı kompleinin performans test sonuçlarıyla fiziksel ve sanal prototipler karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın sonucunda, yapıştırma yöntemiyle birleştirilen karbon kompozit tüp çatal içeren kardan milli tasarımı ve prototipi doğrulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Kardan Mili, Tüp Çatal, Karbon Kompozit, Prepreg

Giriş

Kardan milleri, güç grubundan aldıkları hareketi ileten aktarma organlarıdır. Geleneksel kardan milleri metal esaslı malzemelerden üretildikleri için ağırlık, osilasyon, korozyon, kaynak yorulması, burulma ve yüksek atalet etkileri gibi problemlere sahiptirler.

Otomotiv endüstrisinde sera gazı emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik kararların sonucu olarak araçların hafifletilmesi ancak alt sistemlerin hafifletilmesi ile mümkündür. Alt sistemleri oluşturan komponentlerin kompozit malzemelerden oluşacak biçimde tasarlanması kompozitlerin kullanımını arttırmış, metal parçaların yerini kompozit malzemeler almaya başlamıştır. Böylece, kompozit kardan mili çalışmaları ile araçlarda ağırlık azaltma çalışmalarına katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Çalışmanın genel amacı, Tirsan Kardan Dövmehane’sinde çelik bardan dövme üretim yöntemi ile üretilmekte olan tüp çatalın yerine mevcut yükleme koşullarına dayanım sağlayan ve ağırlığı azaltılan prepreg malzemeden karbon kompozit olarak üretilmesidir.

Tüp çatalın kompozit ve dövme yöntemiyle üretilmesi çalışmaları birbiriyle karşılaştırıldığında, dövme yöntemiyle üretim maliyeti daha düşükken, kompozit ile üretiminde ağırlık azalmaktadır.

Rastogi N. ve diğerlerinin kompozit boru ve metal tüp çataldan meydana gelen kardan mili çalışmaları bulunmaktadır. Mevcut çalışmada, modern birleştirme teknikleri de kullanılarak kompozit boru ve kompozit tüp çatal tasarımı ile literatürdeki problemlerin aşılması hedeflenmiştir.

Bu çalışmada tasarım aşaması sonlu elemanlar analizleri ile desteklenerek parametrik mukavemet analizleri yapılmış hasar teorilerine göre optimum malzeme konfigürasyonu elde edilmiş elde edilen sonuçlar tasarım dondurulmuştur. Simülasyon yazılımı olarak Ansys Workbench programının ACP modülü kullanılmıştır.

Malzeme ve Yöntem

Çalışmada sırasıyla; mevcut durum analizi, 3D tasarım, yapısal analiz çalışmaları, karbon kompozit tüp çatal üretim yöntem geliştirmesi, prototip üretimi ve performans testleri yapılmıştır.



Mevcut Durum Analizleri

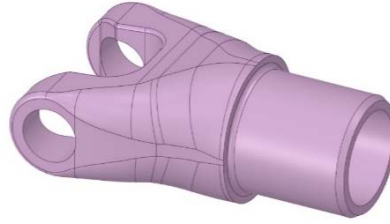
Dövme yöntemi ile üretilen çelik tüp çatalın malzemesine ait spektral analiz sonucuna göre elde edilen kimyasal alaşım kompozisyonu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kimyasal Alaşım Kompozisyonu

C	Si	Mn	Pmax	Smax
0.12-0.18	0.15-0.35	0.30-0.60	0.035	0.03

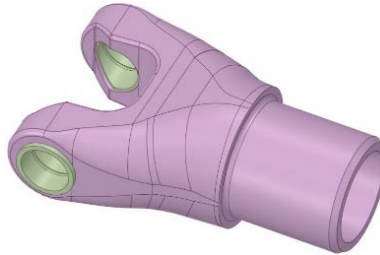
3D Tasarım, Yapısal Analizler ve Kompozit Tüp Çatal Üretim Yöntemi

Yapılan araştırma ve çalışmalar sonucunda, tüp çatalın vakum torbalama yöntemiyle üretimine karar verilmiştir. Mevcutta kullanılan dövme ile üretilen tüp çatalın yerine; gerilme yığılmasının önüne geçileceği öngörülen sürekli ve uniform geçişlere sahip yüksek mukavemetli, bir tüp çatal tasarlanmıştır (Şekil 1).



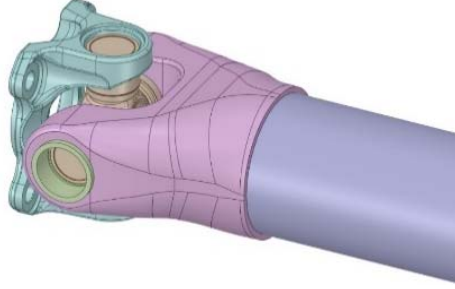
Şekil 1. Prepreg Yapıya Uygun Tüp Çatal Tasarımı

Mevcut üretimde, sıcak dövme ve işleme ile elde edilen tüp çatala istavroz kompleksi (istavroz gövdesi ve rulmanı) presle ezme yöntemi sabitlenmektedir. Ancak, kompozit tüp çatal tasarımında istavroz kompleksinin tüp çatala montajında ezme yöntemiyle birleştirme mümkün olmayacağından segman bağlantılı bir sabitleme yöntemi tasarlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Burç Montajlı Prepreg Yapıya Uygun Tüp Çatal Tasarımı

Burçlar prepreg yapılı tüp çatala yapıştırma yöntemi ile birleştirilmiştir. Segmanlı bağlantı biçimi, seri imalat ve yedek parça değişiminde kolaylık sağlayacaktır (Şekil 3).



Şekil 3. Montajlı Komple (Tüp Çatal, İstavroz Komplexi, Çatallı Flanş)

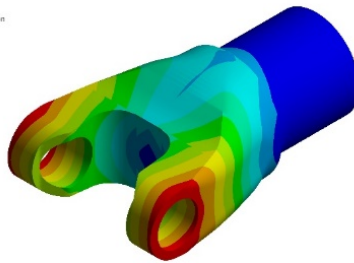
Kompozit Tüp Çatal Yapısal Analizi

Hacim, ağırlık ve tüp çatalın çalışma açısı gibi kısıtlar göz önünde bulundurularak, kompozit tüp çatalın maksimum performansa ulaşması için birçok parametrik analiz koşturulmuştur. Parametreye bağlanan değişkenler; mesh boyutu, malzeme (kumaş) kalınlığı, malzeme tipi (UD, Twill vb.), reçine oranı, fiber oranı, fiber açısı, yönü ve sırasıdır. Yapısal analizler neticesinde, belirtilen parametrelere göre fiber sürekliliği de göz önünde bulundurularak optimum konfigürasyon elde edilmiştir. Analiz çıktısı olarak Toplam Deplasman ve belirli hasar teorileri (Maximum Stress, Maximum Strain, Tsai-Wu, Tsai-Hill, Hashin, Puck vb.) göz önünde bulundurularak Güvenlik Faktörü değerleri hesaplanmıştır (Şekil 4,5).



Şekil 4. Sonlu Elemanlara Ayrılmış Kompozit Tüp Çatal

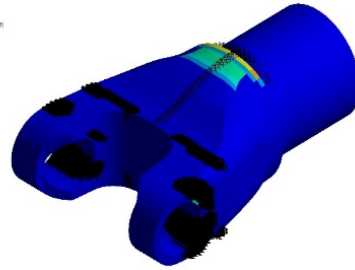
B: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
0.50335 Max
0.46743
0.3975
0.33205
0.27965
0.22714
0.18781
0.11789
0.05060
-4.4790e-5 Min



Şekil 5.

a) Toplam Deplasman

B: Static Structural
Safety Factor
Type: Safety Factor (Unaveraged)
1000 Max
1.875
1.75
1.625
1.5
1.375
1.25
1
0

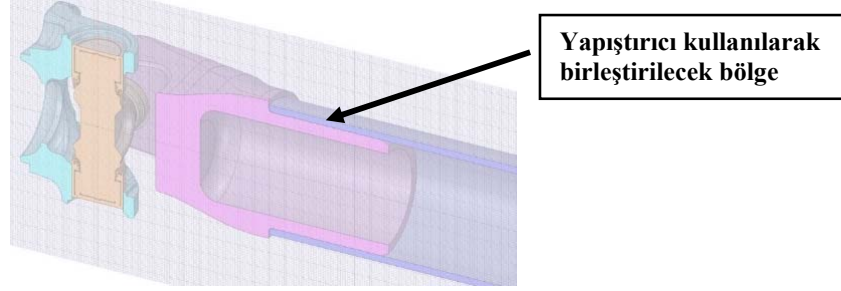


b) Güvenlik Faktörü

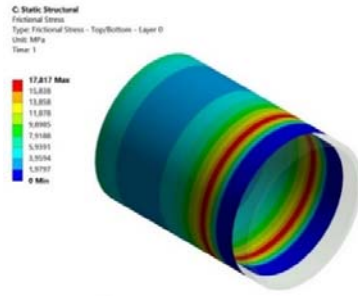
Birleştirme Bölgesine Ait Teorik Çalışma ve Yapısal Analiz (Kompozit Boru – Kompozit Tüp Çatal)



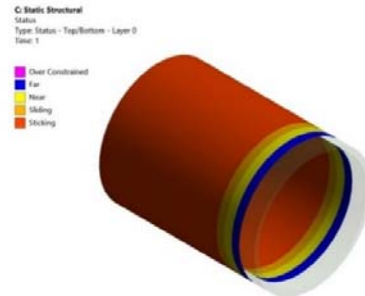
Kompozit malzemeler, kaynak gibi geleneksel yöntemler ile birleştirilemediğinden farklı birleştirme yöntemleri üzerinde çalışılmıştır. Yapılan çalışmaların sonucunda, bağlantı biçimi olarak havacılık ve savunma sanayiinde kullanılan yüksek mukavemetli yapıştırıcı ile birleştirilmesine karar verilmiştir. Yapıştırma bölgesi için gerekli toleranslandırma ve kontak yüzey alanı belirlenmiştir (Şekil 6). FEA kullanılarak, kompozit tüp çatal ile kompozit boru arasındaki kontak basınçları hesaplanmıştır (Şekil 7,8). Analizle elde edilen kontaklar arasında reaksiyon kuvvetleri (Tablo 2) karşılayacak en uygun yapıştırıcı seçilmiştir.



Şekil 6. Birleştirme Bölgesi



Şekil 7. Kontak Durumu (Kompozit Boru Kompozit Tüp Çatal)



Şekil 8. Kontak Basıncı (Kompozit Boru – Kompozit Tüp Çatal)

Tablo 2. Parametrik Yapıştırma Bölgesi Analizi

Parametre	Kompozit Boru-Kompozit Tüp Çatal
Kontak Basıncı [Psi]	2584
Kontak Durumu	Yapışık

Yüksek mukavemetli yapıştırıcının katalog değerlerine göre kontakların emniyet katsayısı (S);

$$S = 4500\text{Psi}/2584.14\text{Psi} = 1.74 \quad [1]$$

Kontakların taşıyabileceği maksimum tork;

$$T = (3500 \text{ N.m})(1.74) = 6090 \text{ N.m} \quad [2]$$



Kompozit Tüp Çatal Prototip Üretimi

Prepreg katmanlar vakum altında kürlenerek birleştirilmiş, oluşan katmanlı yapı talaşlı üretim yöntemleriyle işlenerek tüp çatal prototip haline getirilmiştir.

Kompozit tüp çatal prototip üretim prosesine göre (Şekil 9):

1. Karbon fiber prepreg kumaşlar, şablon kullanılarak daha önceden belirlenen ölçülerde kesilir
2. Kesimi gerçekleşen karbon fiber prepreg kumaşlar, yapısal analiz ile belirlenen optimum konfigürasyona göre serilir
3. Prototip, torbanın içinde paketlenir ve vakumlama işlemi gerçekleştirilir
4. Daha önceden belirlenmiş sıcaklık ve sürede fırın içerisinde kürlenme işlemi gerçekleştirilir
5. Kalıptan çıkarılan prototip form, oda sıcaklığında soğumaya bırakılır
6. Karbon yapı talaşlı imalat ile nihai tüp çatal prototipi haline getirilir.



Şekil 9. Kompozit Tüp Çatal Prototip Üretimi

Komple Kompozit Kardan Mili Üretimi

Üretilen kompozit tüp çatal ve kompozit boru yapıştırıcı ile birleştirilmiştir. Kardan mili diğer alt parçaları da birleştirilerek kompozit komple kardan mili üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Montajlı Komple Kompozit Kardan Mili

Performans Testleri

Sanal ortam analizleri ile elde edilen çıktıların performans testleri ile karşılaştırmak ve ürünün performansını tespit etmek amacıyla bir dizi testler yapılmıştır. Bunlar; birleştirme bölgesi (yapıştırıcı) ve kompozit tüp çatal için statik torsiyon, kompozit kardan mili montajlı komple için statik torsiyon testidir.

Birleştirme Bölgesi Performans Testi

Birleştirme bölgesi performans testi için yarı montajlı komple oluşturulmuştur. Statik Torsiyon Test Tezgahı'na bağlanmış ve kontakta kayma meydana gelene kadar yük uygulanmıştır. Test, yapıştırıcının dayanacağı maksimum yükün tespiti amacıyla yapıldığından birleştirme bölgesi kontakta meydana gelen kaymanın hangi değerde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Birleştirme Bölgesi Testi ve Kontakta Meydana Gelen Kayma

Kompozit Tüp Çatal Performans Testi

Birleştirme bölgesi performans testine benzer bir biçimde yarı montajlı komple oluşturulmuş ve karbon kompozit tüp çatal kırılıncaya kadar tork uygulanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Kompozit Tüp Çatal Performans Testi

Kompozit Kardan Mili Montajlı Komple Performans Testi

Kompozit kardan mili montajlı komple prototipleri üretilmiş, montajlı komplelere statik torsiyon testi uygulanmıştır (Şekil 13).



Şekil 13. Kompozit Kardan Mili Montajlı Komple Performans Testi

Bulgular

Kompozit malzemeli kardan mili çalışmalarında yapıştırıcı ile birleştirme yöntemini ve kompozit tüp çatalın dayanımını etkileyen parametreler olmak üzere 2 tip bulgu elde edilmiştir.

a) Yapıştırıcı performansını etkileyen parametreler:

1. Yapıştırıcının kurlenme süresi
2. Ortam koşulları



3. Yapıştırılacak yüzeylerin temizliği
4. Yapıştırılacak yüzeyler arasındaki boşluk toleransı

b) Kompozit tüp çatalın performansını etkileyen parametreler:

1. Fiber sürekliliği
2. Kırılma sıcaklığı ve süresi
3. Fiber oranı
4. Vakum torbalama işlemi

Sonuçlar

Bu çalışmada, Türkiye’de ilk kez kardan milinde karbon kompozit tüp çatal ve kompozit-kompozit ile kompozit-metal bağlantılarını mekanik olmayan bağlantı biçimi ile birleştiren tasarım ve prototipi, yapısal FE analizleri ve performans testleri ile birlikte gerçekleştirilmiştir. Çalışmaların sonucunda, proje öncesinde belirlenen gerek ve yeter yük şartına (hedef: ≥ 3500 N.m) hem FE analizleri hem de performans testleri ile ulaşılmış ve tasarım doğrulanmıştır. Yapısal analiz ile performans testi sonuçları karşılaştırılmıştır (Tablo 3). Çalışmanın bir önemli çıktısı da tüp çatal’ın hafifletilmiş olmasıdır. Mevcut çelik (Şekil 14a) ve kompozit tüp çatal (Şekil 14b) ağırlıkları karşılaştırılmıştır (Tablo 4).



Şekil 14.

a) Mevcut Çelik Tüp Çatal

b) Kompozit Tüp Çatal

Tablo 3. Sonlu Elemanlar Analizleriyle Performans Testlerinin Karşılaştırılması

Karşılaştırma Parametresi	Sonlu Elemanlar Analizi	Performans Testi	Yakınsama Oranı [%]
Birleştirme Bölgesi [N.m]	6090	6920	88
Karbon Kompozit Tüp Çatal [N.m]	4320	3794	87

Tablo 4. Mevcut Çelik ve Kompozit Tüp Çatalın Ağırlık Karşılaştırması



	Ağırlık [g]	Hafifletme Oranı [%]
Mevcut Tüp Çatal	1070	44
Kompozit Tüp Çatal	600	

Teşekkür

Üniversite-sanayi iş birliğinin bir ürünü olan bu kongreyi gerçekleştirerek pandemi döneminde Ar-Ge merkezlerine bildiri ve makale yayınlama olanağı yaratmasından dolayı Manisa Celal Bayar Üniversitesi'ne, karbon kompozit tüp çatal prototipinin elde edilmesinde sağladığı işbirliği nedeniyle ACS Composite firmasına teşekkür ederiz.

Referanslar

1. Beardmore P. and Johnson C.F. (1986). The Potential for Composites Science and Technology. Vol. 26, (pp 251-281).
2. Chase, V. A., (1979), "Automotive Applications of Composite Materials", Proceedings of 11th SAMPE Technical Conference, Vol. 11, (pp. 388-398).
3. Hoffmann, W, (1989). "Fiber Composites in the Driveline", Automotive Engineering, vol. 14, no. 6, (pp. 48-50).
4. Rastogi N. (2004). Design of Composite Driveshafts for Automotive Applications. SAE, technical paper series, 2004-01-0485.
5. Ruegg, C. and Habermeier, J., (1981) "Composite Propeller Shafts, Design and Optimization", Automotive Engineer, (pp. 13-15).
6. Spencer, B and McGee, J, "Design Methodology for a Composite Drive Shaft", Proceedings of Advanced Composites Conference, (1985), (pp. 69-82).



INCREASING QUALITY OF A WHEEL PRODUCED BY LPDC WITH MAGMASOFT

İlker ÖRMECİ¹, Ferhat AYDOĞAN¹, Prof. Dr. Reşat SELBAŞ²

¹ Döktaş Ar-Ge Merkezi, Manisa, Türkiye

² Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

Email: ¹ilker.ormeci@doktas.com, ²ferhat.aydogan@doktas.com, ³resatselbas@sdu.edu.tr

Abstract

In this study, process verification and improvement procedures of a wheel with high scrap and production problem have been performed. After examining the data of the relevant wheel, the necessary design processes were made in the Catia v5 and then the setup was created in Magmasoft programme. The mathematical model was created by meshing cubic in the computer-aided program that will use the related mold and wheel finite volume method. Later, a new wheel setup card for casting was created by performing optimization studies in computer. Old and new wheel setup cards for casting tested in casting. The analysis result and the sections taken from the casting wheels agreed with each other. As a result of the trial, process verification and process improvement operations were carried out. The process verification and process improvement operations, the number of scrap wheels decreased from 35% to %9. Thus energy resources were used more efficiently and a higher export capacity was achieved.

Keywords: Wheel, Magmasoft, Low Pressure Die Casting, Casting Process Verification, Casting Process Improvement, Optimization

Introduction

The wheel is the safety part that enables the vehicle to go by using the torque coming from the engine. The wheel is located in a circle inside the tire in a car. It is a component produced from metal. The vehicle is moved by mounting the tire around the wheel. The wheels, which are an important element in the exterior appearance of the vehicle, are directly connected to the axle system. Wheels that can be produced in a wide variety of metals (such as aluminum alloy wheels, steel wheels) have different effects on vehicle performance. The selection of the wheel is also of great importance due to this situation. Fundamental regions are shown on the wheel in Figure 1. Wheel diameter and wheel length are used in norm indication. For example, if there is an expression in the form of 8x17 in the wheel marking; it is known that this wheel has a width of 8 "and a wheel diameter of 17". These values can be different for each car. The flange is the part of the wheel that provides lateral support for the tire.

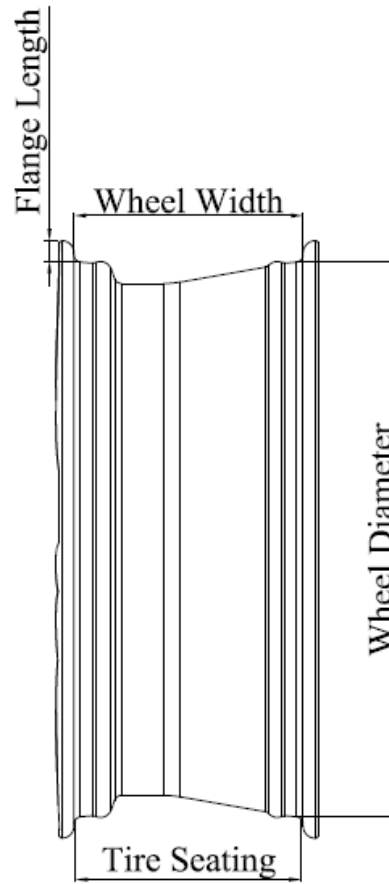


Figure 0. Wheel Size Display

In short, offset is the distance from the center line of the wheel to the mounting pad. If the mounting pad is closer to the face of the wheel from the center line the wheel is a positive offset, if the mounting pad of the wheel is at the dead center of the center line the wheel is a zero offset and if the mounting pad of the wheel is closer to the backside of the wheel from the center line the wheel is considered a negative offset wheel. This difference of offsets varies according to the type of car and the purpose of use. [9]

- Negative offset
- Zero offset
- Positive offset

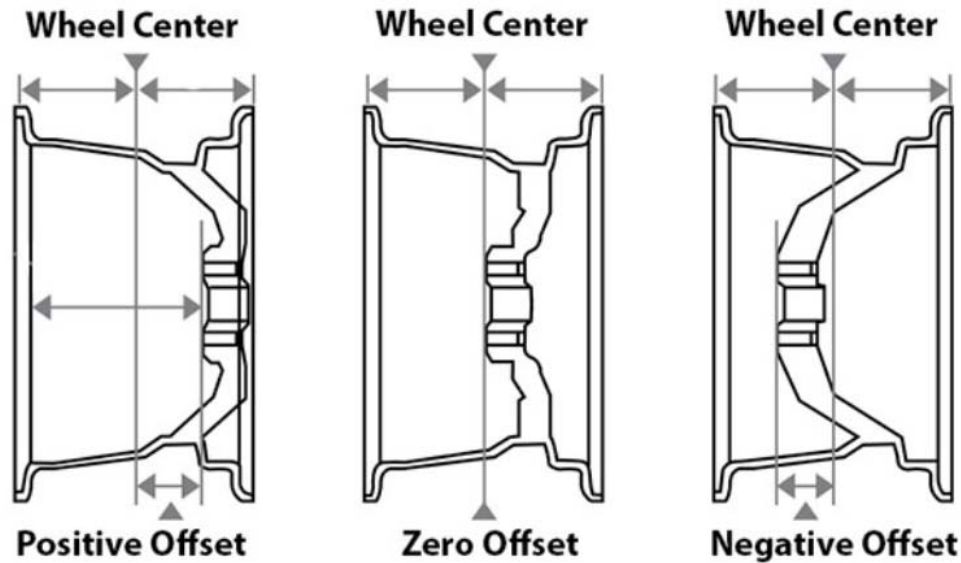


Figure 8. Wheel Offset Display [9]

The advantages and disadvantages of aluminum alloy wheels are as follows; [2]

Advantages;

- Light
- Less fuel consumption
- Causes less carbon emissions
- Aesthetic appearance in the vehicle
- Easy production of shapes with complex geometries
- Corrosion possibility is low.
- Since they spread the heat better, they extend the life of the tire and provide better braking performance.

Disadvantages;

- It is not as strength as a steel wheel
- Its production is more expensive than a steel wheel
- Product modification is more expensive than steel wheel

The production methods of aluminum alloy wheels are listed below.

- 1) Hybrid Forging
- 2) Rolling Forging
- 3) Multi-Pieces Wheel
- 4) Casting

In this article, an aluminum alloy wheel produced by casting method is examined.



Casting

Thanks to the ability to produce high quality wheels at low cost, the process generally used in casting aluminum alloy wheels is low pressure die casting (LPDC). A typical LPDC machine consists of a mold assembly with one or more mold cavities on top of it. In the mold attached to this machine; There are transfer elements to the mold (runners, filters, sleeve, riser, cover), top core, bottom core, side cores, insulation material, cooling channels. Figure 3 shows the LPDC wheel mold cross section. The LPDC machine works cyclically.[1] These cycles are controlled by the computer and use many parameters such as mold closing, mold opening, pusher activation, cooling times and flow rates. The process starts with the pressurization of the lower furnace. First, a pre-pressure is given to keep molten metal ready. Thanks to this pre-pressure, the molten metal stands ready for filling and can move much more easily. However, the most important thing about this method here is that the molten metal is made against gravity. In this way, the gassiness can be adjusted much more easily and allows easy casting. After pre-pressure is applied to the molten metal, casting pressure comes into motion. Adjusting the pressure curve is adjusted so that the filling is not turbulent, according to the wheel geometry and the molten metal to be used. After filling the cavity in the mold and revealing the wheel shape, the last pressure phase is activated. At the same time, the cooling systems are adjusted and operated according to the needs. Here, it is aimed that the gas contained in the casting will escape and the molten metal will not move back. After the last pressure phase, the metal is kept in the mold for a certain period of time during solidification. The purpose of this holding is to prevent distortion of the wheel due to the high temperature difference. This phase is very important in terms of the strength of the wheel. Factors such as sudden cooling or staying too hot can change the strength of the wheel. After solidification is complete, the side cores are opened and the upper mold is raised vertically. The wheel rises with top core. After waiting for a while, the pushers are activated and the wheel is dropped to the robot arm. Then, in order to prepare for the next cycle, air is blown so that burrs and the like are not conveyed to the bottom core. The filter is put on the runner part, the mold is closed again and the cycle is restarted. It may vary depending on the wheel size, geometry, molten metal temperature but the average production cycle time of a wheel at low pressure is between 5 and 6 minutes. For example, a very thick spoke wheel needs much more cooling time to cool, while a thin spoke wheel can cool much faster. Each wheel is inspected by X-Ray, one of the 100% non-destructive testing types, and the cycle time can be changed if needed. This situation is affected by porosity, shrinkage and cracks seen as a result of X-Ray.

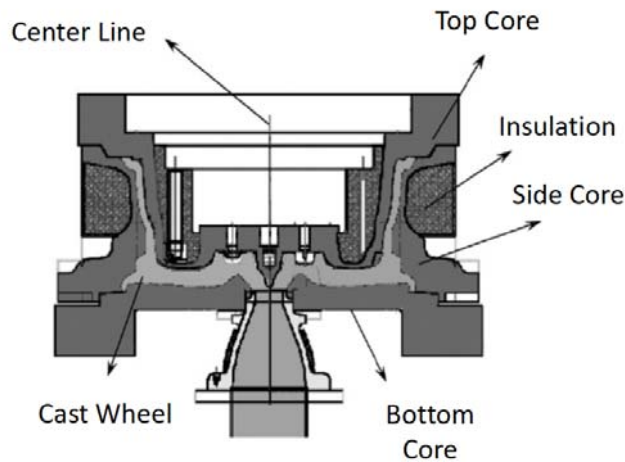


Figure 3. Low Pressure Die Casting (LPDC) [1]



The examined wheel mold is given in Figure 4.



Figure 4. Low Pressure Die Casting Wheel Mold

Material and Method

Finite Volume Method

The finite volume method (FVM) is based on an unstructured mesh, like FEM. Therefore, it is suitable for irregular and complex geometries. FVM has advantage over FEM for fluid mechanics problems. The numerical methods we have presented so far have been based on PDEs (Partial Differential Equations). In contrast, FVM is based on the integral form of conservation laws rather than differences in conservation laws. This provides greater accuracy/stability, especially for sharp gradients (i.e. large derivatives) within an area also referred to as the shock-capturing feature. Conservation laws can be expressed by integral equations (i.e. Reynolds transport theorem). For example, the differential form of the continuity equation can be written as:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0 \quad [3]$$

Here u , v and w are components of flow velocities in the x , y , and z directions, and ρ is the density. The integral form of continuity for a control volume (or a finite volume) can be written as:

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \rho dV + \int_S \rho \mathbf{u} \cdot d\mathbf{S} = 0 \quad [3]$$

Where V is the control volume, S is the control surface, $\mathbf{u} = (u, v, w)$ and $\mathbf{S}$ is the surface vector. Therefore, the mass change within a control/finite volume plus the net mass fluxes passing through the control surface should be zero. In FVM, the area is first parsed into a series of non-overlapping finite volumes or cells. Usually, these are triangles (2D) or prisms (3D) for finite volumes. Next, conservation laws are applied to each cell to create enough algebraic equations that can be solved to calculate state variables. [3]



Computer Aided Design (CAD)

In this article, CATIA V5 was used as a computer-aided design program. CATIA stands for "Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application". [4]

Computer Aided Engineering (CAE)

In this article, filling and solidification analysis will be done in Magmasoft program with computer aided engineering using finite volume method. MAGMASOFT software, engineering services for part designs and optimizations are also available.[6] In the program, only convectional heat transfer takes place. Convectional heat transfer formula is given as follows. Thermal radiation heat transfer is neglected.

$$\dot{Q}_{\text{convection}} = h A_s (T_s - T_{\infty}) \quad (\text{W}) \quad [5]$$

Here, h is the heat convection coefficient and its unit is $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$. A_s is the area of the surface where convection takes place (m^2). T_s is the surface temperature (K), and T_{∞} is the temperature of the fluid far enough from the surface (K).[5] The non-ferrous module of MAGMASOFT program is used in the mentioned wheel casting. Thanks to this module, alloy material behavior is healthier during filling and solidification. Thanks to the fact that the program also provides the optimization option, the results were found by making an optimization study. The purposes of using optimization are:

- Ability to prevent shrinkage and porosity by determining the ideal position and size for feeders and runners
- Effective thermal control of molds can extend the life of the molds
- Optimization of alloy chemistry to prevent critical phase formation during solidification and cooling stages
- Providing the desired microstructure and properties by optimizing all parameters [7]

Analysis Results Reviews

In this article, first, process verification and improvement studies were carried out. The wheel produced from Si11 material mentioned in the article is a wheel that has been cast before and has a high amount scrap due to porosity on the tire seating surface. For process verification, the analysis was carried out with the wheel casting setting card with porosity on the tire surface. Later, the results seen in the analysis were compared with the previous castings and filling and solidification optimizations were carried out by creating evaluation areas.

The above-mentioned analysis results were analyzed with the following result criteria.

- Criteria for viewing filling results:
 - Temperature
 - Filling time
- Criteria for viewing solidification results:
 - Hot spot FS time
 - Porosity



Analysis Result Studies Conducted Using Old and New Wheel Setting Cards

Temperature

Figure 5 shows the temperature values at the end of filling of the wheel made with the old and new wheel casting setup card. The scale next to the figure is given between the liquidus temperature of Si11 and the filling temperature.

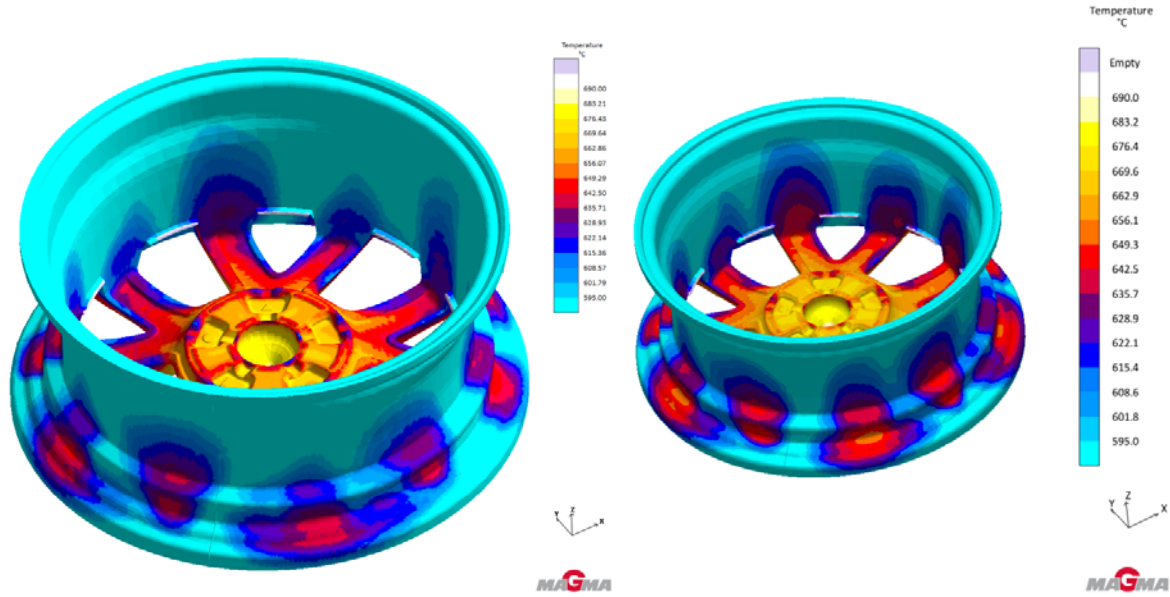


Figure 5. Comparison of the the temperature (end of filling) results with old and new casting setup cards (the old setup on the left, the new casting setup result on the right)

When the temperature profiles are examined, the temperature profile in the new wheel casting setup card analysis result can be fed more than the old wheel casting setup card analysis result. In this way, the rim profile remains warm.

Filling Time

In Figure 6, the visual of the filling time of the wheel made with the old and new wheel casting setup cards is given. The expected result is a homogeneous distribution of the color scale at the time of filling. As a result of the analysis with the old wheel casting setup card, we can see that the molten metal is slowly filling and therefore it cools more at the end of the filling due to the high energy loss.

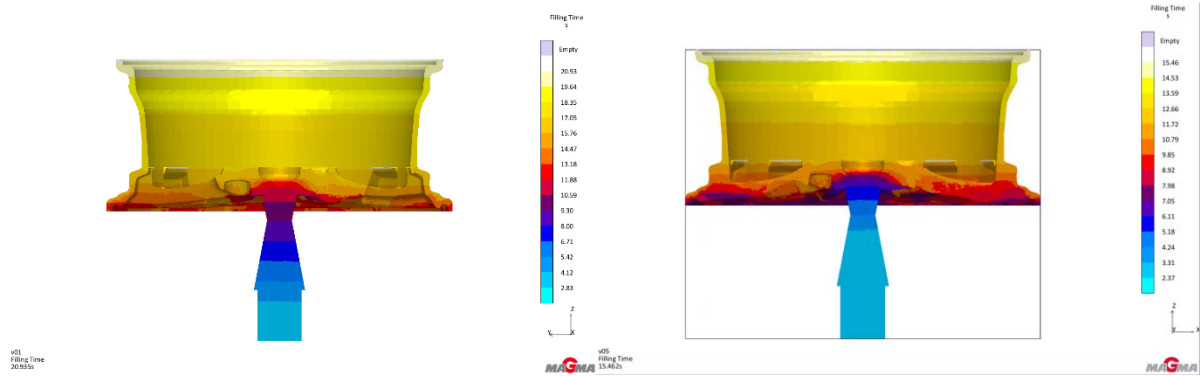


Figure 6. Comparison of the analysis filling time results with old and new casting setup cards (the old setup on the left, the new casting setup result on the right)

Hot Spot FS Time

As shown in Figure 7, the partly hot zone was observed only between the spoke-rim profile. However, there is no feeding problem on the tire seat surface.

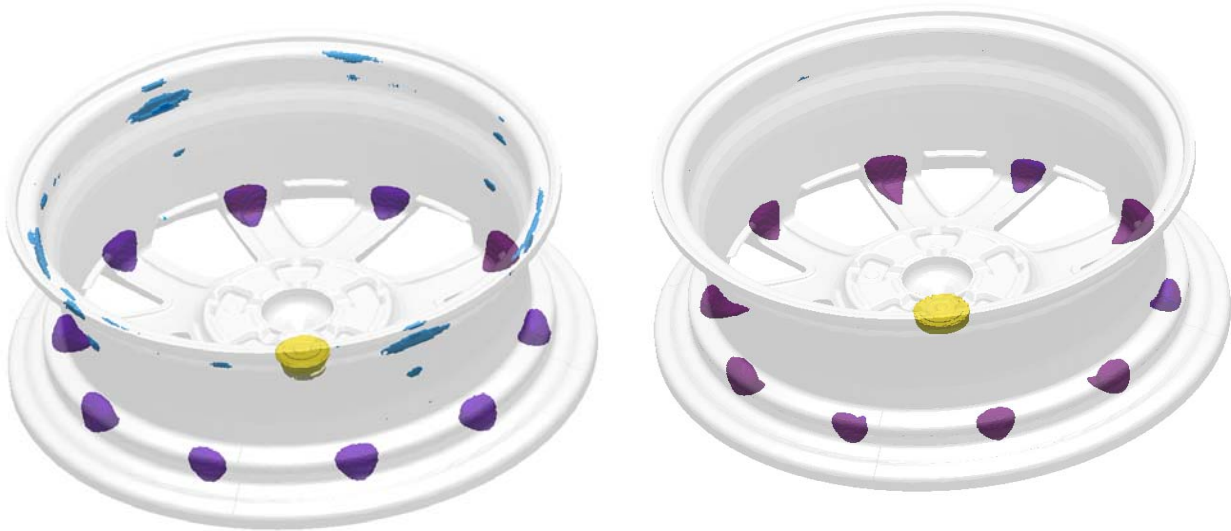


Figure 7. Comparison of the analysis hot spot FS time results with old and new casting setup cards (the old setup on the left, the new casting setup result on the right)

Porosity

The porosity result is examined in Figure 8. According to this result criterion analysis, porosity is seen between the spoke-rim profile. However, it is observed that made with the old wheel casting setup card has shrinkage porosities collectively but on the made with new wheel casting setup card are smaller and scattered.



Figure 8. Comparison of the analysis porosity results with old and new casting setup cards
(the old setup on the left, the new casting setup result on the right)

Results

Shrinkage porosity occurs as a result of non-directional solidification casting. This shrinkage porosity is a casting defect. The problem described here is due to the wrong pressure curve. For process verification, the analysis result was compared with the casting wheel produced with the old wheel casting setup card. Analysis with the casting wheel provided process validation. Then, optimizations including parameters such as inlet temperature, cooling times, cooling rates, cycle times were made in Magmasoft program. The movement of porosities as a result of healthy solidification has been observed in the pictures below. In order to understand this, when the analysis results made with the old wheel casting setup card and the casting wheel results made with this wheel casting setup card are examined, it is seen that the values match each other with the program output. A healthy inspection process and economical radiographic inspection X-ray were used to control every wheel in mass production[8]. As a result of filling and solidification optimization studies, a new wheel casting setup card was created and compared with the cast wheels with this setup card. After conducting the necessary examinations with the correlation and engineering results in Magmasoft, a new wheel casting setup card was found. Casting controls were performed as in the Table 1.



Table 3. Casting trial and control order

S/N	Casting Wheel Setup Card	X-Ray	Sectioning	Result
1	Old	3		Porosity was seen between spoke-rim profile and on the tire seating surface.
2	Old	8	x	Porosity was seen between spoke-rim profile and on the tire seating surface. When the wheel was cut, a dense, large diameter shrinkage porosity was observed near the tire seating surface. (Figure 9.)
3	New	1		Porosity was seen between spoke-rim profile and on the tire seating surface. However, a downward trend was observed.
4	New	8	x	No porosity was seen on X-Ray. When the wheel was cut, there was little, small diameter shrinkage porosity towards the center of the spoke (non-machining area). (Figure 10.)



Figure 9. Section taken from the 8th wheel casting after the regime made with old wheel casting setup card



Figure 10. Section taken from the 8th wheel casting after the regime made with new wheel casting setup card

Conclusions

As a result of the processes given above, systematic comparisons were made in the casting environment. The aim of these studies is to reduce the number of scrap wheels by making process verification and process improvements with computer aided engineering applications. After this study, the efficiency of computer-aided engineering used in the company can be increased and the number of scrap wheels can be reduced. The production data of the wheel mentioned in the article are given in Table 2.

Table 2. Result Report

Foundry Datas						
	With Old Wheel Casting Setup Card			With New Wheel Casting Setup Card		
Material	Total Casting	X-ray (Porosity)	Percent Return	Total Casting	X-ray (Porosity)	Percent Return
Si11 Wheel	5.371	1.886	35%	974	86	9%
Paint Shop Datas						
	With Old Wheel Casting Setup Card			With New Wheel Casting Setup Card		
Material	Toplam Produced	Error Type (Porosity)	Percent Return	Total Produces	Error Type (Porosity)	Percent Return
Si11 Wheel	5.213	2.932	56%	929	6	1%



As a result of the improvement seen in Table 2, there was less waste, more healthy and stable production. In this way, less labor time, raw material usage and energy consumption were achieved. With the decrease in the number of scrap wheels, our country's resources will be used more efficiently and product quality will be improved.

Acknowledgements

I would like to thank to Döktaş Dökümcülük A.Ş. and Prof. Dr. Reşat SELBAŞ for their support.

References

1. B. Zhang, D.M. Maijer, S.L. Cockcroft (2007). Development of a 3-D thermal model of the low-pressure die-cast (LPDC) process of A356 aluminum alloy wheels
2. D. M. Maijer, W.S. Owen, R.A. Vetter (2007). An investigation of predictive control for aluminum wheel casting via a virtual process model
3. Finite Volume Method
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/finite-volume-method>
(Last access date: 27.11.2020)
4. Francis Bernard (2003). A short history of CATIA & Dassault Systemes
5. Hüseyin GÜNERHAN, Mehmet ERKEK (2006), EGE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ MK371 ISI TRANSFERİ (2+2) DERSİ
6. MAGMA Giessereitechnologie GmbH, Magma hakkında,
<https://www.magmasoft.com.tr/tr/kurumsal/magma-hakknda/>
(Last access date: 28.09.2020)
7. MAGMA Giessereitechnologie GmbH, Demir dışı dökümler,
<https://www.magmasoft.com.tr/tr/coezuemler/demir-ds-doekuem/>
(Last access date: 28.09.2020)
8. W. Roye (1990). Fully Automated X-ray Inspection of Automobile Wheels
9. Wheel Offset
<https://wheelsasap.com/What-is-Wheel-Offset> (Last access date: 28.09.2020)



KARDAN MİLLİ İSTAVROZ GÖVDESİNDE DAYANIKLILIĞIN ARTTIRILMASI VE YAPISAL ANALİZ İLE DOĞRULANMASI

M.C. Kahyalar¹ ve O. Şen²

¹ Tirsan Kardan A.Ş., Manisa, Türkiye

² Tirsan Kardan A.Ş., Manisa, Türkiye

Email: m.kahyalar@tirsankardan.com.tr

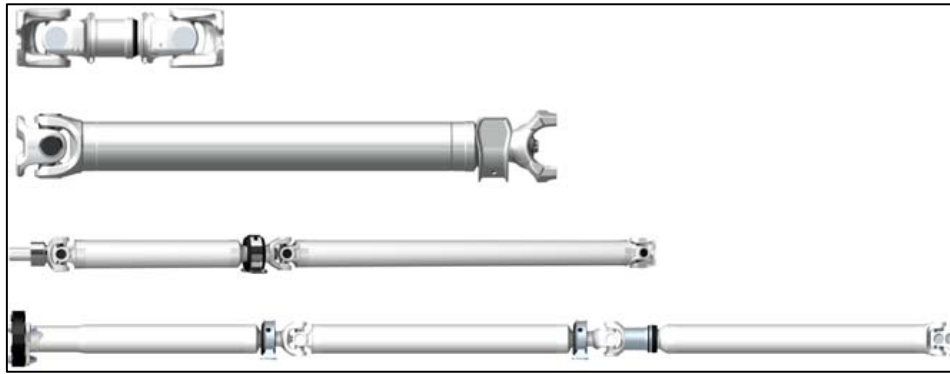
Özet

Kardan millerinin açısal hareketi, üzerinde bulunan mafsalları grubu ile sağlanır. Mafsal grubunun bir elemanı olan istavroz gövdesinin, üzerine gelen tork ve buna bağlı oluşacak gerilimlere karşı mukavim olması amacıyla istavroz gövdesinin kritik bölgelerinde gerilim değerini azaltmak ve dayanımını arttırmak gerekmektedir. Bu çalışmada, istavroz gövdesine ait statik test sonuçları incelenerek kritik kesitleri belirlenmiş ve uygulanan form değişikliği sayesinde gerilim değerlerinde iyileşme sağlanması amaçlanmıştır. Yapılan form değişiklikleri ile geliştirilmiş tasarım ortaya konulmuş ve bilgisayar destekli sonlu elemanlar analiz programı ile tespit edilen gerilim değerleri incelenmiştir. Tasarımın dondurulması ile konu istavroz gövdesinin kullanıldığı kardan mili prototipleri üzerinde fiziki testler yapılarak gerilimlerdeki düşüş doğrulanmış ve dolayısıyla istavroz gövdesi dayanıklılığında artış elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kardan mili, Mafsal, İstavroz gövdesi, Sonlu elemanlar analizi, Tasarım

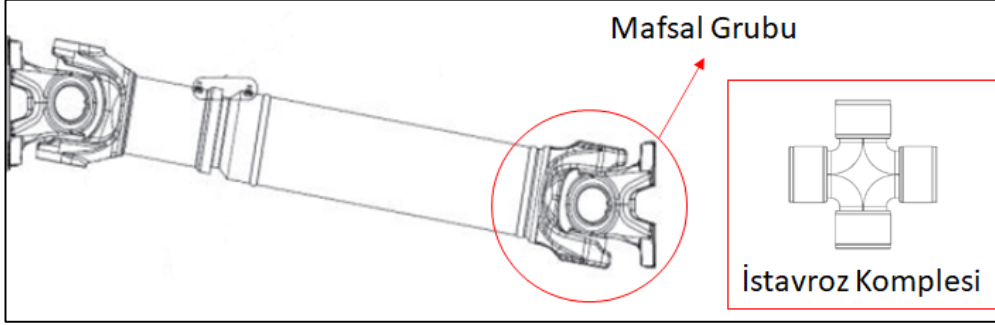
Giriş

Kardan milleri motorun bağlı olduğu vites kutusundan gelen gücü diferansiyelde bulunan dişlilere iletmek için kullanılan aktarma elemanlarıdır. Temel olarak araç üzerinde eksenleri birbirinden kaçık olan yapılar arasında dönme hareketini iletir [5,6]. Kardan milleri araç dingil mesafesine ve aracın sahip olduğu toplam aks sayısına bağlı olarak farklı konfigürasyonlarda uygulanabilmektedir, Şekil 1. Kardan milleri bu konfigürasyonlar ile hafif, orta ve ağır ticari araçlardan, yol dışı araç uygulamalarına, endüstriyel uygulamalardan, çok çekerli binek otomobillere kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir.



Şekil 1. Kullanım yerlerine göre kardan mili konfigürasyonları

Kardan milleri değişken yol koşullarına bağlı olarak açı ve aynı zamanda eksen boyunca boy değişimi yapmaktadır. Kardan milinin farklı açı değerlerinde çalışması mafsallar sayesinde sağlanır iken, boy değişimi ise kayıcı grup tarafından sağlanmaktadır [7]. Kardan millerinde farklı mafsallar kullanılabilmekte olup, en yaygın olanı Şekil 2’de ifade edilen universal mafsallardır.



Şekil 2. Kardan mili mafsal grubu (üniversal mafsal)

Kardan milleri ve alt bileşenleri, aracın motor ve dişli kutuları arasında burulmaya maruz kalır. Bu nedenle, yeterince düşük bir kütleye sahipken strese dayanacak kadar güçlü olmaları gerekir. Kardan milini oluşturan parçaların geometrileri genellikle belirli bir yapı içinde olmasına rağmen, performans iyileştirme, ağırlık ve maliyet azaltma amaçlı olarak parça geometrisi ve malzemesinde değişikliğe gidilmektedir. Bu tür iyileştirme faaliyetlerinde öncelikle tasarım ihtiyacına göre yeni bileşenler tasarlanır veya geliştirilir. Bir sonraki adımda, tasarlanan 3D modeller sonlu elemanlar analiz yazılımı kullanılarak analiz edilir ve değerlendirilir. Tasarım ve analiz döngüsünden oluşan süreç, yükleme koşulları altında hedeflenen maksimum Von Mises gerilme değerinin altında bir değer veren tasarım elde edilene dek iterasyonlar halinde gerçekleştirilir. Tüm bu iterasyonların ardından optimum gerilme değerinin elde edilmesi ile yeni tasarım dondurulur ve dondurulan modelin fiziki parçalarını içeren kardan mili prototipleri fiziki olarak teste tabi tutulur.

S. G. Solanke ve arkadaşları [9], ağırlık, maliyet, yorulma ömrü, gerilme dağılımı, sertlik vb. unsurları dikkate alarak en iyi istavroz tasarımının elde edilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. FEM ve fotoelastisite deneyi çalışmaya dahil edilmiştir.

E. Avrigean ve arkadaşları [2], bir tahrik milinin yorulma özelliklerini analiz etmiştir. Bu bağlamda, kaynak manşonu dahil tahrik mili üzerindeki bileşenler, yorulma analizinden önce FEA'ya tabi tutmuştur.

S.K. Dhage ve arkadaşları [3], kardan mili mafsal grubunun kırılma durumunu incelemişlerdir. Mafsal grubunun bileşeni olan istavrozda yaşanacak sorunların aşırı tork yükü, şok yükleri, yanlış uygulama ve yorulma nedeniyle meydana geleceğinden bahsetmişlerdir. Bunun yanı sıra FEA analizleri ve fiziki testler de çalışmaya konu olmuştur.

F. Vesali ve arkadaşları [10], kardan mili hız düzgünsüzlüğü sonucunda ortaya çıkan değişken kuvvetler, titreşim ve aşınmaları göz önüne alarak universal mafsalların performansı ve ömrü üzerinde bir dizi çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmalarında, kırılan istavroz gövdelerini incelemelerinin yanında, kinematik yaklaşım ile istavroz tasarımını öneri olarak sunmuşlardır.

N. Giridhar ve arkadaşları [4], kardan mili üzerindeki en önemli elemanın istavroz gövdesi olduğu tespitinden yola çıkarak istavroz gövdesini komple kardan mili şeklinde oluşturdukları 3D modeli kullanarak ANSYS üzerinde sonlu elemanlar analizi ile tetkik etmişler. Elde edilen analiz sonuçlarına göre geometrik değişiklikler ile kardan mili elemanlarında daha düşük gerilmeye erişmişlerdir.

R. Arora [1] istavroz ve karşılıklı iki çataldan oluşan universal mafsal grubunu ANSYS ile sonlu elemanlar analizi yöntemi kullanarak incelemiş, keskin köşelerde yüksek gerilmeler elde ederek çalışmasını sonlandırmıştır.

Purvesh Shah ve arkadaşları [8], CREO yazılımı ile ortaya koydukları farklı tasarıma sahip çatal ve istavroz gövdelerinden oluşan universal mafsallar üzerinde ANSYS ile sonlu elemanlar analizi gerçekleştirmiş, Von Mises ve kesme gerilimi açısından birbirleri ile kıyaslayarak bir mafsal tasarımı sunmuşlardır.

Literatüre bakıldığında universal mafsalların ve üzerindeki istavroz gövdelerinin farklı yöntemler ile farklı amaçlar için incelendiği görülmektedir. Ortaya koyulan bu çalışmada ise universal mafsal grubunun bir parçası olan



istavroz gövdesine ait statik test sonuçları da çalışmaya dahil edilmiştir. Test sonuçları incelenerek istavroz gövdesi üzerinde kritik kesitler belirlenmiş ve SolidWorks yazılımı kullanılarak bu kesitlerde yapılan form değişikliği ile geliştirilmiş bir tasarım ortaya konulup HyperWorks bilgisayar destekli analiz yazılımında iterasyonlar halinde birinci seviye prototip ve geliştirilmiş tasarım gerilme değerleri karşılaştırılarak optimum gerilme seviyesinde bir tasarım elde edilmiştir. Bu tasarım fiziki testler ile de doğrulanmış ve gerilme bakımında dayanıklılığı artırılmış istavroz yapılanması ortaya konulmuştur.

Malzeme ve yöntem

Bu çalışmada ilk olarak statik test sonuçları incelenmiş ve kırılma bölgeleri tespit edilmiştir. Hemen ardından bilgisayar ortamında 3D katı modeller üzerinde sonlu elemanlar analizi yöntemi ile sanal olarak gerilme analizleri gerçekleştirilerek kırılmaların olduğu yani gerilimlerin yüksek görüldüğü kesitler ile fiziksel test sonuçlarından elde edilen kırılma bölgelerinin örtüşüp örtüşmediği incelenmiştir. Birinci seviye prototip istavroz gövdesi üzerine meydana gelen kırılma bölgesi şekil 3 üzerinde ifade edilmiştir.



Şekil 3. Birinci seviye prototip istavroz gövdesinde oluşan kırılma

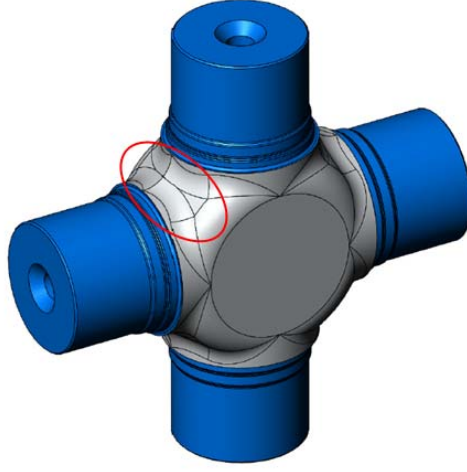
Birinci seviye prototip istavroz sementasyon çeliğinden imal edilmiş olup tablo 1’de kimyasal kompozisyonu verilmiştir.

Tablo 1. Sementasyon çeliğinin kimyasal bileşimi

KİMYASAL BİLEŞİM (% AĞIRLIK)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu
0,16	0,14	0,65	0,025	0,035	0,32	0,12	0,42	0,4
0,20	0,40	0,95			0,68	0,23	0,74	

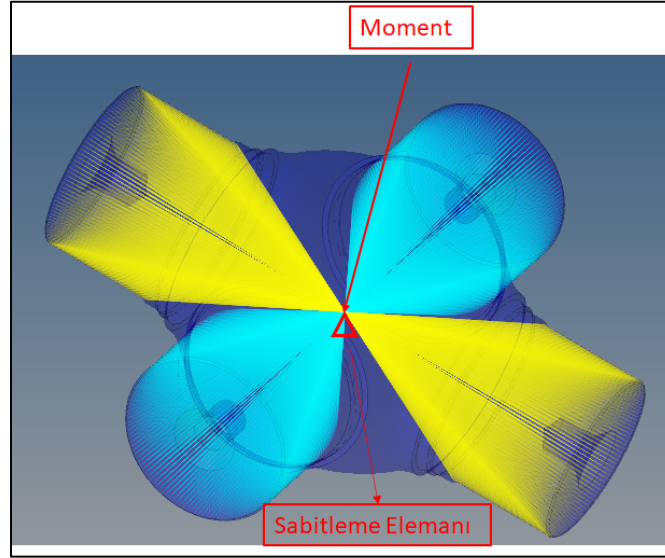
Yapılan çalışmada incelemeler sonucunda zayıf olduğu tespit edilen ve yüksek gerilmelerin meydana geldiği bölgeler istavroz rulmanlarının oturduğu kollar arasında görülmüştür. Şekil 4’de birinci seviye prototip istavroz gövdesine ait 3D model ve gerilme bakımından kritik olan bölge gösterilmektedir.



Şekil 4. İstavroz gövdesi üzerinde gerilme dağılımı bakımından kritik kesit

Bu bilgiler ışığında bilgisayar destekli tasarım programında birinci seviye prototip parça geometrisi için kritik kesitte güçlendirme çalışmaları yapılmıştır. Güçlendirme çalışmaları sırasında her bir geliştirilmiş model bilgisayar destekli sonlu elemanlar analiz programına aktarılıp, gerilme değerleri optimum olana dek çalışmalar iteratif olarak sürdürülmüştür.

Güçlendirme çalışmalarında SolidWorks bilgisayar destekli tasarım programında tasarlanan istavroz gövdesi 3D modeli Hyperworks bilgisayar destekli analiz programına aktarılmıştır. Mesh oluşturma öncesi gerekli geometrik düzenlemeler yapıp istavroz gövdesinin boyutu göz önüne alınarak sırasıyla 1 mm eleman boyutunda R-trias ve sonrasında 3D tetra elemanlardan yararlanılarak mesh yapısı kurulmuştur. Ardından model ile ilgili sınır koşulları tanımlanmıştır. Sınır koşulları tanımlanırken istavrozun iki kolu rijit elemanlar ile birbirine bağlanmış ve bu rijit elemanların orta noktalarına dönme ve ötelemede serbestlik olmayacak şekilde sabitleme elemanı tanımlanmıştır. Geriye kalan iki kol da rijit elemanlar ile bağlanıp, rijit elemanların orta noktasına 35000 Nm değerinde moment tanımlanmıştır. Daha sonrasında malzeme tanımı yapıp, lineer statik koşulda analiz gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'te HyperWorks ortamında sonlu elemanlar analizi için hazırlanan 3D model gösterilmiştir. Sarı renkteki rijit elemanlar moment tanımlamak için kullanılırken, mavi renkteki rijit elemanlar ise modelin sabitlenmesinde kullanılmıştır.



Şekil 5. İstavroz gövdesine ait 3D data kullanılarak hazırlanan sonlu elemanlar modeli

Her bir iterasyon için aynı yöntem uygulanıp, üçüncü iterasyon sonunda optimum gerilim seviyesine erişilmiştir. Elde edilen optimum istavroz gövdesinin kullanılması ile komple kardan mili prototipleri üretilmiş, fiziki testlere tabi tutulmuş ve son olarak test ve analiz sonuçları birbiri ile kıyaslanmıştır. Fiziki teste tabi tutulan kardan mili prototipine ait 2D model şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Fiziki testlere tabi tutulan kardan mili 2D modeli

Bulgular

Mevcut durumda yapılan statik ve yorulma testleri incelenmiş ve tablo 2'de gösterilmiştir.

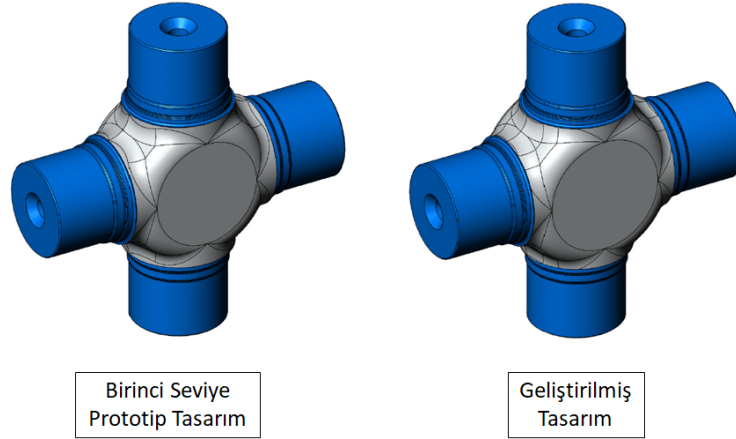
Tablo 2. Birinci seviye prototip istavroz gövdesini içeren kardan miline ait fiziki test sonucu (statik dayanıklılık testi)

	Kopma Tork Değeri [Nm]
	Mevcut Durum
1	48.600
2	49.200
3	49.900

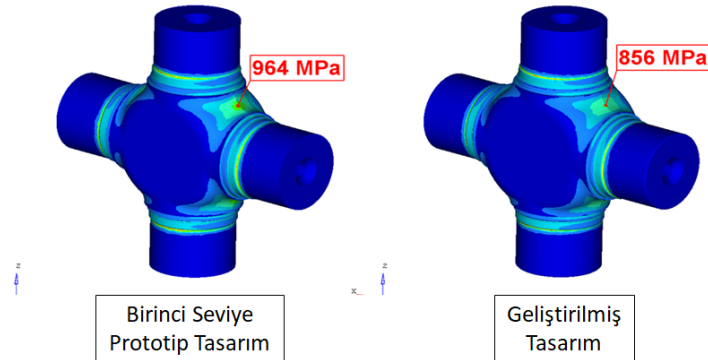
Kritik kesitin belirlendiği bu aşamadan sonra üretim kısıtları da göz önüne alınarak tasarım çalışmaları yapılmıştır. Tasarımı tamamlanan istavroz modeli, birinci seviye prototip model ile birlikte şekil 7'de gösterilmiştir. Birinci seviye prototip istavroz modeli ve güçlendirme çalışmaları sırasında ortaya koyulan modeller bilgisayar destekli



sonlu elemanlar analiz programında aynı tork ve malzeme özellikleri altında analiz edilip incelenmiştir. Sonuç olarak üçüncü iterasyon sonucunda kritik kesitte optimum mukavemete erişilmiş olup, geliştirilmiş tasarımın Von Mises gerilim değerinde mevcuda göre %11 civarında bir düşüş elde edilmiştir, Şekil 8.



Şekil 7. Birinci seviye prototip ve geliştirilmiş tasarıma ait istavroz gövdesi 3D modeli



Şekil 8. Sonlu elemanlar analizi sonuçları (35.000 Nm Tork Altında)

Sonrasında istavroz gövdesi geliştirilmiş tasarıma göre malzeme değişikliği yapılmaksızın üretilmiş ve üretilen istavroz gövdesinin kullanıldığı komple kardan mili prototipleri üzerinde statik testler gerçekleştirilmiştir. Test sonuçlarında tablo 3'te de görüleceği gibi istavroz parçasında mukavemet olarak iyileşme sağlandığı doğrulanmış, testlerde istavroz gövdesi üzerinde kırılma görülmemiştir.

Tablo 3. İstavroz gövdeleri için fiziki test sonuçlarının (statik dayanıklılık testi) karşılaştırılması

	Kopma Tork Değeri [Nm]	
	Mevcut Durum	Yeni Durum
1	48.600	54.200
2	49.200	54.500
3	49.900	55.000



Sonuçlar

Yapılan çalışma sonucunda, geometrik değişik uygulanması açısından oldukça kısıtlı bir yapıya sahip olan kardan mili istavroz gövdesinde mukavemet yönünden daha güçlü bir yapı elde edilmiştir. Bu da kardan milinin tork taşıma kapasitesi bakımından bir artışa izin verebileceğini göstermektedir.

Çalışmada parçanın dayanımı sadece geometrik değişikliklerden oluşan tasarım değişikliği ile artırılmıştır. Malzeme veya parça üzerine uygulanan ardıl proseslerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır.

Parça geometrisi değişikliği dışında istavroz gövdesinin malzemesi ve hatta istavroz gövdesinin tabi tutulduğu ısıtma işlemi prosesleri hedef alınarak parça mukavemetinin artırılması adına çalışmalar ortaya koyulabilir.

Teşekkür: Bu çalışma için Tirsan Kardan A.Ş. Ar-Ge Merkezi'nin verdiği desteklerden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

References/Referanslar

- [1] Arora, R. (2017). Modeling and failure analysis of universal joint using ANSYS, Int. J. Emerging Tech. Eng. Res. 5, 53-56.
- [2] Avrigan, E. (2014). Determining the fatigue characteristics of the vehicle cardanic joint. Int. J. Sci. Res.,3, 1681-1689.
- [3] Dhage, S.K., Mishra, H., Tathe P.G. (2017). Report on failure analysis of universal joint of a transmission drive shaft. Int. Journal for Sci. Res. & Dev., 4,2321-0613.
- [4] Giridhar, N.S., Hetawal, S., Baskar, P. (2013) Finite element analysis of universal joint and propeller shaft assembly. Int. J. Eng. Trends Tech., 5,226-229.
- [5] Oh, S. J. and Woscek J.T. (2015). Analysis of rzeppa and cardan joints in monorail drive train system. Int. J. Mech. Eng. Robotics Res., 4, 1-11.
- [6] Palma, P., Tiussi, G., Donadon, A., Raffaglio, Y., Luca, A.D., Leitner, M., Grün, F., Benasciutti, D. (2015). Fatigue assessment of universal cardan joint based on laboratory specimen tests. Part of the ABM Week, Rio de Janeiro, RJ, Brazil (pp. 396-408).
- [7] Seher-Thoss, H. Chr., Schmelz, F., Aucktor, E. (2006). Universal Joints and Driveshafts, Chapter 1.
- [8] Shah, P., Patil, A.V. (2016). Modeling & FEA of universal coupling of an automobile truck. Int. J. Innovative Res. Sci. & Tech., 3,391-402.
- [9] Solanke, S. G., Bharule, A. S. (2014). An investigation on stress distribution for optimization of yoke in universal joint under variable torque condition. Int. J. of Mech. Eng. and Robotics Res., 3, 136-142.
- [10] Vesali, F., Rezvani, M. A., Kashfi, M. (2012). Dynamics of universal joints, its failures and some propositions for practically improving its performance and life expectancy. J. Mech. Sci. and Tech.,26,2439-2449.



FARKLI ORANLARDA *SPİRULİNA* TOZU İLAVESİYLE ZENGİNLEŞTİRİLEN VEGAN ÇİKOLATANIN İNCELENMESİ

Muazzez KUMKAPU¹ ve Sibel KOCA ÇETİNKAYA²

¹ Detay Gıda San. ve Tic. A.Ş./AR-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye

² Detay Gıda San. ve Tic. A.Ş./AR-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye

Email: muazzez.kumkapu@altinmarka.com.tr

Özet

Vegan beslenme, bitkisel kaynaklı besinlerin ağırlıklı olarak tüketildiği ve hayvansal besinlerin tüketilmediği bir beslenme tarzıdır ve giderek popülerleşmektedir. *Spirulina* spp. algi, kuru bazda ağırlıkça %40-70 arasında protein içermesiyle tanınmaktadır ve bu özelliği nedeniyle fonksiyonel gıda çalışmalarında kullanılmaya başlanmıştır. Soslar, çorbalar, şekerlemeler ve fırıncılık ürünlerinde *Spirulina* tozu ilavesi tariflere girmeye başlamıştır. Bu çalışmada amaç, vegan beslenmeye uygun şekilde *Spirulina* tozu ilavesi ile zenginleştirilmiş ve proteini artırılmış duyuşal olarak en tercih edilen fonksiyonel çikolata üretilmesidir. Çalışmada, vegan çikolataya değişen oranlarda *Spirulina* tozu ilavesi yapılmıştır. Besin değerleri hakkında bilgi almak için laboratuvar analizleri ve organoleptik özellikleri hakkında bilgi edinmek için duyuşal analiz çalışmaları yapılmıştır. Tanımlayıcı duyuşal analiz sonuçlarına göre, en beğenilen ürün %10 ilaveli numune olmuştur. Nem, reoloji ve mikrobiyoloji analizleri sonucunda standart vegan çikolata ile zenginleştirilen vegan çikolata arasında bir fark gözlenmemiştir. Maksimum *Spirulina* spp. ilave ettiğimiz numune standart vegan çikolataya göre protein içeriği 3 katına çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: çikolata, vegan, *Spirulina* spp.

Giriş

Vegan beslenme, bitkisel kaynaklı besinlerin ağırlıklı olarak tüketildiği ve hayvansal besinlerin (kırmızı et, tavuk, balık, süt ve süten yapılan ürünler, yumurta gibi) sınırlı miktarda veya hiç tüketilmediği bir beslenme tarzıdır (Karabudak, 2012). Bu beslenme tarzı özellikle genç nesilde giderek popülerleşmektedir (Clarys ve diğ., 2014). Birçok vejetaryenin beslenmesindeki en önemli sorun, diyetlerinin yeterli miktarda veya kalitede protein sağlayamamasıdır (Karabudak, 2012). Gıda sektöründe vegan beslenmeye uygun ürün grupları geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Firmamızda bu yenilikçi hareketi takip etmiştir. Vegan çikolata üretiminde tercih edilen hammaddeler kakao kitlesi, kakao tozu, kakao yağı, meyve tozları (hindistan cevizi, üzüm vb.), şeker veya tatlandırıcılar (maltitol, stevia, eritritol), diyet lifi ve lesitindir. Bu hammaddeler çikolata üretim basamakları olan karıştırma, inceltme, konçlama, temperleme ve kalıplama adımlarına tabii tutularak kaliteli olarak adlandırılan bir çikolata üretimini sağlamaktadır. Algler, insanlar ve diğer kara hayvanlarının solunumu için mevcut net küresel oksijenin yaklaşık yüzde 30 ila 50' sini üretmektedir (Lewin ve Andersen, 2019). Bunun yanında, içerdiği yüksek değerlikli bileşenler ile de dikkat çekmektedir (Koyande, 2019). *Spirulina* spp.' de algler arasında en popüler hale gelen türlerden biridir. *Spirulina* spp. çok hücreli ve filamentli mavi-yeşil algdir. İçerdiği yüksek oranda protein ile tanınmaktadır. *Spirulina* spp. genel olarak kuru bazda ağırlıkça %40-70 arasında protein içermektedir (Becker, 2007). *Spirulina* spp.' ya Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 'süper yiyecek' etiketi verilmiş ve hatta Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA) tarafından uzaya gönderilmiştir (Khan ve diğ., 2005). Ayrıca, *Spirulina*' nın bağışıklık sistemi modülasyonu, anti-viral aktivite, kanser önleyici özellikler ve kardiyovasküler faydaları bildirilmektedir (Capelli ve Cysewski, 2010). Açık sistemlerde düşük yatırım maliyetiyle üretimi yapılan *Spirulina* spp. dünya üzerinde etkisini artırmakta ve pazar payını artırmaktadır (Eleren ve Öner, 2019). Algal *Spirulina* tozu haline dönüşebildiğinden çeşitli yiyeceklerin temelini sağlayabilir örneğin, çorbalar, soslar, makarna, şekerlemeler ve atıştırılabilir yiyecekler. Ayrıca elde edilen mavi yeşil tonlarında renk de ürünleri ilgi çekici hale getirmektedir (Ghaeni ve Roomiani, 2016). Bisküviye %10 oranında *Spirulina* tozu katılmasıyla standarda göre duyuşal olarak bir değişiklik oluşturmadığı ve protein miktarını artırdığı bildirilmiştir (Sharma ve Dunkwal, 2012).

Bu çalışmada amaç, vegan beslenmeye uygun şekilde *Spirulina* spp. ilavesi ile proteini artırılmış duyuşal olarak en tercih edilen fonksiyonel çikolatanın üretilmesidir. Çalışma kapsamında vegan çikolataya 3 farklı oranda

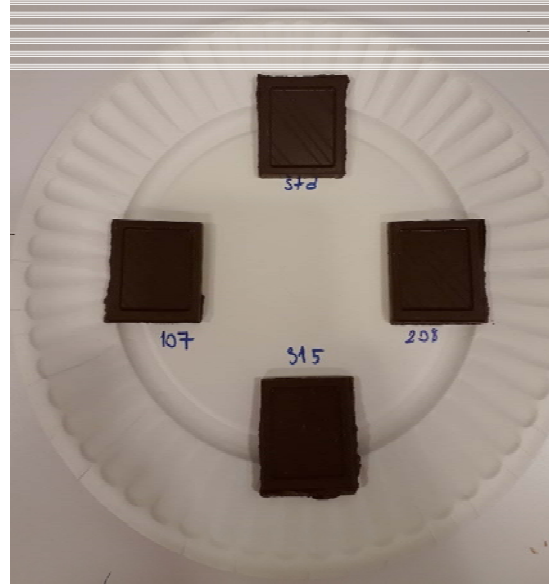


Spirulina tozu ilave edilmiştir. Ürünlere duyusal analiz, nem, reoloji ve mikrobiyoloji analizleri yapılmıştır. Literatür bilgileri dahilinde protein içeriğinde hesaplanarak incelenmiştir.

Malzeme ve yöntem

İlk olarak, *Spirulina* spp. tozu tedarik edilmiştir. 3 farklı oranda katım ile vegan çikolata zenginleştirilerek tablet formuna getirilmiştir. *Spirulina* spp. tozu zenginleştirme oranları %7, %10 ve %13' tür. Son ürün 100 gram olacak şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Bu oranlar *Spirulina* spp. için önerilen günlük tüketim miktarlarına göre karar verilmiştir. Önerilen günlük *Spirulina* spp. tozu tüketim miktarı çocuklar için 1-3 gram iken, yetişkinler için 10-15 gramdır. Bu veriler ticari ürün etiketinde yazan bilgiler doğrultusunda verilmiştir. Standart vegan çikolata, %7 ilaveli, %10 ilaveli ve %13 ilaveli ürünler çalışma kapsamında karşılaştırılmıştır.

Öncelikle, organoleptik özelliklerinin incelenmesi için tanımlayıcı duyusal analiz yapılmıştır. 4 ürünü içeren numune tabağı hazırlanmıştır. Ürünlere 3 haneli kodlar verilerek Şekil 1' deki gibi panelistlere sunulmuştur.



Şekil 1. Panelistlere sunulan duyusal analiz tabağı

20 panelist çalışmaya katılmıştır. Panelistlerden standart vegan çikolata, %7 ilaveli, %10 ilaveli ve %13 ilaveli ürünleri verilen kriterler doğrultusunda hedonik skalaya göre değerlendirmeleri istenmiştir. Analizde kriterler görünüş, renk, aroma, yosunluluk, tat, doku ve genel kabul edilebilirlik olarak belirlenmiştir. Panelistlere sunulan duyusal analiz duyusal analiz kağıdı Şekil 2' de verilmiştir.



	Renk	Aroma	Yosunluluk	Acılık	Tatlılık	Doku	Genel kabul edilebilirlik
Standart							
107							
315							
208							

Yorum:

9-Point Hedonic Scale	
9	Like Extremely
8	Like Very Much
7	Like Moderately
6	Like Slightly
5	Neither Like nor Dislike
4	Dislike Slightly
3	Dislike Moderately
2	Dislike Very Much
1	Dislike Extremely

Şekil 2. Panelistlere sunulan analiz kağıdı

Kalite kriterlerini incelemek amacıyla nem, reoloji, şeker ve mikrobiyoloji analizleri yapılmıştır.

Çikolata nem ve su sevmeyen bir ürün olmasıyla bilinmektedir. Nem, çikolatanın hem dokusunu bozmakta hemde mikrobiyal kalitesini düşürmektedir. Çikolatada nem içeriğinin %1' den az olması istenmektedir. Nem tayininde, hazırlanan numuneler etüvde kurutulması ardından desikatörde soğutularak hassas terazide son tartımının yapılması ile tamamlanır.

Çikolata non-newtonian bir akışkandır ve reolojik özellikleri viskozite ve yv (yield value) değerleri ile ifade edilmektedir. Yv (akma noktası), non-newtonian sıvıların başlangıç hareketi için gerekli enerji miktarı olarak tanımlanır. Viskozite ise non-newtonian sıvıların akmaya karşı direncidir. Reolojik özellikleri 40 °C' de reometrede (Thermo Scientific Haake Viscotester, Amerika) ölçüm yapılmıştır.

Vegan çikolatanın diğer bir fonksiyonel özelliği şeker ilavesiz bir ürün olmasıdır. Çikolata kristal şeker içermemektedir. Bunu incelemek adına toplam şeker analizi yapılmıştır. Çikolatada toplam şeker analizi için Lane-Eynon metodu kullanılmıştır.

Gıda üretiminde yasal olarak belirlenen mikrobiyolojik limitler çok önemlidir. Bu yasal sınırlar dahilinde olmak ve standart vegan çikolata ve zenginleştirilen vegan çikolata arasında mikrobiyal kalite olarak bir fark oluşup oluşmadığını değerlendirmek için mikrobiyolojik analiz yapılmıştır. Bu kapsamında, toplam bakteri, koliform, enterobacteria ve küf-maya analizleri yapılmıştır.

Son ürün olarak protein miktarı artırılmış bir fonksiyonel gıda elde etmek amaç olduğu için protein içeriği tayini çok kritiktir. Çalışmada literatür bilgileri dahilinde protein içeriği hesaplanmıştır. Laboratuvar analizi yapıldığında Dumas yöntemi kullanılacaktır.



Bulgular

Proje kapsamında hazırlanan standart vegan çikolata ve %10 ilaveli vegan çikolata tabletlerini Şekil 3 ve 4’ de görülmektedir.



Şekil 3. Standart vegan çikolata tablet

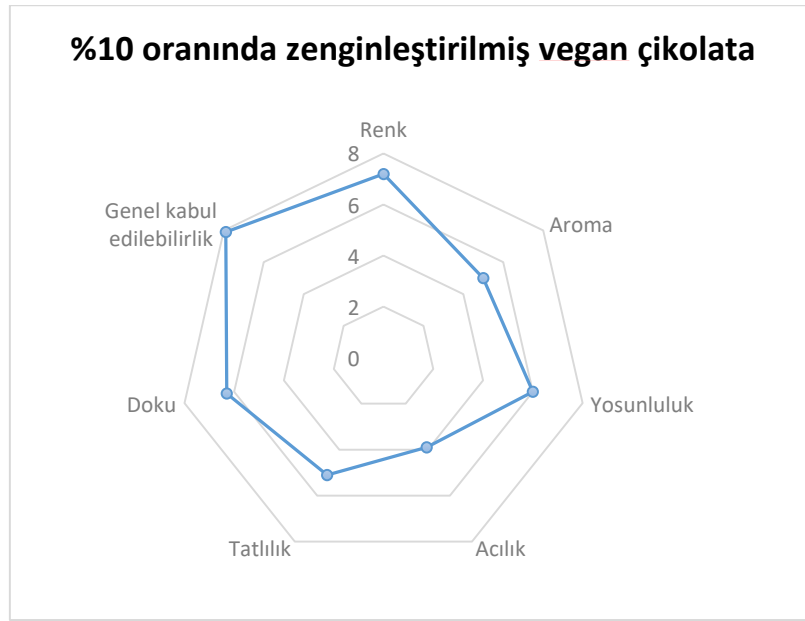


Şekil 4. %10 *Spirulina* tozu ilaveli vegan çikolata tablet



Duyusal Analiz

20 panelistin katıldığı tanımlayıcı duyu analizi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda, kabul edilebilirliği en yüksek ve en beğenilen numune %10 ilaveli vegan çikolata olmuştur. %10 oranında zenginleştirilmiş numune için oluşturulan örümcek ağı diagramı Şekil 5’ de verilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz ve panelist yorumları bu şekilde olmuştur. Duyusal olarak beğeni oranı % 70 olarak tespit edilmiştir. Son ürünün kabul edilebilirliği yüksektir. Projenin ileriki çalışmaları en beğenilen numune üzerinden gidilmiştir.



Şekil 5. %10 ilaveli vegan çikolata için örümcek ağı diagramı

Nem, Reoloji ve Toplam Şeker Analizi

Bu kapsamda yapılan dört analiz sonuçları Tablo 1’ de verilmiştir. Çikolatanın nem oranının %1’den küçük olması istenmektedir. Hem standart hem de %10 ilaveli numune neminin %1’den küçük olduğu bulunmuştur. Reoloji analizi için viskozite ve yv değerleri incelenmiştir. %10 ilaveli numunenin reolojik değerleri standarda göre yaklaşık %10 oranında bir artış gözlenmiştir. Ama bu fark kayda değer olmayıp son ürün için istenen reolojik değer aralığındadır. Toplam şeker analizi sonucunda standart ve %10 ilaveli ürün için değerler çok yakın çıkmıştır ve bir fark bulunmamaktadır. Yaklaşık %10 toplam şeker süttan gelen doğal şekeri ifade etmektedir.

Tablo 1. Nem, reoloji ve toplam şeker analizi sonuçları

	Nem (%)	Viskozite (Pa.s)	YV (Pa)	Toplam Şeker (%)
Standart vegan	0.7	12	21	10
%10 ilave	0.7	13	24	10.5



Mikrobiyolojik Analiz

Mikrobiyolojik analiz kapsamında toplam bakteri, koliform, enterobacteria ve küf-maya analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 2’ de verilmiştir. Standart vegan çikolata ve %10 *Spirulina* tozu ilaveli numune arasında mikrobiyolojik katite olarak bir fark gözlenmemiştir. İki üründe mikrobiyolojik limitler dahilindedir.

Tablo 2. Mikrobiyolojik analiz sonuçları

	Toplam Bakteri (max 10.000 kob/g)				Koliform (max 10 kob/g)				Enterobakteria (Negatif)				Küf -Maya (max 100 kob/g)			
	Besiyen Bılgısı (Sıra No): 12		Analiz: ÖB		Besiyen Bılgısı (Sıra No): 13		Analiz: ÖB		Besiyen Bılgısı (Sıra No): 14		Analiz: ÖB		Besiyen Bılgısı (Sıra No): 15		Analiz: ÖB	
	İnkübayon Başlama Tarihi ve Saati: 16.12.2020/14.00		Analiz: ÖB		İnkübayon Başlama Tarihi ve Saati: 16.12.2020/14.00		Analiz: ÖB		İnkübayon Başlama Tarihi ve Saati: 16.12.2020/14.00		Analiz: ÖB		İnkübayon Başlama Tarihi ve Saati: 16.12.2020/14.00		Analiz: ÖB	
	İnkübayon Bılgı Tarihi ve Saati: 16.12.2020/15.00		Analiz: ÖB		İnkübayon Bılgı Tarihi ve Saati: 17.12.2020/14.30		Analiz: ÖB		İnkübayon Bılgı Tarihi ve Saati: 17.12.2020/14.30		Analiz: ÖB		İnkübayon Bılgı Tarihi ve Saati: 21.12.2020/15.21		Analiz: ÖB	
	Dilüsyon faktörü	Sonuç	Ortalama Sonuç		Dilüsyon faktörü	Sonuç	Ortalama Sonuç		Dilüsyon faktörü	Sonuç	Ortalama Sonuç		Dilüsyon faktörü	Sonuç	Ortalama Sonuç	
Standart vegan	10 ⁻¹	500	520	510	10 ⁻¹	0	0	0	10 ⁻¹	0	0	0	10 ⁻¹	0	0	0
%10 ilaveli	10 ⁻¹	620	640	630	10 ⁻¹	0	0	0	10 ⁻¹	0	0	0	10 ⁻¹	0	0	0

Protein Analizi

Ürünlerin protein içeriği literatür bilgileri dahilinde hesaplanmıştır. *Spirulina* spp. protein içeriği toplam kuru maddede %65 kabul edilerek hesaplanmıştır. Ürünlerin protein içerikleri Şekil 6’ da verilmiştir. Beklenildiği gibi, *Spirulina* ilave oranı arttıkça protein içeriği artmıştır. Beklenildiği gibi *Spirulina* ilave oranı arttıkça protein içeriği artmaktadır. %13 ilaveli ürünün protein içeriğinin standart vegan çikolataya göre 3 kat arttığı görülmüştür. Vegan çikolataya *Spirulina* tozu ilave edilen tüm oranlardaki ürünler Türk Gıda Kodeksi Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği (2017)’ ne göre ‘proteinini arttırılmış’ ibaresi kullanılabilecektir.

Sonuçlar

Bu projede amaç, proteini arttırılmış vegan çikolata üretilmesidir. Bu kapsamda alglerin içerdiği yüksek değerlikli biyoaktif bileşenlerden yararlanılmıştır. Standart vegan çikolata üç farklı oranda *Spirulina* tozu kullanılarak zenginleştirilmiştir. Yapılan duysal analizde, ürünler 20 panelist tarafından incelenmiştir. Verilen kriterler doğrultusunda en beğenilen ve en yüksek genel kabul edilebilirlik skoru alan numune %10 oranında ilaveli olan ürün olmuştur. *Spirulina* kullanımının ürün neminde değişikliğe sebep olmadığı ve reolojide aynı yağ oranına sahip bir çikolataya göre fark oluşturmadığı görülmüştür. Yapılan toplam şeker ve mikrobiyolojik analizlerde kıyaslanan numunelerde bir fark gözlenmemiştir. %13 ilaveli ürünün protein içeriğinin standart vegan çikolataya göre 3 kat arttığı görülmüştür. Proje kapsamında mevcut piyasada kullanılan proteinlerden farklı bir protein çeşidi kullanımı sağlanarak, vegan çikolata kapsamında yeni bir ürün oluşturulmuş olup son ürünlerdeki kalite parametrelerine etkileri ve protein olarak tercih edilebilirliği belirlenmiştir.

Referanslar

- Becker, E. W. (2007). Micro-algae as a source of protein. *Biotechnology advances*, 25(2), 207-210.
- Capelli, B., and Cysewski, G. R. (2010). Potential health benefits of spirulina microalgae. *Nutrafoods*, 9(2), 19-26.
- Clarys, P., Deliens, T., Huybrechts, I., Deriemaeker, P., Vanaelst, B., De Keyser, W., ... & Mullie, P. (2014). Comparison of nutritional quality of the vegan, vegetarian, semi-vegetarian, pesco-vegetarian and omnivorous diet. *Nutrients*, 6(3), 1318-1332.
- Eleren, S. Ç. and Öner, B. (2019). Sürdürülebilir ve çevre dostu biyoyakıt hammaddesi: mikroalgler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(3), 304-319.
- Ghaeni, M., and Roomiani, L. (2016). Review for application and medicine effects of Spirulina, microalgae. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 3(2), 114-117.



Karabudak, E. (2012). Vejetaryen beslenmesi. Sağlık Bakanlığı, Ankara. ss. 2.

Khan, Z., Bhadouria, P. and Bisen, P. S. (2005). Nutritional and therapeutic potential of Spirulina. Current pharmaceutical biotechnology, 6(5), 373-379.

Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D.-T. and Show, P.-L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. Food Science and Human Wellness, 8(1), 16–24.

Lewin, R. and Andersen, R. (2019). Algae. In: Encyclopædia Britannica. pp. 5.

Sharma, V., & Dunkwal, V. (2012). Development of Spirulina based “biscuits”: a potential method of value addition. Studies on Ethno-Medicine, 6(1), 31-34.

Türk Gıda Kodeksi. (2017). Beslenme ve Sağlık Beyanları Yönetmeliği. Sayı: 29960.

FARKLI KESİT KALINLIKLARINA SAHİP KÜRESEL GRAFİTLİ DÖKME DEMİR İŞ PARÇASININ DÖKÜMÜ İÇİN SOĞUTUCU TASARIMI

¹MÜMİN OKUL, ¹GÜLCAN ÇETİN, ¹UMUT AKTAŞ, ^{2,3}TUĞÇE YAĞCI, ^{2,3}ADEM KORKMAZ

¹*Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye*

²*Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye*

³*Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye*

E-mail: mumin.okul@safakdokum.com

Özet

Bu çalışmada, farklı kesit kalınlıklarına sahip küresel grafitli dökme demir alaşımları için, döküm işleminin gerçekleştirilmesini kolaylaştıracak ve katılaşmanın kontrollü analizini sağlayacak, soğutucu tasarımının yapılması amaçlanmıştır.

Grafitin sahip olduğu küresel yapıdan dolayı, sfero olarak da isimlendirilen küresel grafitli dökme demir alaşımları, gösterdiği mukavemet, uzama ve korozyon direnci gibi özellikleri açısından, diğer dökme demir alaşım türlerine nazaran öne çıkmaktadır. Farklı kesit kalınlıklarına sahip malzemelerin katılaşması sırasında proseste ortaya çıkan ve ürünün mekanik özelliklerini olumsuz etkileyen hataların önlenmesi veya minimize edilmesi, bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde itici güç olmuştur (TS EN 1563, 2012).

Söz konusu çalışmada, yüksek mukavemete ve iyi aşınma direncine sahip, EN GJS 700-3 standardıyla tanımlanan küresel grafitli dökme demir alaşımının, döküm işlemi verimliliğinin düşük olması çalışmanın tasarım niteliğini oluşturmaktadır. Ayrıca farklı kesit kalınlıklarına sahip iş parçasının katılaşma analizinin kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayacak yeni bir kalıp tasarımının yapılması ve üretimi, bu çalışmanın yaklaşımı ve yöntemini oluşturmaktadır. Öte yandan, döküm sırasında kalıplarda soğutucu parça kullanımının çalışma prensibinin öğrenilmesi ve farklı kesit kalınlığına sahip dökme demir iş parçalarında döküm denemeleri süreçlerinin minimize edilmesiyle, maliyet ve zamandan kazanç sağlanarak katma değeri yüksek, tasarım ve ürünlerin elde edilmesi bu çalışmanın kazanımları arasında yer almaktadır (Çehiz, 2019; Tokaç, 1998).

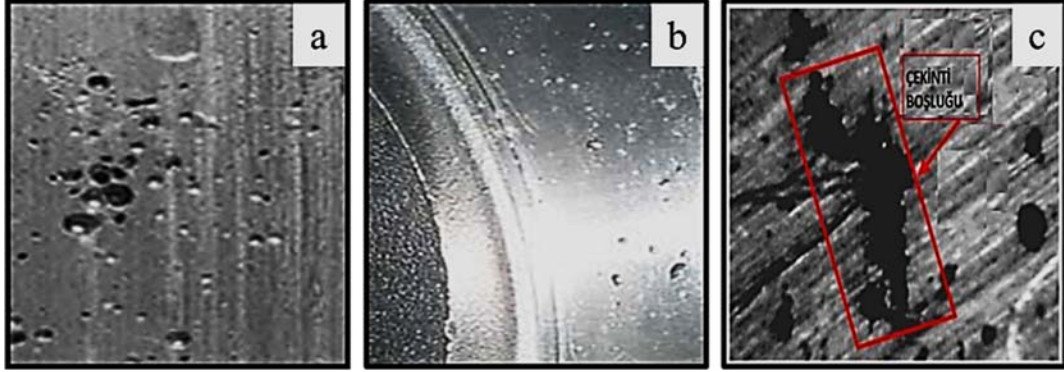
Keywords: *Küresel grafitli dökme demir, Katılaşma, Soğutucu parça tasarımı, Kontrollü soğutma.*

Giriş

Dökme demirler; mukavemet, sertlik, işlenebilirlik, korozyon direnci ve aşınma direnci gibi iyi mekanik özellikler göstermelerinin yanısıra kolay üretilebilir ve ekonomik olmalarından dolayı yaygın olarak kullanılan mühendislik malzemeleridir. Dökme demir alaşımları, içerdikleri elementlere bağlı olarak farklı fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikler göstermektedirler. Özellikle, alaşım içerisine ilave edilen magnezyum (Mg) ve silisyum (Si) elementleri ve bu elementlerin miktarları, alaşımın mikroyapısal ve mekanik özellikleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Çelik, 2001).

Gelişen döküm teknolojisiyle birlikte aşılama işlemlerine başlanmış ve gri dökme demirlere göre iki kat daha mukavemetli, küresel grafitli dökme demirlerin üretimi gerçekleştirilmiştir. Endüstriyel kullanım alanları ve önemi giderek artan küresel grafitli dökme demir alaşımlarının, işlenebilirliğinin iyi olması, dayanımının yüksek olması ve çelik ile benzer yüzde uzama miktarları göstermesi, bu alaşımları döküm ve talaşlı üretim için tercih edilen bir malzeme grubu haline getirmektedir (Kayalı, 2016).

Döküm yöntemiyle üretilen iş parçalarında, karşılaşılan doku, boyut, şekil değişiklikleri ve diğer istenmeyen olumsuzlukların varlığı halinde, elde edilen parça hatalı döküm ürünü olarak değerlendirilmektedir. Bu hatalar, döküm parçasının tasarım eksikliğinden, hatalı model ve maça sandığından, uygun olmayan kalıp, maça kumu ve sıvı metal bileşiminden, ergitme ve döküm tekniği hatalarından kaynaklanabilmektedir. Bu durumda, döküm parçası içerisinde çekinti, gaz boşluğu, sıcak yırtılma gibi kusurların oluşması muhtemeldir. Dökümde karşılaşılan bu hatalar ile ilgili görseller Şekil 1’de verilmektedir (Akar, 2018; Ertuğ ve diğ., 2019).



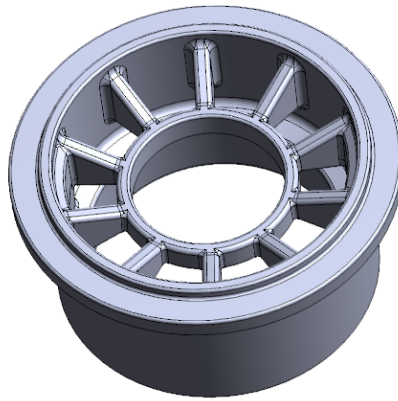
Şekil 9. Dökümde karşılaşılan bazı hata türleri (a) gaz boşlukları, (b) mikro çekintiler, (c) çekinti boşluğu.

Gaz boşlukları, döküm parçasının genellikle üst yüzeyinde görülen, döküm anında dışarı atılamayan gazlar nedeniyle ortaya çıkan, özellikle maça çevreleri ve soğutucu konulan bölgelerde rastlanılan bir hata türüdür. Çekinti hatası ise, genellikle kalın kesitli döküm parçalarında oluşan, katılaşmanın kontrollü olarak gerçekleştirilemediği durumlarda ortaya çıkan bir hatadır. Katılaşma kontrolünün sağlamadığı bu durumlarda, kalın ve ince kesite sahip bölgelerin hızla katılaşması sonucu, iç gerilmelerin oluşmasıyla sıcak yırtılmalar da meydana gelebilmektedir (Akar, 2018; Ertuğ ve diğ., 2019, Aybarç ve diğ., 2017).

İlgili çalışma kapsamında, farklı kesit kalınlıklarına sahip küresel grafitli döküm iş parçalarının, kontrollü bir şekilde katılaşmasını sağlamak için yeni bir kalıp ve soğutucu tasarımı ve bunların analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, döküm denemeleri süreçlerinin minimize edildiği, maliyet ve zamandan kazanç sağlandığı, dolayısıyla katma değeri yüksek ürünlerin elde edildiği tespit edilmiştir.

Malzeme ve yöntem

İlgili çalışma kapsamında, müşteriden teknik çizimle gelen, farklı kesit kalınlıklarına sahip iş parçalarının geometrisi ve yatay kalıplama işlemi göz önünde bulundurularak, 2D/3D tasarım ve modelleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, ilk olarak hammadde reçeteleri oluşturulmuş ve ardından, ilgili modele ait prototip üretim yapılmıştır.



Şekil 10. Kalıp tasarımına ait model görüntüsü.

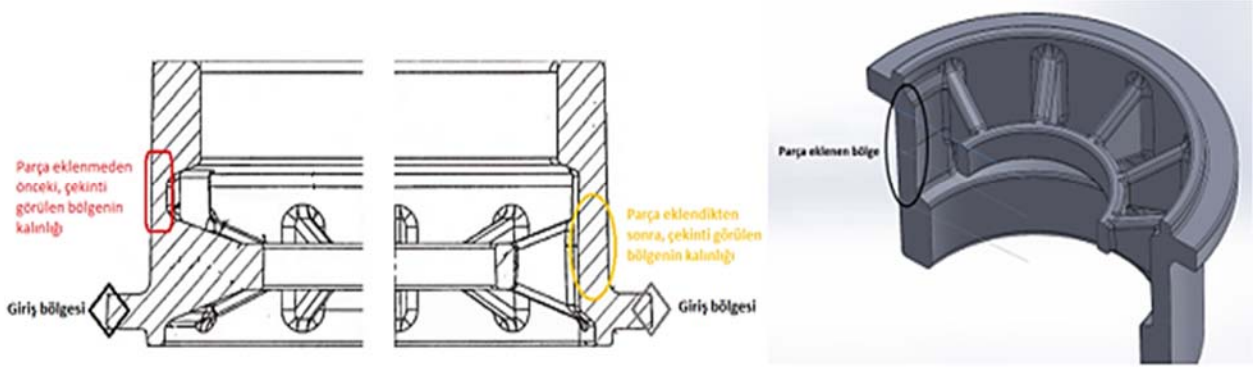
Dökme demir iş parçasının kalın kesitli kısımlarında katılaşmanın kontrollü bir şekilde yönlendirilmesini sağlamak için 2 mm kalınlığında soğutucu bir parça kullanılmıştır. Bu soğutucu parça iş parçasının üzerine dik ekseninde sabitlenmiş ve bu sayede, besleyici katılaşmadan önce parçanın katılaşması sağlanmıştır.

Proses sırasında ve sonrasında oluşması muhtemel, çekinti, gaz boşluğu, sıcak yırtılma gibi döküm hataları deneysel çalışmalarla detaylı olarak incelenmiştir. Çekinti boşluklarının varlığını inceleyebilmek amacıyla tornalama işlemi ile parçanın yüzeyinden kademeli olarak talaş kaldırılmış ve boşluklar analiz edilmiştir. Analiz



sonucunda tekrar çekinti boşluklarıyla karşılaşılması durumunda, yolluk hesabı yapılarak kesit hacimleri ve besleyici çapı %50 oranında büyütülmüştür ve gerekli analizler yinelenmiştir. Ayrıca, belirlenen test ve karakterizasyon çalışmalarıyla, ilgili modele ait fiziksel ve mekanik özellikler analiz edilmiş ve iş parçasının iç bölgesinde görülen makro ve mikro çekintilerin giderilmesi üzerine iyileştirme çalışmaları yürütülmüştür.

Analiz sonuçları doğrultusunda, model, maça, yolluk, besleyici ve soğutucu tasarımı detaylı olarak incelenmiş olup, gerçekleştirilen çalışmaların iş parçası üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Soğutucu tasarımına ait gerçekleştirilen çalışmalar Şekil 3'te görülebilmektedir.



Şekil 11. Soğutucu tasarımı.

Bulgular

Çalışma kapsamında yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır.

- Firma ve tarım sektöründe bulunan ürün portföyünün genişlediği,
- Tarım sektörü için dökülebilen parça sayısının %25 oranında arttırıldığı,
- Soğutucu kullanımı ile edinilen tecrübeye dayalı olarak, yeni projelerdeki yatırım maliyetlerinin azaltılmasıyla birlikte, oluşabilecek fire miktarlarının minimize edildiği,
- Firma içinde gerçekleştirilen yeni kalıp ve soğutucu tasarımının kullanılmaya başlanmasıyla, besleyici maliyetlerinden %75 oranında tasarruf edildiği gözlemlenmiştir.

Sonuçlar

Bu çalışma ile, farklı kesitlere sahip küresel grafitli dökme demir iş parçalarında oluşan döküm hatalarının soğutucu parça kullanımı ile azaltılması sağlanmıştır. Yolluk ve besleyici tasarımlarında yapılan revizyonlarla, sırasıyla döküm sırasında oluşan türbülanslı akışın önüne geçilmiş ve kalıbın ergiyik metalle tam dolması sağlanmıştır. Bu sayede küresel grafitli dökme demirlerde akışkanlık, grafitlerin küreselleşme oranı ve döküm parçasında oluşan mikro ve makro boyutlu çekintilerin oluşma riskleri minimize edilmiştir.

Sonuç olarak, katılaşmayı yönlendirmeye yönelik yapılan çalışmalarda soğutucu kullanım tecrübesinin kazanılmasıyla, firma için katma değeri yüksek ürünlerin dökümü mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmanın, Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş.'nin küresel pazarda görünürlüğünün ve ihracat kapasitesinin artmasında rol oynaması beklenmektedir.

Referanslar



- Akar, M., (2018). Döküm hataları ve önlenmesi için tasarım yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Aybarç, U., Kara, A., Çubuklusu, H. E., Çe, Ö. B., (2017). Sıcak izostatik preslemenin A356 alaşımının metalürjik ve mekanik özelliklerine etkisi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 32 (4), 1327-1335.
- Çehiz, C., (2019). Cooling curve thermal analyses and oxygen activity analyses for the estimation of microstructural properties of nodular cast iron, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Ankara.
- Çelik, Ö., (2001). Küresel grafitli dökme demirlerin aşınma davranışları, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Ertuğ, B., Odabaşı, A., Eruslu, N., Addemir, O., (2019). Döküm parçalarında distorsiyon, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Kayalı, Y., (2016). Effect of different heat treatments on mechanical properties of ductile iron, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16 (1), 2149-3367.
- TS EN 1563:2011 Standardı, (2012).
- Tokaç, H., (1998). An investigation about feeding of nodular cast iron, Yüksek Lisans Tezi, Middle East Technical University, Ankara.

ELEKTRİK KABLOLARINDA TAHRİBATLI ÇEKME İLE TERMİNAL ÇAKIM KALİTESİ TEST SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ



Turgut Karademir^{1*}, Umut Emre Uzun¹, Nevzat Onat¹, Sezai Taşkın¹, Nasuh Karcı²

¹Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği,

45140 Manisa-Türkiye

Ultimate Otomasyon San. ve Tic. Tic. Ltd. Şti.

45030 Manisa-Türkiye

Email: karademir.turgut.elk@yandex.com , umutemreuzun@yandex.com, nevzat.onat@cbu.edu.tr,
sezai.taskin@cbu.edu.tr, nasuh_karci@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, ülkemizde ve dünyada giderek büyüyen kablo terminal çakım (crimping) işlemi kalitesinin belirlenmesinde kullanılan çekme testleri için motorlu ve yük sensörlü çekme deneyi test cihazı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen çekme test cihazı; tahrik motoru, kuvvet algılayıcısı, kontrol kartı ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. Temel olarak birçok sektörde kullanılan lehimsiz bağlantı kablo ürünlerinin çekme testlerinin gerçekleştirilmesini ve analizlerinin yapılmasını sağlamaktadır. Çekme test sistemi ile farklı kesit ve özellikte lehimsiz kablo terminallerine testler uygulanmış, elde edilen veriler yazılım tarafından yorumlanarak geliştirilen kullanıcı arayüzü üzerinden test sonucu “ürün testten geçti/geçemedi veya pass/fail” olarak grafik LCD ekrana taşınmıştır. Elde edilen sonuçlar numunelerin çekme testinden ne derece başarılı olduklarını belirlemede kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çekme testi, terminal, IDC, kablo başlığı, çakım kalitesi

Giriş

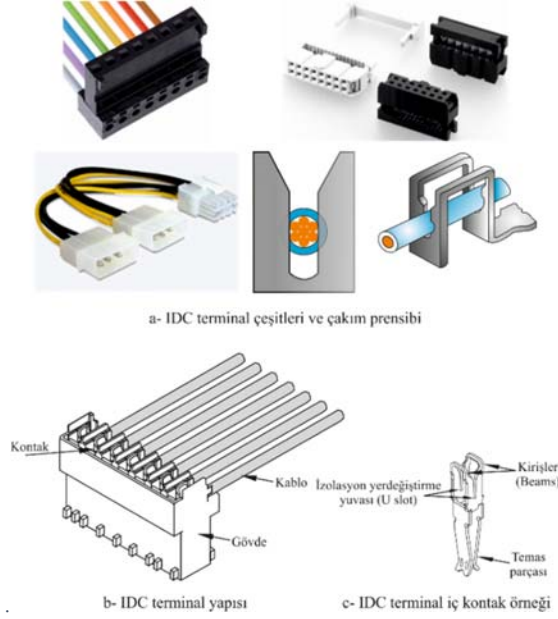
Endüstriyel teknolojiye göre “konnektör” veya “terminal” olarak adlandırılan ekipmanlar, kablo bağlantılarının güvenli ve kolay bir şekilde montaj ve söküm işlemlerinin sağlanması için tasarlanmış kablo aksesuarlarıdır. Terminaller genel olarak iki ana grupta incelenebilir: (i) kablo yalıtkanının soyularak çakım bölgesine yerleştirilmesi ve kıvrırma işlemi gerektiren klasik terminaller (Şekil 1), (ii) kablonun sıyırma işlemi yapılmadan işlendiği ve çakma işlemi ile terminal içindeki bıçakların yalıtkanı keserek iletkenle temas etmesi prensibine dayanan IDC (Insulation Displacement Connector) terminal (Şekil 2). Her iki grupta çok farklı özellik ve tipte terminaller bulunmaktadır. Bu terminallerin kablolarla takılması, tüm elektrikli ekipmanlarda (özellikle beyaz eşya, otomotiv, savunma sanayinde, havacılık ve tıbbi cihazlar sektörlerinde) ihtiyaç duyulan ve genellikle ana üretim sürecinden ayrı bu işi yapan özel makinelerin kullanıldığı yan sanayi sektörü tarafından sağlanan bir işlemdir. Terminal çakım kalitesi gözle kontrol edilemeyecek bir parametredir. Standart kalite kontrol sistemleriyle çakımdaki hataların tespit edilmesi çoğu zaman imkânsızdır. Buna karşılık, çakım kalitesinde olabilecek en küçük hata o bölgede geçiş direncinin artması, mekanik mukavemetin azalması gibi önemli sonuçlar doğurur. Dolayısıyla, bu hatalardan kaynaklanan elektriksel iletim problemleri, ısınmalar veya mekanik kopmalar son kullanıcının karşılaştığı sorunlar olmaktadır. Bu da kablonun kullanıldığı makine veya sistemin özelliklerine bağlı olarak çok büyük hasarlara, can kayıplarına, yangınlara sebebiyet verecek sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle çakım kalitesi çok dikkatli şekilde denetlenmesi gereken parametrelerin başında gelmektedir.



Şekil 12 Açık ve kapalı tip klasik terminaller

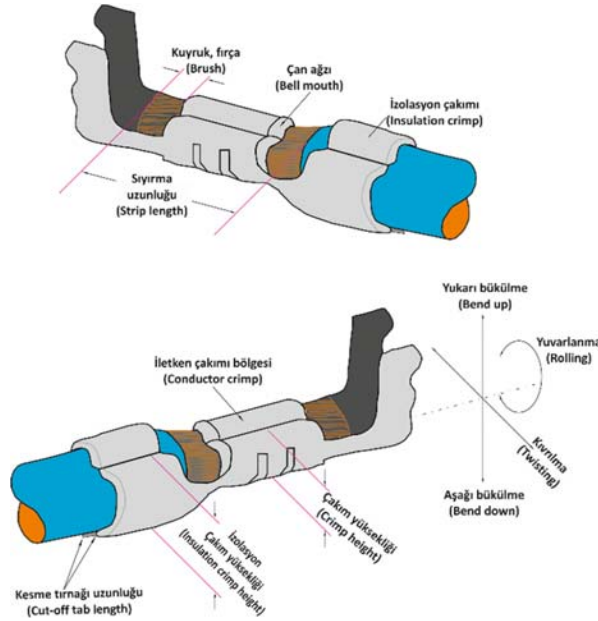


Çakım (crimping, krimpleme) işlemi, terminallerin kablo üzerine mekanik bir baskı veya çekme ile sıkıştırılmasıdır [1]. Bu çalışmanın konusuna giren ve çakım kalitesini belirlemede kullanılan çekme testi, metalik ve metalik olmayan malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemede kullanılan en yaygın metotlardan biridir. Diğer bir deyişle, çekme testi; standartlara göre hazırlanmış test numunesinin tek ekseninde, belirli bir hızla ve sabit sıcaklıkta koparıncaya kadar çekilmesi işlemidir [2]. Çekme testinde amaç; statik yük altındaki malzemelerin elastik ve plastik davranışlarını belirlemektir. Tasarım parametrelerini belirlemek ve malzemenin mukavemeti yönünde özelliklerinin tespit edilmesi amacıyla endüstride çekme testi yaygın şekilde tercih edilmektedir [3].



Şekil 13 IDC terminal yapısı ve özellikleri

Klasik terminal çakım endüstrisinde kullanılan bazı parametreler Şekil 14’de gösterilmiştir. Çakım kalitesinin gözle tespiti mümkün değildir. Klasik terminallerde izolasyona uygulanan baskının az veya çok olması, terminal başının dönme yapması, iletken damarlarının bir kısmının çakım bölgesi dışında kalması, yetersiz/fazla sıyrma vb. gibi pek çok hata meydana gelebilir.

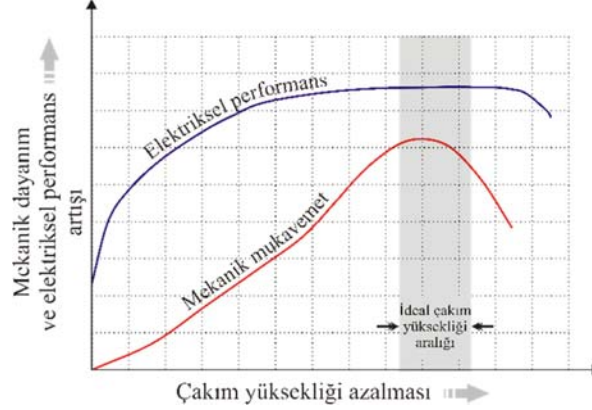


Şekil 14 Klasik terminallerde çakım terimleri ve karşılıkları

Çakım kalitesinin belirlenmesinde literatürde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden temel olarak dört yaklaşım ön plana çıkar: Birinci yaklaşım, belli sayıda çakım yapılmış kablolardan numuneler alınarak çakım yüksekliği, sıyırma uzunlukları, çan ağzı ve iletken damarların çakım bölgesindeki durumunun incelenerek çakım kalitesinin tespiti. Bu yöntemde mikrometre, endüstriyel mikroskop, hassas kumpaslar vb. ekipmanlar kullanılmaktadır. Literatürde; makine öğrenmesi algoritmalarını kullanarak akıllı ultrasonik terminal çakım işleminde testi gerçekleştirilen numunelerin görselleri üzerinden hata tespit çalışması gerçekleştirilmiştir [4]. Yüksek hızda çalışan terminal çakım makinesinde LS-Dyna programı aracılığıyla sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çakımı gerçekleştirilmiş alüminyum ve bakır kabloların çakım mikrograf (crimp cross section) analizini yapmıştır [5]. Elektrik ısıtıcılarında kullanılan 15 A' a ya kadar üzerinden akım geçiren terminallerde olan çakım hatalarını çakım mikrograf analizini kullanarak incelenmiştir [6]. İkinci yöntem, bu çalışmada da kullanılan iletkenlere çekme kuvveti uygulanarak çakım bölgesinin mekanik dayanımının test edilmesidir. Bu yaklaşımda farklı ölçme tekniklerine göre çalışan test cihazları kullanılmaktadır. Literatürde; havacılık sektöründe kullanılan terminallerin çakım işlemlerinden kaynaklanan hataları belirlemek amacıyla çakım işleminin metal karakterizasyonu, matematiksel modelini ve mekanik kuvveti olmak üzere üç parametreyi göz önüne alarak gerçekleştirdikleri simülasyon ve deney üzerindeki aldıkları değerleri ile hata tespitlerini gerçekleştirilmiştir [7]. Üçüncü yaklaşımda çakım presinin terminal üzerine uyguladığı baskı kuvvetinin zamanla değişim grafiklerine dayanan bir karar verme tekniğidir. Makine tarafından yapılan her çakım işlemi anlık olarak izlenerek doğru çakım grafiğiyle karşılaştırma yapılarak hata tespiti yapılır. Bu yöntemde tüm çakımlar kontrol edildiğinden hata oranı daha düşüktür ancak yüksek maliyetinden dolayı yıllık kablo işleme sayısı çok yüksek olan tam otomatik çakım makinelerinde tercih edilmektedir. Çakım işlemi esnasında terminale uygulanacak kuvvetin gerinim ölçerlerden (strain gauge) aldıkları geri beslemeler yardımı ile terminal çakımı işleminde uygulanan kuvvetin sonucu ortaya çıkabilecek çakım hatalarını incelenmiştir [8]. Dördüncü yaklaşımda ise direnci ölçmek için, bir iletken tele bir test akımı uygulanır ve oluşan gerilim düşümü tespit edilir. Bu test, elektriksel performans hakkında bilgi verir. Fakat mekanik performans hakkında bilgi vermez. Test sonuçlarının kararlılığı ile ilgili ciddi zorluklar vardır. Çakım işlemi sırasında meydana gelen hatalı çakımın terminal üzerinde oluşturacağı direnç ve yapısal etkileri inceleyerek uygun çakım işleminin onaylanmasını incelenmiştir [9].



Şekil 15'te çakım kalitesinin klasik terminallerde elektriksel ve mekanik performansa etkileri grafiksel olarak gösterilmektedir. Terminal üzerine uygulanacak baskı çakım yüksekliği taralı alanda kalacak şekilde belirlenmelidir. Çakım yüksekliğinin bu değerin altında kalması baskının fazla olduğu anlamına gelir ve bu durum hem mekanik hem de elektriksel performansı olumsuz etkiler. Çünkü aşırı baskı, kabloları oluşturan damarların deforme olmasına ve özellikle giriş boğazında kırılmalara neden olabilir. Bunun tersi olarak çakım yüksekliğinin ideal değerden büyük olması terminal içindeki kabloların ideal oranda sıkışmaması neticesinde hem mekanik olarak kolay kopma hem de elektriksel direncin artması olumsuzluklarını meydana getirir.



Şekil 15 Klasik terminallerde çakım yüksekliği (crimp height) ile mekanik dayanım ve elektriksel performans arasındaki ilişki

Yukarıda belirtildiği gibi başta beyaz eşya olmak üzere pek çok sektörde lehimsiz bağlantı içeren hazır kablo imalatı çok büyük ekonomik büyüklüklere ulaşmış bir endüstri dalı haline gelmiştir. Gerek klasik gerekse IDC konnektörler belli standartlarda üretilmekte ve bu standartlara uygun makinelerle çakım işlemleri yapılmaktadır. Tablo 4'de IEC 60352-2 standardına göre lehimsiz bağlantı için kablo kesitine göre dayanması gereken minimum çekme kuvvetleri görülmektedir [10].

Tablo 4 Lehimsiz bağlantılarda IEC 60352-2 standardına göre çekme mukavemeti değerleri

İletken kesiti		Minimum Çekme (Kopma) Kuvveti	İletken kesiti		Minimum Çekme (Kopma) Kuvveti
mm ²	AVG*	[N]	mm ²	AVG*	[N]
0,05	30	6	1,3	16	135
0,08	28	11	1,5		150
0,12	26	15	2,1	14	200
0,14		18	2,5		230
0,22	24	28	3,3	12	275
0,25		32	4		310
0,32	22	40	5,3	10	355
0,5	20	60	6		360
0,75		85	8,4	8	370
0,82	18	90	10		380
1		108	* Sadece bilgi amaçlı verilmiştir.		

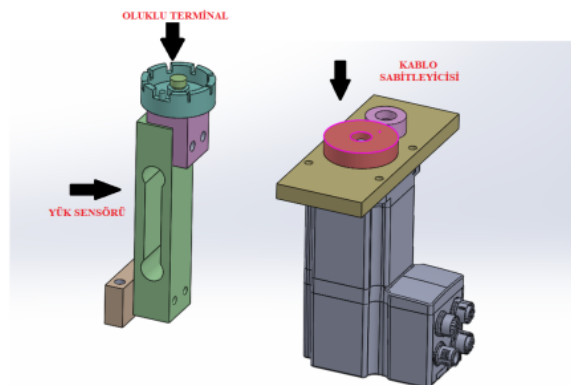
Bu çalışmada, IEC 60352-2 lehimsiz bağlantı standardına uygun çekme testleri yapabilen TS EN 60512 kalite kontrol standartlarında hassasiyet, doğruluk ve güvenilirlik sağlayan bir ürün geliştirilmiştir. Bu standartlara göre lehimsiz bağlantı şekli olan terminal çakım işleminin görevi hem mekanik hem de elektriksel bir bağlantı oluşturmaktır [11]. Terminal çakım(crimp) işleminin sahip olması gereken çekme çıkma kuvveti 60352-2 lehimsiz bağlantı standardında tanımlanmıştır. Çekme çıkma testinin (pull-out test) yapılma amacı ilgili standart uygunluğunun ispatıdır. Geliştirilen cihaz, gerçek çalışma şartlarında testlere tabi tutularak güvenilirliği kanıtlanmıştır. Ayrıca, çakım işlemlerinin kaydedilmesi, grafiklerinin çıkarılması ve analizi için de LabVIEW tabanlı bir ara yüz geliştirilmiştir.



Materyal ve Metot

Mekanik Tasarım

Bu çalışmada mekanik montaj için pleksiglas kaplama plakaları, terminal tutucu sistemi (mengene tipi), motor tutucu ve yük hücresi modülü montaj kiti kullanılmıştır. Tüm mekanik ve elektronik parçaların içerisinde bulunduğu, birbirileri arasında yapılan bağlantıların muhafaza edildiği cihaz kasası sistem parametrelerini kaplayan ergonomik bir tasarıma sahiptir. Cihazın katı modellemesi ve çalışma benzetimleri Solidworks yazılımında gerçekleştirilmiştir. Şekil 16’de oluklu terminal yapısı, yük sensörü ve kablo sabitleyicisinin katı modelleri gösterilmektedir



Şekil 16 Çekme motoru ve yük sensörü mekanik yapısı

Test Cihazı Donanımı

Geliştirilen test cihazı, elektrik-elektronik devre donanımı ve cihazla birlikte sekronize bir şekilde çalışan ara yüz programı olmak üzere iki ana bileşenden oluşmaktadır.

Elektrik-Elektronik Donanım

Sistemin elektrik-elektronik aksamı Nema 23 Step motor, motor sürücüsü, yük sensörü, güç ünitesi modülü, LCD ekran ve çeşitli mikro denetleyici temelli kartlardan oluşmaktadır. Sistemin kontrol ünitesinde Arduino Mega 2560 ve ArduinoUno 2560 programlama kartları yer almaktadır. Arduino Mega 2560 sistem içerisinde değişen ve işlenen test verilerinin seri porttan arayüz programına aktarılmasını sağlamaktadır. ArduinoUno 2560 kartı ise step motor sürücüsünü kontrol etmektedir [12]. Cihazın kullanıcı ile iletişimi 3.5 inç TFT bir LCD panel ile gerçekleştirilmiştir. LCD ekran yapısında kullanıcı dostu ve basit bir yapıya sahip bir menü kullanılmıştır. Bu menüde motorun hızının ayarlanması, yük sensörünün kalibrasyon ayarının yapılması, istenilen durumlarda veri girişinin sağlanması gibi birçok işlemi beraberinde gerçekleştirebilen bir yapı oluşturulmuştur.

Çekme-çıkma testinin kontrolünün sağlanması için tuş takımı yapısı kullanılmıştır. Kullanılan tuş takımı yapısıyla test işleminin başlatılması, durdurulması ve LCD ekran üzerinden gerekli fonksiyonların yönlendirilmesi gerçekleştirilmiştir.

Kabloya çekılan terminalin step (adım) motor ile çekilmesi esnasında uygulanan kuvvet değerlerini algılayan platform tipi 20 kg kapasiteli bir yük hücresi kullanılmıştır [13]. Bu yük hücresi üzerinden ölçülen değerler kg cinsindendir. Fakat Arduino Mega 2560 programlama kartı üzerinden Newton (N) birimine çevrilerek Newton cinsinden LCD ekrana ve ara yüz programına aktarılmaktadır. Yük hücresinden gelen analog sinyalleri dijital sinyale 24 bitlik veri hassasiyetinde dönüştürüp mikrodenetleyici kart tarafından algılanabilir bir seviyeye ulaştırmak amacıyla tasarlanmış basit bir yükselteç devresi olan HX711 yük hücresi modülü kullanılmıştır. Cihazın elektrik beslemesi 48V DC güç kaynağı ile yapılmaktadır.



Arayüz Yazılımı

Cihazın arayüzü test yapılacak kablo kesitinin seçiminin yapılabilirdiği, test sonucunun gösterildiği ve kuvvet-zaman grafiğinin test ile eşzamanlı olarak izlenebildiği kullanıcı dostu yapıya sahiptir.

Kullanıcı ön panel üzerinden çekme kuvvetini ölçen yük sensöründen gelen verilerin kaydedilmesi için uygulama üzerinde bulunan “Dosya Oluşturunuz” bölümünden dosya adı verilerek ilgili test sonuçlarının saklanacağı dosya oluşturulur. Verilerin arayüze aktarılması için “Seri Portu Seçiniz” kutucuğundan gerekli seri haberleşme portu seçilir. Testi gerçekleştirilen kablo numunesinin kesiti “Kesit Seçiniz” sekmesinden seçilir. Test işlemi sırasında terminale uygulanan çekme kuvveti "maksimum değer" bloğundan ve kuvvetin zamanla değişimi grafik bölümünden anlık olarak izlenebilmektedir.

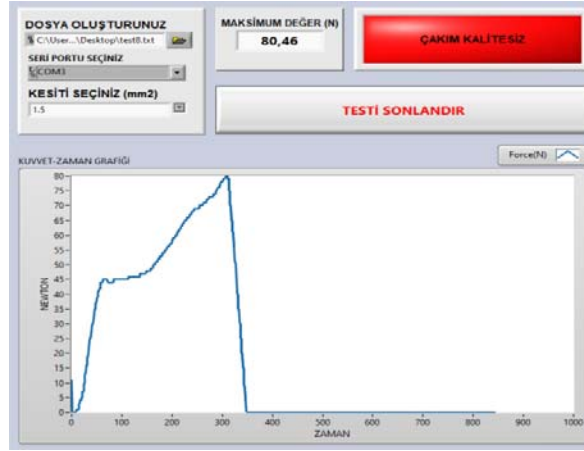
Test Verileri Test cihazı ile 4 mm² kesite kadar olan iletkenler için çekme-çıkma test işlemi farklı numuneler için gerçekleştirilmiştir. Yapılan testlerde yük sensöründen alınan değerler ve zamanla değişimlerinin anlık olarak izlenebildiği tespit edilmiştir. Çakımın istenen kalitede olduğu kararı Tablo 4’de verilen standart değerlere göre verilmektedir. Yapılan testlerde cihazın klasik terminal çakımlarında istenen standartlara uygunluk testlerini gerçekleştirdiği görülmektedir. Şekil 6.’da geliştirilen cihaz, Şekil 7,8 ve 9’da ise örnek testlerin arayüzleri gösterilmiştir.



Şekil 6. Geliştirilen çekme test cihazı



Şekil 7. Çekme test cihazı kaliteli çakım test sonucu



Şekil 8. Çekme test cihazı kalitesiz çakım test sonucu

Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada klasik terminallerde gözle tespiti çoğu zaman imkânsız olan çakım hatalarının tespitinde kullanılan bir test platformu geliştirilmiştir. Geliştirilen cihaz, klasik açık ve/veya kapalı tip terminallerde kopma testlerini gerçekleştirebilmektedir. Ölçme yöntemi, belli sayıda işlenmiş kablo grubundan alınan numunelere adım motoru tarafından çekme kuvvetleri uygulanarak IEC 60352-2 standardına göre değerlendirilmesine dayanmaktadır. Cihazın tüm donanım ve yazılım tasarımları gerçekleştirilerek gerçek kablo numuneleri üzerinde testler yapılmıştır. Geliştirilen cihazın farklı kesitte kablo terminallerinde kaliteli ve hatalı çakım örneklerini başarı ile ayırt edebildiği deneysel olarak gözlemlenmiştir.

Bilgi

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-B Sanayi Odaklı Lisans Bitirme Tezi Destekleme Programı tarafından 1139B411802145 proje numarası ile desteklenmiştir.

Referanslar

- [1] “Onat, N., Taşkın, S., Kahraman, A., and N. Karıcı., (2018) “Terminal Crimp Faults and Effects on Mechanical Strength”, Manisa Celal Bayar University 2. International University Industry Cooperation, R&D and Innovation Congress, 7-8 November, 2018, Manisa, Turkey.
- [2] S. Bacak, “Düşük mukavemetli malzemeler için mekanik deneylerin yapılabileceği masaüstü deney cihazının tasarımı ve kurulması”, 2006.
- [3] “The Importance of Grip Selection in Force Measurement”. <https://www.qualitymag.com/articles/93789-the-importance-of-grip-selection-in-force-measurement?v=preview> (erişim Oca. 06, 2021).
- [4] M. Weigelt, A. Mayr, J. Seefried, P. Heisler, ve J. Franke, “Conceptual design of an intelligent ultrasonic crimping process using machine learning algorithms”, *Procedia Manufacturing*, c. 17, ss. 78-85, 2018.
- [5] A. K. Rajak ve S. D. Kore, “Comparison of different types of coil in Electromagnetic terminal-wire crimping process: Numerical and experimental analysis”, *Journal of Manufacturing Processes*, c. 34, ss. 329-338, 2018.
- [6] J. Aronstein ve R. Butturini, “Evaluation of crimped terminations and splices in in-wall electric heaters”, 2002, ss. 252-258.
- [7] K. Mocellin ve M. Petitprez, “Experimental and numerical analysis of electrical contact crimping to predict mechanical strength”, *Procedia Engineering*, c. 81, ss. 2018-2023, 2014.
- [8] S. Ogihara, K. Takata, Y. Hattori, ve K. Yoshida, “Mechanical analysis of the crimping connection”, 2006, ss. 89-94.



- [9] C. F. Ocoleanu ve A. I. Dolan, “Experimental and Statistical Study of Connector Resistance Factor Influence on Crimping Validation Process”, 2018, ss. 174-178.
- [10] B. STANDARD, “Part 2: Crimped connections—General requirements, test methods and practical guidance”, 2006.
- [11] “Krimpleme-Teknigi.pdf”. Erişim: Oca. 06, 2021. [Çevrimiçi]. Erişim adresi: <http://www.hatko.com/uploads/files/files/KRiMP-PANO/Krimpleme-Teknigi.pdf>.
- [12] “NEMA 23 Stepper Motor”, *Components101*. <https://components101.com/motors/nema-23-stepper-motor-datasheet-specs> (erişim Oca. 06, 2021).
- [13] “Puls Elektronik”. <https://www.puls.com.tr/tr/urunler/platform-tipi-yuk-hucreleri> (erişim Oca. 06, 2021).



PLC TABANLI YÜK KALDIRMA SİSTEMİNİN BULANIK MANTIK İLE KONTROLÜ

Sinan Bülbül , Orhun Ergezer, Tuğrul Soyusinmez, Tolga Palanduz

Özet

Endüstride kullanılan CNC işleme merkezlerinde operatörlerin iş sağlığı ve güvenliği açısından işleme merkezlerine iş parçalarını yüklerken kullandıkları PLC tabanlı yük kaldırma sistemi kullanılmaktadır. Bu makalede PLC tabanlı yük kaldırma sisteminin bulanık mantık ile kontrolü gerçekleştirilecektir. Mevcut sistemde yükü kaldıran AC servo motoru PLC klasik yöntemlerle kontrol etmektedir. Yapılacak olan projede kullanılan klasik yöntemin yerine bulanık mantığın geçmesi ve sistemin kullanıcı dostu olması, verimliliğinin artırılması, klasik yöntemde karşılaşılan problemlerin ortadan kalkması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, Kaldıraç sistemleri, Plc

Giriş

Yük kaldırma sistemi, bir servo motor tahrikiyle çalışan halat kasnağının yukarı ve aşağı hareketleri ile parçanın hareket ettirilmesini sağlayan sistemlerdir. Bu sistemlerde sistemin hareketini sağlayan kullanıcıdır. Kullanıcının kontrol panelinde bulunan potansiyometreyi çevirmesi ile sistem içerisindeki klasik algoritma ile servo motora belirli bir tork verisi göndererek hareket etmesini sağlamaktadır. Yapılacak olan çalışmada kullanılan klasik mantık yerini bulanık mantık yaklaşımlarının alması hedeflenmiştir. Böylelikle kullanılan yük kaldırma araçlarının kaldırdığı yüklerle göre servo motora kuvvet göndermesi ve kullanıcının cihazı daha rahat kontrol edebilmesi planlanmaktadır.

İlgili Çalışmalar

Yapılan literatür taramalarında işleme merkezlerinin başında kullanılan yük kaldırıcılarla ilgili yapılmış olan bir proje bulunamamıştır. Literatürdeki genellikle sarkaç tipi tepe vinçleriyle çalışılmıştır.

Tepe vinçleri bir operatör yardımıyla manuel olarak kullanılan, ağır nesnelerin kısa mesafelerde taşınmasını sağlayan araçlardır.

İncelenen bir çalışmada sarkaç tipi bir tepe vincinin kontrolü bulanık mantık yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada iki eksenle hareket kabiliyeti bulunan tepe vinci ve kontrolcüsü MATLAB/Simulink ortamında tasarlanmış ve eş zamanlı olarak çalıştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda tepe vinçlerinin hassas konum kontrolünde bulanık mantık yaklaşımının başarılı olmuştur [1].

İncelenen diğer bir çalışmada bir vinçteki yük salınımlarının bulanık mantık tabanlı kontrolü gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda hassas kontrolün gerektiği vinçlerde klasik denetleyicilere kıyasla bulanık mantık denetleyicilerinin daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [2].

Bulanık Mantık

Bulanık mantık ilk kez 1961 yılında Azeri kökenli matematikçi Lütfi Alasker Zadeh tarafından temelleri atılmış matematiksel bir kuramdır [3].

Bulanık mantık klasik mantığın aksine insan mantığında olduğu gibi durumlarla ilgili birçok ara değerlere göre çalışmaktadır.

Klasik mantıkta bir durum için yalnızca iki koşuldan birinin olabileceğini söyler. Klasik mantıkta durumlar var (1) ya da yok (0) olarak tanımlanır. Bulanık mantıkta ise aynı durum birçok farklı ara değer alabilmektedir. Bulanık mantık durumlar için çok var – var – yok – hiç yok gibi birçok ara değer ile tanımlar.



Bulanık mantık ile ilgili ilk uygulama 1974’ de Mamdani tarafından gerçekleştirilmiştir [4]. Mamdani bulanık mantığı buhar makinesinin kontrolünde kullanmıştır.

Bulanık mantık 1982’de Danimarka’da bir çimento fırının kontrolünde kullanılarak endüstri için de hayata geçirilmiştir [5].

Geçmişten günümüze kadar bulanık mantık, akıllı ev sistemleri, elektronik sistemler, endüstriyel sistemler ve birçok alanda uygulanmıştır.

Bulanık mantığın temel elemanları sırası ile bulanıklaştırma, çıkarım, kural tabanı ve durulaştırma.

Bulanıklaştırma; girdi olarak verilen sayısal verilerin üyelik fonksiyonları yardımı ile sözel verilere dönüştürüldüğü birimdir.

Çıkarım; bulanıklaştırma biriminden gelen sözel verilerin belirli bir kural tabanına göre yorumlanıp bir veri çıktısının üretildiği birimdir.

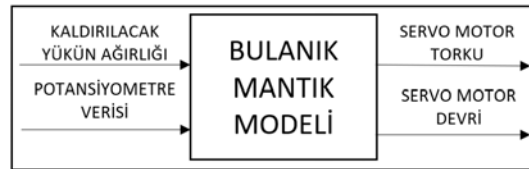
Kural tabanı; sistemin içerisinde bulunan ve konu ile ilgili uzman kişiler tarafından oluşturulmuş kuralların bulunduğu birimdir.

Durulaştırma; çıkarım biriminde kural tabanına uygun şekilde oluşturulan çıktıların belirli fonksiyonlar yardımı ile sözel verilerden bilgisayarların anlayabileceği sayısal verilere çevrilip çıktı üretilen birimdir.

Önerilen Sistem

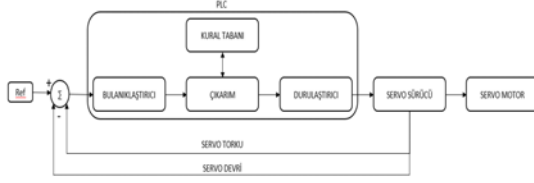
Mevcut sistemde kontrol panelinde bulunan kullanıcının çevirdiği bir adet potansiyometre bulunmaktadır. Kullanıcı potansiyometreyi çevirdikçe yük kaldırıcı sistemdeki bulunan motora PLC yardımı ile tork değeri gönderilmektedir. Bu sistemde motorun kontrolü kullanıcının potansiyometreyi ne kadar hassas kullanabildiğine bağlıdır. Yapılacak olan projede yük kaldırıcının kaldıracağı yüke bağlı olarak PLC içerisinde bulunacak olan bulanık mantık fonksiyonlarının çıktısına ile servo motor kontrolü gerçekleştirilecektir.

Bulanık mantık uygulanması için gerekli ilk adım sistemin giriş ve çıkışlarını belirlemektir. Yük kaldırma sisteminde kaldıracak olan parçanın hassas bir şekilde kaldırılması ve parçanın askıda kalabilmesi, insan kol gücü ile rahatça yukarı aşağı hareket ettirebilmesi istenmektedir. Bu beklentilerin karşılanabilmesi için servo motor ile ilgili parametreler önem kazanmaktadır. Bulanık mantık modelinin girdi ve çıktıları Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: Sistemin Girdi ve Çıktı Parametreleri

PLC tabanlı yük kaldırma sistemine ait bulanık mantık modeli ile kaldırılacak yükün ağırlığı ve potansiyometreden gelen veri ile servo motorun anlık olarak tork ve devir parametreleri ayarlanarak sistemin daha sağlıklı ve daha kullanışlı bir şekilde çalışması amaçlanmıştır.



Şekil 2: PLC tabanlı yük kaldırma sisteminin bulanık mantık kontrol blok diyagramı

Şekil 2’de sistemin bulanık mantık blok diyagramı bulunmaktadır. Diyagramda görüldüğü gibi anlık olarak referans değeri ile servo sürücünden gelen tork ve devir bilgileri alınarak referans tork ve devir ile servo sürücünden gelen tork ve devir farkları ile hatanın bulunması ve oluşan hatanın minimize edilmesi planlanmıştır. Bu bilgiler PLC’nin içerisindeki üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanıklaştırılmaktadır. Bulanıklaştırma işleminden sonra daha önce belirlenen kurallara göre kural çıkarımı yapılır. Çıkarımın sonuçları durulaştırıcı birimine aktarılır. Durulaştırıcı birimi içerisindeki fonksiyonları kullanarak kontrol sinyalini oluşturur. Oluşan kontrol sinyali servo sürücüye giderek servo motorun istenilen tork ve devir de çalışmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada bulanık mantık çıkarım yöntemi olarak Mamdani çıkarımı kullanılacaktır. Mamdani çıkarımı insan algısına daha çok hitap eden bir çıkarım yöntemidir.

Mamdani çıkarımında giriş ve çıkış değerleri bulanık değerlerdir. Giriş değerinin tetiklendiği kurallara göre, üyelik değerleri hesaplanır. Hesaplanan değerler, kuralların içerisinde geçen ve/veya mantıksal bağlaçlarına göre “max” ya da “min” operatörüne verilirler. Eğer kural içerisinde geçen olgular birbirine “ve” ile bağlıysa, hesaplanan üyelik değerleri “min” operatörüne; “veya” ile bağlıysa “max” operatörüne verilir. Bu operatörler aldıkları birden çok değer arasında en küçüğünü ya da en büyüğünü döndürürler.

Bulanıklaştırma Üyelik Fonksiyonu

Bir girdi değerinin, dilsel değişkenin bir terimine ne derecede ait olduğunu belirleyen değere üyelik derecesi adı verilmektedir.

Dilsel değerın tümü için bu değerler bir fonksiyon olarak üyelik fonksiyonu veya bulanık sayı olarak adlandırılmaktadır.

Sisteme yalın haliyle alınmış değerleri, üyelik fonksiyonları kullanılarak, bulanık değerlere dönüştüren birime bulanıklaştırıcı denmektedir. Bulanıklaştırıcı birimi her bir giriş değerinin bulanık kümeye veya kümelere olan üyelik derecesini hesaplamaktadır.

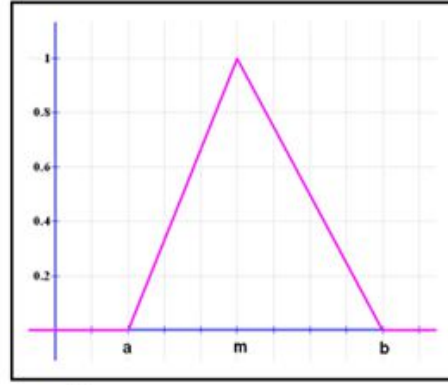
Üyelik fonksiyonları denetlenen sürecin özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Üyelik fonksiyonu olarak en çok üçgen, yamuk ve gauss üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır.

Projede üyelik fonksiyonu olarak üçgen üyelik fonksiyonun kullanılmıştır. Üçgen üyelik fonksiyonun temel olarak, $[a, m, b]$ üç parametreden oluşmaktadır. Söz konusu üçgen üyelik fonksiyonunun temel grafiği ve denklemi Şekil 1 ve Formül 1’de gösterilmiştir.



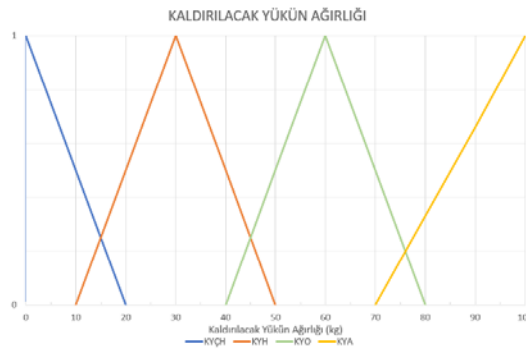
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{m-a}, & a < x \leq m \\ \frac{b-x}{b-m}, & m < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

Formül 1: Üçgen Üyelik Fonksiyon Denklemi

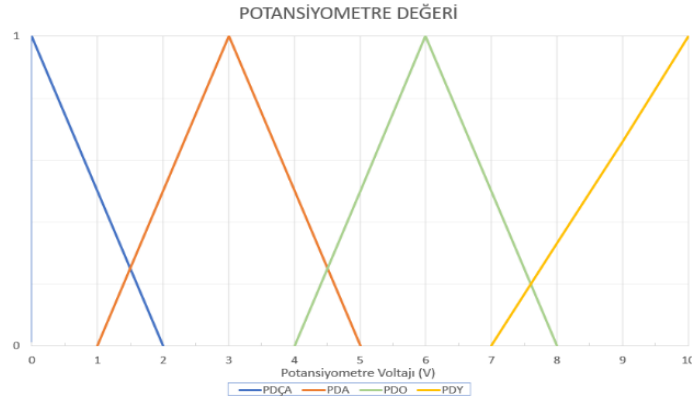


Grafik 1: Üçgen Üyelik Fonksiyon Grafiği

PLC tabanlı yük kaldırma sistemine ait bulanık mantık modelinde giriş değeri olarak sistemin ihtiyaçlarına göre kaldırılacak yükün ağırlığı ve potansiyometre verisi alınmıştır. Giriş değerlerinin fonksiyon sayıları, isimleri ve limitleri belirlenmiştir. Grafik 2’de kaldırılacak yükün giriş parametrelerini, Grafik 3’de ise potansiyometrenin giriş parametreleri gösterilmektedir.



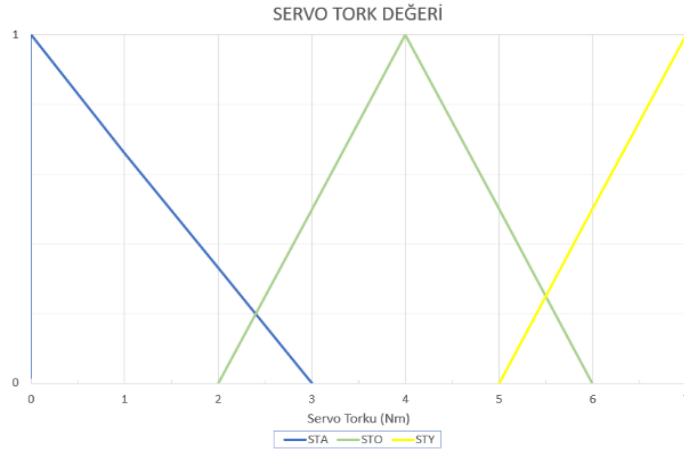
Grafik 2: Kaldırılacak Yükün Giriş Parametreleri



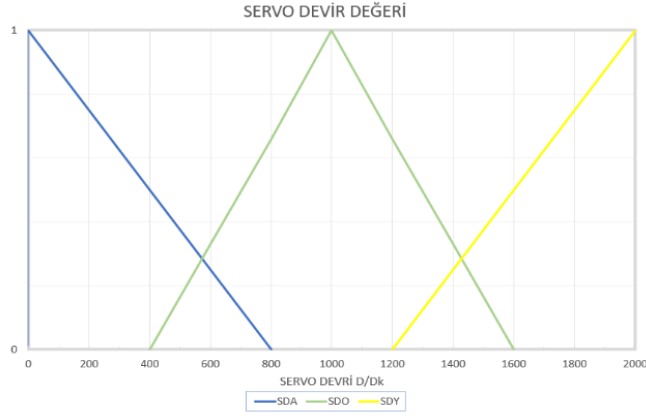
Grafik 3: Potansiyometre Giriş Parametreleri

Oluşturulan bulanık üyelik fonksiyonlarında her bir giriş parametresi için 4 farklı değerle gösterilmiştir. Kaldırılacak yük girişinin ağırlık değerleri KYÇH (Kaldırılacak Yük Çok Hafif), KYH (Kaldırılacak Yük Hafif), KYO (Kaldırılacak Yük Orta), KYA (Kaldırılacak Yük Ağır), potansiyometre girişinin voltaj değerleri ise PDÇA (Potansiyometre Değeri Çok Az), PDA (Potansiyometre Değeri Az), PDO (Potansiyometre Değeri Orta), PDY (Potansiyometre Değeri Yüksek) olarak belirlenmiştir.

Sistemin ihtiyacına yönelik olarak iki adet çıkış verisi oluşturuldu. Çıkış verilerinin fonksiyon değerleri, isimleri ve limitleri sisteme uygun bir şekilde belirlenmiştir. Grafik 4’de servo tork çıkış fonksiyonunun değerleri, Grafik 5’de ise servo devir çıkış fonksiyonunun değerleri gösterilmiştir.



Grafik 4: Servo Tork Çıkış Parametreleri



Grafik 5 : Servo Devir Çıkış Parametreleri

Çıkış parametreleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarında her bir çıkış için 3 farklı değer oluşturulmuştur. Servo tork çıkışının değerleri STA (Servo Tork Az), STO (Servo Tork Orta), STY (Servo Tork Yüksek), servo devri çıkışının değerleri ise SDA (Servo Devri Az), SDO (Servo Devri Orta), SDY (Servo Devri Yüksek) olarak belirlenmiştir.

Kural Tabanı

Sistemin kural tabanı oluşturulurken sistem parametreleri arasındaki ilişki göz önünde bulundurulduğunda her bir çıkış değeri için 16 adet kural oluşmaktadır. Kural tabanı çizelgeleri servo tork çıkışı için Tablo 1’de, servo devir çıkışı için Tablo 2’de gösterilmiştir.

SERVO TORKU KARAR TABLOSU				
KYA \ PD	ÇOK AZ	AZ	ORTA	YÜKSEK
ÇOK HAFİF	TORK AZ	TORK AZ	TORK AZ	TORK ORTA
HAFİF	TORK AZ	TORK AZ	TORK ORTA	TORK ORTA
ORTA	TORK AZ	TORK ORTA	TORK ORTA	TORK YÜKSEK
AĞIR	TORK ORTA	TORK ORTA	TORK YÜKSEK	TORK YÜKSEK

Tablo 1: Servo Tork Çıkışı Tablosu

SERVO DEVİR KARAR TABLOSU				
KYA \ PD	ÇOK AZ	AZ	ORTA	YÜKSEK
ÇOK HAFİF	DEVİR YÜKSEK	DEVİR YÜKSEK	DEVİR YÜKSEK	DEVİR ORTA
HAFİF	DEVİR YÜKSEK	DEVİR YÜKSEK	DEVİR ORTA	DEVİR ORTA
ORTA	DEVİR YÜKSEK	DEVİR ORTA	DEVİR AZ	DEVİR AZ
AĞIR	DEVİR ORTA	DEVİR ORTA	DEVİR AZ	DEVİR AZ

Tablo 2: Servo Devir Çıkışı Tablosu



Tablo 1'deki çizelge incelendiğinde servo tork çıkışı için oluşturulan birkaç kural aşağıda örnek olarak verilmiştir.

- Eğer KYÇH ve PDÇA O halde STA,
- Eğer KYH ve PDO O halde STO,
- Eğer KYO ve PDO O halde STO,
- Eğer KYA ve PDY O halde STY.

Şekil 9'daki çizelge incelendiğinde ise servo devir çıkışı için oluşturulan birkaç kural tabanı aşağıda örnek olarak verilmiştir.

- Eğer KYÇH ve PDÇA O halde SDY,
- Eğer KYH ve PDO O halde SDO,
- Eğer KYO ve PDO O halde SDA,
- Eğer KYA ve PDY O halde SDA.

Durulaştırma

Bulanık karar verme sürecinin çıkışında yargı sonuçlarını ifade eden sözel ifadeler ve bunların destek dereceleri bulanık çıkışlar olarak adlandırılmaktadır. Bulanık çıkışlar sözel verilerdir ve bu sözel verilerin bilgisayarlar tarafından anlaşılabilmesi için sayısal çıkış değerlerine dönüştürülmeleri gerekmektedir. Yapılan bu dönüştürme işlemine durulaştırma adı verilmektedir.

En çok kullanılan durulaştırma yöntemlerinden bazıları:

- Ağırlık merkezi yöntemi
- En büyük üyelik yöntemi
- Ağırlık ortalaması yöntemi
- Mean-max üyelik yöntemi
- En büyüklerin en küçüğü yöntemi
- En büyüklerin en büyüğü yöntemi

Projede yukarıda kullanılan yöntemler arasında en fazla tercih edilen ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır. Ağırlık merkezi yöntemi tetiklenen kurallardan gelen üyelik değerlerinin, bulanık çıkış kümeleri üzerinde kestiği alanlar toplanır. Daha sonra bu alanların geometrik ağırlık merkezi Formül 2'de bulunan formül ile hesaplanmaktadır.

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_B(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_B(y_i)}$$

Formül 2: Ağırlık Merkezi Yöntemi Formülü



Kaynakça

- [1] Bilgiç, H.H., Conker, Ç., Yavuz, H., Şen, M.A., “Sarkaç Tipi Bir Tepe Vincinin Kontrolüne Bulanık Yaklaşım” Uluslararası Katılımlı 17. Makine Teorisi Sempozyumu, İzmir, 14-17 Haziran 2015.
- [2] Uçuk, Selçuk., “Bir Vinçteki Yük Salınımının Bulanık Mantık Tabanlı Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- [3] Zadeh, L.A., “Fuzzy Sets”, Information Control, 8, 338-353, 1965.
- [4] Mamdani, E.H., “Application of Fuzzy Algorithms for Control of Simple Dynamic Plant”, Proc. IEEE, 121(12), 1585-1588, 1974.
- [5] Munakata, T., Jani, Y., “Fuzzy Systems: An Overview”, Communications of the ACM, 37(3), 69-76, 1994.



PRODUCING TISSUE ADHESIVE WITH OKRA MUCILAGE

Ezgi Rojda Taymaz¹ and Mehmet Emin Uslu²

¹ Manisa Celal Bayar University/Metallurgical&Materials Engineering Department, Yunusemre, Manisa, Turkey

² Manisa Celal Bayar University/Bioengineering Department, Yunusemre, Manisa, Turkey

Email: emin.uslu@cbu.edu.tr

Abstract

Tissue adhesives are biomaterials that support the natural wound healing process. In clinical surgery, strong biocompatible adhesives are being developed that can be used inside the body to treat wounds and prevent biological fluid leaks. For this reason, it is very important to design biocompatible and biodegradable tissue adhesives prepared from natural sources. Tissue adhesives can be made from natural or synthetic sources. Liquids obtained from various plants by extraction method are used as tissue adhesives due to their natural origin and support tissue healing.

The aim of the project is to obtain a plant-based adhesive and convert it into a tissue adhesive. Okra, which is a high source of polysaccharide and protein, was preferred. The adhesive slimy substance (mucilage) found in okra is the potential material for tissue adhesive production. Okra mucilage is a source of material that is biodegradable, has high water solubility and is cheap to produce. Tissue adhesive, which will be produced and developed with mucilage to be extracted from okra, is a new feature that will seen in literature.

Keywords: Okra, Mucilage, Tissue Adhesive

Introduction

Methods of supporting wound closure have been highly intriguing by researchers. Nowadays, there are several methods used to support wound healing, such as tissue adhesives, staples, and adhesive tapes. Each method has its own advantages and disadvantages. The method to be used is carefully selected by surgeons for each case to maximize the chance of wound healing and minimize the risk of infection (Bao et. al., 2020).

A wound can be defined as damage caused by forces of different characteristics and degrees on the body. It is basically the amount of energy generated by the applied force that causes the formation of damage in the body and the degree of this damage. Damage to the body can occur in visible areas, as well as in internal organs and/or deep tissues, depending on how the force is applied (Ekizoglu and Arican, 2009).

Wounds are classified according to various characteristics, such as their etiology, localization, injury or symptoms, wound depth, and tissue loss or clinical appearance. Wounds are classified as open and closed wounds, depending on the physiology of healing; acute and chronic wounds, depending on the underlying cause of wound formation. Injuries and wound healing processes can occur in all tissues and organs of the body. Many of the stages in the wound healing process are common to all tissues. Although the wound healing process occurs as a continuous cascade reaction, it is grouped under four headings (Tandon et al., 2020).

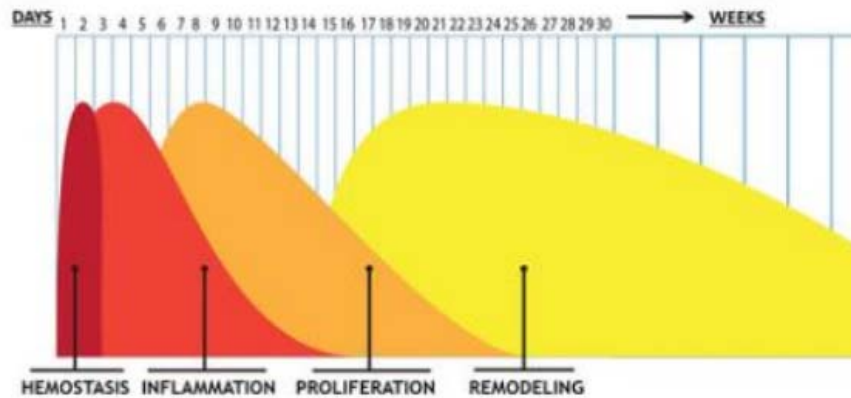


Figure 1. wound healing stages and processes after wound formation (Bruns and Worthington, 2000).

Figure 1 shows that wound repair procedures triggered by tissue damage occur in four stages. Although the main phases are similar in all types of wounds, the timing and interactions of the components involved in the wound healing process differ for acute and chronic wounds (Kawasumi et al., 2012; Bruns and Worthington, 2000). Skin injury can be cited as an example of acute wound type and is caused by air exposure of the underlying dermis layer as a result of damage to the epidermal layer. A phase of coagulation and hemostasis occurs immediately after injury. This stage protects the vascular system, prevents damage to other organs, and provides a matrix to invade the cells needed during the wound healing stages (Bruns and Worthington, 2000).

Tissue adhesives offer an effective way to close wounds that are painless and do not need any removal after treatment (Bao et. al., 2020; Tandon et. al., 2020). Compared to stitches, tissue adhesives have advantages such as having a waterproof coating, giving quick results, and not needing any needles for application (Bruns and Worthington, 2000). Another important point of tissue adhesive is that anesthesia is not needed. The wound closing time of standard stitches is much longer compared to tissue adhesive. Wounds sealed with tissue adhesives have a higher risk of loosening after application, but the researchers concluded that these methods showed no difference in tensile and tear strength. The break strength of adhesives is 4 times higher than nylon seams (Quinn et. al., 1993).

A tissue adhesive must have properties that allow it to be used on body parts. Adhesives must be liquid before use and become solid during the process to ensure the Binding of living tissues. The strength of adhesion should not be affected by the presence of water. The amount of adhesive used should not be irritating and toxic. Good flexibility and degradability are also important for solidified adhesive. Biodegradable hydrogels can be preferred in such adhesives because they have the desired properties (Kawasumi et al., 2012; Otani et. al., 1996).

Types of tissue adhesives are divided into synthetic/semi-synthetic adhesives and biological adhesives. Synthetic adhesives have stronger bonding strength and lower production cost compared to naturally sourced adhesives. It is also possible to control the physical and chemical properties of synthetic adhesives (Bre et. al., 2013). Adhesives with biological sources are used for adhesion of tissues and to prevent leakage of body fluids. Researchers are looking for new biological, non-synthetic sources to develop tissue adhesives with biocompatible and biodegradable properties. In recent years, plant mucilage has been preferred for such applications (Bhat and Tharanathan, 1987).

Plants with potential for the treatment of wounds are used by tribes and folklore in many countries for the treatment of wounds and burns. In addition to being natural, plants have the ability to heal and regenerate lost tissue by many mechanisms. One potential plant for tissue adhesive production is okra (*Abelmoschus esculentus*). Mucilage obtained from the okra plant can be used as a tissue adhesive. Okra mucilage is a biodegradable, high solubility in water, viscosity, elasticity and plasticity, as well as a cheap source of materials to produce. Viscous solutions and gels produced by mucilages contain hydrophilic molecules (Bhat and Tharanathan, 1987).



Okra, whose family is mallow, has the property of being an oily plant along with being a source of protein (Raj et. al., 2020; Kang et. al., 2020). The sticky slimy substance (mucilage) found in okra has an acidic polysaccharide structure. It has a high viscosity ratio in water (Otani et al., 1996; Raj et. al., 2020). There is more mucilage in the okra cortex compared to other parts of the plant. Genetic variations between okra species also cause variability in mucilage content in the okra cortex. Although the okra cortex (phloem) contains maximum mucilage, it is difficult to completely remove the cortex tissue from the inner woody part (xylem). Therefore, there are several methods for extracting mucilage from okra to obtain the most efficient mucilage content (Chavan, 2002).

The most important vegetable feature that limits okra production is the hairs found on the stem, side branches, leaves and fruits. Hairiness is defined as the plant's defense mechanism against pests. It has been determined that okra varieties, which have a greater number and long hair in the unit area, are resistant to insects. It is desirable that it is less hairy, as well as many features of the okra variety to be produced. The adhesive substance (mucilage) found in okra has an acidic polysaccharide structure. It shows a high viscosity rate in water (Kayım, 2006).

Mucilage is a polymer composed of polysaccharides. It has a translucent amorphous structure. Mucilages produced without damaging the plant are usually products of normal metabolism formed inside the cell. Mucilage, a physiological product, produces slimy masses. In tropical and subtropical vegetables, okra occupies an important place and contains high amounts of mucilage compared to other vegetables (Raj et al., 2020; Bhat et al., 1987).

Okra mucilage is composed of complex polysaccharides such as neutral sugars, carbohydrates, proteins and more, it is a popular material for medical applications. Table 1 describes the general advantages and disadvantages of availability for pharmaceutical studies (Sharma et al., 2016). Scientists have proven that okra mucilage has the capacity to work with anticancer, antimicrobial and anti-ulcer activities. It can also filter the liver to bind cholesterol and toxins that carry bile acid (Chavan, 2002). Okra mucilage can be used in food/non-food products and medicine. In food applications, it is used to improve food quality due to its gelling agent and tissue modifier property (Gemede et. al., 2018). In the field of medicine, there are applications used in drug delivery systems (Jani et al., 2009).

Table 1. Advantages and disadvantages of mucilages in pharmaceutical sciences.

Advantages	Disadvantages
Biodegradable	Microbial contamination
Biocompatible and non-toxic	Variation difference
Environmentally friendly process	Uncontrolled rate of hydration
Low cost and edible resources	Reduced viscosity on storage
Local availability	Batch to batch variation

Isolation and purification of okra mucilages

Extraction of natural ingredients is a critical process as it affects the physicochemical properties of the isolated ingredients. There are several methods developed for the extraction and isolation of natural components from different regions of plants (Bal-Ozturk et al., 2020).

There are different drying processes to maintain the properties of the plant material. Therefore, plant materials are dried in sunlight, or plant materials are dried in an oven at 105 ° C. Chlorophyll and pigments found in the plant



must be removed before isolating the mucilage. It is necessary to treat plant material. The drying process of the extracted mucilage is very important. Drying should be done at low temperature or using vacuum. The basic steps for the extraction of mucilage are shown in Figure 2.

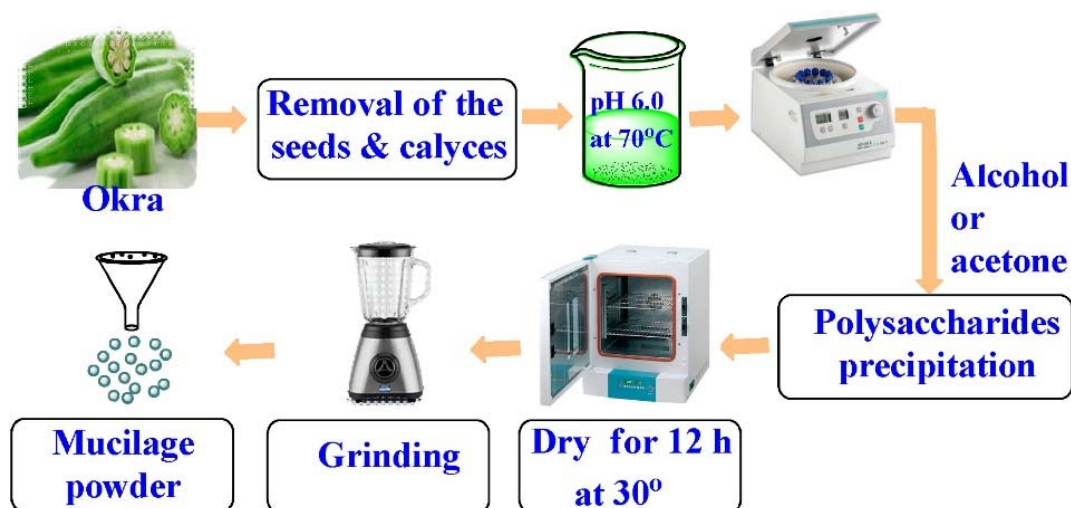


Figure 2. Extraction and isolation of mucilage from okra (Raj et al., 2020).

It is planned that okra will be converted into tissue adhesive after extraction and isolation processes. As shown in Figure 3, okra mucilage will be obtained and converted into a usable powder. After characterization processes, it will be converted to the desired tissue adhesive form.

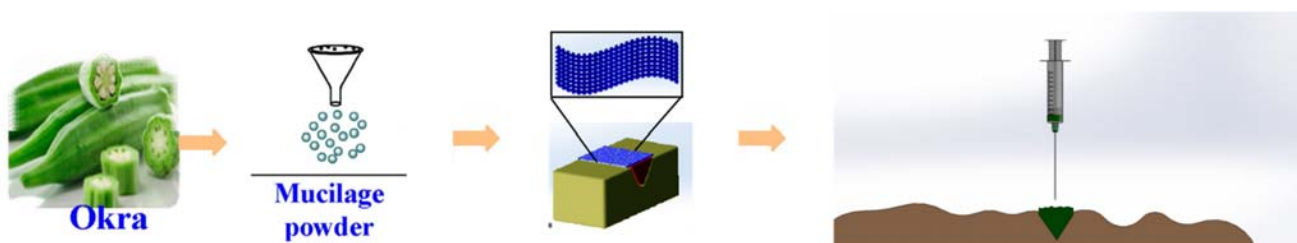


Figure 3. Design of tissue adhesive obtained from okra mucilage (Raj et al., 2020).

Conclusions

A wound is defined as a violation of the anatomical and functional integrity of living tissue. Wound healing is the systematic, cellular and biochemical processes initiated by trauma that result in the formation of new tissue. The basic principle of wound healing is to minimize tissue damage, ensure adequate tissue perfusion and oxygenation, as well as proper nutrition and hydration of the tissue.

In recent years, tissue adhesives prepared by synthetic and biological source have been widely used to prevent biological fluid leaks in surgical operations and to treat wounds. Tissue adhesives are required to have sufficient strength to ensure proper wound healing, not to show foreign body reaction, to be biodegradable and to be quickly applicable.

The aim of the project is to produce a biological-based tissue adhesive with mucilage that will be produced from okra. Due to the properties of okra mucilage, a tissue adhesive will be obtained that is biodegradable and has a low production cost. It is aimed to characterize the adhesive obtained after the extraction of mucilage. This tissue adhesive will provide great advantages for easy administration and be produced is completely biological.



References

- Bal-Ozturk, A., Cecen, B., Avci-Adali, M., Topkaya, S.N., Alarcin, E., Yasayan, G., Li, Y.E., Bulkurcuoglu, B., Avci, H., Shi, K., Shin, S.R., Hassan, S. (2020). Tissue Adhesives: From research to clinical translation. *Nano Today*, 36, 101049.
- Bao, Z., Gao, M., Nian, Y.S.R. and Xian, M. (2020). The recent progress of tissue adhesives in design strategies, adhesive mechanism and applications. *Materials Science and Engineering:C.*, 111, 110796.
- Bhat, U.R. and Tharanathan, R.N. (1987). Functional properties of okra (*Hibiscus esculentus*) mucilage. *Starch.*, 39: 165-167.
- Bre, L.P., Zheng, Y., Pego, A.P. and Wang, W. (2013). Taking tissue adhesives to the future: from traditional synthetic to new biomimetic approaches. *Biomaterials Science.*, 1,239.
- Bruns, T.B. and Worthington, J.M. (2000) Using tissue adhesive for wound repair: a practical guide to dermabond. *Am Fam Physician.*, 1;61(5):1383-8.
- Chavan, U.D. (2002). Preparation of mucilage from okra cortex. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, Department of Biochemistry.
- Ekizoglu, O., and Arican, N., (2009). Yaralar, klinik gelişim. *Adli Tıp Özel Sayısı* 22, 33-43.
- Gemed, H.F., Haki, G.D., Beyene, F., Rakshit, S.K., Woldegiorgis, A.Z. (2018). Indigenous Ethiopian okra (*Abelmoschus esculentus*) mucilage: A novel ingredient with functional and antioxidant properties. *Food Sci Nutr.* 6:563–571.
- Jani, G.K., Shah, D.P., Prajapati, V.D., Jain, V.C. (2009). Gums and mucilages: versatile excipients for pharmaceutical formulations. *Asian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 4 (5): 308-322.
- Kang, S., Wang, H., Xia, L., Chen, M., Li, L., Cheng, J., Li, X. and Jiang, S. (2020). Colorimetric film based on polyvinyl alcohol/okra mucilage polysaccharide incorporated with rose anthocyanins for shrimp freshness monitoring. *Carbohydrate Polymers.*, 229, 115402.
- Kawasumi, A., Sagawa, N., Hayashi, S., Yokoyama H., and Tamura K. (2012). Wound Healing in Mammals and Amphibians: Toward Limb Regeneration in Mammals. *Current Topics in Microbiology and Immunology*.
- Kayim, M., 2006. Bamyâ Yetiştiriciliği, Osmaniye İl Tarım Müdürlüğü.
- Otani, Y., Tabata, Y. and Ikada, Y. (1996). Rapidly curable biological glue composed of gelatin and poly(L-glutamic acid). *Biomaterials.*, 17, 14, 1387-1391.
- Quinn, J.V., Drzewiecki, A., Li, M.M., et al. (1993). A randomized, controlled trial comparing a tissue adhesive with suturing in the repair of pediatric facial lacerations. *Ann Emerg Med.*, 22:1130-1135.
- Raj, V., Shim, J. and Lee, J. (2020). Grafting modification of okra mucilage: Recent findings, applications, and future directions. *Carbohydrate Polymers.*, 246, 116653.
- Sharma, D.R., Sharma, A., Kaundal, A., Rai, P.K. (2016). Herbal gums and mucilage as excipients for Pharmaceutical Products. *Research Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry.* 8(3): 145-152.
- Tandon, S., Smale, M., Pacilli, M. and Nataraja, R.M. (2020). Tissue adhesive and adhesive tape for pediatric wound closure: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Pediatric Surgery.*, Available online.

ŞEV STABİLİTESİNDE EMME BASINCI

S. Durukan

Manisa Celal Bayar Üniversitesi/Manisa Teknik Bilimler MYO, Manisa, Türkiye

Email: seda.durukan@cbu.edu.tr

Özet

Yağış sonucunda yaşanan heyelanlar, çoğunlukla suya doymun olmayan doğal şevlerin yağış altında negatif boşluk suyu basınçlarındaki değişim sonucu stabiliteelerini kaybetmeleri durumunda gerçekleşmektedir. Zemin doğal hali ile stabil iken, yağışlarla beraber suya doymunluk oranı arttıkça stabilitesinde azalma görülür ve göçme ihtimali artar. Mukavemeti artırıcı yönde etkisi olan negatif boşluk suyu basıncının yağışla beraber gösterdiği değişim, mukavemetin azalması ile sonuçlanıp göçme mekanizmasını tetiklemektedir. Oldukça ciddi maddi ve manevi kayıplar ile sonlanabilen bu göçme mekanizmasında zemine ait emme basıncı değerleri kritik rol oynamaktadır. Şevin yağış karşısındaki duraylılığı, zeminin matrik emmesi ile ilişkilendirilmiştir. Dolayısı ile şev stabilitesi ile ilgili problemlerde önce ilgili zeminin suya doymun olmayan koşullardaki durumu ortaya koyulmalı ve zeminin emme karakteristikleri belirlenmelidir. Bu çalışma kapsamında da bazı doğal şevlerdeki zeminler seçilip bu şevlere ait emme karakteristiklerinin ölçülmesi ve zemin-su karakteristik eğrilerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda da laboratuvarda emme değerlerini belirlemek ve zemin-su karakteristik eğrilerini elde etmek üzere filtre kağıdı yöntemi kullanılmış ve ilgili eğriler oluşturularak sunulmuştur. Bahsi geçen eğriler sayesinde zeminin herhangi bir hacimsel su içeriği değerindeki emme basıncına direkt olarak ulaşılabilmektedir. Bu durumda herhangi bir su içeriğindeki dolayısı ile bir suya doymunluk oranındaki zeminin emme basınçlarının bilinip şev analizlerinin bu durum gözetilerek hesap edilmesi mümkün olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: şev stabilitesi, heyelan, yağış, emme basıncı.

Giriş

Geotekniğin temel ilgi alanlarından olan şev stabilitesi problemleri, bütün dünya üzerinde gerek maddi gerekse ölümle sonuçlanan zararlara yol açabilmektedir. Deprem ve selle beraber en çok maddi ve can kaybına neden olan doğal felaketlerden şev hareketleri, deprem ve sel gibi felaketlerden daha sık aralıklarla karşılaşıldığı için toplumları daha fazla etkilemektedir. Bununla beraber ülkemizde son dönemde meydana gelen iklimsel değişiklikler şev hareketlerinin etkinliğinin artmasına neden olmuştur. Bu nedenle şev hareketleri ile ilgili çalışmalar geoteknik alanında yaygınlaşmaktadır. Afet İşleri Genel Müdürlüğü verilerine göre, Türkiye topraklarının yüzde 25'i heyelan tehlikesiyle karşıya karşıyadır ve bu topraklarda yaşayan yaklaşık 8 milyon insan risk altındadır (Ersoy, 2013). Doğal şevlerin stabilitesinde suya doymun olmayan halleri değerlendirilmeli ve suya doymunluk oranlarındaki olası bir artış ile yaşayabilecekleri mukavemet kaybı dikkate alınmalıdır. Bunun için de öncelikle laboratuvar ortamında suya doymunluk ya da hacimsel su içeriklerine karşılık gelen matrik emme değerleri belirlenmelidir. Bu çalışma sonucunda bir eğri elde edilmekte ve zemin-su karakteristik eğrisi olarak da adlandırılmaktadır. Birçok çalışmacı zemin-su karakteristik eğrilerinin elde edilmesine müteakip ilgili suya doymunluk oranına karşılık gelen emme basıncı değeri belirlenip doymamış mukavemet parametrelerine ulaşmayı hedeflemişlerdir. Bai ve Liu (2012) doymamış zeminlerde kayma mukavemeti ölçümünü elde etmek amacıyla filtre kâğıdı yöntemi ile geleneksel direkt kesme testinin bir kombinasyonunu kullanmışlardır. Zemin-su karakteristik eğrisinin belirlenmesi amacıyla filtre kâğıdı yöntemi kullanılmış ve ardından zeminin kesme mukavemetinin ölçülmesi için de geleneksel direkt kesme testi yürütmüşlerdir. Zeminin matrik emmesi zeminin o andaki su içeriği doğrultusunda zemin-su karakteristik eğrisinden belirlenmiştir. Putra ve ark. (2017) çalışmalarında filtre kağıdı yöntemini kullanarak matrik emme değerlerini belirledikleri 3 farklı zemine ait şev analizlerini farklı yağış miktarları koşullarında gerçekleştirmiş ve güvenlik katsayılarını belirlemiştir. Bununla beraber, literatürdeki çoğu çalışmada farazi zeminler düşünülmüş ve o zeminlere ait kuramsal eğriler oluşturulup ardından şev analizleri de gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, şev stabilitesi hesaplarında farklı koşullar altındaki zeminin kayma davranışı incelenebilmesi için doğal şev zeminlerine ait emme parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada da bir doğal şev zeminini için bu parametreler filtre kağıdı yöntemi ile belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Doymun bir zeminin kuruma aşamalarını gösteren tipik bir zemin su karakteristik eğrisinin tamamının deneysel olarak çizilebilmesi için



düşük ve yüksek emme miktarlarının ölçümünde farklı kapasitelerde çalışabilecek farklı emme ölçüm yöntemlerine ihtiyaç duyulur. Zemin emmesi tansiyometreler, basınç plakası vb. gibi doğrudan ölçüm yöntemleri veya filtre kâğıdı metodu, saykrometre tekniği, elektriksel ve termal iletkenlik ölçerler gibi dolaylı ölçüm yöntemleri olmak üzere pek çok yöntemle belirlenebilmektedir. Ancak her yöntemin kendine özel kısıtlamaları bulunduğu belirtilmiştir (Bulut ve Leong, 2008; Pan ve ark., 2010). Filtre kâğıdı yöntemi de oldukça geniş bir basınç aralığında çalışılabilen ve aynı anda hem matris hem de toplam emme basıncının belirlenmesinde kullanılabilen tek yöntemdir (Bulut ve ark., 2001; Bulut ve Leong, 2008; Agus ve ark., 2010; Marinho ve Da Silva Gomez, 2011). Bu çalışmada da suya doygun olmayan zeminlerin mukavemetlerini değerlendirme sırasında ihtiyaç duyulan zemin-su karakteristik eğrilerinin filtre kâğıdı yöntemi ile oluşturulması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda da doğal şevlerden zemin örnekleri elde edilmiş, zemine ait bazı geoteknik parametreler belirlenmiş ve seçilen bir zemin örneğine ait zemin-su karakteristik eğrisi de bu çalışmada sunulmuştur.

Malzeme ve yöntem

Malzeme

Doğal şev zeminlerini temsil edecek zemin örneğine ulaşılmış ve laboratuvarında tanımlayıcı bazı zemin parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Zemin Parametreleri

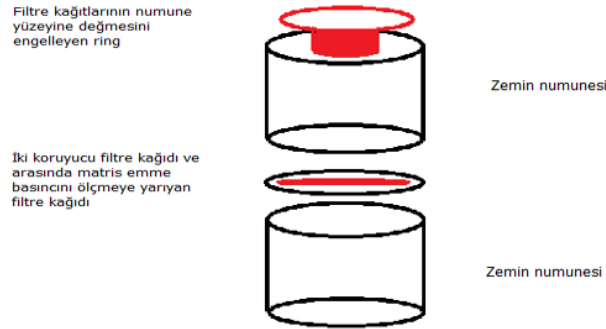
Parametreler	Zemin1
Zemin sınıfı	ML
Likit limit (%)	42
Plastik limit (%)	31
Plastisite indisi (%)	11
Doğal birim hacim ağırlığı (kN/m ³)	19,23
Doğal su içeriği (%)	33
Özgül ağırlık	2,75

Yöntem

Filtre kâğıdı yönteminin çalışma ilkesi, su buharının (toplam emme ölçümü için) ve zemin suyunun (matrik emme ölçümü için) geçişi ile kapalı bir ortamda, sabit sıcaklık ve nem koşullarında filtre kâğıdı ile dengeye gelmesinden ibarettir. Genel olarak kapalı bir ortamda bir haftalık dengeleme durumu sağlandıktan sonra zemin numunesi ile filtre kâğıdının emme basıncının değerinin su ve/veya buhar alışverişi sonucunda eşitlendiği kabul edilir. Filtre kâğıdının su içeriğini tayin ederek bu su içeriğine karşılık gelen emme basıncı bir kalibrasyon eğrisi yardımı ile belirlenmektedir (ASTM D5298-16). Çalışmada, kalibrasyon eğrisi ASTM D5298-16’da verilmiş olan Whatman No.42 tipi filtre kâğıdı kullanılacaktır. Oldukça hassas bir ölçüm gerektiren filtre kâğıdı su içeriği, 0,0001 gr. hassasiyetli bir tartı kullanılarak belirlenir. Filtre kâğıdı metodu ile güvenilir (%95 güven aralığı ve $\pm\%10$ hata payı ile) bir emme değerine ulaşabilmek için her bir örnek için deneylerin en az 6 kez tekrarlanması gerekmektedir (Durukan ve Akıncı, 2017).



Zemin ve filtre kâğıdı arasındaki denge hali sıvı veya buhar hallerindeki karşılıklı etkileşim ile oluşmaktadır. Kuru olan filtre kâğıdı zemin numunesi ile temas edecek şekilde yerleştirildiğinde, dengeye gelene kadar nem akışı olur ve bu durum sonucunda filtre kâğıdındaki denge su içeriği zeminin matris emmesine tekabül eder. Kuru olan filtre kâğıdı zemin ile temas olmadan yerleştirildiğinde, denge olana kadar suyun buhar akışı zeminden filtre kâğıdına doğru olur bu durum sonucunda da filtre kâğıdının denge su içeriği zeminin toplam emmesine tekabül eder. Toplam emme basıncı, zemin numunesinin üst yüzeyine yerleştirilen ve filtre kâğıdının zemine temasını önleyen bir halka üzerine üst üste konan iki adet filtre kâğıdı yardımıyla ölçülür (Şekil 1).



Şekil 1. Filtre Kağıtlarının Yerleştirilmesi

Eğrilerin oluşturulmasında laboratuvarında ölçülen dataların girilebildiği ve bu verilere eğri uyduran SWRC Fit programı kullanılmıştır. İlgili programda farklı çalışmacıların yaklaşımlarından belirlenen eğri karakteristikleri uygulanabilmektedir. Bu çalışmada ise literatürde en çok tercih edilen Van Genuchten (1980) çalışmasında önerilen yöntem seçilmiş ve veriler bu çalışmanın önerdiği şekilde eğri halinde dönüştürülmüştür. Van Genuchten (1980) çalışmasında önerildiği şekli ile zemin-su karakteristik eğrisinin formülü ve eğri parametreleri aşağıda sunulmuştur.

$$S_e = [1/(1+(\alpha h)^n)]^m \quad [1]$$

$$m = 1 - 1/n \quad [2]$$

$$S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r); \theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) S_e \quad [3]$$

Bu denklemlerdeki van-Genuchten parametreleri aşağıda tanımlanmıştır;

h = emme miktarı

Θ = hacimsel su içeriği

Θ_s = doymuş su içeriği

Θ_r = residuel su içeriği

α = hava giriş emme miktarının tersiyle orantılı bir katsayı, $\alpha > 0$

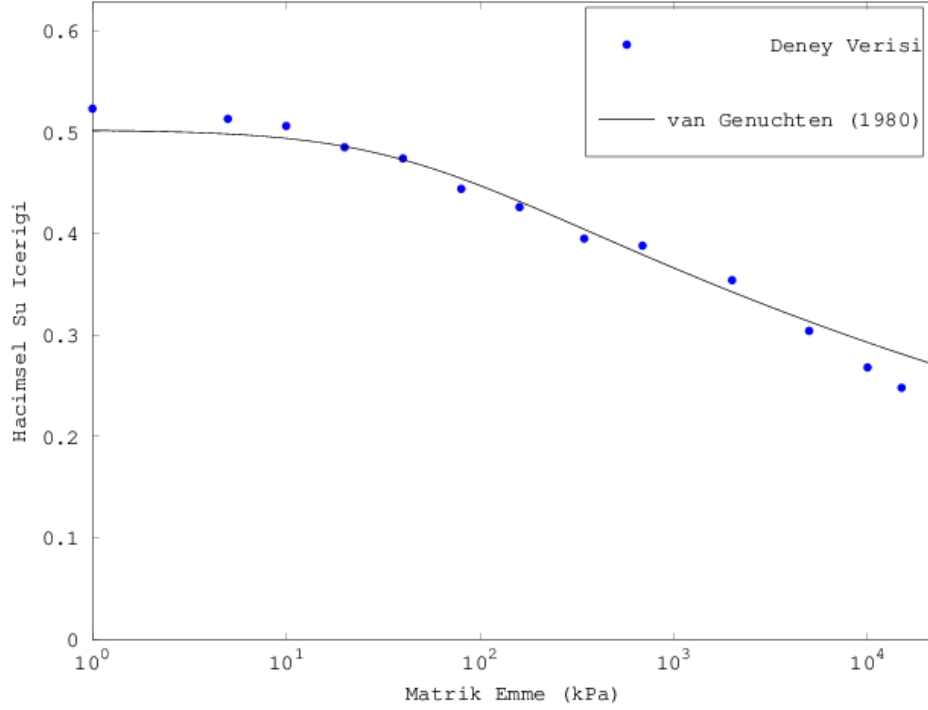
n = boşluk boyu dağılımı ile ilgili bir katsayı, $n > 1$

Bulgular

Bu çalışmada, filtre kağıdı yöntemi ile farklı su içeriklerinde ölçülen matrik emme değerleri kullanılarak zemin-su karakteristik eğrisi oluşturmak hedeflenmiştir. Farklı zemin örnekleri için bu eğriler elde edilmiş olup sunulmuştur. Zemin1 isimli örnek düşük plastisiteli silt olup, zemin-su karakteristik eğrisi Şekil 2’de karakteristik Van Genuchten parametreleri ile sunulmuştur. Elde edilen eğri, zeminlerin tipik zemin-su karakteristik eğrileri ile karşılaştırıldığında eğrinin literatürdeki bulgular ile uyumlu olduğu görülmektedir (Şekil 3). Şekil 3’te görülebileceği gibi malzemenin inceliği ve plastisitesi arttıkça matrik emme değerleri de artmaktadır. Kumlu örneklerde dik ve ani geçişli bir davranış gözlenirken siltli ve killi örneklerde daha geniş bir emme değer aralığına yayılan bir davranış görülmektedir. Şekil 3’ten killi örneklerin hem daha yüksek su içeriğine hem de daha yüksek emme değerlerine sahip oldukları görülmektedir. Deney verileri sonucunda elde edilen Şekil 2’deki eğri ve katsayılar suya soygun olmayan zeminlerin mukavemet hesaplarında kullanılabilmektedir. Bir proje kapsamında

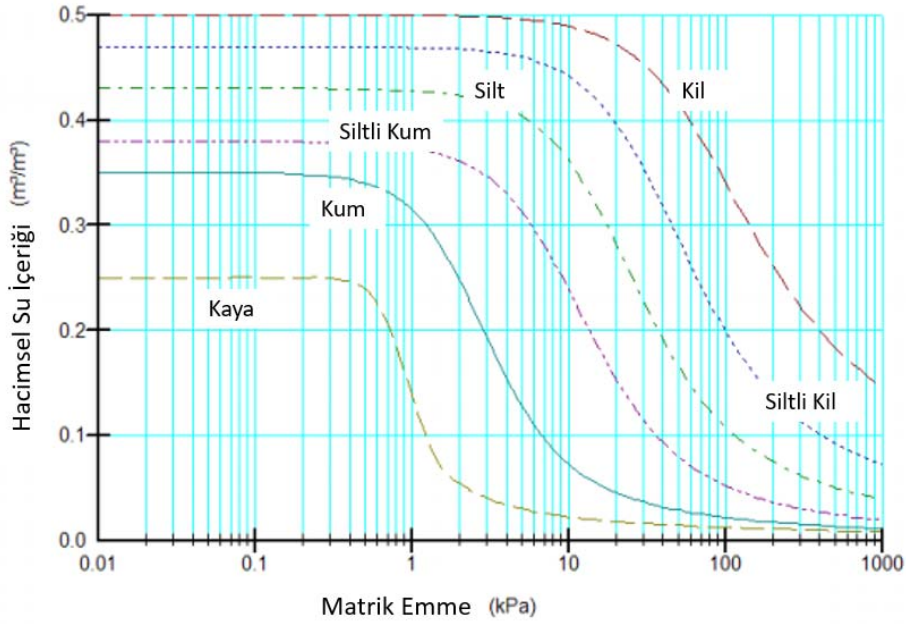


gerçekleştirilen bu çalışmanın sonraki adımı doğal şevlerin suya doygun olmayan koşullardaki stabilite durumlarının değerlendirilmesidir. Bu da ancak elde edilen zemin-su karakteristik eğrileri ile mümkün olmaktadır. Proje kapsamında toplam 3 adet doğal şeve ait zemin örneği deneye tabi tutulmuş bu çalışmada da 1 tanesi sunulmuştur.



Zemin	θ_s	θ_r	α	n
Zemin1	0,50235	0,000029	0,0244	1,0982

Şekil.2 Zemin1 örneği için oluşturulan zemin-su karakteristik eğrisi



Şekil.3 Zeminler için tipik zemin-su karakteristik eğrileri (GeoStudio, 2012)

Sonuçlar

Bu çalışma farklı doğal şev zeminlerinin emme karakteristiklerinin belirlenmesi konulu projenin bir kısmını içermektedir. Çalışmanın kapsamı doğal şev zemini örneklerinin zemin-su karakteristik eğrilerinin oluşturulması üzerine kurulmuştur. Bu kapsamda da zemin örneği üzerinde filtre kağıdı metodu ile laboratuvar emme değerleri belirlenip, SWRC Fit programı ile eğrisi çizdirilmiştir. Eğrilerin literatürde sunulan teorik veriler ile uyumlu oldukları da görülmüştür. Bununla beraber, zeminlerin laboratuvar ortamı dışında doğal ortamlarında da emme değerleri ölçülebilmektedir. Bu çalışmanın devamında, zeminlerin sahada doğal ortamlarında da emme değerlerinin ölçülmesi ve ilgili sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir.

Teşekkür: Bu çalışma Manisa Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir Proje Numarası:2018-218.

Referanslar

- Agus, S.S., Schanz, T. and Fredlund, D.G. (2010). Measurements of suction versus water content for bentonite – sand mixtures. *Canadian Geotechnical Journal*, 47, 583–594.
- Bai, F.Q. and Liu, S.H. (2012). Measurement of the Shear Strength of an Expansive Soil by Combining a Filter Paper Method and Direct Shear Tests. *Geotechnical Testing Journal*, 35(3), 451–459.
- Bulut, R. and Leong, C. (2008). Indirect measurement of suction. *Geotech Geol Eng.*, 26, 633–644.
- Bulut, R., Lytton, R.L. and Wray, W.K. (2001). Suction measurements by filter paper. In: Vipulanandan, C., Adison M.B., & Hasen M., eds, *Expansive clay soils and vegetative influence on shallow foundations*, ASCE Geotechnical Publication, 115. Reston, Virginia: ASCE. pp 243–261.
- Durukan, S., and Akıncı, G. (2017). Assessment and statistical evaluation of suction characteristics obtained via filter paper technique on zeolite – bentonite mixtures. *Environmental Earth Sciences*, 76(685), 1–13.
- Ersoy, Ş. (2013). 2013 Afet Raporu “Dünya ve Türkiye”, Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi.
- GeoStudio (Air Flow Modelling with AIR/W), (2012). *An Engineering Methodology 2012-Edition*, Geo-Slope International Ltd., Calgary, Canada, pp96. Erişim linki:



<http://downloads.geo-slope.com/geostudioresources/books/8/15/air%20modeling.pdf>

Marinho, F.A.M. and da Silva Gomes, J.E. (2011). The Effect of Contact on the Filter Paper Method for Measuring Soil Suction. *Geotechnical Testing Journal*, 35(1), 1–8.

Pan, H., Qing, Y. and Pei-yong, L. (2010). Direct and indirect measurement of soil suction in the laboratory. *Electron J Geotech Eng (EJGE)*, 15, 1–14.

Putra, H., Rifa'i, A., Sujono, J., and Silarukmi, A. (2017). Analysis of unsaturated soil parameters as slope stability mitigation. *Jurnal Teknologi*, 79(7–2), 21–27.

Van Genuchten, M. (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44: 892-898.



KARMAŞIK GEOMETRİYE SAHİP DÖKME DEMİR İŞ PARÇALARINDA TAŞLAMA İŞLEMİNİN VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRACAK FİKSTÜR TASARIMI

¹UMUT AKTAŞ, ¹GÜLCAN ÇETİN, ¹MÜMİN OKUL, ^{2,3}TUĞÇE YAĞCI, ^{2,3}ADEM KORKMAZ

¹Şafak Döküm Makina Parça San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye

²Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Manisa, Türkiye

³Twin Ar-Ge Mühendislik Tic. Ltd. Şti., Manisa Teknokent, Türkiye

E-mail: umut.aktas@gmail.com

Özet

Bu çalışmada, dökme demir iş parçalarının taşlama yöntemi ile işlenmesini kolaylaştırarak; zaman, esneklik ve doğruluk gibi parametreler bakımından iyileştirmeler sağlayacak bir fikstür tasarımının gerçekleştirilmesi ve verimliliğinin deneysel çalışmalar ile test edilmesi amaçlanmaktadır.

Taşlama işlemi, belirli formlarda imal edilmiş olan sert, aşındırıcı taneler içeren kesici taşlar (zımpara taşı) kullanılarak, iş parçalarının istenilen şekil, boyut ve ölçü toleranslarında elde edilmesini ve yüzey kalitesinin artırılmasını sağlayan bir talaş kaldırma işlemidir. Son yıllarda önemi giderek artan ürün tasarımı, kalitesi ve üretim süresi gibi faktörlere bağlı olarak, talaşlı imalatla kullanılan taşlama tezgâhları üzerine yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları artış göstermektedir. Ayrıca, taşlama işlemlerinde, toplam proses maliyetinin düşürülmesine, karmaşık geometriye sahip parçaların üretimine, daha iyi yüzey kalitesine ve daha dar tolerans aralıkları elde edilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır (Çelik, 2010; Güllü ve diğ., 2008; Özay ve diğ., 2018).

Hali hazırda kullanılan, geleneksel taşlama yöntemiyle üretilen iş parçalarının, yeterli tamlıkta ve yüzey kalitesinde üretilmemesi, üretim süresi ve maliyetlerinde kayıpların meydana gelmesi, kalite gerekliliklerinin karşılanamaması ve verimliliğin yetersiz olması söz konusu çalışmanın gerçekleştirilmesinde motivasyon olmuştur. Yapılan literatür araştırmaları sonucunda, daha etkili ve verimli bir sistemin elde edilebilmesi için taşlama işleminin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayacak bir fikstür tasarımının yapılması ve test edilmesi, çalışmanın yaklaşım ve yöntemini oluşturmaktadır. Bu çalışmayla, yeni otomatik taşlama sisteminin verimliliği detaylı olarak analiz edilmiştir.

Keywords: otomatik taşlama sistemi, fikstür tasarımı, taşlama işlemi, yüzey kalitesi, sistem verimliliği.

Giriş

Belirli geometrik formlarda üretilmiş ve zımpara taşı olarak bilinen aşındırıcı takımlarla yapılan bir talaş kaldırma işlemine taşlama adı verilmektedir. Zımpara taşı adı verilen kesici taşlar, öğütme yöntemiyle elde edilen aşındırıcı tanelerin bir bağlayıcı ile karıştırılarak kalıplanması, sıkıştırılması ve bu bağlayıcının erime sıcaklığında fırınlanmasıyla imal edilmektedirler (Demir, 2003).

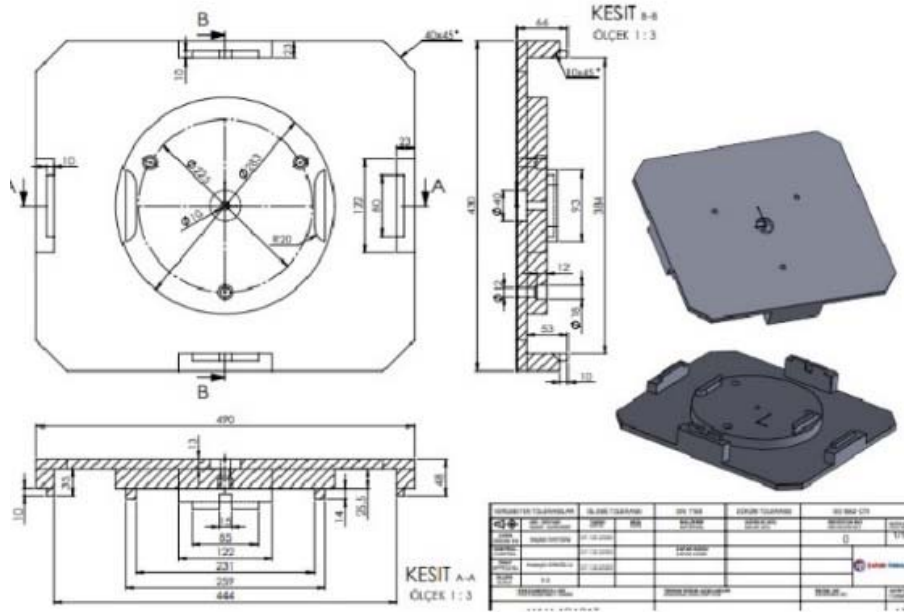
Taşlama işlemi, talaş kaldırma aşındırıcı taş ve iş parçası arasında meydana gelen sürtünme sayesinde, taşlama tezgâhlarında gerçekleştirilmektedir. Taşlama tezgâhları özellikle ölçüsel hassasiyete sahip ve yüzey kalitesi yüksek olan iş parçalarının diğer işleme yöntemleriyle yeterli tamlıkta ve yüzey kalitesinde üretilemediği durumlarda kullanılmaktadır (Güllü ve diğ., 2008; Özay ve diğ., 2018). Taşlama tezgâhları, iş parçalarını taşlama şekillerine göre, düzlem (sath), silindirik, puntasız, CNC ve NC taşlama tezgâhları biçiminde sınıflandırılmaktadır. Bu taşlama tezgâhları içerisinde, taşlama işleminin en hızlı ve işlevsel olduğu taşlama tezgâhının CNC tezgâhları olmasına rağmen, bu tezgâhlar karmaşık geometriye sahip parçaların işlenmesi konusunda gerekli kalite ve verimliliğe sahip değildir (Çiğdem, 2006; Çavuş, 2018).

Literatür araştırmaları sırasında karşılaşılan bu eksiliğin giderilmesine yönelik olarak, otomatik taşlama sistemlerinin optimizasyonu ve yeni fikstür tasarımı ile ilgili bu çalışmanın gerçekleştirilmesi planlanmıştır. Öte yandan, imalatla kullanılan geleneksel taşlama tezgâhları ile karmaşık geometriye sahip parçaların işlenememesi, manuel taşlama işlem süresinin uzun ve maliyetinin yüksek olması, mevcut üretim yöntemi ile yapılan taşlama işleminin kalite gerekliliklerini karşılayamaması ve verimliliğinin yetersiz olması gibi sebepler, taşlama işleminin otomatik sistemler ile yapılmasını zorunlu kılmıştır.



Malzeme ve yöntem

İlgili çalışma kapsamında, sırasıyla yeni otomatik taşlama sistemine ait özgün fikstür tasarımının bilgisayar destekli olarak sanal ortamda modellenmesi, modele ait malzeme seçimi ve ergonomi çalışmalarının yapılması faaliyetleri gerçekleştirilmiştir. Modeli oluşturacak parçaların üretiminin sağlanmasıyla, imalat ve montaj işlemleri uygulanmıştır. Son olarak, belirlenen test ve karakterizasyon çalışmalarıyla ilgili model analiz edilmiştir. Bu sebeple, iş parçalarının CNC tezgahında taşlanabilmesi amacıyla, her parça için ayrı ayrı çizilen fikstür tasarımı örneği Şekil 2'deki gibidir. Bu fikstüre benzer şekilde, karmaşık geometriye sahip her iş parçası için tasarlanacak ve üretilecek olan ek aparatlarla, taşlama işlemleri robotik CNC tezgahlarında yapılabilecektir.



Şekil 17. Fikstür Tasarımına ait model görüntüsü

Bulgular

Sonuç olarak gerçekleştirilen bu çalışmada,

- Karmaşık geometriye sahip döküm iş parçalarının taşlama işleminde, otomasyon sistemine adaptasyonunun sağlanmasıyla günlük üretimde 1000kg (min.) tasarruf sağlanması,
- Otomasyon sistemine geçişle birlikte, iş gücüne olan gereksinimin azalması ve işgücü maliyetlerinin minimize edilmesi,
- Günlük taşlama kapasitesinin 10 tondan 13 tona çıkartılması,
- Manuel taşlama işleminden, otomatik taşlama işlemine geçilmesiyle ürün kalitesinde ve proses verimliliğinde artış elde edilmesi çalışmanın kazanımları arasında yer almaktadır.

Sonuçlar

Yapılan çalışma ile, taşlama işleminin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayacak yeni fikstür tasarımı sonrasında, yapılan test ve karakterizasyon çalışmalarından elde edilen sonuçlar ile sistemde kullanılan mevcut işleme tezgahının kalite ve verimlilik değerleri detaylı bir şekilde karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda, karmaşık geometriye sahip parçaların taşlama işlemlerinde, kalite ve verimlilik açısından artış olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, otomasyon sistemine adaptasyonunun sağlanmasıyla günlük üretim kapasitesinde de bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak, mevcut üretime göre taşlama işlem süresinin kısaltılmasıyla üretim hızı ve ürün kalitesi artmıştır. Bunun yanı sıra üretimin daha düşük maliyetlerle (iş gücü, elektrik, zaman) gerçekleştirilmesi sağlanmış ve günlük taşlama kapasitesi önemli ölçüde artırılmıştır.



Referanslar

- [1] Çelik, L., (2010). Taşlama işleminde titreşimin izlenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün regresyonla modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- [2] Güllü, H., Demir, H., (2008). Taş dokusunun yüzey pürüzlülüğü ve taşlama kuvvetlerine etkilerinin incelenmesi, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ. 23, 1, 77-83.
- [3] Özay, Ç., Ballıkaya H., Altuğ M., Savaş, V., Sağlam, M., (2018). Teğetsel silindirik taşlama yönteminde işleme parametrelerinin titreşim üzerindeki etkilerinin araştırılması, Science And Eng. J Of Fırat Univ 30 (1), 311-317.
- [4] Demir, H., (2003). Düzlem taşlamada taşlama parametrelerinin taşlama kuvvetlerine ve yüzey kalitesine etkilerinin incelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 1-5, Ankara.
- [5] Çiğdem, M., (2006). İmal usulleri, Çağlayan Kitabevi.
- [6] Çavuş, O., (2018). Mühendislik tasarım yöntemlerinin incelenmesi ve NC kontrollü taşlama tezgahı tasarımında uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- [7] Zevyeli, M., Gültaş, A., (2004). Taşlama operasyonları için uzman sistem destekli zımpara taşı seçimi, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Teknikokullar, 7 (2), 241-249, Ankara.

KAYA KESİLEBİLİRLİĞİ VE KESİLEBİLİRLİK MAKİNESİ TASARIMI ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

M. E. Yetkin¹ ve M. K. Özfirat¹

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi/Maden Mekanizasyonu ve Teknolojisi Ana Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

Email: kemal.ozfirat@deu.edu.tr

Özet

Yeraltı madencilik kazı makineleri, tünel kazı makineleri, açık ocak kazı makinelerinin ve daha birçok kazı makinesi seçiminde kaya kesilebilirliğinin belirlenmesi ve bulunan sonuca göre makine seçimi yapılması oldukça önemlidir. Kazı makineleri madencilik üretimlerinin en önemli parçasıdır. Dolayısıyla güçlü ve teknolojik yapılarıyla ilk yatırımları yüksektir. Bu nedenle kazı makinelerinin seçimlerinin en doğru şekilde yapılması madencilik projelerinin verimli sürdürülmesinde önem taşır. Kayaç kazılabilirliğinin ortaya konması için keski üzerine gelen kuvvetlerin, spesifik enerji ölçümlerinin belirlenmesi ve en iyi kazı koşullarının belirlenmesi için yapılan ölçümler kesilebilirlik ölçümleri adını alır. Çalışmada kesilebilirlik deney setinin, DEÜ Maden Mekanizasyonu Laboratuvarı için, tasarım ile ilgili yenilikler getirip literatürdeki örneklerine bakılarak tasarlanması ve yapılması çalışmaları anlatılmıştır.

Anahtar kelimeler: Doğrusal Kazı Makinesi, Kesilebilirlik, Kazı mekaniği, Kaya.

Giriş

Türkiye’de nüfusun artması ve teknolojinin hızla gelişmesi sonucu şehirlerde artan trafik yoğunluğu sebebiyle, yerüstü ulaşımının yetersiz kaldığı durumlarda, tünel kazı çalışmaları sonucunda oluşturulan yeraltı ulaşım yolları ile trafikte insanların güvenli ve daha hızlı taşınması önemli hale gelmiştir. Şehir tünelcilğinde kazı işlerinde, kollu galeri açma makineleri, hidrolik kırıcılar ve tam cephe tünel açma makineleri gibi mekanize kazı makinelerinin kullanımları hızla artmaktadır. Tünel projelerinde kazı makinesi seçimi tünel yatırımının en önemli yatırım kalemidir. Bu nedenle, tünel açma makinelerinin tünel projesine uygun olarak seçilmesi ve projenin zamanında ilerleyebilmesi için makine kazı performanslarının önceden belirlenerek projede gerçekleştirilecek kazı hızının tahmin edilmesi çok önemlidir.

Kayaç kazılabilirlik özelliklerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri laboratuvar ortamında yapılan kaya kesme deneyleridir (ISRM, 1981). Bu deney yöntemleri 1980’li yıllarda İTÜ ve ODTÜ Maden Mühendisliği Bölümlerinin laboratuvarlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla İTÜ laboratuvarlarında küçük boyutlu kazı seti makinesi kullanılmaya başlanmıştır (Bilgin ve Shahriar, 1987; Ceylan, 1987; Yaşar vd., 2014). Geliştirilen kazı setleri ile yapılan sanayiye yönelik projeler ve bilimsel çalışmalar neticesinde yapılan bu deney setlerinin dezavantajlarının tespit edilmesi imkanı doğmuştur. Örnek olarak; büyük boyutlu kazı setinde kazı deneyi için büyük blok gerektiğinden ve deneyin yapılabilmesi için yetişmiş insan gücüne ihtiyaç duyulduğundan bu deney her zaman yapılamamaktadır. Bu amaçla, kullanımı daha pratik ve taşınabilir bir kazı setinin geliştirilmesine İTÜ Maden Mühendisliği bölümünde 2004 yılında başlanmıştır (Bilgin vd., 2006). Daha sonra yapılan çalışmalar sonucunda “taşınabilir (minyatür) doğrusal kazı seti” genel hatları ile ortaya çıkmıştır (Bilgin vd., 2006, Feridunoğlu, 2009).

Tünel açma makinelerinin performans tahminlerini yapmak için deneysel bir kazı setinin oluşturulması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Tünel açma projelerinde yüklenici firma ve proje sahibi arasında yapılan görüşmelerde tünelin teknik parametreleri (tünel uzunluğu, tünel tipi, tünel derinliği, tünel kazı yöntemi) ve tünelin teslim edilerek ulaşma açılması tarihleri belirlenir. Bu durumda yüklenici firmaların ve proje sahiplerinin, termin planına göre tünel ilerleme miktarını, tünel güzergâhlarındaki kayaçların fiziksel ve mekanik özelliklerine göre belirlemesi gerekir. Bu nedenle tünel güzergâhında bulunan kayaçların fiziksel ve mekanik özellikleri dikkate alınarak sınıflandırılması gerekmektedir. Bu sınıflandırmanın ardından makine tipi, kazı yöntemi seçilmesi gerekir. Tam bu aşamada seçilen kazı yöntemi ile kazı makinesinin ne kadar kazı yapacağı üzerine belirleme çalışmaları başlar. Bu amaç doğrultusunda, küçük boyutlu kazı seti ile bölgeden alınan numuneler üzerinde laboratuvar çapta



kazı deneyleri gerçekleştirilir. Çalışmanın kapsamı küçük boyutlu kazı setinin oluşturulması ve daha önce bu konuda yapılan çalışmaların araştırılmasıdır.

Yapılan çalışmada kolay kullanılabilir, aynı zamanda kazı makine performanslarının önceden tahminini sağlamak amacıyla dünyada ve ülkemizde önceden tasarlanan doğrusal kazı setlerinin özelliklerini yansıtan ve bu kazı setlerinden daha küçük, pratik ve donanımsal anlamda teknolojik özellikler içeren bir doğrusal kazı setinin tasarlanmasıdır.

Deneysel Kazı Setleri

Madencilikte, kömür ve cevher ya da tünel kazısı için mekanik kazı makinelerinin uygulanması son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. Küçük ölçekli (karot numune üzerinde kesme) ve tam ölçekli laboratuvar kaya kesme testlerinin tasarımları sahada makinelerin çalışma temel verilerini önceden tahmin etmek ve sağlamak için yapılmaktadır. İlk olarak laboratuvar ölçekli lineer kesme cihazları ulusal İngiltere Kömür İşletmeleri Maden Araştırma Kuruluşu'nda geliştirildi (Evans ve Pomeroy, 1958; Murrell, 1958). Bu cihazın bulguları (özellikler) 5 mm derinliğinde karot kesmeye dayanan kollu galeri açma makinelerinin kazı performansını tahmin etmeyi amaçlamıştır. Cihaz, tungsten karbürden yapılmış standart bir keski aleti kullanarak (-5°) kesme açısı ve (5°) temizleme açısına sahip olarak tasarlanmıştır. Balcı ve Bilgin 2007'de tam boyutlu doğrusal kesme setinden elde ettikleri özgül enerji verilerini küçük boyutlu kesme setinden elde ettikleri özgül enerji değerleri ile ilişkilendirmişlerdir. Çopur 2010'da zincir kollu kesme makinelerinin kesici uçları için tam boyutlu doğrusal kesme setinin benzetimini küçük boyutlu doğrusal kesme seti ile yapmıştır. Feridunoğlu 2009 ve Bilgin vd., 2010'da yaptıkları çalışmalarla İTÜ'de Şekil 1'de verilen küçük boyutlu kesme setini geliştirmişlerdir.

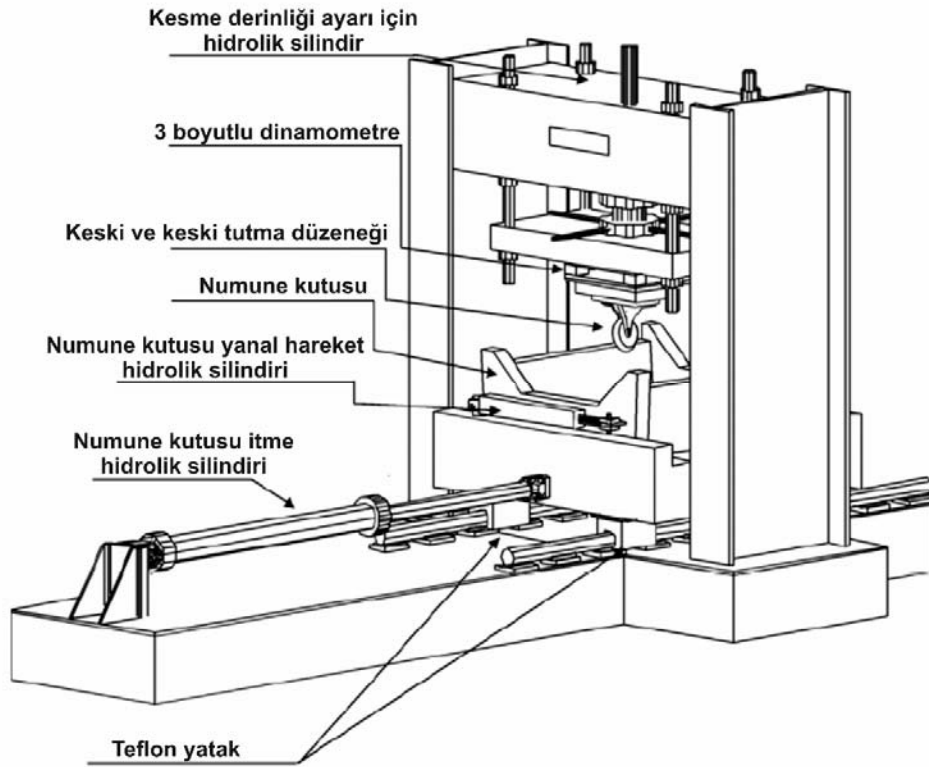


Şekil 1. Küçük boyutlu doğrusal kesme seti (Bilgin vd., 2010)



Bir elektrik motorunun aktüatörü, alet tutucu-dinamometreyi tetikleyerek sabit / kelepçeli bir kızak önünde bulunan montajı önceden ayarlanmış bir kesme derinliğinde, hat mesafesinde ve yaklaşık 40 cm/s sabit hızda kaya numunesini keser. Kesme sırasında dinamometre kesici uca etki eden normal, kesme ve yan kuvvetleri (üç ortogonal kuvvet) ölçer ve kayıt eder. Küçük bir karot numune kullanırken, her kesimden sonra mengeneyle yerleştirilen kaya örneği, önceden belirlenmiş bir hat aralığı ile yana doğru hareket ettirilir ve gerçek bir makine üzerindeki birden fazla ucun hareketleri benzetilerek deney tekrar ettirilmiş olur. Karot numune kesildikten sonra numune yeni bir kesime başlamak için 90° döndürülür (Bilgin vd., 2014). Numune yüzeyi mükemmel bir şekilde gelişmiş kırıklara sahip bir yüzey elde etmek için deneyden önce düzeltilmelidir. Deneyler bir numune için en az 3 kez tekrar edilmelidir. Veri toplama sistemleri bir dinamometre (yük hücresi), A/D kartı, sinyal yükseltici ve kişisel bilgisayardan oluşur. Veriler ticari bir yazılım tarafından gerekli bir süre ve örnekleme oranında kaydedilir. Veri edinim kartı en az üç bağımsız kanal içermelidir ve Dinamometreden gelen verileri izler/ölçer/ kaydeder. Sinyal yükselticinin uyarma gerilimi 10 V olması gerekir. Veri örnekleme hızı kesme testleri için en az 1000 Hz olmalıdır.

Şekil 2’de şematik görünümü verilen tam boyutlu kazı deney setinde araziden temin edilen büyük blok numune, numune kutusu içerisine yerleştirilip etrafı betonlanarak sabitlenmektedir.



Şekil 2. Tam boyutlu deneysel kazı seti (Tumaç, 2010)

Numune hazne içine yerleştirildikten sonra keski kesme derinliği (d) ve keski arası mesafe (s) değerleri ayarlanmaktadır. Keski arası mesafe ve kesme derinliğinin ayarlanmasıyla birlikte hidrolik silindir yardımıyla itme sağlanarak numune üzerinde kazı deneyi yapılmaktadır.



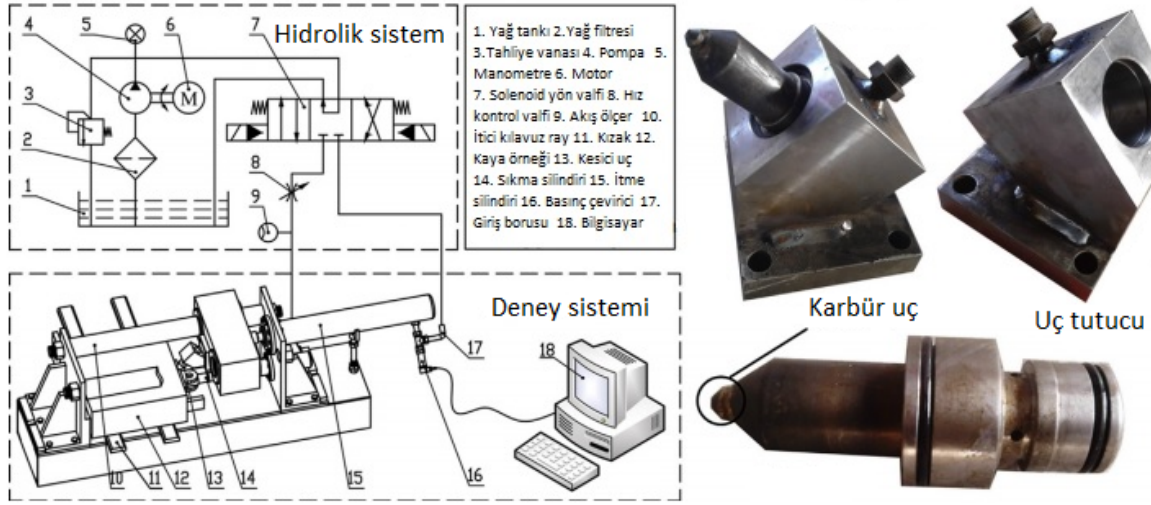
Tam boyutlu kazı deney setinde bulunan veri toplama sistemi; bilgisayar, amplifikatör, sinyal ayarlayıcı ve gerilim ölçerlerden oluşmaktadır. Veri alma sistemi ile her bir saniyede 2000 veri okuyabilmekte ve 50 ton'a kadar olan keski kuvvetlerini ölçülebilmektedir (Tumaç, 2010; Tumaç ve Balcı, 2014, Çomaklı, 2015). Küçük boyutlu doğrusal kesme makinesi tasarımlarından bir diğeri Çomaklı tarafından 2015'de geliştirilmiştir. Tasarlanan yeni taşınabilir doğrusal kaya kesme deney seti yurtiçinde imal ettirilmiş ve bu deney setinin genel bir görünümü Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Taşınabilir doğrusal kaya kesme setinin genel görünümü (Çomaklı, 2015)

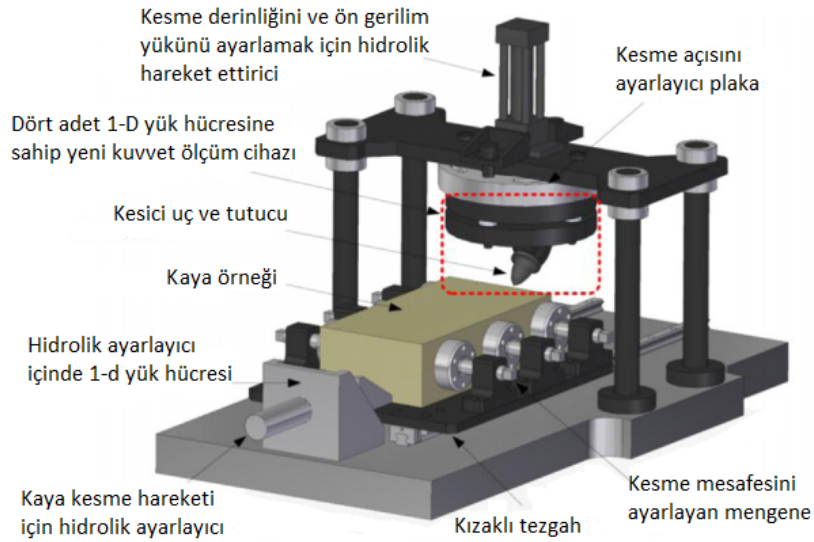
Küçük boyutlu kesme deney setinde kesici uç sabit tutulmakta ve içerisine numune yerleştirilmiş olan numune kutusu hidrolik pistonlar yardımıyla hareket ettirilerek doğrusal bir kaya kesme işlemi yapılmaktadır. 115 x 300 x 250 mm (Yükseklik, Genişlik, Uzunluk) boyutlarına kadar keserek yüzeyi düzeltilmiş bir kayaç numunesi hidrolik silindir vasıtasıyla hareket ettirilebilmektedir. Bunun yanında keski arası mesafe ve kesme derinliği değerlerinin ayarlanabilmesi için kaya kesme seti yatayda ve düşeyde hareket ettirilebilmektedir (Çomaklı, 2015).

Liu vd., 2016'da kendi kendini kontrol eden hidro-uç sisteminin yapısı Şekil 4'te gösterilmiştir. Uç gövdesi uç tutucusuna bağlanır ve aksel olarak hareket edebilir. Aksel yer değiştirmeyi kontrol etmek için uç tutucuya bir valf takılır. Kesici ucun uç kısmına takılan bir nozzle ile hidrolik kazı seti oluşturulmuştur. Sistemin detayları ve yapısı Şekil 4'te verilmiştir. Böylece kazı deney setinde basınçlı su jetinin kazı verimliliği üzerine etkisi ölçülebilmektedir.



Şekil 4. Kaya kesilebilirlik test cihazı (Liu vd., 2016)

Kang vd., 2016 tarafından Şekil 5'te açıklandığı gibi, bir kesici uç için küçük kapasiteli kesme testleri için uygun yeni bir doğrusal kesme seti önerilmiştir. Makine üzerindeki bir kesici uç ile bir kaya örneği arasındaki kaya parçalanmasının etkisinden kaynaklanan yapısal titreşimin etkilerini en aza indirmek için dört adet dayanıklı sütun planlanmıştır. Bir kübik kaya örneği kayan bir tezgaha yerleştirilir ve kaya kesme hareketi hidrolik aktüatör tarafından kontrol edilerek kesme deneyi gerçekleştirilir.

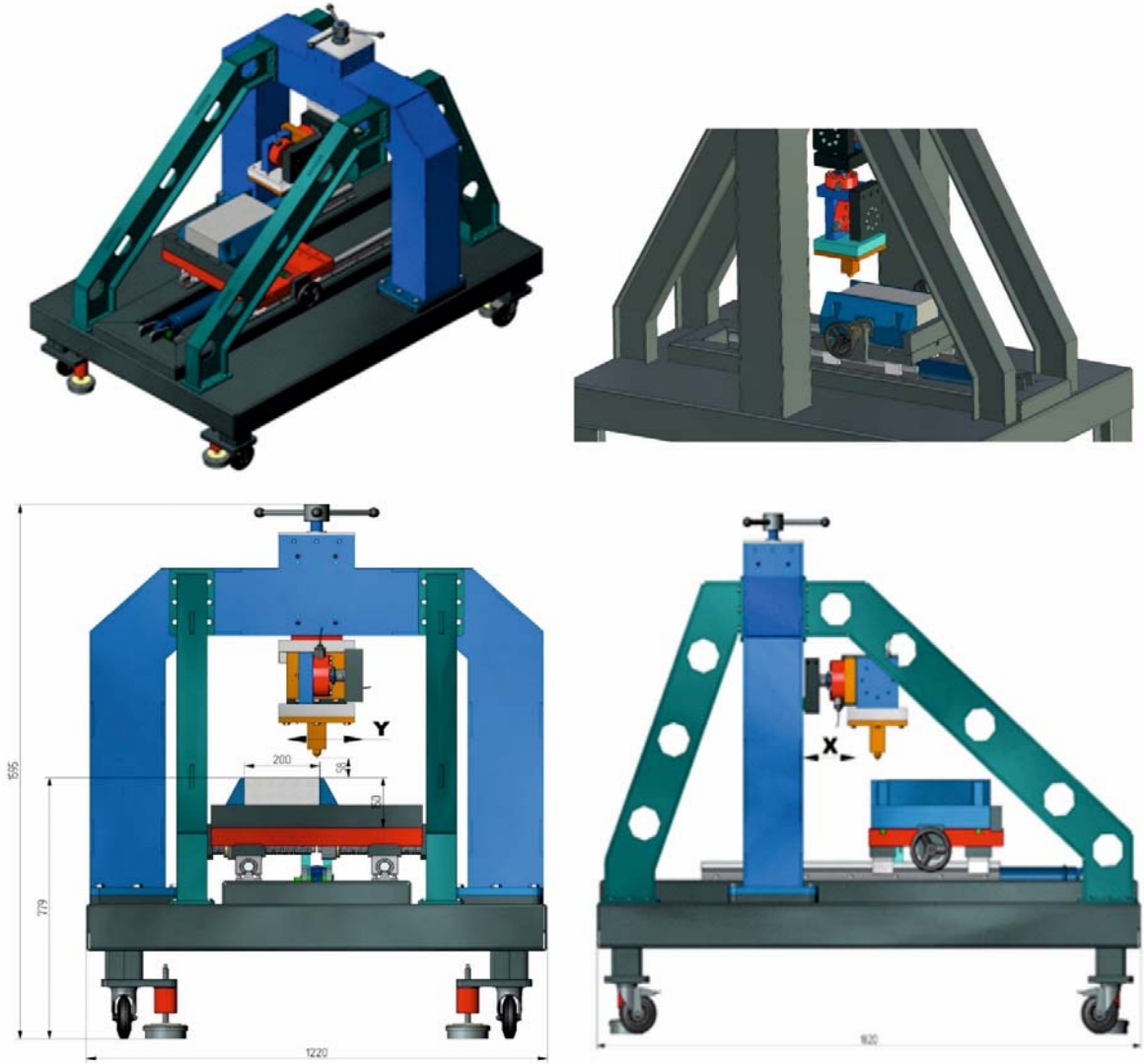


Şekil 5. Küçük kapasiteli doğrusal kesme seti (Kang vd., 2016)



Geliştirilen Deneysel Kazı Seti

Tasarım aşamasında ilgili literatürdeki tüm makineler proje ekibince araştırılmıştır. Kesilebilirlik makinesinde sağlam bir gövde yapısı, x, y ve z yönünde gelen kuvverlerin ölçülebilmesi için yük ölçerlerin (load cell) makine üzerine doğru ölçüm yapacak şekilde yerleştirilmesi planlanmıştır. Kaya örneklerinin kesilen yüzeylerinin pürüzlülüğüne göre lazer ışını ile ölçülebilen kesme derinlikleri ve numune yerleştirme yuvasının birden fazla deneye izin verecek ölçüde olması tasarlanmıştır. Makine tasarımında, kesici uç sabit olacak numune yuvasına hareket verilerek kazı işlemi gerçekleştirilecektir. Şekil 6'da üretilmek üzere tasarlanan makinenin genel görünümü verilmiştir.



Şekil 6. Tasarlanan kesilebilirlik makinesinin genel ve farklı açılardan görüntüsü

Şekil 6'da tasarlanan kesilebilirlik makinesinin tasarımı gösterilmiştir. Numune içine konan numune haznesi kızaklar üzerinde hidrolik piston vasıtasıyla hareket ettirilecektir. Hız, kontrolü yapılan yazılım ile kontrol edilebilecektir. Geliştirilen kazı setinin teknik donanımsal bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.



- 3 adet 10 ton kapasiteli yük okuyucu.
- Kazı sırasında kesme derinliklerinde meydana gelen değişimleri ölçen lazer okuyucu.
- Dijital olarak ölçülen kesme derinliği.
- Farklı kesme derinliklerinde çalışma imkanı.
- Ayarlanabilir kesme hızı.
- Aynı numune üzerinde birden fazla deney imkanı sağlayan numune haznesi.
- Kazı sırasında çıkan pasayı otomatik olarak toplayan vakum sistemi.
- Ölçüm sonuçlarının grafiksel gösterimi için geliştirilen ayrı bir yazılım.

Sonuçlar

Doğrusal kazı setinin modelleme çalışmaları tamamlanmış ve ana şasi üretimi tamamlanmak üzeredir. Ana şaşının tamamlanmasının ardından kazı setine ait donanımlar yerleştirilerek doğrusal kazı makinesi deneylerine başlanacaktır. Çalışma neticesinde tasarlanan doğrusal kazı makinesi setinin tamamlanması ile birlikte yeraltı kazılarında daha doğru ve hızlı bir şekilde karar alınarak planlanan projelerin zamanında ve verimli gerçekleşmesi amaçlanmaktadır.

Referanslar

- Balcı, C. and Bilgin, N., (2007). Correlative study of linear small and full-scale rock cutting tests to select mechanized excavation machines. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 3:468–476.
- Bilgin, N. ve Shahriar, K. (1987). Madenlerde mekanize kazı için bir ölçme sisteminin geliştirilmesi ve T.T.K. Amasra kömür bölgesine uygulanışı, TÜBİTAK Projesi Nihai Rapor, MAG, Proje No: 674, 99s.
- Bilgin, N., Çopur, H., Balcı, C., Feridunoğlu, C. ve Tumaç, D. (2006). Kaya kazı makinelerinin optimum seçiminde kullanılmak üzere taşınabilir bir test cihazının geliştirilmesi, TUBİTAK Araştırma Projesi Nihai Rapor, Proje No: MİSAG-274 (104M013).
- Bilgin, N., Balci, C., Tumaç, D., Feridunoglu, C. and Çopur, H., 2010. Development of a portable rock cutting rig for rock cuttability determination. *Proceedings of the European Rock Mechanics Symposium (EUROCK 2010)*, eds. J. Zhao, V. Labiouse, J.P. Duth, J.F. Mathier, ISBN: 978-0-415-58654-2, June 15–18, Lausanne-Switzerland, CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, pp. 405–408.
- Bilgin, N., Çopur, H. and Balcı, C. (2014). *Mechanical Excavation in Mining and Civil Industries*, CRC Press Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, US.
- Ceylan, K. (1987). Studies on the cuttability of rocks at O.A.L. Çayırhan district by laboratory cutting tests, Yüksek Lisans tezi, ODTÜ, Ankara.
- Çopur, H., (2010). Linear Stone Cutting Tests with Chisel Tools for Identification of Cutting Principles and Predicting Performance of Chain Saw Machines. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 47, 1, 104-120.
- Çomaklı, R. (2015). Taşınabilir Doğrusal Kazı Deney Seti Kullanılarak TBM Performans Tahmin Modeli Geliştirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora tezi, 489s.
- Evans, I. and Pomeroy, C.D., (1958). *Proc. of Conf. on Mechanical Properties of Non-metallic Brittle Materials*, London, Butterworths, p. 5.
- Feridunoğlu, O.C. (2009). Kayaç kazılabilirliğinin tayini için taşınabilir kayaç kesme deney aletinin geliştirilmesi, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- I.S.R.M., 1981; "Rock Characterization Testing and Monitoring", Suggested Methods, Pergamon Press, Oxford.



- Kang, H., Cho, J.W., Park, J.Y., Jang, J.S., Kim, J.H., Kim, K.W., Rostami, J. and Lee, J.W. (2016). A new linear cutting machine for assessing the rock-cutting performance of a pick cutter, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 88; 12.
- Liu, S., Liu, X., Cai, W. and Ji, H. (2016). Dynamic performance of self-controlling hydro-pick cutting rock, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, 83; 14-23.
- Murrell, S.A.F., (1958). *Proc. of Conf. on Mechanical Properties of Non-metallic Brittle Materials*, London, Butterworths, p. 123.
- Tumaç, D. (2010). Değişik kayaç ve disk keskinin kayaç kazılabilirliği üzerine etkisinin araştırılması, Doktora tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tumaç, D. and Balcı, C. (2014). Investigation into the cutting characteristic of CCS type disc cutters and the comparison between experimental, theoretical and empirical force estimations. *Tunn. Undergr. Sp. Technol.* 45, 84-98.
- Yaşar, S., Çapık, M. ve Yılmaz, A.O. (2014). Schmidt Sertliği ile Kesilebilirlik Parametreleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi, *Madencilik*, Cilt 53, Sayı 1-2, Sayfa 31-38.



NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARI ARASINDA BİR ÖZET: DALGIÇ POMPA KULLANIMI İLE AMAÇLANAN NOKTALAR

Selin TULUN^{1*} ve Manolya AKDEMİR¹

¹ Üstünel Ar-Ge Merkezi, İzmir, Türkiye

*Email: s.tulun@ustunel.com.tr

Özet

Nesnelerin İnterneti, düşünülebilecek her nesnenin sensörler yardımı ile etrafını algılayabilir, diğer çevre ya da merkezi birim ile haberleşebilir seviyeye ulaştığı bir teknolojidir. Bu kavramda geçen internet kelimesi günümüzde insanların web kullanımı gibi yakın zamanda nesnelerinde interneti kullanabileceği anlamına gelmektedir.

Nesnelerin İnterneti, geçmişten günümüze hızla gelişerek uygulama alanına göre şekillenebilmektedir. Nesnelerin İnterneti, akıllı şehir uygulamalarında: güvenlik, trafik kontrol, akıllı park, hava ve su kirliliği ölçümü, enerji verimliliği, bina ve akıllı ev uygulamalarında: güvenlik, enerji verimliliği, kapı, ısı, ışık kontrolü, otomotiv ve ulaşım sistemlerinde: yolcu güvenliği, yakıt kontrolü, rota optimizasyonu, çarpışma önleme, ulaşım takibi, sağlık hizmetlerinde: uzaktan hasta izleme, ilaç takibi, hastane varlıklarının takibi, giyilebilir teknoloji, askeri uygulamalarda: sınır gözetleme, hedef tespiti, saldırı tespiti, lojistik takibi, tarım uygulamalarında ise; hayvancılık takibi, hasat gelişiminin takibi, sulama takibi ve yürütülmesi gibi uygulamalarda hayat bulmaktadır.

Yapılan çalışma, IoT kavramı ve uygulamalarından bahsetmek üzerine kurgulanmış olup, özelinde ise; pompa uygulamalarındaki durum özetini içermektedir. Pompa uygulamalarında, bakımların öngörülmesi ya da sistem veriminin şartlara uyarlanabilir hale getirilmesi açısından oldukça benzersiz bir deneyim sağlamaktadır. IoT teknolojisi, uygulama esnasında, çalışma şartlarına göre sistemin optimize edilmesi ile birlikte, enerji verimliliği açısından da oldukça önem teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nesnelerin interneti, nesnelerin interneti uygulamaları, derin kuyu dalgıç pompa, pompa uygulamaları.

Giriş

Nesnelerin İnterneti, Algılama (sense), haberleşme (communication), adreslenebilme (ağ, network) ve veri işleme (data processing) yeteneklerine sahip cihazların/nesnelerin oluşturduğu küresel bir ağıdır. IoT, değişik iletişim protokolleri aracılığıyla birbirleri haberleşebilen, algılama yeteneğine sahip akıllı cihazların oluşturduğu ağ sistemidir. Nesnelerin İnterneti, nesnelerin her yerden, her zaman, herkesle bağlantısını hedeflemektedir. İlk adı konmasa da IoT uygulaması olarak, 1979 yılında North Carolina State University Makine Mühendisliği bölümündeki doktora öğrencisinin anekoit test odasına yerleştirdiği bir doküman tezgahının iğinin içine sensör yerleştirmiş ve iğ hareket analizlerini kaydetmek için makaralı bir teyp kullanması görülmektedir. Nesnelerin internetinin başlangıcı (ilk uygulaması) olarak 1991 yılında Cambridge Üniversitesindeki yaklaşık 15 akademisyenin ortak kullandıkları kahve makinesini görebilmek/izleyebilmek amacıyla kurdukları kameralı sistem kabul edilmektedir. Kahve makinasının görüntüsü dakikada 3 defa bilgisayar ekranına gönderiliyordu. İnternet bağlantısı olmamasına karşın çevrimiçi ve gerçek zamanlı haberleşme özelliklerinden dolayı ilk uygulama olarak kabul edilmektedir. Nesnelerin interneti kavramı ise; ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter & Gamble (P&G) firması için hazırlanmış olduğu sunumda geçmiştir. P&G firmasının tedarik zincirinde Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification, RFID) teknolojisinin faydaları ve kullanımı önerilmektedir.

Günümüzde Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisi tarımda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Han, Wu, Lin ve Luan tarafından yapılan çalışma, Ev Sera Sisteminin yönetimini anlatmaktadır. Akıllı ev sera sisteminin fonksiyonel gereksinimlerinin analizi ile akıllı ev sera sistemi, sera çevre veri algılama, sera çevre kontrol düzenlemesi, veri uzaktan iletimi ve insan-bilgisayar etkileşimi işlevleriyle tasarlanmıştır. Sensör katmanı, ZigBee kablosuz sensör ağına bağlı olarak çevresel verileri gerçek zamanlı olarak toplamaktadır. Ağ katmanı STM32 akıllı



ağ geçidi, sensör katmanından uygulama katmanına veri alışverişi yapmak ve veri gönderme ve alma işlemlerinin engellenmemesinin yanı sıra birden fazla mobil terminalin eşzamanlı isteklerini çözmek için ağ sunucusuyla koordinasyon sağlamaktadır. Uygulama katmanı iki tip olarak tasarlanmıştır. Biri bir veri depolama ve analiz merkezi olarak bir masaüstü yönetim sistemidir, diğeri ise bir mobil terminal uygulamasıdır [1]. İsmail tarafından yürütülen çalışma kapsamında, tüm bilgilerin parmak uçlarında görüldüğü ve kontrol edildiği IoT 'ye dayanan tarım alanındaki su tüketimini kontrol etmek amacıyla tarım alanına odaklanan bir proje özetlenmektedir. Sistem geliştirmenin bir parçası olarak, aşağıdakiler gibi az sayıda sensör uygulanmıştır: topraktaki su seviyesini tespit etmek için bir toprak nem sensörü (YL-69); sıcaklık değişikliklerinin erken belirtilerini izlemek için nem ve sıcaklık sensörü (DHT-11); ve çevrenin basıncını ölçmek için basınç sensörü (BMP 280). Bu sensörler bir Wi-Fi modülüne (Düğüm MCU) bağlanır ve sulama sistemine ekstra hassasiyet vermek için birbirine bağımlıdır. Toplanan veriler buluta (ThingSpeak.com ve Firebase) yüklenecek ve uygulama ve web sitesi üzerinden görülebilecek grafikler şeklinde görüntülenecektir. Uygulama, sensörlerden okumayı görüntülemek ve acil durumlar için su pompasını kontrol etmek için çalışmaktadır. Sonuç olarak proje, su tüketimi, minimum proje maliyeti, daha az işçilik, güç tüketimi ve güvenilirlik yönünden tüm hedeflerini yerine getirmeyi başarmıştır [2]. Su kaynaklarının sanayide, tarımda ve yeraltı suyu tüketiminde çeşitli amaçlarla yoğun bir şekilde kullanılması dünya bazında su seviyelerini oldukça düşürmüştür. Teknolojinin ilerlemesi ile farklı tarım çiftliklerinde basitleştirilmiş sulama ile su kaynaklarının etkin kullanımına odaklanmak gerekmektedir. Koduru ve ekibi tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada otomatik akıllı sulama sistemi için bir kullanım durumu geliştirilmiştir ve yer altı su seviyelerini arttırmak için duşlardan üretilen aşırı suyun etkin kullanımı için yetkili bir mekanizma tanımlanmıştır. Kullanım durumu çiftçilerin kokpitini kullanarak gerçek zamanlı çiftlik durumunu izleme konusunda esneklik sağlamaktadır. Cihazlar akıllı sulamayı güçlendirmek ve sistemi gerçek zamanlı olarak izlemek için entegre edilmiştir. Kullanım senaryosu aktivasyonu ve otomasyonu, girdilere göre yanıt vermek için belirli kısıtlamalara dayanarak yapılmaktadır [3]. Malche ve Maheshwary tarafından yapılan çalışma kapsamında, su deposu ya da derin kuyu gibi bir su kaynağının su seviyesinin izlenmesinin tarımda anahtar bir rol oynadığından bahsedilmiştir. Örneğin, bir su kuyusu içinde pompalama için eşik seviyesinin altına düşerse, pompa motoru kuru çalışma nedeniyle hasar görebilmektedir. Bu durumda su seviyesinin izlenmesi ve su pompasının buna göre kontrol edilmesi gerekli bir görev haline gelmektedir. Su seviyesi izlemenin önemli bir görev olduğu başka birçok durum daha vardır. Suyu korumak veya bir su kaynağının su kullanımını incelemek için de kullanılabilir. Bu makale, Hindistan'ın gelecekteki akıllı köylerinde uygulanabilecek Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı su seviyesi izleme sistemini geliştirmek için gerekli araç ve teknolojilerin bir prototip sistem tasarımı, uygulamasını anlatmaktadır. Fiziksel katman, sensörler ve iletişim teknolojilerinden oluşmaktadır. Bu katmanda veriler toplanır ve servis katmanına gönderilir, hizmet katmanı, sistem mimarisinde önemli bir rol oynar ve uygulama / iş mantığı burada uygulanır, toplanan veriler ileride kullanmak üzere burada saklanır. Bu katman ayrıca veri analizi için çeşitli araçlar sağlamaktadır. Sunum Katmanı ise; bilgiyi kullanıcıya görselleştiren ve kullanıcının sistemle etkileşime girmesini sağlayan sunum katmandır [4]. Çiftçi, genellikle farklı türlerde ürünler yetiştirmek için büyük arazilerde çalışmaktadır. Bir kişinin her zaman tüm tarım alanlarını takip etmesi her zaman mümkün değildir. Bazen toprağın bir kısmının ıslak olmadığı, başka bir kısmının aşırı ıslak olabileceği düşünülebilir. Her iki durumda da, mahsul zarar görebilir ve bu çiftçiyi de zarara sokmaktadır. Bu sorunu çözmek için “Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı Sulama İzleme ve Kontrol Sistemi” makale bazında kurgulanmış ve kullanılmıştır. Bu, kullanıcının uzak bir yerden su tedarikini izleyebildiği ve kontrol edebildiği çok kullanışlı bir uygulamadır, bir Wi-Fi modülü kullanarak internete bağlanan sistem, kontrol sinyallerini göndermek ve web sitemize bağlanmak için çeşitli donanımlar gerekmektedir. Bu durum yapılandırıldığında, Web sitesinde iki şey görüntülenir: a) Motopomp durumu b) Nem seviyesi. Sistem, bir nem sensörü kullanarak toprağın nem içeriğini kontrol etmeye devam eder ve web sitesindeki “Nem seviyesi” hakkındaki güncellemeleri gönderir. Daha sonra kullanıcı, bu yazılım ile mevcut nem seviyesini uzak bir konumdan izleyebilmekte ve buna göre su kaynağını kontrol edebilmektedir. Böylece "toprak nemi" izlenir ve "su temini" motor durumu kontrol edilerek sağlanır. Bu nedenle, kullanıcının "su basması" veya "kuraklık" nedeniyle bitkileri veya bitkileri zarar görmesi konusunda endişelenmesi gerekmemektedir [5]. Kubar ve Galagi 'nin yaptığı makalede, IoT kavramını kullanan başka bir akıllı sulama sistemi açıklanmaktadır. Proje, sistemi internete bağlayan bir Wi-Fi modülü (ESP8266-12) kullanmakta olup; bu modül, bir su seviyesi göstergesinden ve iki toprak nem sensöründen elde edilen bilgilerden alana su sağlamak için bir motoru ve iki solenoid valfi kontrol etmektedir. Tüm sistem internet üzerinden MQTT sunucusu (My MQTT android App) tarafından izlenmekte ve kontrol edilmektedir [6]. Günde tarafından önerilen



çalışma, büyük bir kampüste su dağıtımının yönetimi için IoT tabanlı bir sistemdir. Su seviyesine bağlı olarak, dalgıç pompa otomatik olarak başlamakta ve durmaktadır. Bir tanktaki su seviyesi minimum olduğunda dalgıç pompa otomatik olarak pompalamaya başlar ve maksimum seviyeye ulaştığında dalgıç pompa otomatik olarak durmaktadır. Su seviyesi maksimuma ulaşırsa, SMS ile kullanıcıya ulaşır ve algılanan su seviyelerini buluta yükler ve bu sistem insan müdahalesi olmadan otomatik olarak çalışmaktadır [7]. Exeter Üniversitesi'nde yürütülen araştırmalara dayanan Over the Air Analytics Ltd. tarafından yeni, akıllı bir Yağmur Suyu Yönetim Sistemi (RMS) geliştirilmiştir. Teknoloji, sel baskını azaltmak ve kentsel ortamlarda alternatif su kaynakları sağlamak için yağmur suyunu kaynağında yönetmek için ortaya çıkan Nesnelerin İnterneti (IoT) protokollerinin ve iletişim platformlarının ticari uygulamasını vermiştir. Veri toplama, iletişim, güç yönetimi ve ilgili yazılımlardaki yeni teknolojilerle IoT sistemleri, su sektörü varlıklarının gerçek zamanlı yönetimini sağlayabilir. Ek olarak, bu tür teknolojilerin maliyetinin düşürülmesi, genişleyen bir dizi teknik niş içine yerleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu yazıda, yüksek çözünürlüklü veri toplama ve yenilikçi bir akıllı RMS analizi de dâhil olmak üzere Future Cities Catapult (Londra) ile yapılan bir denemeden elde edilen sonuçlar sunulmaktadır. 4 aylık deneme süresi boyunca, bir konut mülkünde, akıllı RMS, birkaç fırtına olayından gelen yağışları başarıyla zayıflatırken, içilemez uygulamalar (yani WC yıkama) için yağmur suyunun yeniden kullanılmasını sağlar. Verilerdeki bazı boşluklara rağmen, güç ve bağlantı kesintileri nedeniyle, sistem çok az arıza süresi ile yüksek derecede güvenilirlik göstermiştir. Çalışma, RMS 'de IoT kullanımının, ekonomik, güvenilir ve ölçeklenebilir bir sistemdeki iklim değişikliklerinin zorluklarına uyum sağlayarak su ve atık su varlıklarının esnekliğini ve esnekliğini artırma potansiyeli ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır. Grafik olarak verilen durum ise; 117 günlük çalışma süresi boyunca RMS 'deki su seviyesi, A) fırtına yakalama, B) veri boşluğu C) daha küçük fırtına yakalama ve içilemeyen su kullanımı, D) kuru dönemde şebeke doldurma operasyonları ile ortalama tank seviyesi, E) fırtına yakalama ve içilemeyen su kullanımı ve F) fırtına yakalama şeklinde gösterilmiştir [8]. Toksoy ve ekibi tarafından yapılan çalışma, pompa izleme için IoT sisteminde kullanılan sensörlerin incelemesini yapmıştır. Birincil sensörler, pompanın işletme parametrelerini ve performansını takip etmek için kullanılan temel büyüklükleri ölçmek için kullanılan sensörlerdir. İkincil sensörler ise; uygulamaya bağlı olarak, pompanın kendisi ile doğrudan ilişkili olmayan ancak pompanın konumu açısından önemli sensörlerdir. Bu kullanımlarla bayi ve satış ekibi, son kullanıcıya verdiği ürünlerin kalitesini göstermek için bir yerde çalışan pompaya internet yolu ile bağlanarak anlık verileri (titreşim kontrolü, toplam çalışma zamanı, pompa verimi) müşteri ile paylaşabilir. Paydaşların görebilecekleri veriler yetki sınırlandırılması ile kontrol altına alınabilmektedir. IoT uygulamaları için, kestirimci bakımda sağladığı destek avantajı yanında operasyonel verimliliğin gerçek zamanlı olarak takibini gerekli kılan endüstriyel tesislerden bir tanesi Jeotermal Enerji Santralleri (JES) 'dir. JES 'lerde enerji kaynağı, her santralde özellikleri açısından farklıdır (üretim derinliği, debi, sıcaklık, enerji ısı transfer merkezine olan uzaklık) ve kuyulardan üretilen akışkan, tek ve ya iki fazlı jeotermal özelliğindedir. Türkiye' deki kuyular artezyeniktir. Ancak akışkanların enerji transfer merkezine basılması pompalar ile gerçekleşir. Sürekli değişen hava sıcaklığına bağlı olarak üretim, yeniden basma ve transfer pompalarının o anda gerekli debiyi sağlayacak şekilde seçilmesi ve pompaların en iyi verim bölgesinde çalışmasının sağlanması ve transfer pompalarının da yine en az enerji tüketecek şekilde ve en iyi verim noktasında çalışması gerekmektedir [9].

Yapılan çalışma, literatürde bulunan çalışmalara ek olarak, IoT sisteminin uygulanması ile sağlayacağı avantaj ve dezavantaj belirlemesini içermektedir. İlk yatırım maliyeti fazla olan bu uygulamanın uzun vadede yaratacağı avantaj konvansiyonel sisteme göre oldukça üst seviyededir. Bunun sebepleri arasında; ürünün enerji verimliliğinin kuyu kapasitesine bağlı olarak değişiklik göstermesi ve kuyu durumunun yakından takibi ile kestirimci bakım yapılmasına olanak sağlaması sayılabilmektedir. Önerilen sistem bazında, ilk yatırım maliyetini bir miktar arttıran bu uygulama, uzun vadede büyük ölçüde avantaj sağlamaktadır.

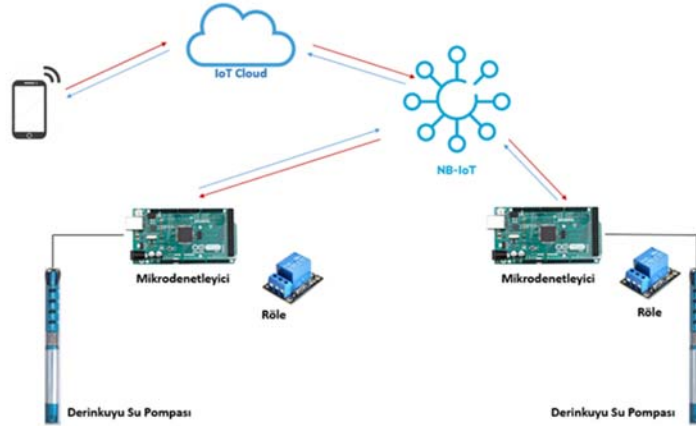




Önerilen Derinkuyu Motopomp Sistem Uygulaması

Uygulamanın başka bir ayağı olan tarımsal sulama ve ya kuyu içerisindeki motopomp sisteminin izlenmesi ile kuyu içerisinde öngörülemez bir durum olduğunda arıza durumu başlamadan sistemde okunan datalar ile ters giden durumun belirlenmesi ve ardından ona göre önleyici faaliyet oluşturulması amaçlanmaktadır. Derinkuyu motopomp sistemi için önerilen modelin mimarisi Şekil 1 ile gösterilmektedir. Derinkuyu içerisine yerleştirilen motopomp sistemi üzerinde bulunan sensörler üzerinden motor sıcaklığı, su sıcaklığı, dinamik ve statik su seviyesi, basınç, debi, titreşim, devir, su kalitesi vb. veri setlerinin okunması ile birlikte sistem üzerinde sürekli kontrol sağlanmaktadır. Bu parametrelerin herhangi birindeki bozulma / dalgalanma durumu sistem verimini etkileyeceği için oldukça önem arz etmektedir. Bunun dışında, herhangi bir sorun olmasa dahi, son kullanıcı açısından değerlendirme yapıldığında sistem verimini dinamik olarak gözlemek başka bir önemli noktadır. Sistem veriminin, kuyu potansiyeline göre belirlenmesi enerji verimliliğini optimum seviyede tutmaya olanak sağlayacaktır.

Önerilen sistemin işleyişi; kuyu içerisindeki parametrelerin sensörler tarafından okunduktan sonra, kullanıcının komutuna ve ya otomatik kontrol sistemine göre IoT Cloud tarafından verinin hem depolanması hem de komuta sinyali döndürmek için NB-IoT (Narrow Band IoT) sistemine gönderilmesini ve buradan çıkan radyo sinyalinin de Wifi modülü yoluyla mikrodenetleyici ve röle sistemi arasında etkileşiminin sağlanmasıdır. Bu etkileşim sonucunda, motopomp sistemi çalışması kontrollü şekilde gerçekleştirilmektedir. Ya da, kuyu içerisinden geri dönüşü yapılan tanımlanan parametre aralığı dışında kaldığında, sistemin durdurulması da önerilen sisteme aittir. Bu şekilde, kestirimci bakım için olanak sağlanmaktadır. Kestirimci bakım yapılması durumunda, sistemin çalışmasının aksama durumu arıza durumunda olduğuna göre çok daha az kayıba neden olmaktadır.



Şekil 1. Derinkuyu Motopomp Sistemi için Önerilen Model

Sonuç

Geniş bir uygulama alanına sahip Nesnelerin İnterneti, tarımsal uygulama için oldukça önem arz etmekte ve sulama sistemlerinin yönetiminde de önemli rol almaktadır. Bu sebeple, derin kuyu dalgıç pompa kullanımı açısından da büyük avantajlar sağlamaktadır. Öngörülemez ve çalışma esnasında oluşan ortam şartlarındaki bozunumdan dolayı, kuyu içerisindeki ürünün kötü yönde etkilenme durumu oldukça yüksektir. IoT uygulamaları ile derin kuyu içerisindeki durumu gözlemleyebilmek, motopomp sisteminin çalışma ömrü açısından avantaj sağlayacaktır. Bu uygulama, sistem içerisinde herhangi bir arıza olma durumu söz konusu olmadan, önleyici bakımın takibinin de yapılabilirliğinin yanında, kestirimci bakıma olanak sağlamakta ve bu da sistem için daha az kesintili çalışma olanağı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, dinamik su seviyesinin değişmesine bağlı olarak pompa çalışma kapasitesinin değiştirilmesi ile birlikte, ürün – kuyu verimliliği de uyum içerisinde optimum seviyede tutulmaktadır. Bir başka deyişle, ürün enerji verimliliğinin tasarım ayağında özellikle çeşitli standartlara göre yapıldığı bu dönemde operasyonel verimliliğin de önem arz ettiği görülmektedir. Operasyonel verimlilik, işletme sırasında oluşacak verim ve su seviye değişimlerini, pompanın bakım gerektirdiği durumların incelenmesi ve tayini gibi avantajlar sağlamaktadır. Bu sebeple, uygulama, ürünlerin kullanım ömrünü uzatılmasına ve işletme maliyetinin azaltılmasına sebebiyet vermektedir.



- 215

