**PASLANMAZ ÇELİKLERİN TIG KAYNAĞINDA ARGON-HİDROJEN GAZ KARIŞIMININ MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE**

**ETKİSİ**

**2014**

**LİSANS TEZİ**

**MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Osman LEYLA**

**PASLANMAZ ÇELİKLERİN TIG KAYNAĞINDA ARGON-HİDROJEN GAZ KARIŞIMININ BİRLEŞTİRMELERİN MEKANİK VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Osman LEYLA**

**Karabük Üniversitesi**

**Teknoloji Fakültesi**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü**

**Lisans Tezi**

**Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK**

# Ocak 2011

Osman LEYLA tarafından hazırlanan “PASLANMAZ ÇELİKLERİN TIG KAYNAĞINDA ARGON-HİDROJEN GAZ KARIŞIMININ KAYNAKLI BİRLEŞTİRMENİN MEKANİK VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ” başlıklı bu tezin Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Raif BAYIR ..…….………...

Tez Danışmanı, Mekatronik Mühendisliği Bölümü

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Mekatronik Mühendisliği Bölümünde Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. ..... /…../2014

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu) İmzası

Başkan : Doç. Dr. Raif BAYIR (KBÜ) ……………….

Üye : Doç. Dr. Mustafa ANUTGAN (KBÜ) ……………….

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ŞİMŞİR (KBÜ) ……………….

....../….../2014

Doç. Dr. Raif BAYIR ……………….

Mekatronik Mühendisliği Bölüm Başkanı ……………….

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Osman LEYLA

**ÖZET**

**Lisans Tezi**

**PASLANMAZ ÇELİKLERİN TIG KAYNAĞINDA ARGON-HİDROJEN GAZ KARIŞIMININ BİRLEŞTİRMELERİN MEKANİK VE MİKROYAPI ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Osman LEYLA**

**Karabük Üniversitesi**

**Teknoloji Fakültesi**

**Mekatronik Mühendisliği Bölümü**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Raif BAYIR**

**Haziran 2014, 33 sayfa**

Bu çalışmada, AISI 304 (X5CrNi1810) türü östenitik paslanmaz çelik levhalar TIG kaynak yöntemi ile farklı koruyucu ortamlar kullanılarak birleştirilmiştir. Kaynak işlemleri saf argon, argon+%1,5 H2 ve argon+% 5 H2 olmak üzere üç farklı koruyucu gaz ortamında ve üç farklı kaynak akımında gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemleri aynı kaynak parametrelerinde hem alın alına hem de bindirme biçimde olmak üzere iki tür yapılmış ve tüm birleştirmelerde ilave metal olarak ER 308 L tipi ilave tel kullanılmıştır.

**Anahtar Sözcükler :** Paslanmaz çelik, TIG kaynağı, karışım gaz, yorulma, mikroyapı ve mekanik özellikler.

**Bilim Kodu :** 701.3.019

**TEŞEKKÜR**

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yorulma deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Fakültesi öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Aydın ŞIK’a teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER**

**Sayfa**

KABUL ii

ÖZET iv

ABSTRACT vi

TEŞEKKÜR viii

İÇİNDEKİLER ix

ŞEKİLLER DİZİNİ xii

ÇİZELGELER DİZİNİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xvi

BÖLÜM 1. 1

GİRİŞ 1

BÖLÜM 2. 4

PASLANMAZ ÇELİKLER 4

2.1. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ 5

2.1.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler 6

2.1.2. Martenzitik Paslanmaz Çelikler 9

2.1.3. Östenitik-Ferritik (Çift Fazlı ) Paslanmaz Çelikler 10

2.1.4. Çökelme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler 11

2.1.5. Östenitik Paslanmaz Çelikler 12

2.1.5.1. Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti 15

BÖLÜM 3. 23

TIG KAYNAĞI 23

3.1. TIG KAYNAĞI AKIM ÜRETEÇLERİ 25

3.2. TIG KAYNAK ELEKTROTLARI 28

3.3. KORUYUCU GAZLAR 30

3.4. TIG KAYNAK YÖNTEMİNİN UYGULAMA ALANLARI 33

**Sayfa**

BÖLÜM 5. 52

DENEYSEL ÇALIŞMALAR 52

5.1. ANA MALZEME VE İLAVE METAL 52

5.2. KORUYUCU GAZ 54

5.3. KAYNAK MAKİNASI 55

5.4. NUMUNE HAZIRLAMA 55

5.5. SERTLİK TESTİ 56

5.6. ÇEKME TESTİ 57

5.7. EĞME TESTİ 59

5.8. ÇENTİK DARBE TESTİ 60

5.9. YORULMA TESTİ 61

5.10. MİKROYAPI ÇALIŞMALARI 64

BÖLÜM 6. 67

DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA 67

6.1. SERTLİK TESTİ 67

6.2. ÇEKME DENEYİ 68

6.3. EĞME DENEYİ 73

6.4. ÇENTİK DARBE DENEYİ 74

6.5. YORULMA DENEYİ 75

6.6. MİKROYAPI ÇALIŞMALARI 85

BÖLÜM 7. 90

SONUÇLAR 90

KAYNAKLAR 93

ÖZGEÇMİŞ 112

**ŞEKİLLER DİZİNİ**

**Sayfa**

Şekil 2.1. Değişik paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları 7

Şekil 2.2. Ferritik paslanmaz çeliğin mikroyapısı 9

Şekil 2.3. Martenzitik paslanmaz çeliğin mikroyapısı 10

Şekil 2.4. Östenitik-ferritik (Çift fazlı) paslanmaz çeliklerin mikro yapısı 11

Şekil 2.5. Östenitik paslanmaz çeliğin mikro yapısı 14

Şekil 2.6. Östenitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları ve özellikleri 14

Şekil 2.7. 18Cr/8 Ni (0,10 C)'lu paslanmaz çeliğin tane sınırlarında oluşan

karbür çökelmesi 16

Şekil 2.8. Krom karbür çökelmesi sonucu hassas bölgede oluşan korozyon 16

Şekil 2.9. Paslanmaz çelik kaynak metalinde mikro yapının belirlenmesinde

kullanılan Schaeffler diyagramı 18

Şekil 2.10. Katılaşma faz sınırlarını da içeren WRC-1992 diyagramı 19

Şekil 2.11. 20 Cr/10 Ni’li ve %3 ferrit içeren paslanmaz çelik 20

Şekil 2.12. 780 oC’da 100 saat ısıl işlem uygulanmış ve sigma fazı çizgileri

oluşmaya başlamış östenitik paslanmaz çeliğin iç yapısı 21

Şekil 2.13. 780 oC’da 500 saat ısıl işlem uygulanmış ve sigma fazı çizgileri

oluşmaya başlamış östenitik paslanmaz çeliğin iç yapısı 22

Şekil 3.1. TIG Kaynak yönteminin şematik gösterimi 23

Şekil 3.2. TIG kaynak donanım şeması 25

Şekil 3.3. TIG kaynağında arkta yük taşıyıcıların üç farklı hareketi 27

Şekil 3.4. TIG kaynak elektrodlarının taşlanması (Doğru akımda) 29

Şekil 3.5. Elektrod çapına göre elektrod uçları (Alternatif akımda) 30

Şekil 4.1. Yorulma çatlağının oluşumu 37

Şekil 4.2. Demir ve demir dışı malzemelere ait tipik Wöhler eğrileri 38

Şekil 4.3. Yorulma deneyi ile ilgili gerilme-zaman çevrimi 40

Şekil 4.4. Yorulma kırılmasına ait örnekler 48

Şekil 4.5. Çalışma koşullarında yorulma kırılmasına ait örnekler 48

Şekil 4.6. Kaynaklı birleştirmelerde yorulma kırılmasına ait örnekler. 49

-**ÇİZELGELER DİZİNİ**

**Sayfa**

Çizelge 2.1. Paslanmaz çelik gruplarına ait fiziksel özellikler 8

Çizelge 2.2. Yaygın olarak kullanılan östenitik paslanmaz çelik türleri 13

Çizelge 3.1. Tungsten elektrodların kimyasal bileşimleri, renk kodları

ve bazı özellikleri 28

Çizelge 3.2. Çeşitli metallerin TIG kaynağı için önerilen koruyucu gazlar

ve elektrodlar 32

Çizelge 3.3. Argon ve helyum gazlarının TIG yönteminde davranışlarının

karşılaştırılması 33

Çizelge 5.1. Ana malzemenin kimyasal bileşimi 53

Çizelge 5.2. İlave metalin kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri 54

Çizelge 5.3. Birleştirme işleminde kullanılan kaynak parametreleri 55

Çizelge 6.1. Numune grup ve özellikler 76

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

**SİMGELER**

Creş : krom eşdeğerliliği

Nieş : nikel eşdeğerliliği

Ag : gümüş

Al : alüminyum

Ar : argon

Au : altın

Cu : bakır

H2 : hidrojen

He : helyum

Mo : molibden

Ni : nikel

erf(z) : hata işlevi

: birim hacim ağırlığı

(x) : gama işlevi

: kutupsal açı

: normal gerilme

c : tek eksenli basınç dayanımı

**KISALTMALAR**

AISI : American Iron and Steel Institute (Amerika Demir ve Çelik Enstitüsü)

ASTM : American Society for Testing and Materials

AWS : American Welding Society

DIN : Deutch Industrie Normen (Alman Endüstri Normları)

EN : Avrupa Normu

IIW-IIS : Uluslararası Kaynak Enstitüsü

ITAB : ısı tesiri altında kalan bölge

**BÖLÜM 1**

**GİRİŞ**

Paslanmaz çelikler, esas olarak mükemmel korozyon dirençlerinden dolayı tercih edilmektedirler. Bileşimlerinde en az %12 krom bulunan çelikler “paslanmaz çelik” olarak adlandırılırlar. Tüm paslanmaz çeliklerin [korozyon direnci](http://www.itusozluk.com/goster.php/korozyon+direnci), çok yoğun ve koruyucu bir krom oksit (ince pasif yüzey) tabakasının oluşmasına dayanır. Korozyona karşı korumayı sağlayan bu mekanizmanın anlamı şudur; çeliğin yüzeyindeki pasif tabaka kırıldığında çelik bölgesel olarak korozif saldırıya uğrar ve bu şekilde aktif hale gelen bölgede metalin [korozyon](http://www.itusozluk.com/goster.php/korozyon)u devam eder. Bu yüzden [oyuklanma](http://www.itusozluk.com/goster.php/oyuklanma) ve [çatlak korozyonu](http://www.itusozluk.com/goster.php/%e7atlak+korozyonu), gerilmeli ve tane sınırı korozyonu gibi bölgesel korozyon tipleri genellikle genel korozyondan daha kritiktir. Bu nedenlerle çeliğe ilave edilen bazı alaşım elementleri, bölgesel saldırılara oldukça etkili karşı koyabilme özelliği kazandırmaktadır. Oyuklanma ve çatlak korozyonuna karşı direnç, katı çözeltiler şeklindeki [Cr](http://www.itusozluk.com/goster.php/cr), [Mo](http://www.itusozluk.com/goster.php/mo), [Ni](http://www.itusozluk.com/goster.php/n) içerikleri ile arttırılır. Paslanmaz çelikler genellikle beş ana grupta toplanırlar: Bunlar; ferritik paslanmaz çelikler, martenzitik paslanmaz çelikler, çift fazlı (dublex) paslanmaz çelikler, çökeltme sertleşmesi uygulanabilen paslanmaz çelikler ve östenitik paslanmaz çeliklerdir.

Çizelge 1.1.Paslanmaz çelik gruplarına ait fiziksel özellikler [7].

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Fiziksel Özellikler** | **Östenitik paslanmaz çelikler** | **Ferritik**  **paslanmaz çelikler** | **Martenzitik**  **paslanmaz çelikler** | **Çökelme ile sertleşebilen**  **paslanmaz çelikler** |
| **Elastisite Modülü**  (GPa) | 195 | 200 | 200 | 200 |
| **Yoğunluk**  (g/cm³) | 8,0 | 7,8 | 7,8 | 7,8 |
| **Isıl Genleşme Katsayısı**  (µm/m°C) | 16,6 | 10,4 | 10,3 | 10,8 |
| **Isıl iletkenlik**  (W/mk) | 15,7 | 25,1 | 24,2 | 22,3 |
| **Özgül Isı**  (J/k °K) | 500 | 460 | 460 | 460 |

**BÖLÜM 2**

# PASLANMAZ ÇELİKLER

Günümüz endüstrisinin vazgeçilmez malzemeleri arasına giren paslanmaz çelikler esas itibari ile demir, karbon ve çoğu zamanda nikel içeren alaşımlar olup başlıca özelliklerini kroma borçludurlar. Demir alaşımlarının korozyon dayanımlarını arttırmak için geliştirilmiş bir türü olan paslanmaz çeliklerin, uygulama alanlarının her geçen gün artarak devam etmesinin temel nedeni korozif ortamlarda, mekanik özelliklerini yitirmeden gösterdikleri yüksek korozyon dirençleridir. Paslanmaz çeliğin paslanmazlık özelliğine sahip olabilmesi için en az % 12 Cr içermesi gerekir [1].

## 2.1. PASLANMAZ ÇELİK TÜRLERİ

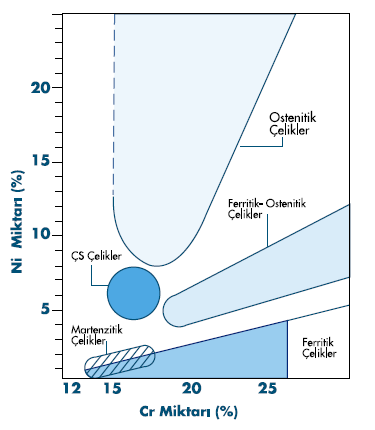
Paslanmaz çeliklerde kimyasal bileşim değiştirilerek farklı özelliklerde alaşımlar elde edilebilir. Krom miktarı yükseltilerek veya nikel ve molibden gibi alaşım elementleri katılarak korozyon dayanımı artırılabilir. Bunun dışında bakır, titanyum, alüminyum, silisyum, niyobyum ve selenyum gibi bazı elementlerle alaşımlama ile ilave olumlu etkiler sağlanabilir. Paslanmaz çeliklerde içyapıyı belirleyen en önemli alaşım elementleri, önem sırasına göre krom, nikel, molibden ve mangandır. Bunlardan öncelikle krom ve nikel içyapının ferritik veya östenitik olmasını belirler (Şekil 2.1.).

### 

### 2.1.1. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Ferritik paslanmaz çelikler, içeriğindeki alaşım elementlerinin özellikle karbonun miktarına bağlı olarak % 16-30 Cr içerirler, manyetiktirler, soğuk veya sıcak olarak

haddelenebilirler [1].



Şekil 2.1. Değişik paslanmaz çelik türleri için nikel ve krom miktarları (ÇS: Çökeltme sertleşmesi uygulanabilen) [5].

Krom oranı % 20’den daha fazla olan ferritik paslanmaz çelikler 550 oC ve 850 oC arasındaki sıcaklıklarda uzun süre tavlandıklarında sigma (σ) fazı oluşur. Yüksek sıcaklıktaki uygulama sırasında ortaya çıkan bu durum, çeliğin sertliğini artırdığı için bazen yararlı olabilir, ancak gevrekleşmeye neden olduğu ve korozyon direncini azalttığı için genellikle istenmez [1].

**2.1.1.1. Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti**

Paslanmaz çeliklerin büyük bir bölümünün kaynak kabiliyeti yüksektir ve ark kaynağı, direnç kaynağı, elektron ve lazer ışın kaynakları, sürtünme kaynağı ve sert lehimleme gibi çeşitli kaynak yöntemleri ile kaynak edilebilirler [10].

**KAYNAKLAR**

* 1. Anil, K. S., “Dynamic strain ageing of various of steels”, ***Metallurgical Transactions A***, 13 (A): 1793-1798 (1982).
  2. Goto, S., Levec, J. and Smith, J. M., “Mass transfer in packed ebds with twophase flow”, ***Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev***., 14 (2): 473-485 (1975).
  3. Goto, S., Levec, J. and Smith, J. M., “Mass transfer in packed ebds with twophase flow”, Heat Transmission 2nd ed. , ***Mc Graw Hill***, New York, 278-292 (1942).
  4. Mc Adams, W. H., “Heat Transmission 2nd ed.”, Çeviri Editörü/Editörleri, ***Mc Graw Hill***, New York, 278- 292 (1942).
  5. Tosun, A., “Yaşlandırılan çift fazlı çeliklerin mekanik davranışlarının incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi,  ***Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Zonguldak, 30-40 (2007).
  6. Toppare, L., “Elektrokimyasal yöntemle 4-bromstrien ile α-metilstirenin kopolimerleşmesi”, ***II. Ulusal Makromolekül Sempozyumu***, İzmir, 85-96 (1985).

* 1. Baran, I. and Kasparek, M., “Marine turtles of Turkey; Status survey 1988 and recommendations for conversation and management”, ***WWF Report, Heidelberg***, 123-130 (1989).
  2. İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu “2004 Belediye Atıksu İstatistikleri” **http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=416** (2004).
  3. Mc Adams, W. H., “Heat Transmission 2nd ed.”, ***Mc Graw Hill***, New York, 278- 292, 301-308, 615-621, 688-690 (1942).

**ÖZGEÇMİŞ**

Osman LEYLA 1980 yılında Karabükte doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Kiremithane Endüstri Meslek Lisesi Metal İşleri Bölümü’nden mezun oldu. 1990 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü’nde öğrenime başlayıp 1994 yılında iyi derece ile mezun oldu. 1995 yılında Adana Metal İşleri Çıraklık Eğitim Merkezi’nde öğretmen olarak göreve başladı. 2002 yılında Ankara Ulus Endüstri Meslek Lisesi’nde bir süre çalıştıktan sonra UNICEF destekli “Haydi Kızlar Okula” projesinde, daha sonra MEGEP projesinde eş uzman olarak görev yaptı. 2006 yılında ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metal Eğitimi Anabilim Dalı’nda tamamladı. 2007-2008 yıllarında Pamukkale Üniversitesi’nde çalıştı. 2009 yılında Karabük Üniversitesi’nde göreve başladı ve halen aynı yerde çalışmaya devam etmektedir.

**ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Karabük Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (505) 457 7257

E-posta : [gozutoke@hotmail.com](mailto:gozutoke@hotmail.com)

.