



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Farklı Alüminyum Alaşımlarının Mıg Kaynak Yöntemi İle Kaynak Edilebilirliğinin İncelenmesi

Ali YÜRÜK ^{a,*}, Nizamettin KAHRAMAN^b

^a *Borsa İstanbul Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Düzce, TÜRKİYE*

^b *Teknoloji Fakültesi, Karabük Üniversitesi, Karabük, TÜRKİYE*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: aliyuruk@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada farklı alüminyum alaşımlarının kaynak bölgesinin mekanik ve mikroyapı özelliklerine, MIG kaynak parametrelerinin etkileri incelenmiştir. Çalışmada AA1050 Al alaşımı ile AA5754 AlMg alaşımı kullanılmıştır. Kaynak uygulaması farklı kaynak akımı ve tel hızlarında gerçekleştirilmiş ve daha sonra kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme deneyi ve sertlik ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca mikroyapıda meydana gelen değişiklikleri belirlemek için de mikroyapı çalışmaları yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: 1050 Alüminyum alaşımı, 5754 alüminyum alaşımı, MIG kaynak yöntemi.

Investigations Of Weldability With Mig Welding Of Different Aluminium Alloys

ABSTRACT

In this study, the effect of welding parameters on mechanical and microstructural properties of dissimilar aluminum alloys was investigated in gas metal arc welding (GMAW). AA1050 Al and 5754 AlMg alloys were used as base metals. Welding processes were carried out at various weld currents and wire speeds and then tensile and hardness tests were performed on the welded joints. In addition, microstructural examinations were also done.

Key Words: 1050 Al alloy, 5754 AlMg alloy, Gas metal arc welding (GMAW)

I. GİRİŞ

ALÜMİNYUM ve alaşımları; ısı ve elektriği iyi iletmeleri, hafif olmaları, artırılmış dayanım özellikleri ve iyi korozyon dirençleri nedeniyle günümüz endüstrisinde özellikle de araçlarda ağırlığı düşürmek için kullanılmaktadır [1,2]. Bu nedenlerle farklı alüminyum alaşımlarının kaynak ile birleştirilmesi zorunluluğu doğmuştur. Alüminyumun yoğunluğu $2,7 \text{ gr/cm}^3$ tür ve bu yoğunlukla neredeyse demirin ve bakırın yoğunun 1/3 kadar olmasına rağmen kesiti artırılarak çeliğe eşdeğer mukavemet yakalanabilir. Ayrıca hafif olması kontrüksiyonlarda tercih edilmesinin bir diğer sebebidir [3]. Yüksek mukavemetli alüminyum alaşımlarının kaynak işleminde kolay uygulanabilmesi ve ekonomik olması nedeniyle gaz metal ark ve gaz tungsten ark kaynakları tercih edilmektedir [4].

Günümüzde üretimde kullanılan birçok kaynak yöntemi vardır. Özellikle demir dışı metallerin ve alaşımlı çeliklerin kaynakla birleştirilmesinde yaşanan sorunlar, değişik kaynak yöntemlerinin geliştirilmesine sebep olmuştur. MIG/MAG kaynak yöntemi de bu amaçla geliştirilmiş kaynak yöntemlerinden biridir. Ayrıca MIG/MAG kaynak yöntemi ile çok ince sac levhalar dahil olmamakla beraber her kalınlıkta demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağı mümkündür [5]. MIG/MAG kaynak yöntemi diğer kaynak yöntemlerine nazaran daha iyi nüfuziyete, yüksek verimliliğe ve daha az sıçrama özelliklerine sahiptir. Bu nedenle MIG/MAG kaynak yöntemi diğer kaynak yöntemlerine göre endüstride yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. MIG kaynağı; dolgu metalinin kaynak havuzuna otomatik olarak eklendiği ve asal bir gaz tarafından kaynak bölgesinin korunduğu bir kaynak yöntemidir [6].

Alüminyum ve alaşımlarının kaynaklı birleştirilmeleri ile ilgili birçok araştırmacı çalışma yapmıştır. A. Karadağ ve arkadaşları TIG kaynak yöntemi ile alüminyum alaşımlarını birleştirmişler ve kaynak parametrelerinin mekanik özelliklere etkisini araştırmışlardır [1]. Anhua Liu ve arkadaşları gaz metal ark kaynağı ile AA5754 alüminyum alaşımını birleştirmişler ve kaynak işleminin özelliklere etkisini araştırmışlardır [2]. U. Özaraç ve arkadaşları MIG kaynak yöntemi ile AA5754 alüminyum alaşımlarını birleştirmişler ve kaynak parametrelerinin mekanik özelliklere ve kaynak dikiş geometrisine etkisini incelemişlerdir [3]. H. Guo ve arkadaşları, alüminyum ve alaşımlarının gaz metal ark kaynağında krater oluşumunu araştırmışlardır [7]. H. J. Aval, farklı alüminyum alaşımlarını sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirmiş, mikroyapı ve artık gerilmelerin dağılımını incelemiştir [8]. Y. Liu ve arkadaşları TIG ve MIG kaynak yöntemleri AA5083 alüminyum alaşımlarını birleştirmişler ve kaynak metalinin mekanik ve mikroyapı özelliklerini incelemişlerdir [9]. Bu çalışmada kullanılan AA1050 Al alaşımı ile AA5754 AlMg alaşımı malzemeler endüstride en çok kullanılan kontrüksiyon malzemeleridir. Bu iki malzemenin de en yoğun kullanıldığı alanlar basınçlı kap ve kazan imalatıdır. Basınçlı kap ve kazanlar ile bu kontrüksiyonların üzerindeki ek parçaların kaynağında kullanılan ilave kaynak malzemelerinin, kaynak edildikleri malzemeler ile uyumlu olmaları büyük önem arz etmektedir. Bu veriler ışığında, AA1050 ve AA5754 farklı alüminyum alaşımı malzemelerin MIG kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde kullanılan ilave malzeme ve kaynak akım değerlerinin etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda birleştirmelerin mekanik özellikleri ile mikroyapıları incelenmiştir.

II. MALZEME ve YÖNTEM

Deneyisel çalışmada kullanılan AA1050 ve AA5754 alüminyum alaşımı malzemelerin kimyasal bileşimleri Çizelge 1’de, mekanik özellikleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneyde Kullanılan Malzemelerin Kimyasal Bileşimleri

EN AW	DIN	ETİBANK	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Kalan
1050-AL	Al 99,5	ETİAL-5	0,25	0,40	0,05	0,05	0,05	-	0,07	0,05	Al
5754 AlMg	AlMg3	ETİAL-53	0,40	0,4	0,10	0,5	2,6-3,6	0,3	0,20	0,15	Al

Çizelge 2. Deneyde Kullanılan Malzemelerin Mekanik Özellikleri (Katalog Değerleri)

Alaşım Türü	Temper	Akma mukavemeti (MPa) min-max	Çekme Mukavemeti (Mpa) min-max	Uzama (%50) min-max	Sertlik (Brinel) min-max
1050 AL	0/H111	20 -35	65 - 80	38	20 - 21
5754 AlMg	0/H111	80 -100	190 -215	24	50 -55

Kaynak işleminde kaynak teli olarak çapı 1,2 mm olan AWS A510: ER5356 ilave doğu metali kullanılmış olup kimyasal bileşimi Çizelge 3’de mekanik özellikleri ise Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 3. Deneyde Kullanılan Dolgu Metalinin Kimyasal Bileşimi (Katalog Değerleri)

Mg	Mn	Cr	Ti	Al
4.50 - 5.50	0.05 - 0.20	0.05 - 0.20	0.06 - 0.15	Kalan

Çizelge 4. İlave Dolgu Metalinin Mekanik Özellikleri (Katalog Değerleri)

Test Şekli	% 0.2 Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama A5 (%)
Kaynak Sonrası	> 110	> 235	> 17

Kaynak işleminde Fronius TransSynergic 4000 Comfort tipi sinerjik gazaltı kaynak makinası kullanılmıştır. Çizelge 5’te kaynak işlemlerinde kullanılan gazaltı kaynak makinesinin bazı teknik özellikleri verilmiştir. Koruyucu gaz olarak argon gazı kullanılmıştır.

Çizelge 5. Gazaltı Kaynak Makinesinin Özellikleri.

Giriş Voltajı: 50/60 Hz	3x400 V
Cos phi	0,99
Akım Ayar Aralığı	10-500 A
Akım Ayar Aralığı	500 A.
Kaynak Akımı (x=50% - 40°C / 10dk.)	365 A.
Kaynak Akımı (x=60% - 40°C / 10dk.)	320 A.
Kaynak Akımı (x=100% - 40°C / 10dk.)	70 V.
Açık Devre Voltajı	14,2-34 V.
Çalışma Voltajı	IP 23
Koruma Sınıfı	62,5x29x47,5 cm.
Ölçüler (ExBxY)	35,2 Kg

Deney numuneleri 250x120x2 mm ölçülerinde kesilerek hazırlanmış, aralarında 1 mm boşluk kalacak şekilde puntalanmış ve Çizelge 6'daki kaynak parametreleri kullanılarak birleştirilmişlerdir. Kaynak işleminden sonra deney numuneleri hava ortamında kendi halinde soğumaya bırakılmıştır.

Çizelge 6. Kaynak Esnasında Kullanılan Kaynak Parametreleri

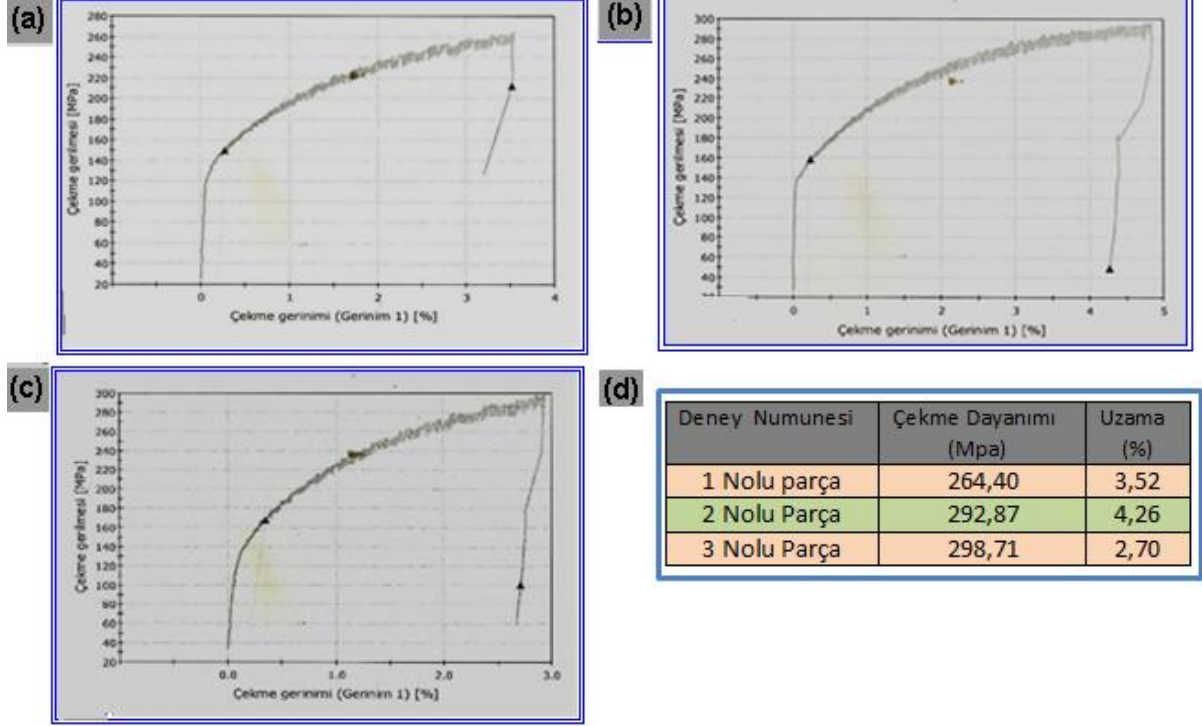
Kaynak parçaları	Kaynak akımı (A)	Tel hızı (mm/sn)	Kaynak Hızı (mm/sn)	Kaynak gerilimi (V)	Gaz Debisi (atm)
1. Nolu parça	100	2	4.8	30	12
2. Nolu parça	126	2.5	4.8	30	12
3. Nolu parça	135	3	4.8	30	12

Kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme deneyi, sertlik deneyleri gerçekleştirilmiş ve ayrıca mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Çekme deneyi TS EN ISO 4136:2012'ye göre hazırlanan numunelerde, 100kN kapasiteli INSTON model çekme test cihazında 1 mm/dk hızında gerçekleştirilerek birleştirmenin çekme- uzama diyagramları elde edilmiştir. Sertlik ölçümleri 62,5Kgf'lik yük altında, 2,5 mm bilye uçlu brinell sertlik ölçme cihazında gerçekleştirilmiştir. Mikroyapı incelemeleri için hazırlanan numuneler parlatma işleminden sonra 12 kısım HCl (konsantre), 6 hacim HNO₃, 1 hacim HF (%48), 1 hacim su ile 6 saniye süre ile dağlama işlemine tabi tutulmuşlardır. Dağlama işleminden sonra numuneler bilgisayara görüntü aktarabilen NIKON Epiphot 200 model optik mikroskop ile incelenmiştir.

III. BULGULAR ve TARTIŞMA

A. ÇEKME DENEYİ SONUÇLARI

Kaynak akımının ve tel hızının birleştirmenin mekanik özelliklere etkilerini belirlemek için çekme deneyi yapılmıştır. Yapılan çekme deneyi sonucunda elde edilen veriler kaynak parametrelerinin çekme dayanımını ve % uzama değerini değiştirdiğini göstermiştir. Şekil 1’de çekme deneyi sonunca elde edilen grafik ve değerleri verilmiştir.



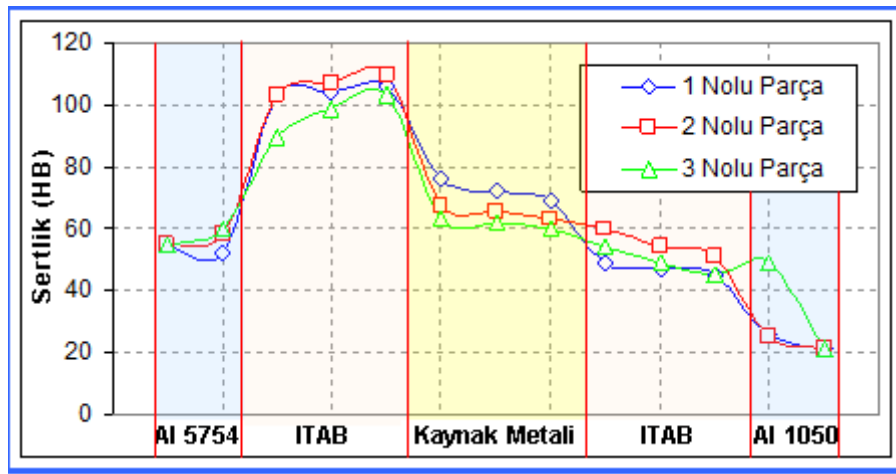
Şekil 1. Çekme Deneyi Sonucunda Elde Edilen Diyagramlar ve Sonuçları (a) 1. nolu numune (b) 2. nolu numune (c) 3. nolu numune ve (d) numunelerin çekme-uzama değerleri.

Çekme deneyi sonucunda en düşük çekme dayanımı 100 Amper kaynak akımı ve 2 mm/sn tel hızında 264 MPa olarak ölçülürken en yüksek çekme dayanımı 135 Amper kaynak akımı ve 3mm/sn tel hızında 298,71 MPa olarak ölçülmüştür. Ortaya çıkan sonuçlar incelendiğinde artan kaynak akımı ile parçaların çekme dayanımının arttığı görülmüştür. Bunun dışında tel hızının artması ile de çekme dayanımında artışlar olduğu görülmüştür. Literatürde artan tel hızının mukavemette artışa neden olduğu bunun nedeninin ise tel hızı artışından dolayı kaynak dikişinde biriken ilave metalin çekme dayanımını olumlu etkilediği belirtilmiştir [3]. Bir başka çalışmada da ilave telin kimyasal bileşiminin dayanımı artırdığı belirtilmiştir [10]. Yüzde uzama değeri, kaynak akımını 100 A’dan 126 A’ya çıkarttığımızda artarken kaynak akımını biraz daha fazla artırdığımızda azalma olduğu görülmüştür. Kaynaklı numunelerin % uzama değerlerinin ana malzemelere göre çok düşük olduğu bir gerçektir. Bunun sebebi her üç kaynak parametresinde de yapılan çekme deneyi sonucunda kopmanın AA1050 alüminyum alaşımının ITAB’ında meydana gelmiş olmasıdır. AA1050 alaşımının dayanımının 5754AlMg alaşımına oranla daha düşük mukavemete sahip olduğu Çizelge 2’de açıkça görülmektedir.

Bu durumda kopmanın AA1050 alüminyum alaşımının ITAB'ında meydana gelmesi ve % uzama değerlerinin düşük değerde bulunması normal olarak değerlendirilebilir. Benzer bir çalışmada Durgutlu ve arkadaşları Al-Si alaşımını farklı kaynak parametrelerinde birleştirmişler ve kopmanın ITAB'da olduğunu, ayrıca kaynaklı numunelerin çekme mukavemeti ve % uzama değerlerinin ana malzemeden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir [13].

B. MİKROSERTLİK

Kaynak parametrelerinin ve kaynak ısı girdisinin deney numunelerinin sertliği üzerindeki etkileri tespit etmek için sertlik ölçümleri yapılmış olup Şekil 2'de sertlik ölçümleri sonucunda elde edilen grafik verilmiştir.



Şekil 2. Sertlik Ölçüm Sonuçları

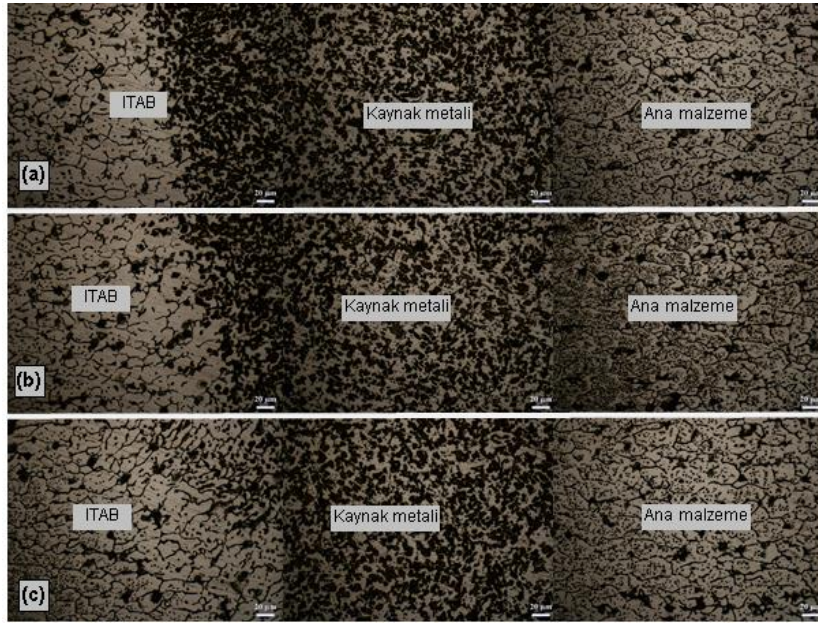
Şekil 2'teki sertlik ölçüm sonuçları incelendiğinde her iki taraftaki ITAB ile kaynak metalinin sertliklerinin her iki ana metalden de yüksek olduğu görülmüştür. En yüksek sertlik 5754 AlMg alaşımının ITAB bölgesinde elde edilmiştir. Aynı şekilde literatürde de ITAB bölgesinin sertlik değerlerinin diğer yerlerden alınan sertlik değerlerinden yüksek olduğu bildirilmiştir [1]. Sertlik ölçümleri sonucunda meydana gelen sertlik artışına kaynak akımında yapılan artış sonucunda ısı girdisindeki artış neden olmuştur.

C. MİKRO YAPI

Alüminyum ve alaşımlarının MIG kaynağında kaynak akımının ve dolayısıyla ısı girdisinin kaynaklı birleştirmenin mikroyapısı üzerine etkilerini belirlemek için mikroyapı çalışmaları yapılmıştır. Şekil 3'te Optik mikroskopla yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen mikroyapı görüntüleri verilmiştir. Mikroyapı çalışmaları sonucunda kaynak metalinin, hem ITAB'a hem de ana metale oranla daha inci taneli bir yapıya sahip olduğu saptanmıştır. Literatürde kaynak metalinin ince, eş eksenli ve düzgün dağılmış taneler içerdiği belirtilmiştir [11]. Ayrıca ITAB'ın diğer bölgelere oranla daha kaba taneli bir mikroyapı sergilediği görülmüştür. G.Gou ve arkadaşları, alüminyum ve alaşımları üzerine yaptıkları çalışmada ITAB'da homojen olmayan mikroyapılar ve kaba tanelerin gözlemlendiğini belirtmişlerdir [12].

Benzer şekilde Ji-KUN ve arkadaşları da yaptıkları bir çalışmada ITAB'ın kaynak ısıl çevrimi nedeni ile farklı bir mikroyapı ve özellikler sergilediğini ve ITAB'ın tane yapısının daha büyük olduğundan bahsetmişlerdir [9]. Başka bir çalışmada da Kalenda Mutombo ve Madeleine du Toit ITAB'ın eşeksiz ve kaba tanelerden meydana geldiğini belirtmişlerdir [14].

Ayrıca geçiş bölgesinden kaynak metalinin merkezine doğru gidildikçe tane incelmelerinin meydana geldiği belirlenmiştir. Bu yapının oluşmasında kullanılan darbeli arkın etkili olduğu düşünülmektedir. Zira darbe ark ile elde edilen kaynak metalini daha hızlı katılaştırır. Literatürde geçiş bölgesinden kaynak metalinin merkezine doğru tane yapısının incelendiği, buna da neden olanın kullanılan darbeli arkın nedeni ile kaynak metalinin hızlı katılmasının olduğu belirtilmiştir [13].



Şekil 3. Mikroyapı görüntüleri (a) 100 Amper (b) 126 Amper ve (c) 135 Amper kaynak akımında birleştirilen numunelerin mikroyapı görüntüleri

IV. SONUÇ

Değişen kaynak parametreleri ile ısı girişi etkilenmiş dolayısıyla kaynaklı bağlantıların çekme dayanımları farklılık göstermiştir. Kaynaklı numunelerin % uzama değerleri belli bir akım değerine kadar artarken, kaynak akım değerinin daha da artması bu değeri düşmüştür. Çekme testleri sonucunda kaynaklı numunelerde kopma AA1050 ITAB'ında meydana gelmiş ve % uzama değerleri ana malzemelere göre oldukça düşük değerde bulunmuştur. Gözle muayene sonucunda tel ilerleme hızının (dolayısıyla kaynak akımı) artışına bağlı olarak, kaynak hızı sabit olduğu için kaynak metalini miktarının arttığı tespit edilmiştir. Sertlik ölçümleri sonucunda birleştirmenin her iki taraftaki ITAB ile kaynak metalinin sertliklerinin her iki ana metalden de yüksek olduğu görülmüştür. Mikro yapı çalışmaları sonucunda kaynak metalinin, hem ana metallere, hem de ITAB'a oranla daha ince taneli bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Sonuç olarak 1050 Al alüminyum alaşımı ile 5754 AlMg

alüminyum alaşımının MIG kaynağı ile belirlenen parametreler ve ilave metal kullanılarak birleştirilmesi başarı ile gerçekleştirilmiştir.

TEŞEKKÜR: Bu çalışmadaki yardımlarından dolayı Düzce “TEKNOROT Otomotiv Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ye, Mustafa BAYDİL ve Orkun ULU ile malzeme laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederiz.

V. KAYNAKLAR

- [1] A. Karadağ, U. Öz Saraç, S. Aslanlar, M. Ekici, F. Varol, **Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi**, Ankara-Türkiye, (2012) 438-446.
- [2] A. Liu, X. Tang, F. Lu, *Materials and Design* **50** (2013) 149–155.
- [3] A. Karadağ, U. Öz Saraç, S. Aslanlar, M. Ekici, F. Varol, **Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi**, Ankara-Türkiye, 23-25 Mayıs (2012) 401-411.
- [4] B. Ravindra, T. S. Kumar, V. Balasubramanian *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* **21(6)** (2011) 1210-1217.
- [5] N. Kahraman, B. Gülenç, *Modern Kaynak Teknolojisi*, 2. Baskı, Epa- Mat Basım Yayın Ltd.Şti, (2013).
- [6] B. S. Ünlü, S. S. Yılmaz, M. Uzkut, C. Çivi, **Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi**, Ankara-Türkiye, (2012) 383-391.
- [7] H. Guo, J. Hub, H.L. Tsai *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **52** (2009) 5533–5546.
- [8] H., J. Aval, *Materials and Design*, **87** (2015) 405–413.
- [9] Y. Liu, W. Wang, J. Xie, S. Sun, L. Wang, Y. Qian, Y. Meng, Y. Wei *Materials Science and Engineering*, **A 549** (2012) 7-13.
- [10] E. Taban, E. Kulaç, *Mühendis ve Makine*, **46**, 40-51.
- [11] J. Ding, Do. Wang, Y. Wang, H. Du *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, **24** (2014) 1307–1316.
- [12] G. Gou, M. Zhang, H. Chen, J. Chen, P. Li, Y.P. *Materials and Design*, **85** (2015) 309–317.
- [13] A. Durgutlu, N. Kahraman, B Gülenç *Politeknik Dergisi*, **11** (2008) 339-344.
- [14] K. Mutombo and M.D. Toit, *International Journal of Fatigue* **33** (2011) 1539–1547.