

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI KALINLIKTAKİ
ALÜMİNYUM PARÇALARA UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan DOKTAŞ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı

Eylül, 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI KALINLIKTAKİ
ALÜMİNYUM PARÇALARA UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ozan DOKTAŞ
(Y1613.080031)

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA

Eylül, 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1613.080031 numaralı öğrencisi **Ozan DOKTAŞ**' ın "SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI KALINLIKTAKİ ALÜMİNYUM SAÇLARA UYGULANMASI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 03.09.2019 tarih ve 2019/17 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *aybırlığı* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *kabul*.....edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 18/09/2019

1)Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA

2) Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Lütfiye DAHİL

3) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Turgut GÜLMEZ

HEKL
.....

[Signature]
.....

[Signature]
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Sürtünme Karıştırma Kaynağının Farklı Kalınlıktaki Alüminyum Parçalara Uygulanması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadar ki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve etik geleneklere aykırı düşecek bir davranışımın olmadığını, tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yaparak yararlanmış olduğumu belirtir ve onurumla beyan ederim. (19/09/2019)

Ozan DOKTAŞ



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen başta ailem olmak üzere değerli hocam Erol AKATA ve bu çalışmalar için imkan sağlayan İstanbul Aydın Üniversitesine en içten dileklerle teşekkür ederim.

Eylül 2019

Ozan DOKTAŞ

Makine Mühendisi





İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
ABSTRACT	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Konusu	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Literatür Araştırması	2
2. SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞI.....	5
2.1 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Mekanizması	5
2.2 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Avantajları ve Dezavantajları.....	8
2.3 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Uygulama Alanları.....	9
2.3.1 Gemi yapım inşaatı ve denizcilik sanayisi	9
2.3.2 Havacılık sanayisi	10
2.3.3 Demiryolu sanayisi	11
2.3.4 Karayolu taşımacılığı	11
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	13
3.1 Kaynak İşlemine Başlamadan Önce Yapılan İşlemler	13
3.2 Kaynaklı Parçalar	19
3.3 Sertlik Ölçümleri ve Üç-Nokta Eğme Deneyleri	23
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	29
4.1 Alüminyum Parçaların Makro Değerlendirmesi	29
4.2 Çalışma Sonuçları.....	30
4.3 Öneriler Ve Hedefler	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ.....	35



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Kaynaklı birleşmede kullanılan malzemeler	26
Çizelge 3.2: 1450 d/dk 'daki sertlik ölçümleri	26
Çizelge 3.3: 1000 d/dk 'daki eğme testi sonuçları.....	26
Çizelge 3.4: 1800 d/dk 'daki eğme sonuçları	27
Çizelge 3.5: 2000 d/dk" daki eğme testi sonuçları	27





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi [4].....	3
Şekil 2.1: Sürtünme karıştırma kaynağının şematik gösterimi.....	5
Şekil 2.2: Sürtünme-Karıştırma Kaynak Bölgeleri [10].....	6
Şekil 2.3 Mikro yapıdaki yüzey alanının görüntüsü.....	7
Şekil 2.4: Gemi alt bölmesinin yapım aşamasında SKK kullanımı.....	10
Şekil 2.5: Havacılık endüstrisinde SKK kullanımı.....	10
Şekil 2.6: Tren yapımında SKK kullanımı.....	11
Şekil 2.7 Araç jant ve silindirlerin kullanımında.....	12
Şekil 3.1: Freze makinasının devir sayısının ayarlama göstergesi.....	13
Şekil 3.2: Kaynak yapılan freze makinesi.....	14
Şekil 3.3: Alüminyum Parçaların Alt Kalıba bağlanma İşlemi.....	15
Şekil 3.4: Kaynak ucunun alüminyum parçaya kaynak öncesi daldırılıp ısıtma işlemi	16
Şekil 3.5: Prob ucu ısıtıldıktan sonra belirli bir hız ve devirde ilerlemesi.....	17
Şekil 3.6: Kaynak öncesi hazırlanan alüminyum parçalar.....	18
Şekil 3.7: Kaynak sonrası parçanın arka yüzü.....	19
Şekil 3.8: Kaynak sonrası parçanın ön yüzü.....	19
Şekil 3.9: Kesilen deney parçaları.....	20
Şekil 3.10: Kaynak sonrası görünüm.....	21
Şekil 3.11: Kaynak sonrası alüminyum parçaların ilerleme hızı ve devir sayısına göre dağılımı.....	21
Şekil 3.12: Kesilen deney parçalarının çapak alındıktan sonraki görüntüleri.....	22
Şekil 3.13: Üç nokta eğme deneyinin yapıldığı makinemiz.....	23
Şekil 3.14: Eğme testi sonrası çatlama görünümü.....	24
Şekil 3.15: Brinell sertlik deney makinesi görünümü.....	25
Şekil 3.16: Sertlik deneyi sonrası parça görünümü.....	25
Şekil 4.1: Kaynaklı birleştirme sonrası ön yüzü.....	29
Şekil 4.2: Kaynaklı birleştirme sonrası arka yüzü.....	30



SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞININ FARKLI KALINLIKTAKİ ALÜMİNYUM PARÇALARA UYGULANMASI

ÖZET

Sürtünme karıştırma kaynağı katı bir hal olan yeni birleştirme işlemidir. Bu kaynak yöntemi havacılık, otomotiv, gemi taşımacılığı, makine endüstrisinde ve raylı sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem klasik kaynak yöntemlerinin birleştirilmesi zor yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları ile diğer metal alaşımların birleştirilmesi ile kullanılabilir. Tez kapsamında sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynak edilebilen ve kaynaklı bağlantılar ile mekanik özelliklerine takım pim profilin, takım dönme hızının ile takım ilerleme hızının etkisi ile incelenmesi amaçlanmıştır. Farklı alüminyum parçalar kullanılarak kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkarılan numunelerin yapısal incelemeleri yapılmış, sertlik ölçme ve basma değerleri ölçülmüştür. Bu sonuçlar ile birleştirme işlemi gerçekleştirilen kaynaklı alüminyum parçalar daha iyi sonuçlar verdiği belirlendi.

Anahtar Kelimeler: *Sürtünme karıştırma kaynağı, takım dönme hızı, alüminyum alaşımı, mekanik özellikler, mikro yapı.*



FRICION MIXING WELDING AT DIFFERENT THICKNESS APPLICATION TO ALUMINUM PARTS

ABSTRACT

Friction mixing welding is a new joining process, which is a solid state. This welding method is widely used in aerospace, automotive, ship transport, machinery industry and rail systems. This method can be used by combining high strength aluminum alloys and other metal alloys which are difficult to combine with conventional welding methods. In this thesis, it is aimed to investigate the effect of tool pin profile, tool rotation speed and tool feedrate on mechanical properties which can be welded with friction mixing welding and welded connections. Different aluminum parts were welded. Structural investigations of the samples were performed and hardness measurement and compression values were measured. With these results, it was determined that welded aluminum parts which performed the joining process gave better results.

Keywords: *Friction mixing welding, tool rotation speed, aluminum alloy, mechanical properties, microstructure.*



1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze kadar insanoğlunun yaşamını kolaylaştırmak için geliştirilen alüminyum parçaların diğer malzeme çeşitlerine göre fiyatı daha uygundur. Ülkemizde gelişen büyüyen sanayi ile üretilen malzemelerden beklenen verimin istenilen düzeyde olmaması bizi daha yüksek verimli malzemeler bulunmasında veya üretilmesinde daha önemli etken olmuştur. [1]

Alüminyum malzemeler, kaynak kullanıma uygun metaldir. Alüminyum parçalara ısıtılma işlemi uygulanır. Alüminyum parçaların kaynak esnasında verimli bir sonuç vermesi için mukavemet değerlerini artırmak amaçlı ısıtılma işlemi uygulanır. Alüminyum parçalar birçok sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe araçlarda hafiflik sağlamak ve yakıt tasarrufu sağlamak amaçlı kullanılmaktadır. [2]

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi, çoğu kez istenilen malzemelerin ergime sıcaklığında belirli ısılarda bir araya getirilmesine örnek olan katı hal parçaları bir araya getiren bir uygulamadır. Bu birleştirme yönteminde kaynak yapılacak parçalardakine göre yüksek mukavemetli parçadan üretilen probe tasarlanmıştır. Kaynaklı birleştirme yapılan parçalarda, yüzeye çıkan sıcaklık ile yumuşayan parçaların probe ile birlikte yapılan kaynak ile birleştirme yöntemidir. [3,4]

Günümüzde birçok gelişen teknolojik kaynaklı birleştirme yöntemleriyle karşılaşılan birçok nedensel sıkıntıları çözüp, değişik yapılardaki metal parçaların kaynak ile birleştirilmesi yapılarak beklenen özellikteki metallerin oluşmasına olanak olmuştur.

1.1 Çalışma Konusu

Yaptığımız tez çalışmasında sürtünme karıştırma kaynağının uygulama alanları hakkında üniversitenin laboratuvar ortamında kaynak yapılması için gerekli olan kalıp, tutucu ve probe uçlarının üretilmesi ve farklı referans değerleri kullanılarak test edilmesidir.

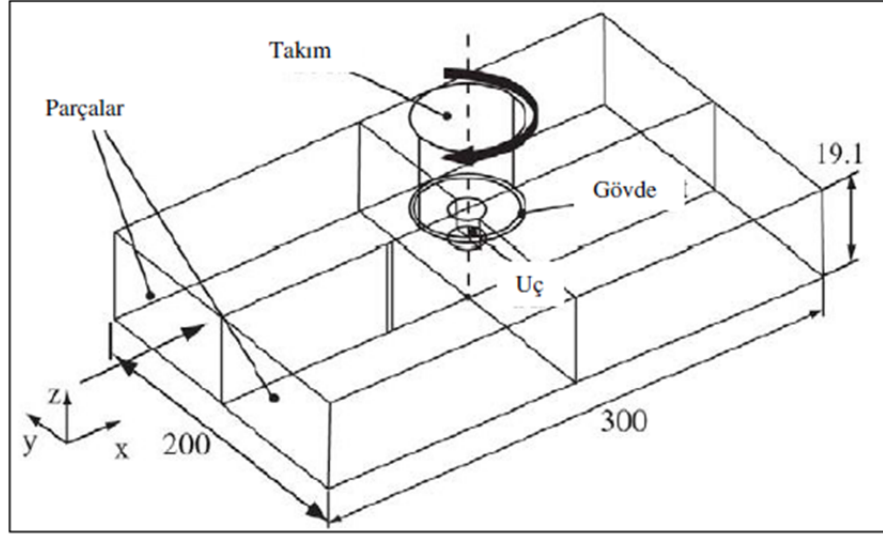
1.2 Tezin Amacı

Alüminyum, gelişen özelliği bakımından sanayi sektöründe çokça kullanılmaktadır. İletkenlik özelliğinin iyi oluşu, korozyon direncinin yüksek olması, düşük sıcaklıklarda emniyetli çalışabilmesinin yanında değişik elementlerle alaşım yaparak basit yapı çeliklerinin mukavemet değerlerine ulaşması ve değişik alaşımların özelliklerinden dolayı birçok endüstriyel alanlarda kullanılmaktadır.

1.3 Literatür Araştırması

Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi katı hal kaynak tekniği olup, alüminyum malzemelerin derecelerinden daha az bir sıcaklıkta bir araya getirme işlemidir. Sürtünme karıştırma kaynağı, sabit alüminyum iki alüminyum parçalara yüksek devirde dönen karıştırıcı takımın yüksek bir basma ile birleştirilen takımın kaynak haline getirilmesi uygun görülmesi gereken uzunlukta belli hareket etme hızında ilerlemesiyle gerçekleştirilir. Sürtünme karıştırma kaynağı ile birçok uzay uygulamasında fayda sağlar. Örneğin gereksiz kullanılacak birleştirme kaynakları daha az kullanılarak önemli derecede bütçe azaltmaları sağlanabilir [5]. Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen kaynak işlemi; yalnızca mekanik enerji ile iki alüminyum parça veya kalın tabakaların bir araya getirilmesi işlemidir.

Şekil 1.1'de sürtünme karıştırma kaynağı işlemi verilmiştir. Alüminyum parçalar dönen katı bir silindir uç ile birlikte çelik kalıp üzerinde bir araya gelmesinden oluşturulmuştur. Ana çelik kalıp kaynak yapılırken malzemelerin birbirine kaynak yapılmasını sağlaması için iki adet ince saç plaka ile dörder adet vida ile parçaların birbirinden ayrılmasını önlemektedir. Bu sayede kaynak bölgesinde oluşabilecek hatalar ve istenmeyen durumlar ve çatlaklıklar önlenir [6,7].



Şekil 1.1 Sürtünme karıştırma kaynak yöntemi [4]

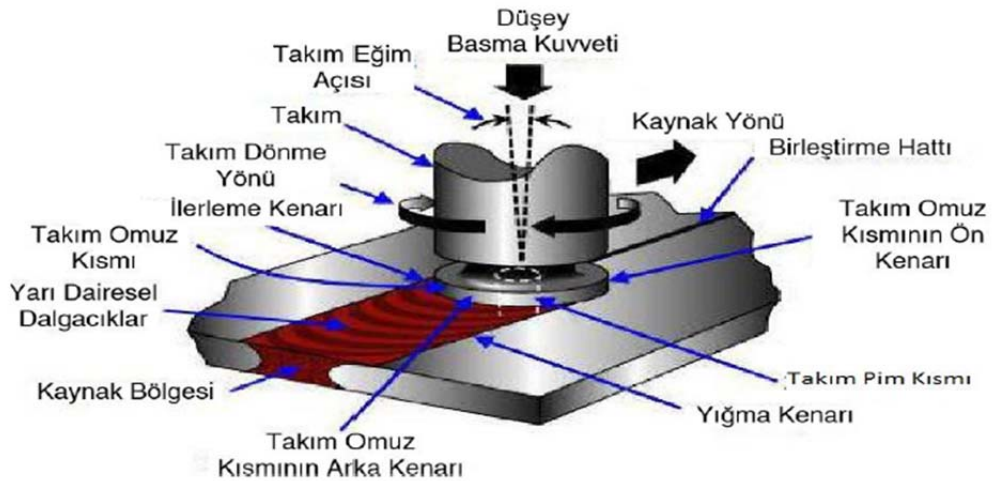


2. SÜRTÜNME KARIŞTIRMA KAYNAĞI

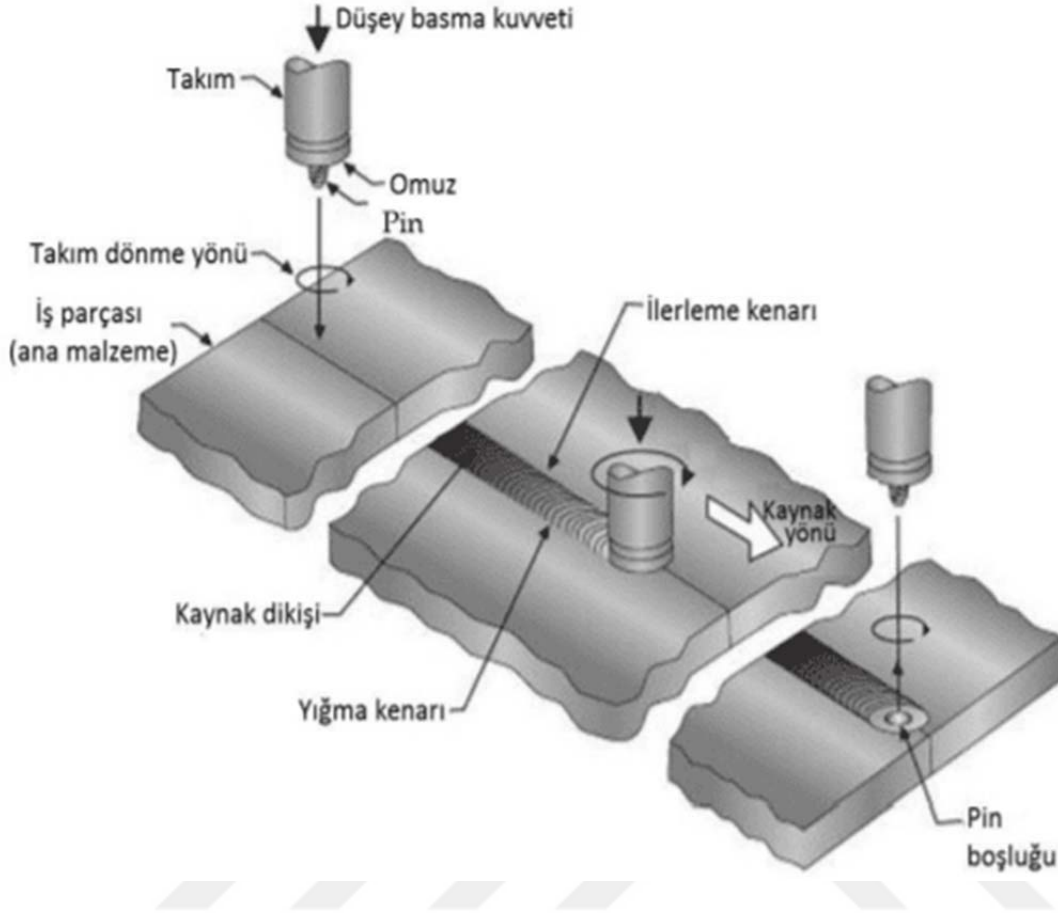
2.1 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Mekanizması

Sürtünme karıştırma kaynağı değişik yapılarıdaki alüminyum, bakır, magnezyum vb. Yumuşak malzemelerin sac tabakaların ya da genellikle iki ince levharın ergitme kaynak yöntemi ile birleştirilmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [8].

Kaynak birleştirme işleminde kullanılan takım (Şekil 2.1), takım pimi ve omuz olarak iki parçadan oluşmaktadır. Takım pimi kafa kafaya kaynak olacak şekilde sabitlenmiş levhanın yakın yüzeylerine daldırılır, parçanın omuz kısmı levhaların yüzey kısmına temas edecek şekilde ayarlanır. Kaynak derinliği, takım piminin derine dalma miktarıdır. Belirli bir devir hızıyla dönmesi sağlanan takım, sürtünmenin etkisiyle ısı oluşturur ve malzemeleri yumuşamasını sağlar. Yumuşayan malzemeler takımın dönme hareketi ile birlikte ilerleme hareketini bir arada yaparak levhalar boyunca birbirleriyle karışmasını sağlar ve kaynak dikişini oluşturur [9,10].



Şekil 2.1 Sürtünme karıştırma kaynağının şematik gösterimi



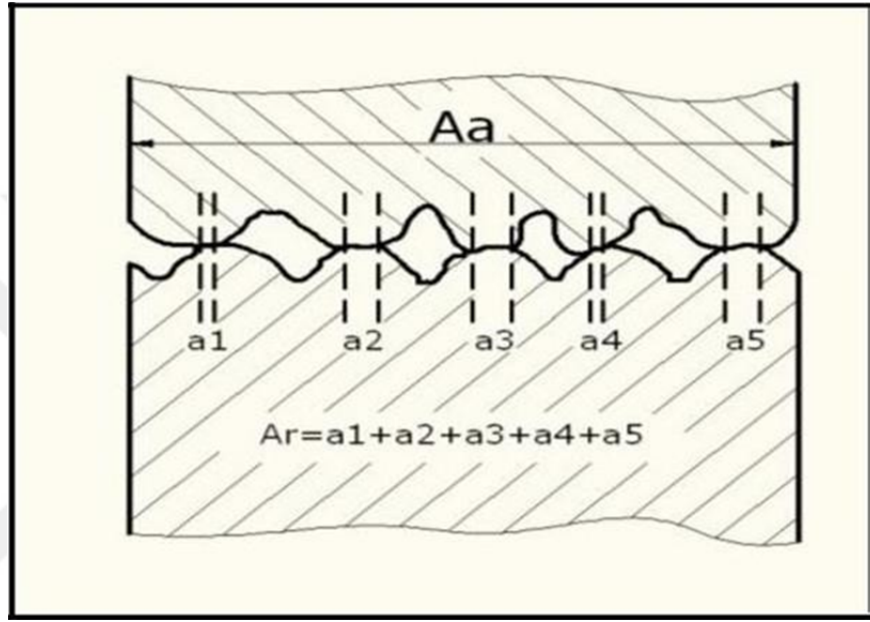
Şekil 2.2: Sürtünme-Karıştırma Kaynak Bölgeleri [10]

Birleşik iki parçanın kaynaklı birleştirme yapılırken parçanın ön yüzündeki kuvvetler ile parçanın kaynak esnasındaki hareketinden ötürü yüzeyde oluşan enerjiyi kinetik enerji adıyla bilinmektedir.

Parça yüzeyine temas eden kuvvetler bu süre zarfında kaynaklı parçaların temas edilen kısımları özellikleri, temas alanı ile belirlenmektedir. Kaynaklı parça alanı parçanın yüzey alanından büyük oranda küçüktür. Kaynaklı bölgeye temas eden yüzeyin mikro yapısını incelediğimiz zaman atomik parçaların kaynaklı kısımları pürüzsüz olmadığı anlaşılmaktadır. Kaynaklı bölgedeki parça yüzeylerinin bir bütün olarak yapışık olmadığı tespit edilmiştir. Parçalara başka bir kaynak işlemi yapılmadığı sürece değişik bir alan yüzeyi ortaya çıkar. Bu yüzey alanındaki farklılıklar; işlemi uygulayan takımların yapısal görüntüsünde, kaynaklı parçanın mikro yapı özellikleri ile birlikte freze makinesinde ortaya çıkan titreşime bağlıdır.

Kaynak yapılacak parçaların birbirlerinin üzerlerinde ileri geri hareketlerini sağlayan kuvveti belirtmektedir. Sürtünme, kaynaklı parçaların yüzeyleri arasında temas edebilen yüzey alanında oluşur. Yüzey alanları ile yüzeye dik etki sağlayan kuvvetler ile orantılıdır.

Sürtünme olan bölgenin yükseklik mertebesine göre temas yüzey alanının genişliğine bağlı olarak birlikte belirlenir. Bu olaydan dolayı, en başta büyüklük mertebesi alandan ötürü bulunması gerekir.



Şekil 2.3 Mikro yapıdaki yüzey alanının görüntüsü

Sürtünme karıştırma kaynağı, bir araya getirilmesi ön görülen iki kısımdan oluşan kaynaklı parçaların temas eden yüzeyine probe ucunun kendi ekseninde belirlenen belirli dönme hızında yavaş bir şekilde parçanın içine girmesi kaynak boyunca belirli ilerleme hızında ilerlemesi veya kaynak yapılacak alüminyum parçaların yüzey alanına probe ucu ile birlikte ortaya çıkan sürtünme kuvvetinin yardımıyla ortaya çıkan enerjiden faydalanarak kaynaklı parçaların yüzey alanlarında oluşan plastik şekil değiştirmeyi gerçekleştiren yöntemdir. Sürtünme karıştırma kaynağı sırasında probe ucu sürtünme süresi esnasında hareketsiz kalan yüzeylere bir dairesel kuvvet yardımı ile gerçekleştirilir. Parça yüzeylerine yardımcı olan kuvvet kaynak bölgesinde kaynaklı parçaların yüzey alanlarında meydana gelen plastik şekil değiştirme olabilmesi için yeterli seviyede sıcaklığa erişene kadar devam ettirilmektedir. Ortaya çıkan sıcaklıkla gerçekleşen parçaların yüzey alanında gerçekleşen kaynak işleminin bitmesinden

sonra probenin kaynak işlemi gerçekleşen parçalardan temas ettirilmesi kesilmesinin ardından freze makinesi kapatılarak kaynak bitirilir. Kaynak işlemi çeşitli aşamalardan geçirildikten sonra tek seferde kaynaklı birleştirme işleminin ardından gerçekleştirilecek probe' ucunun dalma derinliği ile kaynaklı parçaların kalınlıklarına ile belirlenir. Yapılan kaynak esnasında ilave parçalara ihtiyaç duyulmaz. Parçalarda ki kaynak ile yapılan birleştirme yöntemi kullanılmak istenen parçaların kalıplarına göre dairesel yada düz kesitli malzemelerin birleştirme işleminde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır, herhangi bir parçaların yada kaynak olacak alüminyum malzemelerin kaynak yapıldıktan sonraki işlemi otomatik olarak uygun bir kalıpta uygulanmaktadır. Sürtünme karıştırma kaynağı, parçalar ile buna benzer malzemelerin kaynak yapılma esnasında kullanılmasına uygun bir işlemdir [11,12].

2.2 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Avantajları ve Dezavantajları

Sürtünme karıştırma kaynağı birleştirilecek parçaların katı halde bir araya gelmesini sağlayarak kaynaklı birleştirme işlemi yapılırken meydana çıkabilecek kaynak esnasında oluşan hataları azaltarak daha verimli daha kaliteli kaynak işlemi sağlamaktadır. Bu kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için ve kaynak işlemin ekonomik açıdan daha hızlı olmasının avantajları vardır. Bunlar ise;

Avantajları;

- Kaynak kesitinde gözenek oluşmaz.
- bükülme veya burkulma diğer kaynak yöntemlerine göre düşük seviyededir.
 - Kaynak esnasında kıvılcım oluşmadığından duman olmaz.
 - Diğer kaynaklı birleştirmelere oranla enerji verimi yüksektir.
 - Alüminyum parçaların kaynaklı işlem sırasında koruyucu gaz gerekmez.
 - Kaynak esnasında parçaların birleşme sırasında kaynak teline gerek duyulmaz.

- Sürtünme Karıştırma Kaynağı ergitme kaynağı ile birleşmesi yapılan parçaların yorulma ve çekme testleri sonucunda daha iyi sonuçlar vermektedir.
- Kaynak esnasında sıçrama yapmaz.
- Kaynak bittikten sonra yüzey taşlamasına çok az ihtiyaç duyulur.

Yöntemin dezavantajları ise şunlardır:

- Alüminyum gibi hafif malzemelerin kaynak yapılmadan önce için sabitlenmesi gereklidir.
- Kalın levhaların kaynaklı birleştirme işlemi için güçlü ve kuvvetli tezgahlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- yüksek verimli kaynak işlemi gerçekleşmesi için birleştirmesi yapılacak parçalara kaynak ağzı açılmalıdır.
- İş parçalarının kaynak öncesi tezgaha bağlama süresi için çok fazla zaman harcanmaktadır.

2.3 Sürtünme Karıştırma Kaynağının Uygulama Alanları

Sürtünme karıştırma kaynağı birçok kaynaklı birleştirmelerin içinde en teknolojik gelişmiş doğaya herhangi zararlı gaz çıkışı olmaması bu avantajı sayesinde birçok sanayileşmiş bölgelerde ve birçok diğer sektörlerce de kullanıma başlanmıştır. Kaynak sırasında kıvılcım çıkmamış olması avantajıyla havacılık sektöründe, demiryollarında, otomotiv ve denizcilik sektörlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

2.3.1 Gemi yapım inşaatı ve denizcilik sanayisi

Sürtünme karıştırma kaynağının kullanıldığı yerler;

- Geminin iç panellerinde
- Geminin su içi ve dışındaki parçalarında
- Helikopterin zeminle temas eden bölgelerinde
- Büyük yük gemilerinde
- Soğuk hava depolarında



Şekil 2.4: Gemi alt bölmesinin yapım aşamasında SKK kullanımı

2.3.2 Havacılık sanayisi

Sürtünme karıştırma kaynağının kullanıldığı yerler;

- Uçak gövdesinde
- Uçak kanatlarında ve kuyruk kısmında
- Uçakların yakıt tanklarında
- Uzay araçlarının yakıt tanklarında
- Roketlerin yakıt tanklarında



Şekil 2.5: Havacılık endüstrisinde SKK kullanımı

2.3.3 Demiryolu sanayisi

Sürtünme karıştırma kaynağının kullanıldığı yerler ;

- Yeraltı maden taşımacılığı
- Yük vagonları
- Trenler, lokomotifler, tramvaylar



Şekil 2.6: Tren yapımında SKK kullanımı

2.3.4 Karayolu taşımacılığı

Sürtünme karıştırma kaynağının kullanıldığı yerler ;

- Araba jantları
- Araç motorları
- Araba şaselerinde
- Otobüs, vinç, karavanlarda
- Askeri araçlarda
- Kamyon kasası ve tır römork bağlantı yerlerinde



Şekil 2.7 Araç jant ve silindirlerin kullanımında



3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1 Kaynak İşlemine Başlamadan Önce Yapılan İşlemler



Şekil 3.1: Freze makinasının devir sayısının ayarlama göstergesi

Şekil 3.1 de Freze makinasının kaynak öncesi hangi devirlerde çalışılacağı değerlendirilmesi yapılmıştır. Hangi devir sayıları kaynak yapımına uygun olabileceği üstüne çalışmalar yapılmıştır. Karar verilen çalışma değerleri 1000, 1450, 1800 ve 2000 d/dk dır.



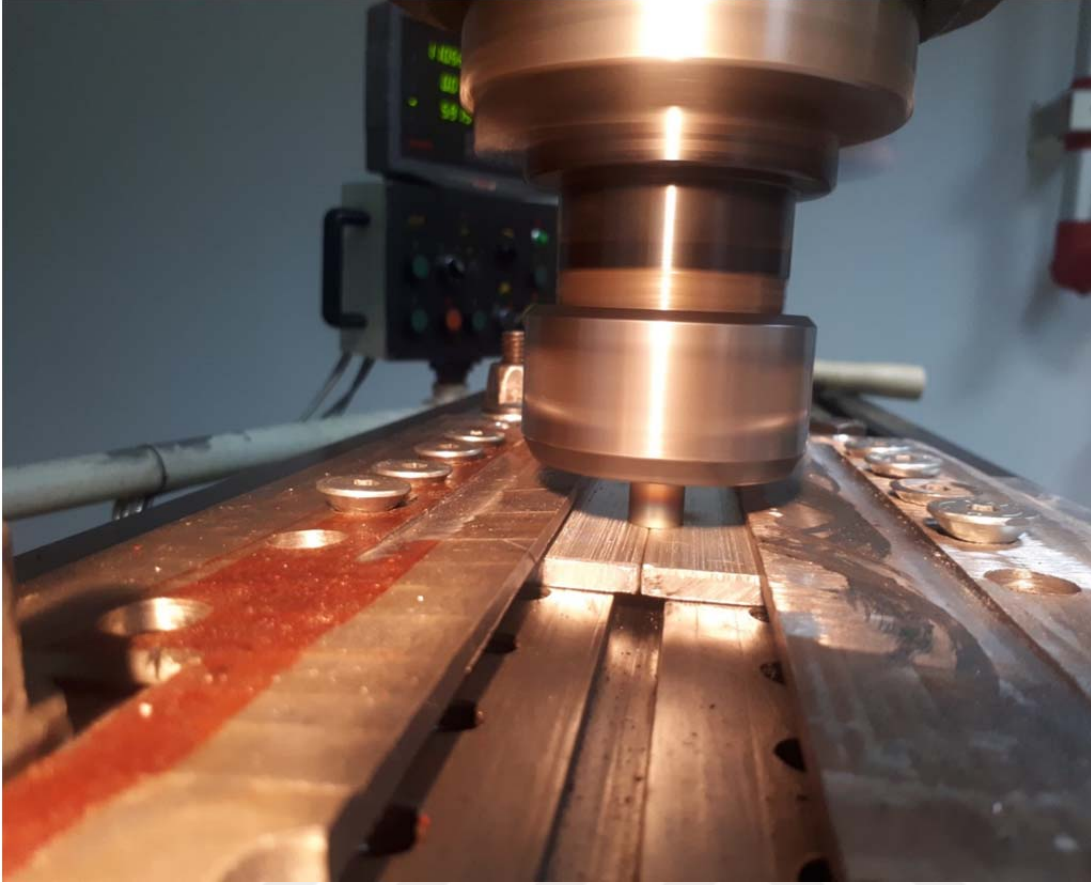
Şekil 3.2: Kaynak yapılan freze makinesi

Kaynak öncesi freze makinasına alt kalıp bağlanarak ve daha sonra iki adet alüminyum parçalar kalıp tutucularla sıkı bir şekilde alt kalıba sabitlenmiştir. Daha sonra hangi devir hızlarında kaynak yapılacağı belirlenmiştir.



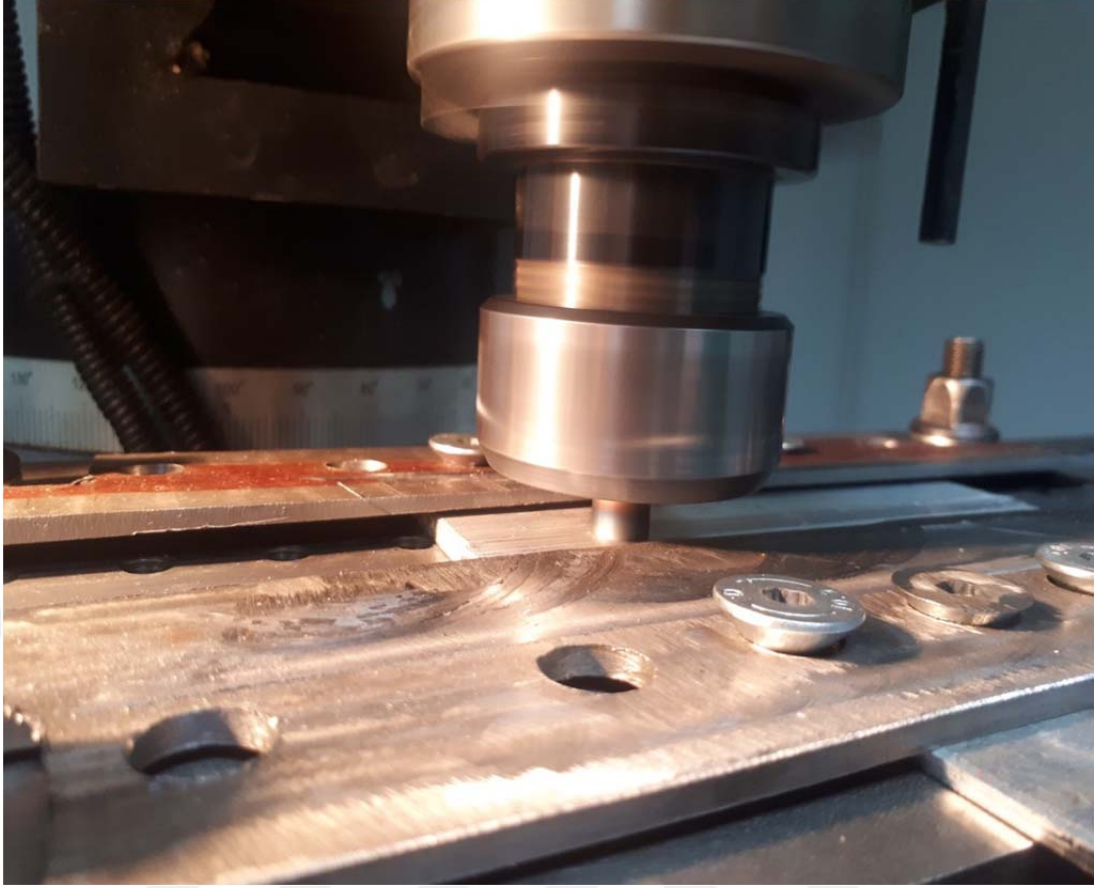
Şekil 3.3: Alüminyum Parçaların Alt Kalıba bağlanma İşlemi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi freze tezgahına bağlanan alt kalıp ve bu kalıbın üstüne 15 cm uzunluğunda 3 cm genişliğinde kesilen iki adet alüminyum parçalar karşılıklı yerleştirilerek kalıp tutucular ile sabitleştirilip kaynak yapılıp hazır hale getirilmiştir. Daha sonra ısıl işlemden geçirilen pürob ucu takılıp sabitlendikten sonra belli devir ve ilerleme hızlarıyla iki alüminyum parçaların sürtünme karıştırma kaynağı ile kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4: Kaynak ucunun alüminyum parçaya kaynak öncesi daldırılıp ısıtma işlemi

Yukarıdaki şekilde alt kalıbın üstüne bağlanan iki alüminyum parçaların kalıp tutucular yardımıyla 4 er adet vida ile sıkıldıktan sonra belli bir hızda iki alüminyum parçanın tam ortasına daldırılarak kaynak ucunun ısıtılıp kaynak yapılıır hazır hale getirilme işlemidir.



Şekil 3.5: Prob ucu ısıtıldıktan sonra belirli bir hız ve devirde ilerlemesi

Yukarıdaki şekilde bir önceki şeklimizde anlatılmak istenen ısınan purob'un kaynak yapma ısısına eriştikten sonra belirlenen devir ve belirli oranda ayarlanan ilerleme hızıyla kaynak işleminin gerçekleştiğini görmekteyiz.



Şekil 3.6: Kaynak öncesi hazırlanan alüminyum parçalar

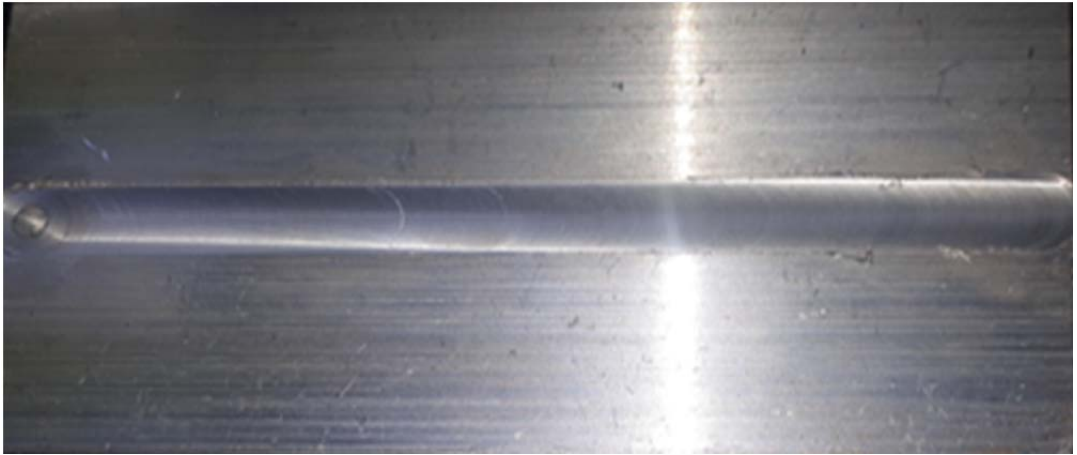
Kaynak öncesi freze tezgahına alt kalıbı 4 er adet vidalarla sabitledikten sonra iki adet kesilmiş alüminyum parçaları alt kalıba kalıp tutucular ile gene 4 er adet cıvatarla sabitledik ama karşımıza çıkan sorunlar vardı. Ortaya çıkan en büyük sorun kalıp tutucuların yeteri kadar düz olmadığından kesim esnasında kayıklık olmasından dolayı alüminyum parçaları ne kadar alyan anahtarlarıyla sıksakta yeterli sabitlemeyi sağlayamadığımız dan alüminyum parçalarda kaynak esnasında oynama gerçekleştiğinden ilk kaynak başarısızlıkla sonuçlandı. Bunun üzerine boşluk olan tutucuların altına ince saç plakalar yerleştirerek sıkı bi şekilde sabitledikten sonra yaptığımız kaynak gayet iyi sonuçlar alabildik.[13]

3.2 Kaynaklı Parçalar

Yukarıdaki prosedüre göre yapılan sürtünme-karıştırma kaynak birleştirmesi sonucunda elde edilen parçaların arka ve ön yüzleri Şekil3.7 ve Şekil 3.8 de gösterilmektedir.



Şekil 3.7: Kaynak sonrası parçanın arka yüzü



Şekil 3.8: Kaynak sonrası parçanın ön yüzü



Şekil 3.9: Kesilen deney parçaları

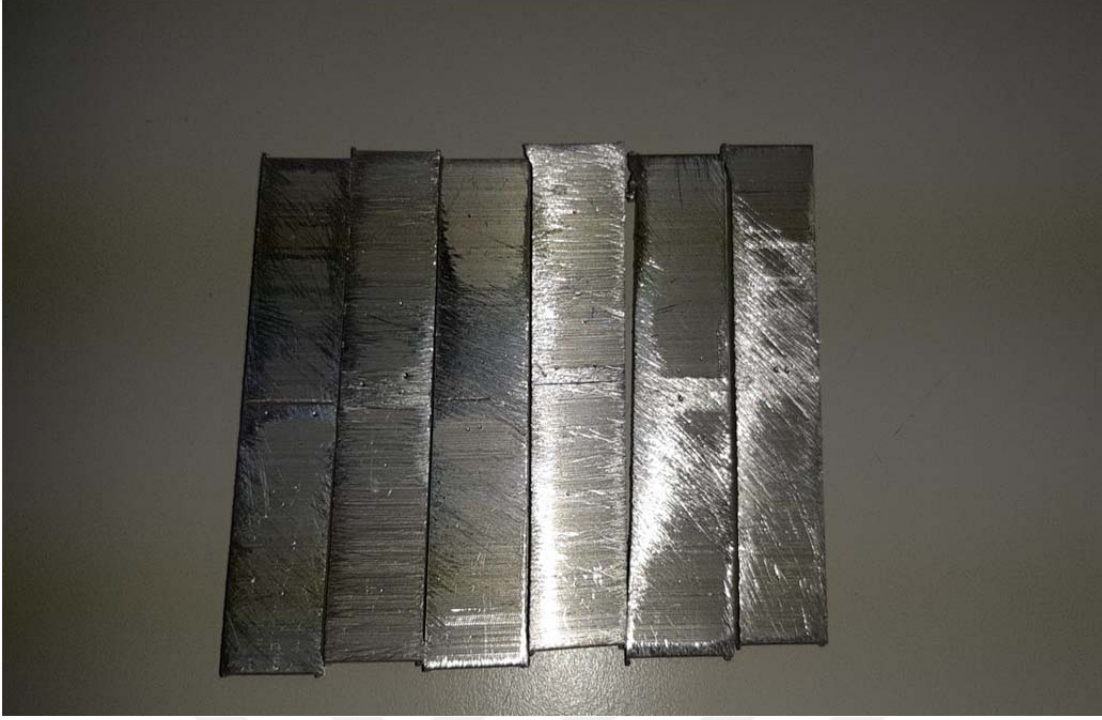
Yukarıdaki şekillerde kaynak sonrası kesilen parçaların belirli kesitleri gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Kaynak sonrası görünüm



Şekil 3.11: Kaynak sonrası alüminyum parçaların ilerleme hızı ve devir sayısına göre dağılımı



Şekil 3.12: Kesilen deney parçalarının çapak alındıktan sonraki görüntüleri

3.3 Sertlik Ölçümleri ve Üç-Nokta Eğme Deneyleri

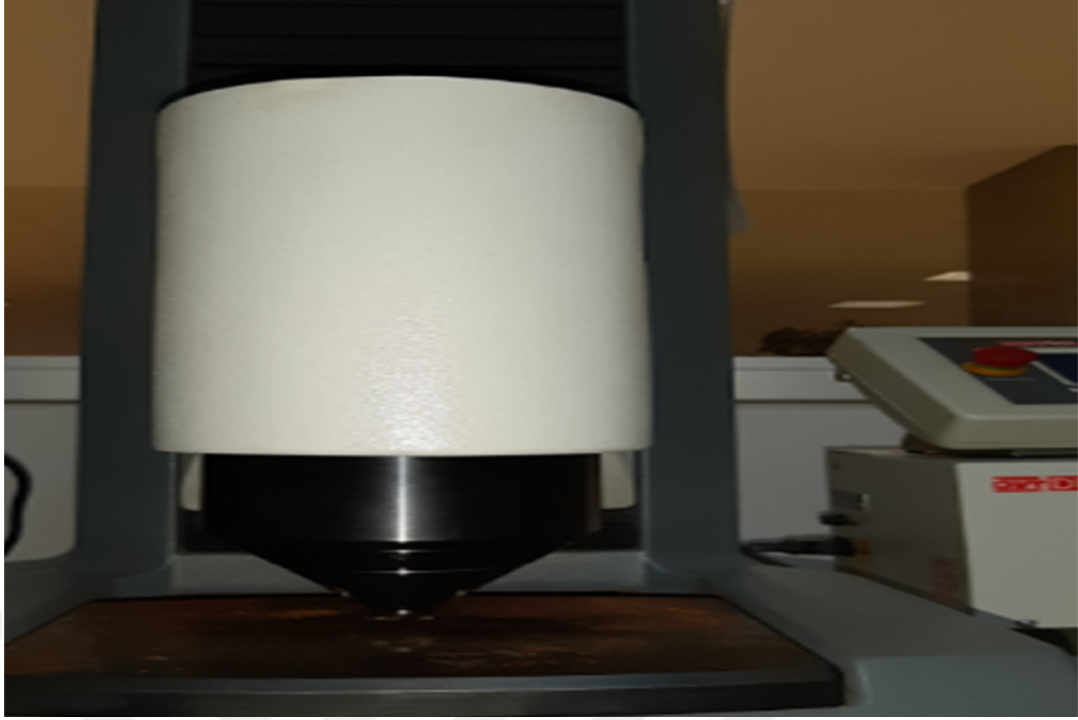


Şekil 3.13: Üç nokta eğme deneyinin yapıldığı makinemiz

Yukarıdaki üç nokta eğme deneyi yapılan basma makinesidir. Kaynaklı birleştirme yapılan alüminyum parçaların yukarıdan aşağı belirli basma kuvveti sonucu hangi kuvvet ve zaman diliminde parçanın kırılma olayı yani çatlaması gerçekleştiğini gösteren deneydir.



Şekil 3.14: Eğme testi sonrası çatlama görünümü



Şekil 3.15: Brinell sertlik deney makinesi görünümü

Brinell sertlik deney makinesi yukardaki şekilde görülmektedir. Şekilde görülen makinemizde kaynaklı birleştirme işlemi gerçekleşen alüminyum parçalarımızın küçük kalıplar halinde kesilerek hangi sertlik değerlerinde ne gibi tepkiler verdiğini belirleyen bir deneysel çalışmamızdır.



Şekil 3.16: Sertlik deneyi sonrası parça görünümü

Çizelge 3.1: Kaynaklı birleşmede kullanılan malzemeler

Numune No	Devir Sayısı(d/dk)	İlerleme Hızı(mm/dk)
1	2000	123
2	1600	124
3	1400	125

Çizelge 3.2: 1450 d/dk ‘daki sertlik ölçümleri

1450 d/dk		Sertlik Değerler			
Kaynak bölgesi	Ön kısım	68,35	66,44		
	Arka yüz	64,67	67,06		
Kaynak bölgesi dışı	Ön yüz	80,31	80,65	80,47	82,13
	Arka yüz	80,29	80,36	79,90	81,68

Kesilen numunelere Şekil 3.1 de gösterilen deney düzeneği kullanılarak, “üç nokta eğme testleri” uygulanmıştır. Bazı deney sonuçları Çizelge 3.2 ; 3.3 ve çizelge 3.4 ‘de verilmiştir.

Çizelge 3.3: 1000 d/dk ‘daki eğme testi sonuçları

1000 d/dk	Kalınlık (mm)	Genişlik(mm)	Düşey hareket(mm)	Kuvvet(N)
	6	17,2	1	450
			2	190

Çizelge 3.4: 1800 d/dk ‘daki eğme sonuçları

1800 d/dk	Kalınlık (mm)	Genişlik(mm)	Düşey hareket(mm)	Kuvvet(N)
	5	20,17	1	350
			2	410
			2,5	410

Çizelge 3.5: 2000 d/dk“ daki eğme testi sonuçları

2000 d/dk	Kalınlık (mm)	Genişlik(mm)	Düşey hareket(mm)	Kuvvet(N)
	5	19,60	1	130
			2	100

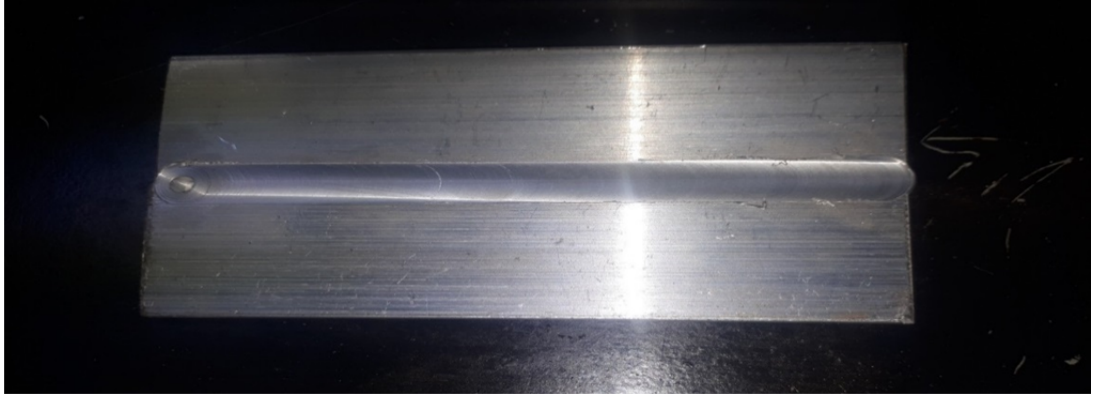
Yukarıdaki tablolardan da görülebileceği gibi, en yüksek eğme kuvveti 1450 d/dak da yapılan birleştirmelerde elde dirmiştir. 1000 d/dak da yapılan deneylerde de benzer sonuçlar bulunmasına rağmen, 1800 d/dak da birleştirilen parçalarda eğme dayanımı düşmektedir.



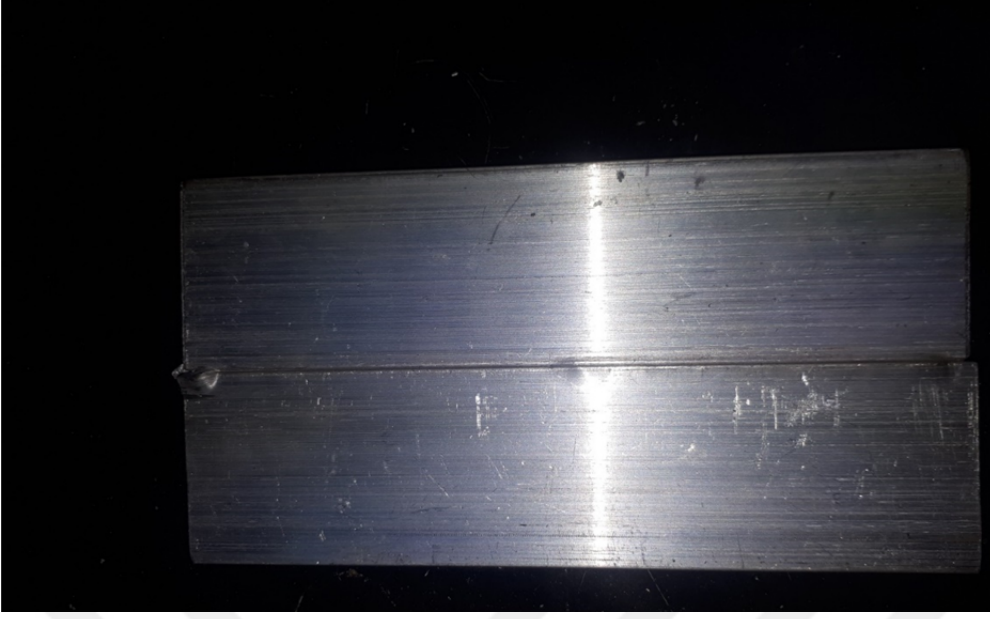
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

4.1 Alüminyum Parçaların Makro Değerlendirmesi

SKK ile kaynaklı birleştirme yapıldıktan sonra kaynaklı yüzey alanlarında önceki kısımlarda daralma olduğu saptanmıştır. Daha sonra farklı kaynak işlemleri uygulanarak kaynak yapılan kısımlarda kaynak bölgesindeki daralmalar yüzey kalitesi bunların hepsi bu süre zarfında farklılık görülmüştür. Kaynak yapılırken devir kısmı belirlendi ama ilerleme hızı manuel elle ilk kaynak işleminde kendimiz belirledik. Sonraki yapılan kaynaklarda ilerleme makineden otomatik verilmiştir. Bununla ilgili yapılan kaynaklı birleştirme örneğimiz aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.1: Kaynaklı birleştirme sonrası ön yüzü



Şekil 4.2: Kaynaklı birleştirme sonrası arka yüzü

4.2 Çalışma Sonuçları

Bu deneysel çalışma sırasında yapılan deney sonuçlarında, farklı parametreler kullanılarak skk'da yaptığımız kaynak yüzeylerinde önceki verilerden daha farklı veriler bulundu. Bulunan verilerin sonuçları aşağıda verilmiştir.

- 1050 AL (1400, 1800, 2000) dev/dk' da kaynaklı birleştirme yapılmıştır.
- Yüksek devir sayısı (1800) dev/ dk' da ve alçak devir sayısında (1000) dev/ dk' da ve farklı ilerleme hızlarında (düşük veya yüksek ilerleme hızları kullanarak) kaynak işlemleri gerçekleştirilmiştir.
- Kaynak sırasında probe ucunun yüksek devir ve alçak ilerleme seviyesinde daha yüksek ısı seviyesine ulaşarak dah kaliteli kaynak işlemi gerçekleştiği görülmüştür.
- Kaynak bölgesinin ara yüzeyinde devir sayısı düşük ilerleme hızı yüksek tutulunca kaynak yüzeyinde çatlamlar meydana geldiği tespit edilmiştir.
- Kaynak bölgesindeki veriler incelendiğinde kaynak numunelerinin kaynak dikişlerinde herhangi bir çatlak boşluk ve benzeri olumsuz bir etkiyle karşılaşılmamıştır.

4.3 Öneriler Ve Hedefler

Bu deneysel çalışmada kaynaklı birleştirmesi yapılan parçaların kalıpları ve yapılan alüminyum parçalarının kaynak ile birleştirme işlemleri beklenildiği gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Fakat kaynak yapılan bölgelerinin ısı işlemden geçirilen probenin olumlu sonuç vermesine rağmen probeye bağlı kaynak bölgelerinin geliştirilmesi gerektiği gözlenmektedir. Buda kaynak işlemleri yapılan alt tablanın ve alüminyum parçaları kaynak esnasında tutan tutucuları alt tablaya bağlayan vida delik sayılarının 6'ya çıkarılması ve kayar mesnet titremeden etkilenmemesi için daha sağlam bir şekilde sabitlenmesi gerektiğine karar verilmiştir. İlerde bu deneysel çalışmanın kullanılması için bu öneriler yapılarak ilerki dönemki testlerde büyük avantaj sağlanması ve probe ucunun kalın çaplı yapılmasında büyük avantaj sağlayacaktır.



KAYNAKLAR

- [1] **Anık, S.** (1960). Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynağı, ITÜ Yayınları, İstanbul.
- [2] **Çam, G.** (2001). Al-Alaşımları için Geliştirilen Yeni Kaynak Yöntemleri, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Kaynak Teknolojisi III. Ulusal Kongresi Bildiriler Kitabı, 19–20, S. 267–277, İstanbul, Ekim.
- [3] **Davis, C. J., Thomas, W. M.** (1996). Friction Stir Process Welds Aluminum Alloys, *Welding Journal*, Cambridge, U.K. March, 41-45.
- [4] **Diego, H. S., Guillermo, L., Santiago, U., Anibal, C., Luis A.V.** (2004). “Numerical modeling of welded joints by the "Friction StirWelding" process ”, *Materials Research*, 7(4), 569-57.
- [5] **Kasman, F. Kahraman, A.** (2016). Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AA7075-T651 Alüminyum Alaşımlarının Farklı Karıştırıcı Pim Geometrilerinin Kaynak Performansına Etkisinin incelenmesi, *International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*.
- [6] **Kulekçi, M. K., ğık, A.** (2003). Sürtünme karıştırma kaynağı ile alüminyum alaşımı levhaların birleştirilmesi ve elde edilen kaynaklı bağlantıların özellikleri” *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 3, 70– 75.
- [7] **Oğuz, B.** (1990). Demirdışı Metallerin Kaynağı Metalurji-Uygulama, Oerlikon Yayınları, İstanbul.
- [8] **Özdemir, N., Büyükarslan, S., Sarsılmaz, F.** (2007). Sürtünme Karıştırma Kaynak Yöntemi ile Birleştirilmiş AA1030 Alüminyum Alaşımında Karıştırıcı Uç Profili ve ilerleme Hızının Arayüzey Mikroyapı Değişimi Üzerine Etkisi, *Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi*, 19, (3), 407-415.
- [9] **Takhakh, M. A. ve Shakir, N.H.** (2012). Experimental and numerical evaluation of friction stirs welding of AA 2024-W aluminum alloy. *Journal of Engineering*, 18.
- [10] **Thomas, W. M., Nicholas, E. D.** (1997). Friction Stir Welding for the Transportation Industries, *Materials Design*, 18, 269-273.
- [11] **Tülbentçi, K.** (1990). Alüminyum ve Alaşımlarının Kaynağı, Böhler Yayınları. İstanbul.
- [12] **Yılmaz, S. S., Ünlü, B. S., Uzkut, M., Ertürk, D.** (2016) “Alüminyum Alaşımlarında Sürtünme Karıştırma Kaynağı ve Uygulamaları,” *Mühendis ve Makina*, cilt 57, 676, 56-63.
- [13] **Ayberk, R.** (2019) “Sürtünme Karıştırma Kaynağının Alüminyum Parçaların Birleştirilmesine Uygulanması ”



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ozan DOKTAŞ
Doğum Tarihi ve Yeri: 11.10.1988 / İstanbul
E-posta : doktasozan@gmail.com

• **Öğrenim Durumu**

Yüksek Lisans:: İstanbul Aydın Üniversitesi
Makine Mühendisliği Fakültesi
Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans 2017-2019

Ön Lisans: : Sakarya Üniversitesi Akyazı Meslek Yüksek Okulu
İklimlendirme – Soğutma Bölümü
2007 - 2009

Lisans:: Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Fakültesi
Makine Mühendisliği Bölümü 2010-2014
: Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi
İşletme Bölümü
2010-2014

Lise:: Halide Edip Adıvar Lisesi
2002-2005

Mesleki Deneyim

Türk Standartları Enstitüsü: Asansör Muayene Uzmanı
Ağustos 2015- Ocak 2019

Ünsalar Mühendislik : Doğalgaz Proje ve Saha Mühendisi
Ekim 2015 – Haziran 2016

Kalender Mühendislik: İklimlendirme – Soğutma Mühendisi
Kasım 2016 -

Aldağ Klima: Stajyer
AĞUSTOS 2013 – EYLÜL 2013

Beko – Arçelik : Stajyer
Haziran 2008 – Eylül 2008

Tekirdağ Yapı denetim : Kontrol Mühendisi **Ekim 2015 –**



