

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322477301>

# OTOMOTİV SÜSPANSİYON SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KÜRESEL MAFSALLARIN DİNAMİK YÜK ALTINDA YORULMAYA ISIL İŞLEM TEKNİKLERİNİN ETKİSİ

Conference Paper · January 2018

CITATIONS

0

READS

246

4 authors, including:



Mehmet Ali Güvenç

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY

11 PUBLICATIONS 8 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Internet of Things [View project](#)



Talaşlı İmalatta Titreşim Analizi [View project](#)

# OTOMOTİV SÜSPANSİYON SİSTEMLERİNDE KULLANILAN KÜRESEL MAFSALLARIN DİNAMİK YÜK ALTINDA YORULMAYA ISIL İŞLEM TEKNİKLERİNİN ETKİSİ

Mehmet Ali GÜVENÇ<sup>1,a</sup>, Emin Gürcan GÜREL<sup>1,b</sup>, Seracettin AKDI<sup>1,c</sup>, Yücel BİROL<sup>2,d</sup>

<sup>1</sup>Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Konya

<sup>2</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İzmir

<sup>a</sup>[guvenc.mehmetali@aydtr.com](mailto:guvenc.mehmetali@aydtr.com); <sup>b</sup>[gurel.emin@aydtr.com](mailto:gurel.emin@aydtr.com); <sup>c</sup>[akdi.seracettin@aydtr.com](mailto:akdi.seracettin@aydtr.com);

<sup>d</sup>[yucel.biol@deu.edu.tr](mailto:yucel.biol@deu.edu.tr)

## ÖZET

Otomotiv süspansiyon sistemlerinde kullanılan stabilizer (Z rot) rotlar diğer süspansiyon parçaları gibi güvenlik parçasıdır. Bu nedenle stabilizer rotun bileşenleri olan mafsalların ve gövdenin dayanımı kritik olarak tasarlanmalıdır. Bu çalışmada dinamik test cihazı kullanılarak küresel saplama elemanlarına (küresel bağlantı) yapılan ısıl işlem uygulamalarının dinamik yüklemeye altında kırılma direncine etkisi araştırılmıştır. SAE 5140 kalite çelik malzemeden önce soğuk dövme ve devamında talaş kaldırma işlemleri ile üretilen küresel bağlantı elemanlarının dinamik yük altında kırılma direncini artırmak için ısıl işlem denemeleri aşağıdaki şartlarda gerçekleştirilmiştir:

- Soğuk dövme sonrası östenitleme ısıl işlemi,
- Sonrasında menevişleme işlemi

yapılmıştır.

Küresel saplamaların hepsi aynı geometriye sahip olup, aynı gövdeye aynı yataklama elemanı ile monte edilmiştir. Dinamik test cihazında(MTS-100Hz); parça ile birlikte küresel saplamalar, aynı frekans ve iki farklı yükte kırılana kadar yorulma testine devam edilmiştir. Dinamik testler yapılmadan önce parçanın test cihazına bağlandığı şekli ile sonlu elemanlar programında (ALTAIR) analizi yapılarak gerilmelerin kritik olduğu bölgeler ortaya konulmuştur. Deneysel çıktılar sonlu elemanlar programında doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Isıl işlem, küresel bağlantı, östenitleme, sonlu eleman, yorulma direnci.

## ABSTRACT

Stabilizer rods that are used automotive suspension systems are safety parts like another suspension parts. Therefore, ball joints and housings that are components of stabilizer rods' strengths are designed as critical. In this study, effect of heat treatment on ball studs and effect of heat treatment condition on ball stud's fatigue life under dynamic load are investigated. The ball studs are produced cold forging and machining with SAE 5140 steel material. For increase the ball studs fatigue resistance under the dynamic loadings, these heat treatments applied:

- Austenitizing after cold forging,
- Tempering after austenitizing.

All ball studs are having the same geometry and they assembled same housing with same race. Stabilizer rod's ball studs fatigue tests were continued at same frequency and two different loadings until they have broken with the dynamic test machine (MTS-100Hz). Critical stress areas were identified in real conditions with finite elements program (ALTAIR) before dynamic tests were started. Experimental outputs verified with finite elements program.

**Key Words:** Heat treatment, ball joint, finite element, austenitizing, fatigue resistance.

## 1. GİRİŞ

Stabilizer rotlar karayolu araçları süspansiyon sistemleri bileşenlerinden bir tanesidir. Karayolu araçlarının kendi ağırlığından meydana gelen kütleli ataletler; aracın sağa veya sola dönmesi esnasında belli bir miktar ivmelenme ile merkezkaç kuvvetine dönüşür. Stabilizer rotlar denge çubuğu ile birlikte dönüş esnasında, virajın iç tarafında kalan tekerleği yere bastırarak bu kuvvetin etkisini indirger ve aracın yan tarafa yatmasını engelleyerek emniyetli bir dönüş sağlar. İki ucunda değişik mafsallı tipleri bulunan stabilizer rotlar, denge çubuğu ile tekerlek taşıyıcısı (veya kontrol kolu) arasına bağlanır[1].

Stabilizer rotlarda en sık kullanılan mafsallı tipi olan küresel mafsallar, çubuk eksenine dik yönde gelen kuvvetleri gövde ile beraber taşır. Araç güvenliği için önemli olan bu parça için bu yükleme şartlarında küresel saplamanın yorulma direncinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır.

Akma veya çekme gerilmesi altında, tekrarlı yüklemelere maruz kalan malzemelerin çatlak ilerlemesine bağlı olarak hasara uğramasına yorulma kırılması denmektedir. Yorulma kırılmasının nedenleri ise uygulanan gerilmenin şekli, parçanın geometrisi, yüzey kalitesi, ortamın korozif etkisi, kuvvet iletiminin türü, ön gerilme, malzeme hatası ve mikro yapının düzensiz olması olarak gösterilir[2]. Stabilizer rotlarda bulunan küresel saplamaların yorulma ömürlerinin uzun olması için bu etkenlerin uygun olması gerekmektedir.

Küresel saplamalarda uygulanan ısıl işlem teknikleri, parçanın mikro yapısını ve yüzey sertliğini değiştirerek parçanın kırılma direncini etkilemektedir. Menevişleme işleminde, menevişleme sıcaklığının artmasıyla yorulma direnci artmaktadır. Bunun sebebi olarak ise menevişleme işlemi ile artık gerilmelerin giderilmesi ve malzemenin tokluk kazanması gösterilmektedir[3]. Ancak menevişleme sıcaklığı belli bir sıcaklığın üstüne çıktığında tane yapısında bozulmalar meydana gelmekte ve yorulma dayanımı düşmeye başlamaktadır[4].

Yapılan bu çalışmada soğuk dövme sonrası talaş kaldırma işlemleriyle elde edilen küresel saplamalarda, östenitleme ve sonrasında menevişleme işlemlerinin yorulma direncine olan etkileri araştırılmıştır.

## 2. MATERIAL AND METHOD

Çalışmada kullanılan küresel saplamaların malzemesi olan SAE 5140 ıslah çelikleri, otomotiv sektöründe sertleştirmeye uygun olmaları ve ıslah işlemi ile yüksek tokluk özellikleri sağlamalarından dolayı tercih edilmektedir. Çizelge 1'de testlerde kullanılan malzemenin kimyasal bileşimi verilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmalarda kullanılan çelik malzemenin kimyasal bileşimi (Ağırlıkça %)

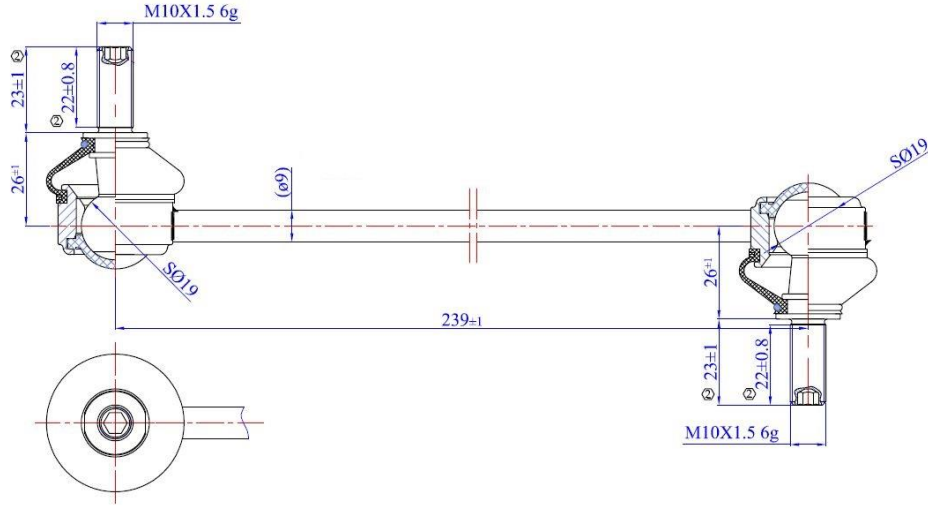
C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	W
0.40	0.74	0.08	0.007	0.009	1.11	0.06	0.006	0.003	0.005
Cu	Ti	B	Sn	Pb	Co	Ce	Ca	Fe	
0.097	0.001	0.0006	0.006	0.002	0.01	0.001	0.001	Kalan	

Yapılan ısıl işlemlerde soğuk dövme ile elde edilmiş çelik malzeme 800°C'de 60 dakika östenitlenmiş ve suda soğutularak (90°C) sertleştirilmiştir. Devamında 450°C'de 45 dakika menevişlenerek gerilim giderilmesi

yapılmıştır. Isıl işlemi yapılan numunelere (küresel saplamalar) talaşlı işleme yapılarak, stabilizer rot montajı için hazır hale getirilmiştir.

Isıl işlem uygulanmış numuneler standart metalografik yöntemlerle (zımparalama+polisaj) mikro yapı incelemeleri için hazır hale getirilmiştir. Isıl işlem uygulanmış numunelerin yüzeyinde oluşabilecek dekarbürize bölgeden en az 0,5 mm'lik kalınlıktaki bir kısmı taşlama ile uzaklaştırılarak metalografik inceleme sonuçlarının etkilenmemesi sağlanmıştır.

Yorulma çalışmalarında Şekil 1' de gösterilen stabilizer rot kullanılmıştır. Isıl işlem yapılan stabilizer rot küresel saplamaları standart gövdelere monte edilerek yorulma testleri yapılmıştır.



Şekil 1. Stabilizer rot

Numunelerin yorulma testleri dinamik basma-çekme olarak çalışan MTS(100 Hz) test cihazında yapılmıştır. Çalışmalarda kullanılan test cihazı Şekil 2' de verilmiştir.



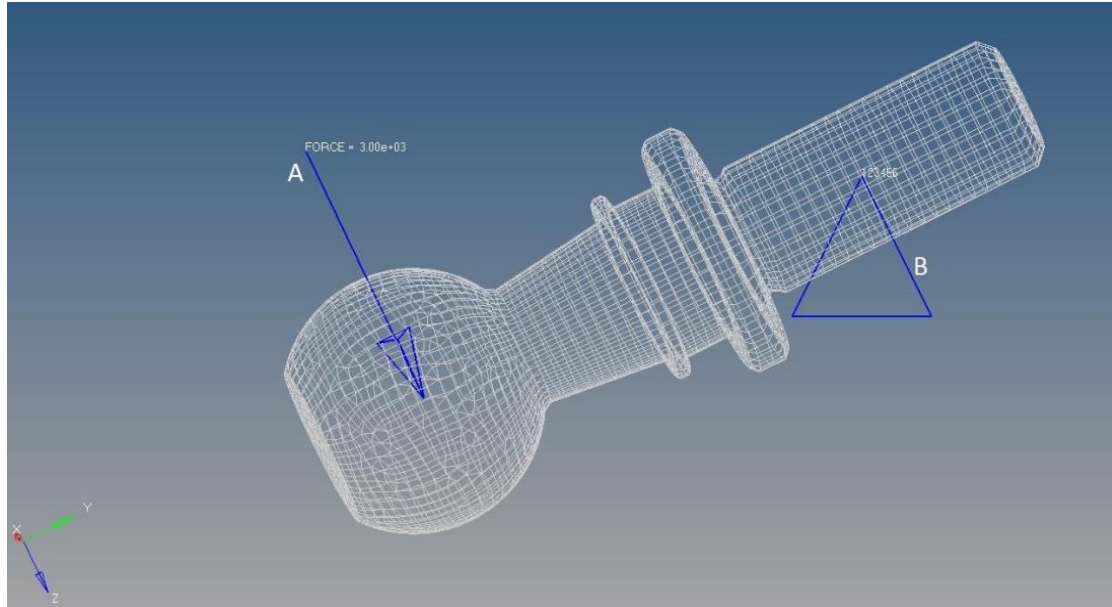
Şekil 2. MTS dinamik test cihazı

Yorulma testleri iki farklı yük altında(3kN ve 4kN) ve 20 Hz frekansta gerçekleştirilmiştir. Yorulma testinde kullanılan numunelerin kodları ve numuneye yapılan işlemler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Numune kodları ve açıklamaları

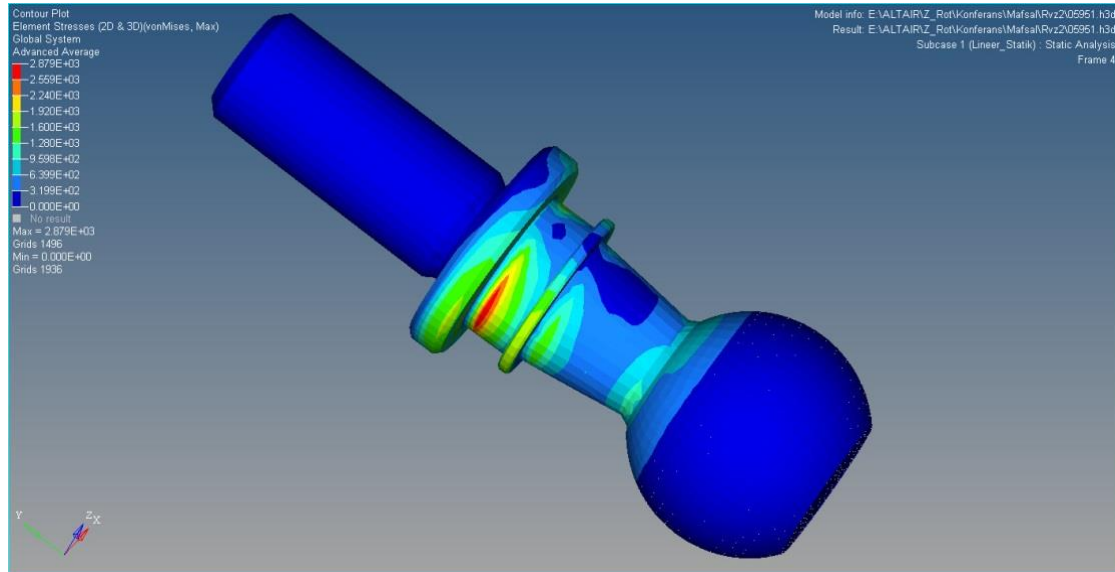
Numune Kodu	Numune Açıklaması
NM3	Normal şartlarda üretilmiş mafsalsal -3kN
NM4	Normal şartlarda üretilmiş mafsalsal -4kN
ÖM3	Östenitleme ve devamında menevişleme yapılan mafsalsal-3kN
ÖM4	Östenitleme ve devamında menevişleme yapılan mafsalsal-4kN

Yorulma testleri yapılacak olan küresel saplamanın ALTAIR sonlu elemanlar programında gerçek şartları sağlayacak şekilde mekanik analizleri yapılmıştır. Sınır şartları Şekil 3' de verilmiştir.



Şekil 3. Analiz sınır şartları(A: Kuvvet, B: Mesnet)

Kırılma bölgelerinin karşılaştırılması için yapılan analiz çalışmalarının sonuçları Şekil 4' te verilmiştir.



Şekil 4. Küresel saplama mekanik analiz sonucu

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

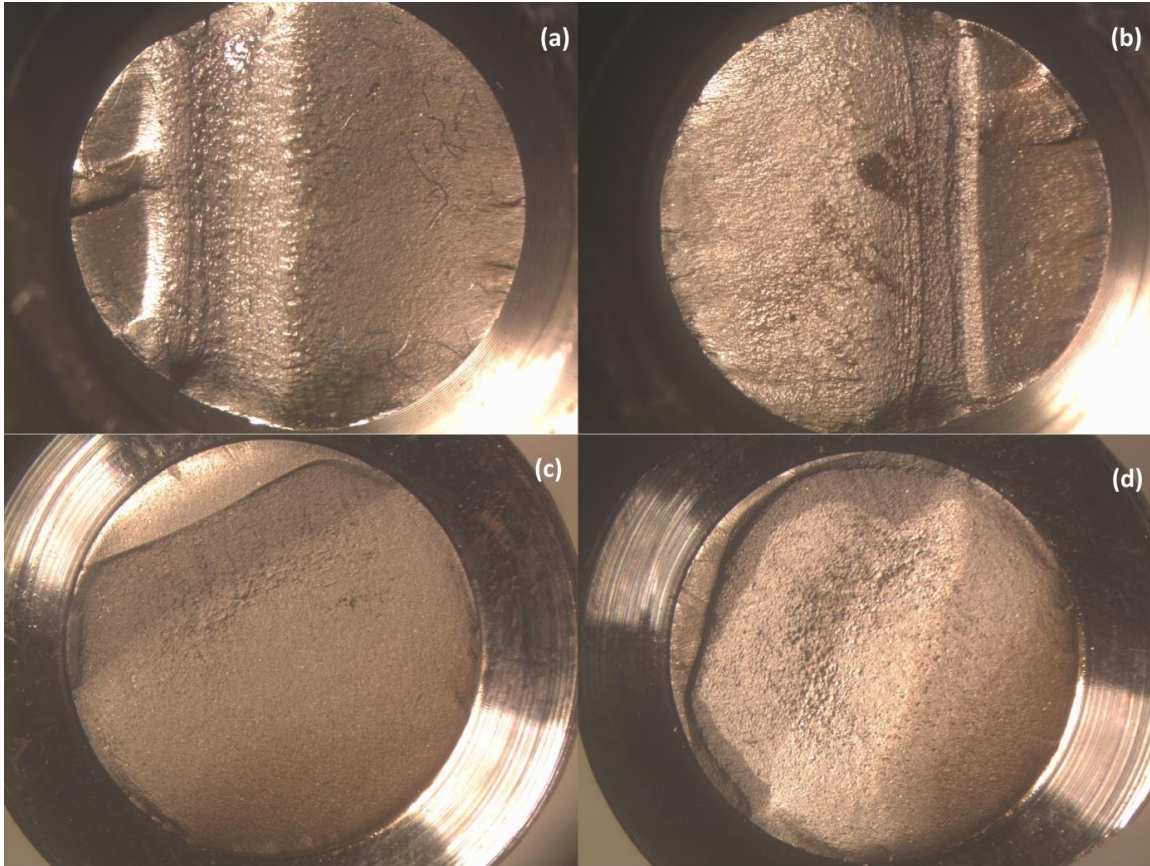
#### 3.1. Isıl işlem çalışmalarının sertlik üzerine etkisi

Çizelge 3' de ısıl işlemle yüzeyi sertleştirilmiş numunelere ait mikro sertlik değerleri gösterilmektedir. Sertlik ölçümleri yüzeyden merkeze doğru yapılmış ve çıkan sonuçların ortalaması alınmıştır.

Çizelge 3. Küresel saplama sertlik değerleri

Numune Kodu	Sertlik HRC (187.5 kg)
NM3-NM4	30
ÖM3-ÖM4	40

#### 3.2. Kırılma yüzeylerinin makro yapıları



Şekil 5. Yapılan testler sonrası elde edilen kırılma yüzeyleri a)NM3 b)NM4 c)ÖM3 d)ÖM4

#### 3.3. Uygulanan Isıl İşlem Yönteminin Yorulma Dayanımı Üzerine Etkisi

Östenitleme ve menevişleme işleminin, SAE 5140 ıslah çeliklerinden imal edilen stabilizer rot küresel saplamalarının yorulma dayanımı üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Çizelge 4. Normal şartlarda üretilen mafsalsal testleri sonuçları

Yükleme Şartları	Test No	Kırılma Çevrimi
3000N 20Hz	1	150052
3000N 20Hz	2	149445
3000N 20Hz	3	178702
3000N 20Hz	4	166485
3000N 20Hz	5	199958
4000N 20Hz	6	36367
4000N 20Hz	7	34286
4000N 20Hz	8	32871
4000N 20Hz	9	35286
4000N 20Hz	10	34785

Çizelge 5. Östenitleme ve menevişleme ile üretilen mafsalsal testleri sonuçları

Yükleme Şartları	Test No	Kırılma
3000N 20Hz	1	286947
3000N 20Hz	2	313125
3000N 20Hz	3	374493
3000N 20Hz	4	324120
3000N 20Hz	5	338600
4000N 20Hz	6	65997
4000N 20Hz	7	47434
4000N 20Hz	8	52458
4000N 20Hz	9	62125
4000N 20Hz	10	56128

1. Östenitleme+menevişleme ısıtıl işlemi yapılan küresel saplamalara sahip stabilizer rotlara 3kN dinamik yük altında yapılan testlerde, yorulma direncinin 170k çevrimden dan 327k çevrime arttığı görülmüştür,
2. Östenitleme+menevişleme ısıtıl işlemi yapılan küresel saplamalara sahip stabilizer rotlara 4kN dinamik yük altında yapılan testlerde, yorulma direncinin 34k çevrimden 56k çevrime arttığı görülmüştür,
3. Yapılan ısıtıl işlemlerin küresel saplamaların yorulma dayanımını önemli ölçüde arttırdığı görülmüştür.
4. Deneyle sonuçunda kırılma bölgelerinin, analizlerdeki kritik gerilme bölgelerine yakın olduğu görülmüştür.

#### 4. TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı destekleyen Aydınlar Yedek Parça San. ve Tic. A.Ş.' ye teşekkür ederiz. Ayrıca her türlü çalışmada yardımlarını esirgemeyen Ahmet ÇAKAL' a ve laboratuvar çalışmalarında destekçimiz olan Emre GÖKÇİL, Umut YAKIŞAN ve Şükrü İNAN' a teşekkürü bir borç biliriz.

## 5. KAYNAKÇA

- 1- Heissing B., Ersoy M. Chassis Handbook, 1st Edition, 2011, Germany.
- 2- Tauscher H., Çelik ve dökme demirlerin yorulma dayanımı,
- 3- Üngör Y.M., “Çift fazlı bir çelikte martenzit hacim oranının ve menevişleme ısıl işleminin yorulma ömrü üzerine etkisi”, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, 2010, Ankara.
- 4- Lee C.S ve diğ., “Microstructural influence on fatigue properties of a high-strength spring steel”, Materials Science and Engineering A241 (1998) 30-37.
- 5- Mustafa B. Ve diğ., “Analysis of Tempering Treatment on Material Properties of DIN 41Cr4 and DIN 42CrMo4 Steels”, ASM International, JMEPEG (2007) 16:597–600.
- 6- Chuang J.H. ve diğ., “Crack growth behaviour of heat-treated 4140 steel in air and gaseous hydrogen”, Int. J. Fatigue Vol. 20, No. 7, pp. 531–536, 1998.
- 7- Lin X. ve diğ., “Research on the flow stress characteristics of AISI 1006 and AISI 5140 in the temperature range of warm forging by means of thermo-mechanical experiments”, Journal of Materials Processing Technology 122 (2002) 38–44

## BIOGRAPHIES

**Mehmet Ali GÜVENÇ** – 1990 yılında Konya’ da doğdu. Çumra Anadolu Lisesinden 2008 yılından mezun oldu ve lisans eğitimi için Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne başladı. 2012 yılında lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Selçuk Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışmalarına devam etmektedir.

**Emin Gürcan GÜREL**– 1989 yılında Konya’ da doğdu. Selçuklu Anadolu Lisesinden 2007 yılından mezun oldu ve 2008 yılında lisans eğitimi için Selçuk Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümüne başladı. 2012 yılında lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Selçuk Üniversitesi makine mühendisliği bölümünde yüksek lisans çalışmasına devam etmektedir.

**Seracettin AKDI**– 1987 yılında Konya’ da doğdu. Cihanbeyli Anadolu Lisesinden 2005 yılında mezun oldu ve aynı yıl Afyon Kocatepe Üniversitesi Metalurji Malzeme Mühendisliği bölümüne başladı. 2011 yılında lisans eğitimini tamamladı ve Selçuk Üniversitesi Malzeme Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Selçuk Üniversitesinde yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

**Yücel BİROL**– 1977 yılında İstanbul Robert Kolejinden mezun oldu. Lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde tamamladıktan sonra lisansüstü çalışmaları için Amerika Birleşik Devletlerindeki Case Western Reserve Üniversitesine gitmiştir. 1984 yılında yüksek lisans, 1988 yılında da doktora çalışmalarını tamamlamıştır. 1993 yılında İstanbul Teknik Üniversitesinde Doçent unvanını almıştır.

1988 ve 1992 yılları arasında NASAŞ Alüminyum’da Ar-ge müdürlüğü yapmıştır. 1992 yılından itibaren çalışmalarına TÜBİTAK-MAM’da sürdürmüştür. Haziran 2014’de TÜBİTAK-MAM’daki görevinden ayrılarak Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği bölümünde Profesör olarak çalışmaya başlamıştır.