

## ALÜMİNYUM TREYLERDE KAYNAK TELİNİN İNCELENMESİ

Nihat OCAK<sup>1\*</sup>, Buğra KAYA<sup>1</sup>, Erhan DURU<sup>2</sup> ve Emin Emre GÖKTEPE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tırsan Treyler A.Ş., Türkiye

<sup>2</sup>Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü/ Mühendislik Fakültesi, Sakarya Üniversitesi, Türkiye

\*( [nihat.ocak@kaessbohrer.com](mailto:nihat.ocak@kaessbohrer.com) )

(Geliş Tarihi: 05 Kasım 2023, Kabul Tarihi: 13 Kasım 2023)

(2nd International Conference on Contemporary Academic Research ICCAR 2023, November 4-5, 2023)

**ATIF/REFERENCE:** Ocak, N., Kaya, B., Duru, E. & Göktepe, E. E. (2023). Alüminyum Treylerde Kaynak Telinin İncelenmesi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(10), 288-293.

**Özet** – Alüminyum ve alaşımları, otomobil üretiminden havacılığa, inşaattan savunma sanayisine kadar geniş bir yelpazede önemli bir rol oynamaktadır. Alüminyumun plakaların birleştirilmesi de önem arz etmektedir. Sac üretim boyutları kısıtlı olduğu için ve sektörde farklı tasarımlar çıktığı için iki alüminyum metalini birleştirmek önemlidir. Bu birleştirme malzemenin dayanımı ve özellikleri konusundan önem arz etmektedir. Bu çalışma, 5182 alüminyum alaşımının farklı kaynak telleri kullanılarak TIG(tungsten asal gaz) kaynağı ile kaynaklanmasının mekanik özelliklerini incelemek amacıyla yapılmıştır. İki farklı kaynak telinin (5554 ve 5556) kullanıldığı deneylerde, kaynak sonrası görüntülemeler, radyografik muayene ve XRD analizleri ile kaynak bölgeleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – Otomotiv, Alüminyum, Kaynak, Karakterizasyon

### I. GİRİŞ

Alüminyum ve alaşımları, otomotiv, havacılık, inşaat ve savunma sanayi gibi pek çok sektörde önemli ölçüde yer edinmiştir. Çeşitli materyallerle alaşımlandırılarak, farklı ısıl işlem ve sertleştirme teknikleri sayesinde, pek çok farklı mekanik özelliklere sahip alternatiflerde üretilebilmeleri, yüzeylerinde korozyon dayanımını sağlayan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tabakasının bulunması, dayanım/hafiflik oranının yüksek olması gibi çeşitli cezbedici özellikleri göz önüne alındığında bahsedilen sektörlerdeki üstünlüğü kendini meşrulaştırmaktadır. Özellikle çeliğe alternatif malzeme geliştirilmesine yönelik sektörel çalışmalarında, alüminyum diğer malzemelerden nezdinde farklı konumlandırılmaktadır.

Alüminyum alaşım serilerinden olan 5xxx serisi, özellikle otomotiv endüstrisinde yaygın olarak uygulanan bir alüminyum alaşımı serisidir. 5xxx serisi alüminyum alaşımları temel alaşım

malzemesi olarak magnezyum barındırırlar. Magnezyum malzemeye eklenmesi durumunda, malzemenin sertliğinde artış ve buna bağlı olarak genel mukavemetinde de artış sağlamaktadır. Lakin, Mg'un malzeme içerisindeki miktarı yüzdece arttığında alaşımın genel yapısında korozyon düşüklüğüne sebebiyet vermektedir. Bu nedenle 5xxx serisi alüminyum-magnezyum alaşımlarında A.Vinoth Jebaraj ve arkadaşları, [1] %5'den az, W.S. Miller [2] ise potansiyel taneler arası korozyonu önlemek adına %3'den düşük tercih edilmesini önermektedirler. Yapılan literatür araştırmasında 5xxx serisi alüminyum üzerine pek çok araştırma bulunan önemli bir alaşım serisi olduğu görülmektedir. A.Vinoth Jebaraj, [1] denizcilik uygulamaları için 5083 alüminyum alaşımının kaynak uygulamasında, kaynak bölgesinin ana metale göre mekanik ve korozyon davranışını incelemiş, Shuangxi Xu ve ekibi [3] kaynak deformasyonu ve artık gerilim dikkate

alınarak 5059 alüminyum alaşımlı kaynaklı bağlantıların yorulma mukavemeti değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş, Yuanchun Huang [4] homojenizasyon tavinin 5089 alaşımı üzerinde korozyon davranışı üzerine çalışmış, S.M.A.K. Mohammeda [5] 5182 alüminyum alaşımının ultrasonik punta kaynağındaki mikroyapı ve mekanik özelliklerin üzerine çalışmasını gerçekleştirmiştir.

Füzyon kaynağı, iki veya daha fazla malzemeyi erime noktasına kadar ısıtarak kaynaştırmak için ısı girdisi verilen bir kaynak yöntemidir. Füzyon kaynağı demir ve demir dışı malzemelerin, endüstriyel birleştirme uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.[6] En yaygın füzyon kaynak yöntemlerinden tungsten inert gaz (TIG) ve metal inert gaz (MIG) alüminyum alaşımlarının kaynak işleminde kolay uygulanabilmesi ve ekonomik olması [7] sebeplerinden dolayı tercih edilmektedir. Literatürde 5xxx serisi alüminyum alaşımların MIG ve TIG kaynağı için pek çok araştırma gerçekleştirilmiştir. 2016 yılında E. Nuñez [8] 5083 alaşımının otomatize MIG yöntemi ile farklı gaz karışımları kullanımının kaynak kalitesi üzerine inceleme yapmış ve içerisinde O<sub>2</sub> gazı bulunan karışımların daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemiştir. TIG kaynağı ile sürtünme karıştırma kaynağı yöntemi ile kaynatılmış malzemelerin kaynak bölgesi mukavemeti karşılaştırması üzerine S. Shanavas ve J. Edwin Raja Dhas [9] 5052 H32 alüminyum alaşımı üzerine çalışmışlar ve sonuç olarak TIG kaynağı ile birleştirilen malzemelerin kaynak bölge mukavemetinin daha yüksek olduğunu kanıtlamışlardır. 2022 yılında M.N.İlman ve ekibi [10] tandem MIG yöntemi ile kaynatılmış 5083 alaşımının kaynak bağlantılarının geliştirilmiş yorulma performansı incelemişlerdir. 5086 alüminyum alaşımının TIG yöntemi ile kaynaklanmasında kaynak parametrelerin kaynak üzerine etkilerini V.Manikanda ve arkadaşları [11] 2021 yılında ısı girdisi özelinde incelemiştir.

Bu çalışmada birçok endüstriyel uygulamada kullanılan 5182 alaşımının farklı kaynak teli ile yapılan kaynaklarının mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmanın otomotiv sektöründen uzay havacılık sektörüne kadar birçok alana katkı sunacağına inanıyoruz.

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Alüminyum, hafifliği ve mükemmel korozyon direnci gibi özellikleri nedeniyle birçok endüstriyel uygulamada tercih edilen bir malzemedir. Alüminyum alaşımları, özel özellikler ve performans gereksinimleri için optimize edilen malzemelerdir. Alüminyum 5182 alaşımı da bu alaşımlardan biridir ve birçok uygulamada başarıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada 5182 alaşımı kullanılmıştır. Alüminyum 5182 alaşımı yaklaşık %96,6 Al ihtiva etmektedir. Bunun yanında magnezyum ve manganez de ilave edilen alaşım elementlerindedir. 5182 Alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1.5182 Alüminyum Numunesinin Kimyasal Bileşimi.

Kimyasal Bileşim (%)								
Mg	Si	Fe	Cu	Cr	Zn	Ti	Mn	Ni
4,0-	Max.	Max.	Max.	Max	0,25	0,1	0,2	-
5,0	0,2	0,4	0,15	0,1			-	0,5

Alüminyum yaklaşık %96,6 ihtiva etmektedir. Bunun yanında magnezyum (Mg) yaklaşık %4-%5 ve manganez (Mn) yaklaşık %0,2-%0,5 ihtiva etmektedir.

Bu özel bileşim, alaşımın mükemmel kaynaklanabilirlik, korozyon direnci ve mekanik dayanıklılık özelliklerini sağlar.

Alüminyum 5182, kolayca kaynaklanabilir ve farklı kaynaklama yöntemleriyle işlenebilir. Bu özellik, inşaat sektörü, otomotiv endüstrisi ve gemi yapımı gibi birçok uygulama için cazip kılar. Bu alaşımın yüksek manganez içeriği, korozyon direncini artırır. Bu nedenle, 5182 alüminyumun kullanıldığı uygulamalarda uzun ömürlü ve dayanıklı sonuçlar elde edilir. Alüminyum 5182, yüksek mukavemet ve darbe dayanımı sağlar. Bu nedenle otomotiv parçaları, denizcilik ekipmanları ve inşaat malzemeleri gibi uygulamalarda sıkça kullanılır.

Alüminyum 5182 alaşımı, geniş bir uygulama yelpazesi için uygun bir malzeme olarak kabul edilir. 5182 alüminyum, otomobil parçalarının üretiminde yaygın olarak kullanılır. Kaporta panelleri, yakıt tankları ve diğer bileşenlerin yapımında tercih edilir. Alüminyum 5182 alaşımı,

geniş bir uygulama yelpazesi için uygun olan çeşitli özelliklere sahip bir malzemedir. Yüksek kaynaklanabilirlik, korozyon direnci, mekanik dayanıklılık ve diğer avantajları, bu alaşımın birçok endüstride kullanılmasını sağlar. Alüminyumun hafifliği ve 5182 alaşımının özellikleri, inovasyonu teşvik eder ve daha verimli ürünlerin geliştirilmesine katkıda bulunur.

Otomotiv sektöründe sıkça kullanmasının sebeplerinden birisi olan kaynakla birlik ön plana çıkmaktadır. Bu kaynağın efektif olabilmesi için kaynak tellerinin doğru seçilmesi önem arz etmektedir. Malzemenin yapısı ile uyuşması ve herhangi bir deformasyona uğramaması gerekmektedir.

Bu çalışmada EN ISO 18273 standartlarına göre üretilmiş 5554 ve 5556 kaynak telleri kullanılarak 5182 alaşımının kaynağı yapılmıştır. 5554 ve 5556 kaynak tellerinin kimyasal bileşimleri ve mekanik özellikleri aşağıda tablolarda verilmiştir. 5182 alaşımları TIG yöntemi ile kaynak yapılmıştır. Kaynakta kullanılan parametreler Tablo 2'da verilmiştir.

Tablo 2. Kaynakta kullanılan parametreler

Kaynak Parametreleri					
Vol taj	Kaynak Yöntemi	Gaz	Amper	Malzeme	Malzeme Kalınlığı
14	T07	11 lt/dk	130-180	Alu 5182	5,1

EN ISO 18273 : S Al 5556A (AlMg5Mn1Ti) numaralı telin kimyasal kompozisyonu ve çekme özellikleri aşağıdaki tablo 3'de ve tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 3. 5556 Telin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Bileşim (%) - EN ISO 18273: S Al 5556A (AlMg5Mn1Ti)								
Mn	Si	Cr	Al	Cu	Ti	Zn	Fe	Mg
0.7	0.05	0.10	Re m	0.01	0.0 8	0.00 5	0.12	5.2

Tablo 4. 5556 Telin Özellikleri

EN ISO 18273: S Al 5556A (AlMg5Mn1Ti) Özellikleri			
Condition	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation
As Welded	145 MPa (21 ksi)	295 MPa (43 ksi)	25 %

EN ISO 18273: S Al 5554 (AlMg2,7Mn) numaralı telin kimyasal kompozisyonu ve çekme özellikleri aşağıdaki tablo 5'de ve tablo 6'de verilmiştir.

Tablo 5. 5554 Telin Kimyasal Bileşimi

Kimyasal Kompozisyon %- EN ISO 18273: S Al 5554 (AlMg2,7Mn)								
Mn	Si	Cr	Al	Cu	Ti	Zn	Fe	Mg
0.7	0.1	0.10	96	0.01	0.15	0.001	0.1	2.7

Tablo 6. 5554 Telin Özellikleri

EN ISO 18273 : S Al 5556A (AlMg5Mn1Ti) Özellikleri			
Condition	Yield Strength	Tensile Strength	Elongation
As Welded	100 MPa (16 ksi)	230 MPa (33 ksi)	17 %

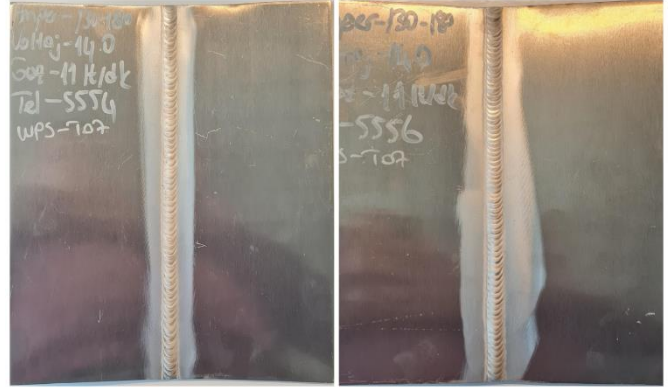
5556 ve 5554 gibi alüminyum kaynak telleri çeşitli uygulamalarda kullanılır ve aralarındaki seçim kaynak projenizin özel gereksinimlerine bağlıdır. Burada, otomotiv sektöründe farklılıklarını ve özelliklerini karşılaştırma gösterilecek. Alüminyum 5556 kaynak teli esas olarak alüminyumdan (Al) ve az miktarda magnezyum (Mg) ve manganez (Mn) ilavesinden oluşur. Kesin bileşim üreticiye bağlı olarak biraz değişebilir, ancak tipik olarak yaklaşık% 5-6 Mg ve az miktarda Mn içerir. 5554 kaynak teli de esas olarak 5556'ya kıyasla daha yüksek oranda magnezyum (Mg) içeren alüminyumdan (Al) oluşur. Kesin bileşim değişebilir, ancak tipik olarak yaklaşık% 2,5-3,5 Mg ve az miktarda manganez (Mn) içerir. Tanker üretimi uygulamaları için daha yüksek mukavemete ve mükemmel çatlama direncine ihtiyacınız varsa, 5556 daha iyi bir seçim olabilir. İyi korozyon

direnci ve orta düzeyde mukavemete ihtiyacınız varsa, 5554 inşaat veya denizcilik kaynağı gibi uygulamalar için uygun olabilir.

Kaynağı yapılan malzemelerin kaynak bölgeleri tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan radyografik muayene ile kaynak bölgesinde hatalar kontrol edilmiştir. Kaynak bölgelerinin kimyasal bileşimleri tespiti için X- Işını Kırınımı (XRD) yöntemi kullanılmıştır. XRD analizleri Rigaku D/MAX 2000 marka model cihazda, 5-95° arasında, 2°/dk hızında ve Cu K $\alpha$  radyasyonu kullanılarak yapılmıştır. Kaynaklı yöntemle üretimi yapılan malzemelerin birleşme bölgesinin sertlikleri Brinell yöntemi ile yapılmıştır. Sertlik ölçmede 2,5 mm çapında çelik bilya ve 62,5 kg yük kullanılarak yapılmıştır. Her numune için 5 adet sertlik ölçümü yapılmış ve ortalaması hesaplanmıştır. Numunelere oda sıcaklığında Brooks marka cihaz kullanılarak Charpy yöntemiyle çentik darbe deneyleri gerçekleştirilmiştir. Çentik darbe deneyleri 3 defa tekrarlanmıştır ve ortalama değerleri hesaplanmıştır. Kaynaklı parçaların mekanik özelliklerini karşılaştırmak amacıyla çekme ve üç noktalı eğme deneyleri yapılmıştır. Çekme ve üç noktalı eğme deneyleri İnstron 3367 marka model cihazı kullanılarak yapılmıştır.

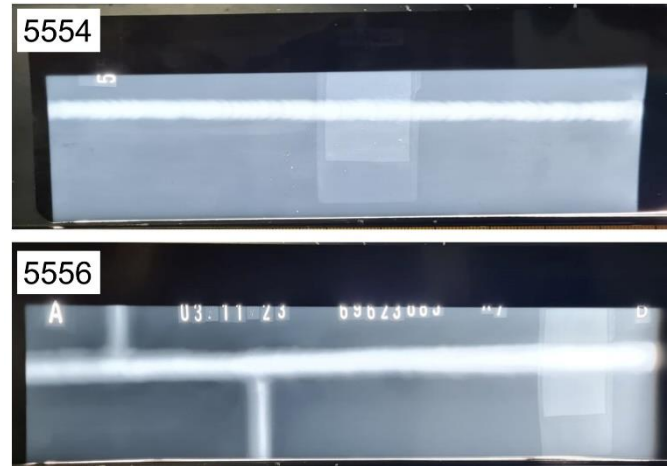
### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı kaynak telleri kullanılarak kaynak yapılan 5182 alüminyum plakaların kaynak sonrası görüntüleri Şekil 1.'de verilmiştir. Kaynaklı plakaların kaynak dikişleri göz ile muayenesi yapılmıştır ve herhangi bir kaynak kusuruna rastlanmamıştır.



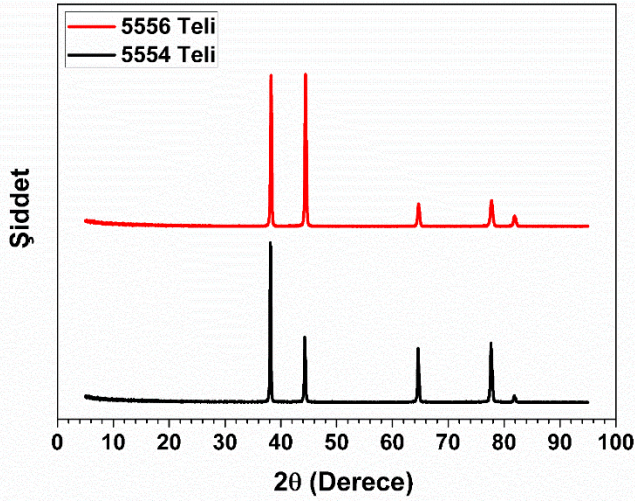
Şekil 1.5554 ve 5556 kaynak telleri kullanılarak yapılan kaynaklar.

Kaynak sonra yapılan bir diğer tahribatsız muayene ise radyografik muayenedir. Kaynak dikişlerinin radyografik muayenesi Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'de de görüldüğü kaynak dikişlerinden herhangi bir kusura rastlanmamıştır.



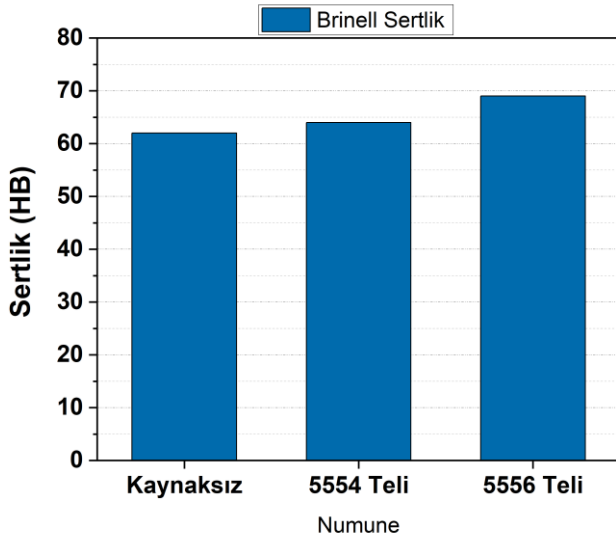
Şekil 2.Radyografik Muayene

Şekil 3.'de 5554 ve 5556 kaynak telleri yapılmış kaynak bölgelerin XRD paternleri görülmektedir. XRD analizi sonucunda  $2\theta = 38, 44, 65, 78$  ve  $82^\circ$ 'lerde alüminyum pikleri görülmektedir. XRD analizinde kaynak tellerinin içerisindeki manganez ve magnezyuma ait pikler görülmemiştir. Bunun sebebi matris içerisindeki konsantrasyonlarının düşük olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 3.Farklı tel ile kaynak yapılan 5182 alaşımının kaynak bölgelerinin XRD sonuçları.

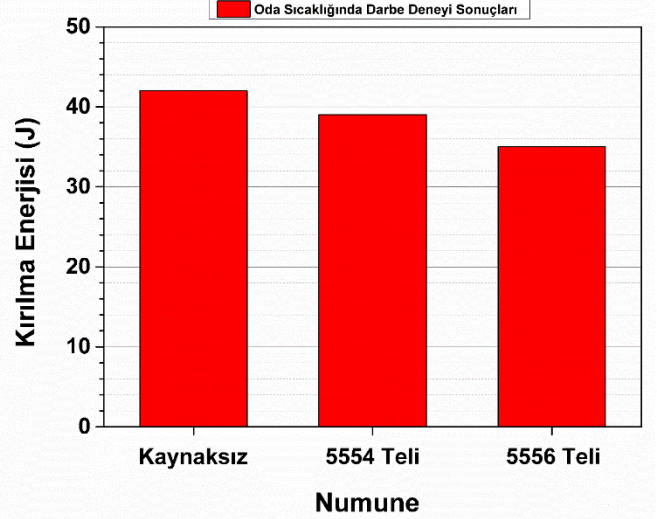
Alüminyum plakaların farklı kaynak telleri kaynak yapıldıktan sonra kaynak bölgesinin farklı bölgelerinden alınan makro sertlik ölçüm değerleri Şekil 4.'de verilmiştir. Kaynak bölgeleri arasında sertlik fark çok büyük olmasa da farklılık gösterdiği görülmüştür. 5556 kaynak teli yapılan kaynaklı numunelerin ortalama sertliği 69 HB iken, 5554 teli ile yapılan kaynaklı numunenin ortalama sertliği 64 HB ve kaynaklı numunenin ortalama sertliği 62 HB olarak ölçülmüştür. 5556 kaynak telinin kimyasal bileşiminde Mg oranının yüksek olması sertliği etkilemiştir.



Şekil 4.Kaynak bölgelerin makro sertlik değerleri.

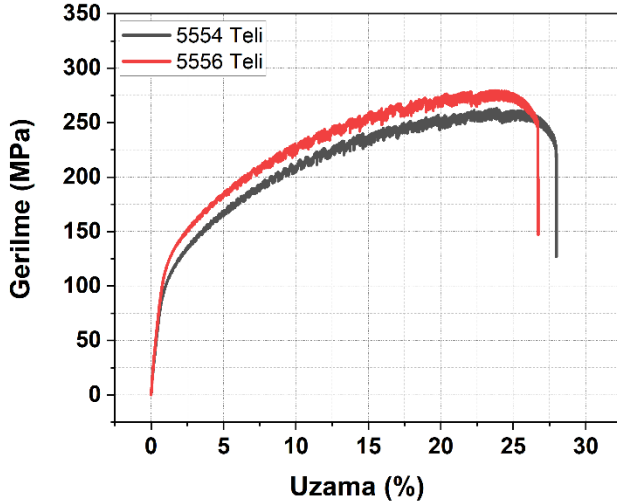
Oda sıcaklığında yapılan çentik darbe deneyinin kırılma enerji değerleri Şekil 5.'te bulunan grafikte verilmiştir. Kaynaksız numunenin kırılma enerjisi yaklaşık 42 Jul, 5556 teli ile yapılan kaynaklı numunenin 39 Jul ve 5554 teli ile kaynak yapılan numune ise 35 Jul olarak ölçülmüştür. Kırılma

enerjisi ile malzemenin sertliği arasında bir ilişki bulunmaktadır. Malzeme ne kadar sert ve gevrek olursa kırılma enerjisi o kadar düşük olacaktır. 5556 tel ile kaynak yapılan numunenin sertliğinin daha yüksek olması kırılma enerjisinin düşük olmasına yol açmıştır.



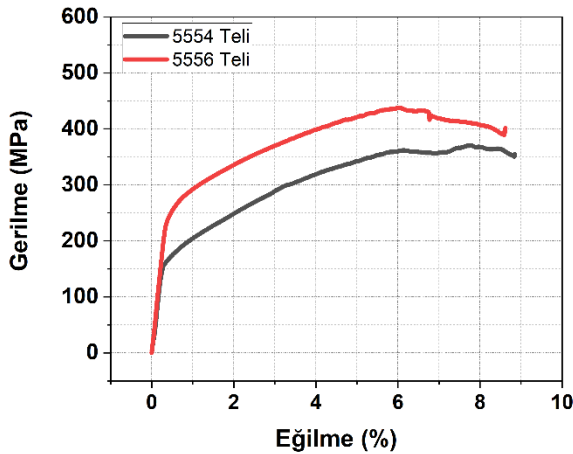
Şekil 5.Kaynaklı ve kaynaklı numunelerin oda sıcaklığında ortalama kırılma enerji değerleri

Kaynaklı numunelerin oda sıcaklığında yapılan çekme testlerinin sonucu Şekil 6.'da gösterilmiştir. 5556 kaynak teli kullanılan numunelerin akma mukavemeti 116 MPa, çekme Mukavemeti 274 MPa'dır. 5554 kaynak teli kullanılan numunede ise akma mukavemeti 105 MPa, çekme mukavemeti 258 MPa çıkmıştır. Numunelerin kopmadaki % uzaması sırasıyla %23,5 ve %28 civarlarındadır. 5556 kaynak teli kullanılan numunenin akma ve çekme mukavemetleri yüksek iken % uzaması ise daha düşüktür.



Şekil 6. Farklı kaynak teli kullanılarak üretilen çekme numunelerin çekme deneyi sonuçları.

Kaynaklı numunelerin üç noktalı eğme testleri Şekil 7.'de verilmiştir. Üç noktalı eğme deneyi sonuçları çekme ve sertlik deneyi sonuçları ile paralellik göstermiştir. 5556 ve 5554 kaynak teli üretilen numunelerin eğilme mukavemeti sırasıyla 440 ve 370 MPa, % eğilme miktarı ise % 8,5 ve % 8,9 olarak ölçülmüştür.



Şekil 7. Farklı kaynak teli kullanılarak üretilen numunelerin üç noktalı eğme deneyi sonuçları.

## V. SONUÇLAR

Bu çalışmada İki farklı kaynak teli kullanılarak 5182 alüminyum plakaların başarılı bir şekilde kaynakları yapılmıştır.

5556 kaynak teli ile yapılan kaynaklar 5554 kaynak teli ile yapılan kaynaklara göre daha yüksek sertliğe, akma mukavemeti ve çekme mukavemetlerine sahiptir.

Yapılan bu çalışma özellikle otomotiv sektöründe çokça kullanılan 5182 alaşımın kaynağının 5556 teli ile kaynak yapılmasının mekanik özellikler açısından daha iyi performans sağlayacağını göstermiştir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmada vermiş oldukları desteklerinden dolayı Tırsan Treyler A.Ş.'ye teşekkürlerini sunar.

## KAYNAKLAR

- [1] Mechanical and corrosion behaviour of aluminum alloy 5083 and its weldment for marine applications,
- [2] MillerWS et al 2000 Recent development in aluminium alloys for the automotive industry Materials Science and Engineering
- [3] Fatigue strength evaluation of 5059 aluminum alloy welded joints Considering welding deformation and residual stress
- [4] Effect of homogenization on the corrosion behavior of 5083-H321 aluminum alloy
- [5] Ultrasonic spot welding of 5182 aluminum alloy: Evolution of microstructure and mechanical properties
- [6] Characterization of TIG and MIG welded Aluminium 6063 alloys
- [7] A. Karadağ, U. Özseraç, S. Aslanlar, M. Ekici, F. Varol, Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Serisi, Ankara-Türkiye, 23-25 Mayıs (2012) 401-411.
- [8] Influence of gas mixtures Ar-He and Ar-He-O<sub>2</sub> on weldability of aluminum alloy AA5083-O using automated GMAW-P
- [9] Weldability of AA 5052 H32 aluminium alloy by TIG welding and FSW process – A comparative study
- [10] Enhanced fatigue performance of tandem MIG 5083 aluminium alloy weld joints by heat sink and static thermal tensioning