



GELİŞMİŞ KOROZYON DİRENCİNE SAHİP BAĞLANTI KELEPÇESİNİN TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

DESIGN AND DEVELOPMENT OF CONNECTION CLAMPS WITH IMPROVED CORROSION RESISTANCE

Mustafa Açangül
Fatma Alireisoğlu
Adnan Tosunoğlu
Adem Korkmaz
Osman Çulha

ÖZET

Bu çalışma ile hidrolik ve pnömatik alanında kullanılan akışkan taşıyan ve değişken basınç altında çalışan boru bağlantılarının kelepçelenmesi için özgün tasarım ve malzemeye sahip bir ürün geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma ortamındaki korozif etkenler nedeni ile kelepçe ve bağlantı yollarının ömrü olumsuz etkilenmekte ve kullanıldığı yerlerde ek maliyetler ortaya çıkmaktadır. Bu sorunu ortadan kaldırmak için yerli üretimi olmayan korozyona karşı dirençli yeni bir bağlantı kelepçesi geliştirilmiştir.

Bu çalışma özelinde, korozyon direncini arttırmak ve farklı kelepçe tasarımları ve kelepçe mimarisi (montajı) oluşturulması amacı ile katma değer ve rekabet avantajı sağlayacak alternatif kelepçe tasarımlarının ortaya konulması sağlanmıştır. Tasarımların doğrulama ve geçerli kılma süreçleri, prototip üretim ve test işlemleriyle 4000 saate kadar korozyona karşı direnç gösterebilen bir bağlantı kelepçesinin üretilebilirliği doğrulanmıştır. Böylelikle, çalışma kapsamında ortaya konulan tasarımların maliyet, fiziksel özellikler açısından indekslenmesi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anti-korozyon, Bağlantı kelepçesi, Polimerik malzeme, Plastik enjeksiyon

ABSTRACT

With this study, it is aimed to develop a product with a unique design and material for the clamping of pipe connections that carry fluid and operate under variable pressure used in the field of hydraulics and pneumatics. Due to the corrosive factors in the working environment, the life of clamps and connection ways is adversely affected and additional costs arise where they are used. To eliminate this problem, a new non-domestic corrosion resistant fastening clamp has been developed..

In this study, alternative clamp designs have been obtained that will provide added value and competitive advantage in order to increase corrosion resistance and create different clamp designs and clamp architecture (assembly). A fastening clamp has been produced that resists corrosion for up to 4000 hours with design, design verification, prototyping and testing. Thus, the designs obtained within the scope of this study were indexed in terms of cost and physical properties.

Key Words: Anti-corrosion, Connection clamps, Polymeric material, Plastic injection

1. GİRİŞ

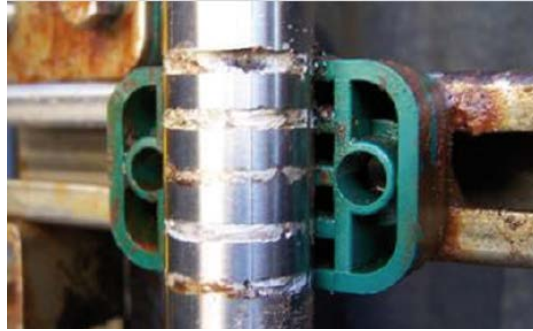
Polimerik malzemelerin plastik enjeksiyon yöntemi ile şekillendirilmesi sonucu elde edilen parçalar; bağlantı kelepçesi olarak raylı sistemler, otomotiv, savunma sanayi, elektronik, soğutma gibi sektörlerde ve farklı atmosferik şartlar (nemlilik, su buharı, basınç, vs.) altında kullanılmaktadır.

Bağlantı kelepçeleri, polimerik malzemeden plastik enjeksiyon ile üretilen plastik parça, somunlu taban metali (kaynak plakası), cıvata mimari montajından oluşmaktadır. Bağlantı kelepçelerinde, kaynak somunu kullanımına gereksinimi duyulmadan, soğuk şekillendirme ile kaynak plakalarının üretimi ve bağlantı kelepçesinin, korozyona elverişli atmosferik şartlar altında, zamana bağlı performansı incelenirken korozyon direnci büyük önem taşımaktadır. Atmosfere açık çalışma ortamlarında, deniz taşımacılığı gemi ve denizaltı uygulamalarında kullanılan kelepçelerin mevcutlardan daha yüksek korozyon direncine sahip olması ve kararlılığını koruması beklenmektedir. Kelepçenin korozyon direncini arttırmak için ise yeni kelepçe tasarımlarının ve malzeme seçimi çalışmalarının dikkatli bir şekilde yapılması gerekmektedir [1-3]. Şekil 1'de birçok farklı sektörde kullanılan bağlantı kelepçelerinin görsellerine yer verilmiştir.



Şekil 1. Plastik enjeksiyon yöntemi ile imal edilen bağlantı kelepçeleri.

Deniz taşımacılığı başta olmak üzere korozyona elverişli, asit veya bazik ortamlarda kullanılan bağlantı kelepçelerinin sıkma boşluklarında oksijen ile birlikte nemli bölgelerin varlığı, kelepçe ile boru arasındaki yüzeylerde korozyon oluşumu başlatmakta ve zaman içinde ilerleyen korozyon nedeni ile boru-kelepçe ara yüzeyi bozunmaktadır.



Şekil 2. Bağlantı kelepçesi ile boru arasında meydana gelen korozyon davranışı.

Çalışma konusu olan yüksek korozyon direncine sahip bağlantı kelepçesi ile, kelepçe ile boru arasındaki bozunma-kimyasal degregasyonun (korozyonun) önlenmesi veya geciktirilmesi amacı ile;

1. Yenilikçi kesite sahip kelepçe dizaynları gerçekleştirmek,
2. Korozyon direnci yüksek malzeme seçimi yapmak,
3. Katodik koruma gibi elektrokimyasal koruma yöntemleri uygulama esaslı çözüm önerileri bulunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, hidrolik ve pnömatik alanında kullanılan, akışkan taşıyan ve değişken basınç altında çalışan boru bağlantılarının kelepçelenmesi sırasında yüksek verim ve potansiyel sunacak, korozif etkenlere karşı 4000 saate kadar yüksek korozyon direncine, geliştirilmiş fiziksel ve mekanik özelliklere sahip bir bağlantı kelepçesi geliştirilmiştir. Söz konusu bağlantı kelepçesi özgün tasarımı ve yenilikçi yaklaşımları ile yurtiçi ve yurtdışı pazarda katma değer yaratacak ve rekabetçi niteliğe sahip bir ürün olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tasarım ve inovasyon faaliyetlerindeki aşılması gereken zorluklar ise; teknik şartnameye göre 4000 saat istenilen koruma süresine dayanıklı yeni hammadde ve tasarımın araştırılması, geliştirilmesi ve üretilmesi çalışmalarının gerçekleştirilmesi olarak belirlenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

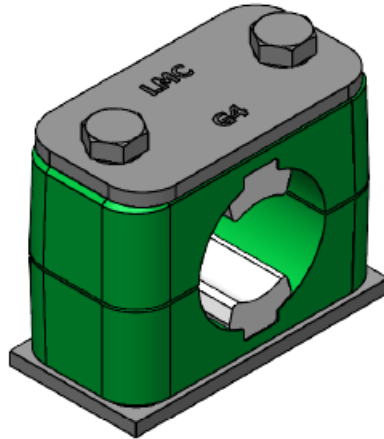
Çalışma kapsamında ise kimya, makine mühendisliği ve malzeme mühendisliği temel alanında, ürün kesiti tasarımı ve alternatif tasarımların oluşturulması, plastik enjeksiyon yöntemi ile üretim, hammadde seçimi, hammaddenin plastik enjeksiyon ile üretim sürecinin geliştirilmesi, kalıp dizaynı, malzeme akışı ve kalıp dolumu gibi tasarım kriterleri ve mühendislik hesaplamaları, gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen örnek tasarımlar ise 3 boyutlu yazıcı yardımıyla oluşturularak imalat öncesi gerekli tasarım revizyonları yapılmıştır. Tasarımların doğrulama ve geçerli kılınması amacı ile son olarak bir dizi test ve karakterizasyon çalışması gerçekleştirilerek çalışma konusu ürüne ait fiziksel ve mekanik özellikler sayısal olarak ortaya konulmuştur. Aşağıda çalışma sırasında takip edilen teknik ve teknolojik faaliyet adımları ile ilgili detaylı bilgiye yer verilmiştir.

2.1. Tasarım ve Modelleme

Tasarım ve yenilik faaliyetlerinin en önemli noktasını tasarımın doğrulandığı ve hatta geliştirildiği bilgisayar destekli tasarım ve mühendislik uygulamaları oluşturmaktadır. Bu yazılımları, tasarımın performans kriterlerine göre statik ve dinamik analizler başta olmak üzere, gerilme ve strain dağılımı, şekil değişimi, artık gerilmeler hakkında mühendislik bilgileri vermektedir. Özellikle spesifik konular üzerinde geliştirilmiş bilgisayar destekli mühendislik çözümlerinde, ürüne ait boyutsal toleranslar, kalıp tasarımları, kalıp montajları ve malzeme seçimi gibi konular detaylı olarak incelenebilmektedir. Bu projede ise CAD programı yardımı ile alternatif kesit tasarımları gerçekleştirilmesi ve bu kesitlere ait kalıp tasarımlarının oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu doğrultuda, bilgisayar destekli çizim ve tasarım programlarından yararlanılarak ürün ve ürünün gerçek üretim koşullarında imalat çalışmaları sırasında kullanılacak olan kalıplara yönelik tasarım çalışmaları yürütülmüştür. Bu kapsamda tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve katı model verilerinin oluşturulması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Alternatif tasarım kesitleri belirlenmesi, alternatif kesitlerin 3 boyutlu modellerinin oluşturulması, CAE ve CAD desteği ile ön tasarım doğrulama çalışmaları, hammadde seçimi, boyutlandırması ve üretime hazırlık şartlarının belirlenmesi, kalıp tasarımı ve geliştirmesi bu faaliyet adımının alt hedefleri arasında yer almaktadır. Söz konusu faaliyet adımı sırasında ürün ve kalıplara yönelik elde edilmiş olan katı model verileri ilgili faaliyet adımın proses çıktısını oluşturmaktadır. Şekil 3'de tasarım ve tasarım geliştirme faaliyetleri sonucunda bilgisayar destekli çizim ve tasarım programları aracılığıyla geliştirilen, çalışma konusu bağlantı kelepçesinin katı model görüntüsüne yer verilmiştir.



Şekil 3. Bağlantı kelepçesine ait katı model görüntüsü.

2.2. Simülasyon Destekli Tasarım Doğrulama

CAD yazılımlarında belirlenen kalıp boyutlarında katı model oluşturulması, hammadde malzeme özelliklerinin belirlenmesi ve gerekli olan veri dosyasının hazırlanması, tasarımı geliştirilen ürünün 3D boyutlu sonlu elemanlar çözümünün yapılması, model üretim sonuçlarından gerçek üretim için veri bankası oluşturulması bu faaliyet adımının alt hedefleri arasında yer almaktadır.

Çalışmanın bu faaliyet adımında bir önceki iş paketi sırasında ürüne yönelik ön tasarım ve kavram geliştirme faaliyetleri sırasında elde edilen katı model verileri proses girdisi olarak kullanılmıştır. Bu kapsamda, ilgili katı model verilerinden yararlanılarak sanal simüle ortamda tasarım doğrulama çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım doğrulama çalışmaları sırasında sonlu elemanlar metodlarına dayalı olarak çalışan sayısal simülasyon destekli yazılımlardan yararlanılmıştır. Sanal ortamda gerçekleştirilen üretim faaliyetleri sırasında, malzeme kompozisyonlarındaki farklılıkların ürünün fiziksel ve mekanik özelliklere ve özellikle korozyon direncine etkisinin araştırılması amacı ile 3 farklı malzeme kullanılmıştır. Böylelikle, ilgili ürünün gerçek üretim koşullarında imalat adımları öncesinde bilgisayar ortamında üretimi sağlanmış olup, zaman, iş gücü ve enerjiden büyük oranda fayda sağlanmıştır.

2.3. Prototip Numune Üretimi

2.3.1. Plastik Enjeksiyon ile Üretim Teknolojisi

Plastik enjeksiyon, sıcaklık yardımı ile eritilmiş plastik hammaddenin bir kalıp içine enjekte edilerek şekillendirilmesi ve soğutulurak kalıptan çıkarılmasını içeren bir imalat yöntemidir [4-5]. Bu yöntem ve kalıp dizaynı ile çoklu ürün üretimleri gerçekleştirmek mümkün olabilmektedir. Enjeksiyon ile üretim prosesinde, sıcaklık, basınç ve uygulama süresi gibi değerlerin ürün özellikleri ve geometrisine göre optimize edilmesi sağlanmıştır. Ürün hammaddesi ve tasarıma göre dolun ve akışkanlık özellikleri dikkate alınmıştır. Kalıp tasarımında ise; yerleştirme bileziği, yolluk burcu, üst kalıp ve dişi kalıp plakası, dişi kalıp, erkek kalıp plakası, varsa maça, destek takozu ve plakası, itici üst ve alt plaka, kalıp alt plakası ve yolluk çekici gibi faktörler dikkate alınarak özgün ürün tasarımlarına ait kalıp tasarımları gerçekleştirilmiştir. Pilot üretim faaliyetleri sırasında farklı kimyasal kompozisyonlara sahip 3 farklı malzeme kullanılmış olup, prototip üretim çalışmaları buna göre sürdürülmüştür. Şekil 4'de prototip numune üretimi sırasında kullanılan plastik enjeksiyon makinesinin görseline yer verilmiştir.



Şekil 4. Prototip numune üretimi sırasında kullanılan plastik enjeksiyon makinesi.

2.4. Test ve Karakterizasyon

Gerçek üretim koşullarında imal edilen ürün üzerinde bir dizi test ve karakterizasyon çalışmaları gerçekleştirilerek ürüne yönelik fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi bu faaliyet adımı sırasında tamamlanmıştır. İlgili proje kapsamında elde edilmiş olan ürünün müşteri istek ve beklentilerine, kalite standardı ve gerekliliklerine uygunluğu değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda sırasıyla korozyon testleri, sıkma torku ve kaymazlık testleri gerçekleştirilmiş, profil projeksiyon altında incelemeleri sağlanmıştır. Korozyon dayanımının değerlendirilmesi ve kalite standartlarına uygunluğunun belirlenmesi amacıyla 4000 saat boyunca tuz testleri gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak imal edilen bağlantı kelepçesine yönelik fiziksel özellikler değerlendirilmiştir. Tablo 1'de bu özelliklere yer verilmiştir. Bu doğrultuda, 3 farklı kompozisyona sahip polimerik malzeme kullanılarak imal edilen 3 farklı ürün üzerinde sırasıyla yoğunluk, nem miktarı ve akışkanlık indeksleri belirlenmiştir. Bu kapsamda, her bir malzemenin yoğunluğunun 0,9 g/cm³ ve nem miktarının ise %0,2'nin altında kaldığı tespit edilmiştir. Akışkanlık indekslerinin ise, her bir malzeme için sırasıyla 25, 22 ve 21 g/10 min değerinde olduğu belirlenmiştir.

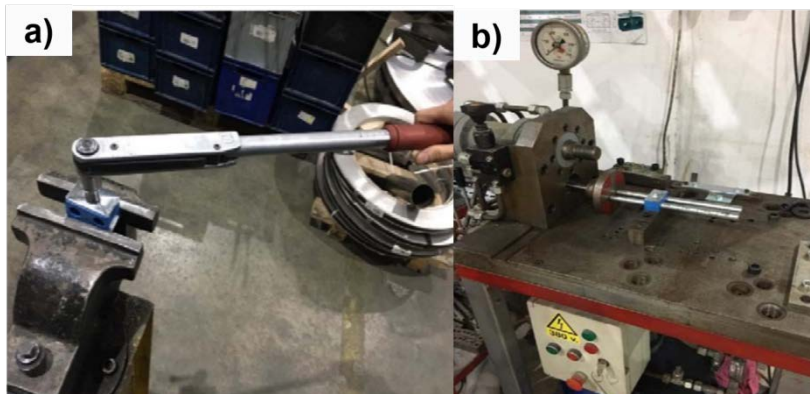
Tablo 1. Farklı malzemeler kullanılarak imal edilen 3 farklı ürüne ait fiziksel özellikler.

Fiziksel Özellikler	Birimi	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Yoğunluk	g/cm ³	0.9	0.9	0.9
Nem Miktarı	max. %	<0.2	<0.2	<0.2
Akışkanlık İndeksi (MFI)	g/10 min	25	22	21

Tablo 2'de ise farklı malzemeler kullanılarak imal edilen 3 farklı ürüne ait mekanik özelliklere yer verilmiştir. Bu doğrultuda, sırasıyla 3 farklı ürüne ait çekme dayanımı, elastisite modülü, çentik darbe dayanımı değerleri ve sıkma tork değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Ürüne ait çekme dayanımı değerleri incelendiğinde sonuçların 23-27 MPa arasında değiştiği belirlenmiş olup, mukavemet özellikleri açısından alaşım kompozisyonları arasında büyük farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Elastik modül değerleri 1 ve 3 no'lu malzeme için 1500 ve 1550 MPa seviyelerinde iken, 2 no'lu malzeme için 1345 MPa seviyelerinde bulunmuştur. Çentik darbe testi sonuçları 1 ve 2 no'lu malzeme için nispeten yakın değerlerde hesaplanmış olup, bu değerler sırasıyla 13 ve 14 kJ/m² şeklindedir. 3 no'lu hammadde için ise çentik darbe dayanımı 80 kJ/m² olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında imal edilen bağlantı kelepçesinin sıkma torkunun ve kaydırma direncinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen testlere ve bu test düzeneklerine ilişkin görsele Şekil 5. a) ve b)'de yer verilmiştir. İlgili testler DIN3015 standardına uygun olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Sıkma testi sonucunda malzemenin maksimum sıkma tork değerinin 8 N.m olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 2 kN eksenel yük altında boruyu kaydırmadığı doğrulanmıştır.

Tablo 2. Farklı malzemeler kullanılarak imal edilen 3 farklı ürüne ait mekanik özellikler.

Mekanik Özellikler	Birimi	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Çekme Dayanımı	MPa	23	22	27
Elastisite Modülü	MPa	1500	1345	1550
Izod Çentikli Darbe Dayanımı	kJ/m ²	13	14	80
Tork Testi	N.m	8	8	8



Şekil 5. Sıkma ve kaydırma testlerinin gerçekleştirilmesi.



Çalışma kapsamında 3 farklı malzeme kullanılarak imal edilen ürünler üzerinde, korozyon dayanımlarının belirlenmesi amacıyla, 4000 saate kadar tuz testleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda 2 nolu malzeme kullanılarak imal edilen numune üzerinde gerçekleştirilen tuz testi sonucunda, 1848 saat sonunda numune üzerinde korozyon oluşumunun meydana geldiği gözlemlenmiştir. 3 no'lu numune için bu değer 3792 saat olduğu ve bu süre sonunda korozyon oluşumunun başladığı belirlenmiştir. 1 no'lu numunede ise korozyon dayanımının 8000 saate kadar korunduğu, bu süre sonunda korozyon oluşumunun meydana gelmediği kanıtlanmıştır. Böylelikle, DIN3015 standartları kapsamında 1 no'lu numunenin istenilen özelliklerin elde edilmesi konusunda elverişli olduğu ve yüksek potansiyel sunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Tuz testi analizi sonuçları.

Kimyasal Özellikler	Birimi	Numune 1	Numune 2	Numune 3
Tuz Testi Analizi	saat	8000	1848	3792

SONUÇ

Çalışma kapsamında, özellikle, atmosfere açık çalışma ortamlarında, deniz taşımacılığı gemi ve denizaltı uygulamalarında yüksek verim ve potansiyel sunacak, gelişmiş fiziksel ve mekanik özelliklere sahip, 4000 saat ve daha yüksek sürelerde korozyon dayanımı sergileyen bir bağlantı kelepçesinin imal edilmesi sağlanmıştır. Aşağıda detaylı sonuçlara yer verilmiştir.

- Korozyon performans limitinin minimum 4000 saate uygun olacak şekilde artırılması,
- Boyutsal toleranslarının DIN 3015 standardında yer alan ölçüsel tolerans aralığının içinde olması,
- Sıkma torkunun ile 8 N.m olması ve 2 kN Eksenel yük altında boruyu kaydırmaması,
- Yatay olarak etki eden ortalama deney kuvvetinin 1,2 - 0,8 (kN) arasında olması,
- Gövdelerin cıvata ile bağlanmasında uygulanacak sıkma kuvvetlerinin 8-10 (Nm) olması,
- Kelepçe gövdesi içine konulacak elastomer insert için sertlik aralığının 80 - 90 Shore, 70-80 Shore aralığında olması,
- Firma tasarım ve teknolojik kabiliyetlerinin artırılması ve geliştirilmesi,
- Yurt dışı müşteri teknik şartnamelerine uygun kelepçe tasarımı yapabilmesi,
- Enerji, Marin ve benzeri sektörlerdeki pazar payının geliştirilen platform ürün sayesinde %15 oranında artırılması,
- Siparişe dayalı Ar-Ge ve Yenilik faaliyetleri gerçekleştirerek yeni kelepçe tasarımları ve malzemeler geliştirilmesi,
- Müşteri sisteminin iyileştirilerek performansının artırılması ve müşteri bakım maliyetinin %50 oranında azaltılması,

Söz konusu çalışmanın kazanımları arasında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] ŞEN, M., ALTAN, M.E. "Plastik Enjeksiyon Kalıplama Yöntemi ile Sac Metallerin Şekillendirilebilirliğinin İncelenmesi", 39-47 2017.
- [2] MEB, Millî Eğitim Bakanlığı. "Plastik Teknolojisi Makine Enjeksiyon Kalıpcılığı", Ankara, 2013.
- [3] AÇANGÜL, M., DOĞAN, F., YAĞCI, T., KORKMAZ, A. "Yeni Nesil Tırtır Desenli Hidrolik Boru Kelepçesi Tasarımı ve Geliştirilmesi", Manisa, Turkey, 47-52, 2021.
- [4] NAS, E., "Plastik Enjeksiyon Kalıpcılığı", Seçkin Yayıncılık, 2016.
- [5] AÇANGÜL, M., DOĞAN, F., YAĞCI, T., KORKMAZ, A. "Raylı Sistemlerde Kullanılmak Üzere Yanmaz Özellikli Bağlantı Kelepçesinin Tasarımı ve Üretimi", Akdeniz Zirvesi 4. Uluslararası Uygulamalı Bilimler Kongresi, 17-23, 2021.



ÖZGEÇMİŞ

Mustafa Açıngül

2007 yılında Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2021 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimine başlamış ve bu eğitime halen devam etmektedir. 2003 yılında LMC Makina firmasında Mühendislik ve Proje Müdürü olarak işe başlamış olup, yaklaşık 9 yıldır bu firmada kariyerine devam etmektedir.

Fatma Aireisoğlu

2011 yılında Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. LMC Makina firmasında Kalite Yönetim Sistemleri Sorumlusu olarak işe başlamış olup, halen bu firmada kariyerine devam etmektedir.

Adnan Tosunoğlu

2018 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2020 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamış ve bu eğitime halen devam etmektedir. 2021 yılında LMC Makina firmasında Kalite Mühendisi olarak işe başlamış olup, firmada kariyerine devam etmektedir.

Adem Korkmaz

2020 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünden bölüm birincisi olarak mezun olmuştur. 2021 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünü tamamlamıştır. 2020 yılında Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamış ve bu programı 2020 yılında tamamlamıştır. 2020 yılından beri Twin Arge Mühendislik şirketinde Ar-Ge Mühendisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

Osman Çulha

2004 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünden mezun olmuştur. 2004 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamış ve bu programı 2007 yılında tamamlamıştır. 2011 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Doktora eğitimini tamamlamıştır. 2005 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak başladığı akademik çalışma hayatını, 2020 yılında Profesör unvanını kazanarak devam etmektedir..