

Sürtünme Karıştırma Kaynağının Yaşlandırılabilir Parçalar Üzerinde Etkisi

Fikret SÖNMEZ^{*1}, Hüdayim BAŞAK²

¹*Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Ankara*

²*Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Bölümü, Ankara*

Geliş tarihi: 28.12.2015

Kabul tarihi: 30.03.2016

Özet

Bu çalışmada, yaşlandırılabilir alüminyum alaşım Al-7075-T6 (yaşlandırılmış) malzemenin kaynak edilebilirliği araştırılmıştır. Al-7075-T6 plakalar Al-7075-0 (tavlı/yumuşak) ısıl işlemine tabi tutulmuş ve farklı kaynak parametreleri ile sürtünme karıştırma kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirme sonrası çekme ve eğme deneylerine tabi tutulan parçalar incelenmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda düşük devir ve düşük ilerleme hızının daha iyi kaynak çekme dayanımını oluşturduğu görülmüştür. Eğme deneylerinde çekme deneyleri ile karşılaştırıldığında ana malzemeye daha yakın kaynak dayanımı görülmüştür. Bununla birlikte en yüksek çekme dayanımının elde edildiği numunenin eğme dayanımı beklenenin altında gerçekleşmiştir. Bunun nedeni olarak malzeme kaynak alt noktasında bulunan mikro çatlaklar olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sürtünme karıştırma kaynağı, Yaşlandırma, Isıl işlem

Effect of Stir Friction Welding on Age Hardenable Parts

Abstract

In this study, age hardenable material Aluminum alloy Al-7075-T6 (aged) was investigated for weldability. Al-7075-T6 plates were subjected to Al-7075-0 heat treatment and were joined with different welding parameters by means of friction stir welding method. After Joining, the parts which were subjected to tensile and bending tests were examined. As a result of the studies, it was observed that low speed and feed rate generate better tensile strength. When compared with tensile tests, in bending tests, specimen bending strength was observed to be closer to the main material strength. However, the bending strength of the specimen which has the highest tensile strength was lower than expected. It was observed that the reason for this situation is the micro-cracks which were located at the bottom point of the welding material.

Keywords: Friction stir welding, Aging, Heat treatment

* Sorumlu yazar (Corresponding author): Fikret SÖNMEZ, *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Ankara. sonmezfikret@gmail.com*

1. GİRİŞ

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi, kaynatılacak malzeme için ergime sıcaklığına ulaşmadan yapılan bir katı hal kaynak yöntemidir. Bu yöntemde pim ve omuz yapısından oluşan sert ve ergitme kaynak yöntemlerinde kullanılan elektrot benzeri kaynak ekipmanlarının aksine tükenmeyen yapıda bir kaynak takımı ile kaynak işlemi yapılır [1-2]. Kaynak işlemi, oluşan ısının etkisi ile plastikleşen malzemenin pim yardımı ile birleştirilmesi esasına dayanır. Bu yöntemde ergitme yöntemlerinde ihtiyaç duyulabilen dolgu malzemesine ihtiyaç yoktur. Aynı zamanda gaz, toz gibi etkenler olmadığından çevreci bir yöntemdir. Yöntemin ana parametreleri ilerleme hızı ve takım devri olarak sayılabilir [1-4]. Diğer kaynak yöntemlerinde görülen eğilme, büzülme gibi olumsuzluklar daha az oluşur [4]. Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi ile alın, bindirme ve köşe kaynakları başarı ile yapılabilir [5]. Kaynak yapılan bölgede ana kaynak metali dışında kaynak merkezi, termo-mekanik olarak etkilenmiş bölge ve ısı tesiri altındaki bölgeler oluşur [3,5]. Isı girdisinin diğer yöntemlere oranla daha az olması nedeni ile oluşan bu bölgelerdeki mekanik özellik

farqları ergitme kaynaklarındaki kadar fazla olmaz. Sürtünme karıştırma kaynağı daha çok demir içermeyen ve düşük sıcaklıklarda ergiyen metallere uygulanırsa da farklı oranlarda karbon içeren çeliklere de uygulanabilmektedir [6]. Sürtünme karıştırma kaynağı farklı alaşımların kaynağı noktasında da başarı ile uygulanabilen bir kaynak yöntemidir [7].

Yapılan bu çalışmada Al-7075 malzeme ısı işlem metodu ile Al-7075-0 temperine çekilmiş ve farklı kaynak parametreleri ile Sürtünme Karıştırma Kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynak işleminin etkinliğinin araştırılması için çekme ve eğme testleri yapılmıştır.

2. DENEYSEL ÇALIŞMA

2.1. Malzeme

Yapılan kaynak işlemlerinde 5 mm kalınlıkta ve kimyasal bileşimi Çizelge 1'de verilmiş olan Al-7075 malzeme kullanılmıştır. Kalınlığı 5 mm olan Alüminyum alaşım 300x100x5 mm ölçülerine getirilmiştir.

Çizelge 1. Al-7075 kimyasal bileşimi

	Cu	Zn	Mg	Si	Mn	Fe	Cr	Ti	Diğer	Al
En az	1,20	5,10	2,10	0,40	0,30	0,50	0,18	0,20	0,15	Kalan
En fazla	2,00	6,10	2,90	0,40	0,30	0,50	0,28	0,20	0,15	Kalan

Al-7075 malzeme farklı temper durumlarında birbirinden oldukça farklı mekanik özellikler gösterebilmektedir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi tavllanmış (yumuşak) yapıda ki malzeme ile T6 arasında 2 kat dayanım farkı bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında yapılan kaynak deneyleri tavllanmış (yumuşak) malzeme tercih edilerek yapılmıştır. Bu işlem için öncelikle Al-7075-T6 malzeme öncelikle 480°C sıcaklıkta solüsyona alınmış ardından kendi halinde soğumaya bırakılarak sertlik özellikleri alınmıştır.

2.2. Kaynak Parametreleri ve Kaynak Takımı

Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilecek alüminyum alaşım levhalar öncelikle bu işlemler için imal edilmiş olan bir bağlama kalıbına bağlanmıştır. Bağlama kalıbında alın alına birleştirilen parçalar civata ile tespit edilmiştir. Tezgâh başlığına 2° açı verilerek daha düzgün bir kaynak işlemi hedeflenmiştir. Kaynak işleminde en belirleyici faktör olan ısı girdisinin oluşturulması için farklı devir ve ilerleme hızları kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan parametreler Çizelge 3'de görülmektedir.

Çizelge 2. Al-7075 dayanım özellikleri

Malzeme Türü	Kopma Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Süneklik %
Al-7075-0	276	145	9-10
Al-7075-T6	572	503	5-8

Çizelge 3. Kaynak parametreleri

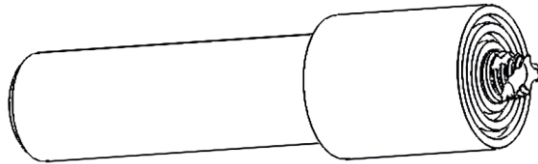
İlerleme Hızı	40,70 (mm/dk)
Takım Devri	710,1000 (dev/dk)
Bağlama Yöntemi	Bağlama Kalıbı
Tezgâh Başlık Açısı	2°
Yağlama- Soğutma	Kullanılmamış

Kaynak takımı AISI H13 sıcak iş çeliği malzemeden tercih edilmiştir. AISI H13 malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 4’de görülmektedir. H13 malzeme yüksek sıcaklıklarda sertlik ve mukavemet değerlerini koruyan bir alaşımdır. Takım talaşlı imalat tezgâhları ile işlenmiş sonrasında yağda soğutularak 53 HRC sertliğe çıkarılmıştır.

Çizelge 4. AISI H13 (1.2344) kimyasal bileşimi

C	Si	Mn	Cr	Mo	V
0,39	1,0	0,40	5,30	1,40	0,90

Şekil 1’de görülen kaynak takımının omuz yapısında dairesel kanallar kullanılmış pim kısmı ise konik yüzey üzerine vida açılarak şekillendirilmiştir. Takım birleştirilecek parçaların tam karışmasının sağlanması amacıyla 3 adet helisel kanala sahiptir. Kaynak edilecek parçaların kalınlığı 5 mm olduğundan kaynak takımı pim uzunluğu 4,8 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Sürtünme karıştırma kaynak takımı

2.3. Kaynak İşlemi

Deneyler için kullanılan freze tezgâhında Çizelge 3’de bulunan parametreler kullanılarak kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan işlem 3 ana kısımdan oluşmaktadır. İlk olarak kaynakla birleştirilecek parçaların uç kısımlarına takım temas ettirilmiş ve ısı oluşması sağlanmıştır. Isı oluşumu sağlandıktan sonra tezgâh otomatik ilerleme sistemi çalıştırılmıştır. Kaynak işlemi tamamlandıktan sonra tezgâh tablası indirilerek kaynak işlemi sonlandırılmıştır. Sürtünme Karıştırma Kaynak yöntemi ile parçaların birleştirilmesini gösteren resim Şekil 2’de verilmiştir.



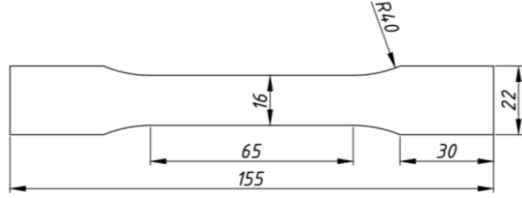
Şekil 2. Sürtünme karıştırma kaynak işlemi

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Al-7075 parçalar üzerinde yapılan kaynaklı birleştirmeler sonrasında Yapılan birleştirmeler çekme ve eğme deneylerine tabi tutulmuştur.

3.1. Çekme Testi Sonuçları

Kaynak işlemine tabi tutulan parçalardan çekme testi için numune çıkartılması için Tel Erozyon tezgâhı kullanılmıştır. Deney sonuçlarının daha sağlıklı yorumlanabilmesi için 2 mm aralıklar ile 3 numune TSE 138 [8] standardına göre hazırlanmıştır. Çekme testlerinde kullanılan numuneye ait ölçüler Şekil 3’de görülmektedir.



Şekil 3. Çekme numunesi

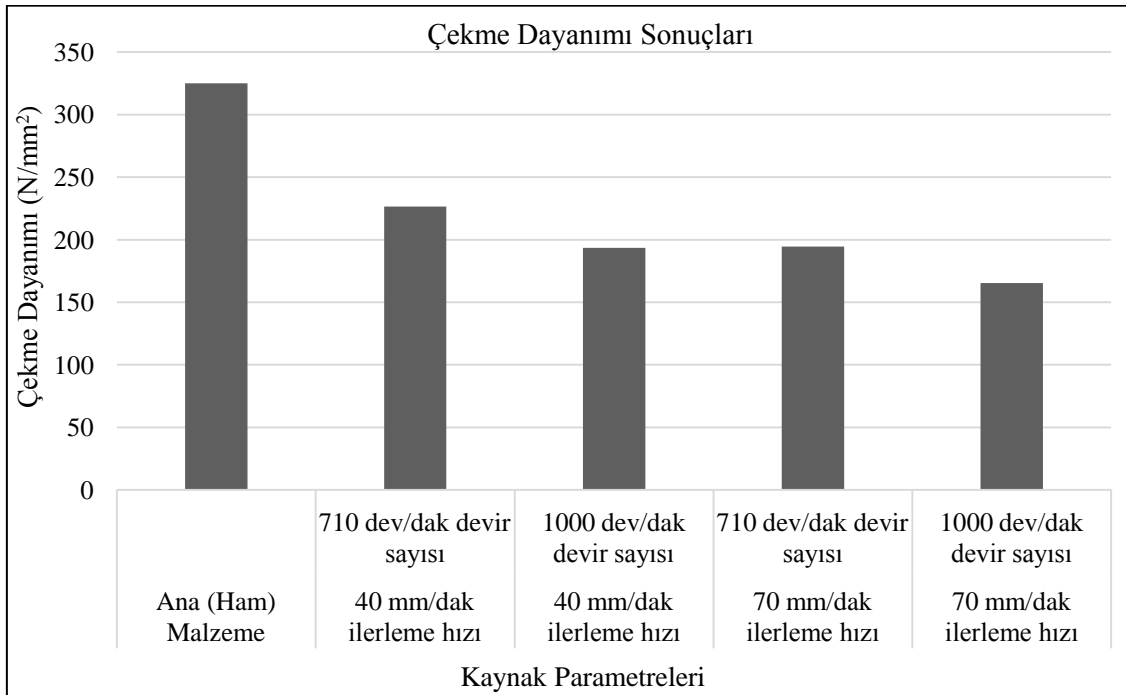
Çekme deneyleri Instron 3369 marka test cihazında sabit 5 mm/dk çekme hızı ile yapılmıştır. Çekme testi sırasında ön yük kullanılmamıştır. Çekme testi sonucunda elde edilen dayanım değerleri Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5'te bulunan deney sonuçları incelendiğinde farklı kaynak parametrelerinin kaynak işlemi üzerinde çekme dayanımı açısından etkili olduğu görülmektedir. Isı etkisini oluşturan takım sürtünmesi artışının parça üzerinde oluşan

ısıyı da arttırdığı bunun da dayanım üzerinde olumsuz etki olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Çizelge 5. Çekme dayanımı sonuçları

İlerleme Hızı	Takım Devir Sayısı	Çekme Dayanımı (N/mm ²)
Ana (Ham) Malzeme		325,08
40 mm/dk	710 dev/dk	226,37
40 mm/dk	1000 dev/dk	193,60
70 mm/dk	710 dev/dk	194,62
70 mm/dk	1000 dev/dk	165,33



Şekil 4. Çekme dayanımı sonuçları

Şekil 4'te görüldüğü gibi düşük ilerleme hızı ve düşük devir sayısı daha başarılı bir kaynak dayanımı sağlamıştır. Deneylerde en düşük devir

sayısı ve ilerleme değeri ile yapılan deneylerde Ana malzemeye kıyasla yaklaşık %70 kaynak başarımları ortaya koymuştur. Deneylerin yapıldığı

ve daha yüksek ilerleme hızı ve devir sayısının tercih edildiği diğer numunelerde ise kaynak başarımının daha düşük olduğu görülmektedir. En düşük dayanım ise en yüksek devir ve en yüksek ilerleme hızının kullanıldığı deney şartlarında ortaya çıkmıştır. Bu durumda hem yüksek devir sayısının hem de yüksek ilerleme hızının olumsuz etkisi ortaya çıkmaktadır.

Sürtünme karıştırma kaynağı ile birleştirilen parçaların dayanımının ana malzemeye yakın dayanım özellikleri vermesi beklenmiştir. Ancak parçalarda ölçülen çekme dayanımı değerleri istenen düzeyde oluşmamıştır. Bunun nedeninin, kaynak çekirdeğinin alt kısmında bazı boşluklar ve mikro çatlaklar olduğu düşünülmektedir. Birleştirilen parçalardaki bu yapının dayanımı düşürdüğü kanaati oluşmuştur.

3.2. Eğme Testi Sonuçları

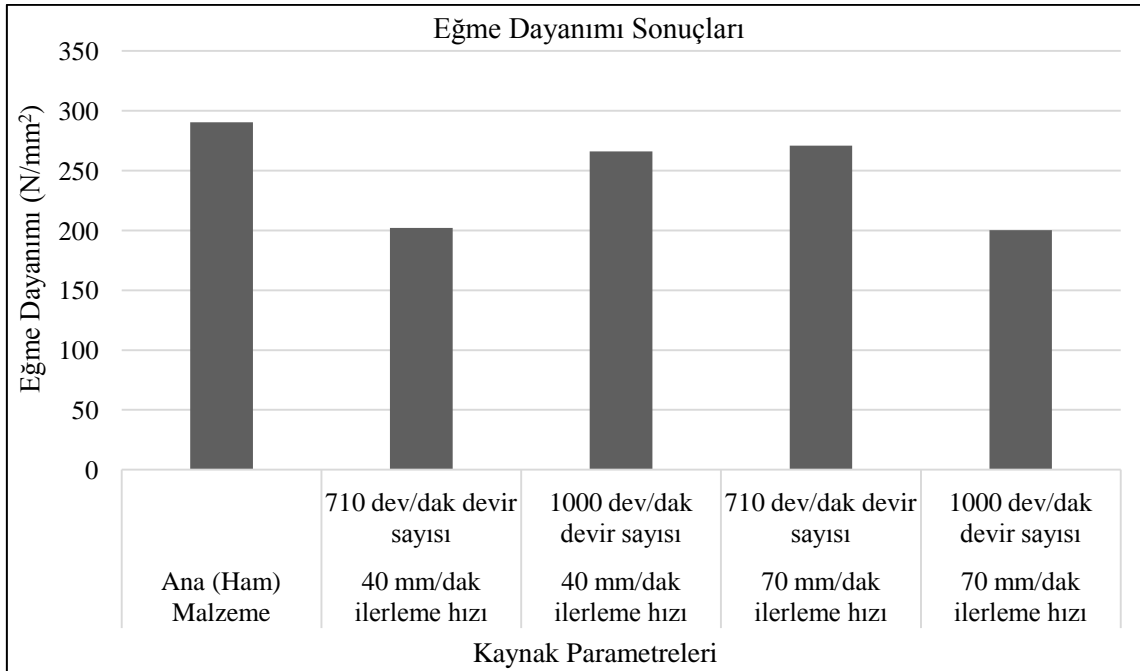
Eğme numuneleri de çekme numuneleri gibi tel erozyon tezgâhında kesilmiş ve 3 nokta eğme testi

ile kaynak bölgesinin merkezinden uygulanan baskı sonucu oluşan eğme dayanımı test edilmiştir. Testler Instron 3369 marka test cihazı ile yapılmıştır.

Çizelge 6. Eğme dayanımı sonuçları

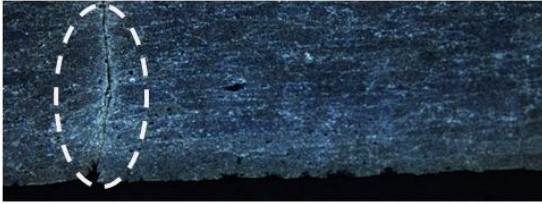
İlerleme Hızı	Takım Devir Sayısı	Eğme Dayanımı (N/mm ²)
Ana (Ham) Malzeme		290,45
40 mm/dk	710 dev/dk	201,99
40 mm/dk	1000 dev/dk	265,90
70 mm/dk	710 dev/dk	270,89
70 mm/dk	1000 dev/dk	200,08

Çizelge 6'de bulunan eğme sonuçlarına göre farklı kaynak parametreleri ile kaynak edilen numunelerin eğme testinden elde edilen dayanımları görülmektedir.



Şekil 5. Eğme dayanımı sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde eğme sonuçlarının ana malzemeye yakın değerler aldığı görülmektedir. Deneylerde en yüksek çekme dayanımını düşük ilerleme ve düşük devir sayısı ile ulaşılabileceği düşünülmüştür. Bununla birlikte eğme sonuçları da içyapıda bulunan mikro çatlaklardan etkilenmiştir. Şekil 6'da görülen mikro çatlaklar her numunede farklı yapı göstermiştir. Mikro çatlaklar derinliğine bağlı olarak dayanım da değişmektedir. 40 mm/dk ilerleme hızı ve 710 dev/dk kaynak parametreleri kullanılarak yapılan birleştirmelerde mikro çatlak yapısının daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Şekil 6'da en düşük ilerleme ve en düşük devir sayısı ile yapılan birleştirme sonucu ortaya çıkan mikro çatlak görülmektedir.



Şekil 6. 40 mm/dk ve 710 dev/dk ile birleştirilen numunenin içyapı çatlakları

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ergitme kaynak yöntemlerine bir alternatif olan katı hal kaynak yöntemlerinden sürtünme karıştırma kaynağı kullanılarak yapılan birleştirmeler incelenmiştir. Birleştirilen deney parçaları çekme testi ve eğme testine tabi tutulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verilmiştir.

Çekme testleri sonrası düşük ilerleme hızı ve düşük devir sayısı kaynak başarımına olumlu etki göstermiş ve en iyi kaynak koşullarında yaklaşık %70 dayanım elde edilmiştir. Yapılan yüksek ilerleme hızı ve yüksek devir sayısı çalışmasında ise çekme dayanımı yaklaşık %50 olarak şekillenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda yüksek devir sayısı ve yüksek ilerleme hızının kaynaklı birleştirmelere olumsuz etki ettiği görülmektedir.

Eğme sonuçları çekme sonuçlarına oranla ana malzemeye daha yakın çıkmıştır. Çekme deneylerinde en iyi sonucun alındığı en düşük ilerleme ve en düşük devir sayısı ile yapılan birleştirmenin eğme dayanımı beklentilerin altında çıkmıştır. Bunun nedeninin bu numunede oluşan mikro çatlaklı içyapı olduğu düşünülmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Thomas, W.M., Nicholas, E.D., Needham, J.C., Murch, M.G., Temple-Smith, P., Dawes, C.J., 1999. Friction Stir Butt Welding. International Patent Application No PCT/GB92/02203, GB Patent Application No.9125978.8.
2. Thomas, W. M., Nicholas, E.D., 1998. Friction Stir Welding for the Transportation Industries, Materials and Design, 18-4, p. 269-273.
3. Munoz, A.C., Rückert, G., Huneau, B., Sauvage, X., Marya, S., 2008. Comparison of TIG Welded and Friction Stir Welded Al-4,5Mg-0,26Sc alloy, Journal of Materials Processing Technology, 197, p. 337-343.
4. Çam, G., 2005. Sürtünme Karıştırma Kaynağı (SKK): Al-Alaşımları İçin Geliştirilmiş Yeni Bir Kaynak Teknolojisi, Mühendis ve Makine, 46-541, p. 30-39.
5. Kaluç, E., Taban, E. 2007. Sürtünen Eleman ile Kaynak (FSW) Yöntemi (Sürtünme Karıştırma Kaynağı, Makine Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
6. Fujii, H., Cui, L., Tsuji, N., Maeda, M., Nakata, K., Nogi, K., 2006. Friction stir welding of carbon steels, Materials Science and Engineering, A 429, p. 50-57.
7. Chen, Y., Ni, Q., Ke, L., 2012. Interface characteristic of friction stir welding lap joints of Ti/Al dissimilar alloys, Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 22, p. 299-304.
8. Türk Standartları Enstitüsü TSE 138.