



T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AISI 430 FERRİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN
BİRLEŞTİRİLMELERİNDE KULLANILAN FARKLI KAYNAK
YÖNTEMLERİNİN YÜZEY PARLATMA ÜZERİNE
ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur ÖZKAYA

OCAK

UÇUR ÖZKAYA	MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI	OCAK 2023
-------------	-----------------------------------	-----------

**AISI 430 FERRİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN
BİRLEŞTİRİLMELERİNDE KULLANILAN FARKLI KAYNAK
YÖNTEMLERİNİN YÜZEY PARLATMA ÜZERİNE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Uğur ÖZKAYA

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Uğur ÖZKAYA tarafından hazırlanan “AISI 430 Ferritik Paslanmaz Çeliklerin Birleştirilmesinde Kullanılan Farklı Yöntemlerinin Yüzey Parlatma Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan: Prof. Dr. İbrahim KELEŞ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye: Doç. Dr. Levent UĞUR

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Savunma Tarihi: 16/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit Yıldırım

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Uğur ÖZKAYA

16/01/2023

AISI 430 FERRİTİK PASLANMAZ ÇELİKLERİN BİRLEŞTİRİLMELERİNDE
KULLANILAN FARKLI KAYNAK YÖNTEMLERİNİN YÜZEY PARLATMA
ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Uğur ÖZKAYA

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Paslanmaz Çelikler sahip oldukları üstün özelliklerden dolayı endüstrinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadırlar. Üstün oldukları başlıca özellikler ise korozyon direnci, imalat kolaylıkları ve hijyenik olmalarıdır. Endüstride ağırlıklı olarak en çok östenitik paslanmaz çeliklerin kullanımı olmasına karşın ferritik paslanmaz çeliklerinde tercih edildiği ve kullanıldığı birçok alan vardır. Paslanmaz çelikler farklı kaynak yöntemleri kullanılarak birleştirilmektedir. Paslanmaz çeliklerin endüstrideki kullanım alanına bağlı olarak kaynak birleşme çizgilerinin görünmesi pek tercih edilmemektedir. Bu sebeple kaynak işlemi sonrası paslanmaz çeliklere yüzey parlatma işlemi uygulanarak belirgin olan bu birleştirme çizgileri giderilmektedir. Kaynak işlemi sonrası uygulanan yüzey parlatma işlemi ekstra maliyet yükü oluşturduğu için sektörde bu işlemin ya tamam ortadan kaldırılması ya da min. bir değere indirgenmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmada AISI 430 ferritik paslanmaz çeliklerin birleştirilmelerinde kullanılan farklı kaynak yöntemlerinin yüzey parlatma üzerine etkilerini incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada 0,9 mm ferritik paslanmaz sacı üç farklı kaynak yöntemiyle birleştirilerek yüzey parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan deneysel çalışmalar korozyon ve yüzey pürüzlülük testine tabi tutularak sonuçları değerlendirilmiştir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda AISI 430 ferritik paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetinin çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kaynaklı birleştirme sonrası oluşacak çizginin giderilmesi için yapılan deneysel çalışmalara bağlı olarak en uygun birleştirme metotlarının lazer ve plazma kaynak olduğu tespit edilmiştir. Ancak kullanılacak olan malzemenin kullanım alanı göz önünde bulundurularak yüzey kalite beklentisini karşılanması adına uygun makine, uygun kep ve uygun akım grubunun ayarlanması gerekli olduğu ortaya çıkmıştır. Bu tez çalışması toplam on bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde giriş, ikinci bölümde paslanmaz çelikler hakkında bilgi, üçüncü bölümde ise kaynak hakkında gelen bilgi aktarılmıştır. Dördüncü, beşinci ve altıncı bölümde kaynak metotları hakkında bilgi, yedinci bölümde yüzey parlatma, sekizinci bölümde deneysel çalışmalar, dokuzuncu bölümde bulgular ve tartışma paylaşılmıştır. Onuncu bölümde ise sonuç ve değerlendirmeler yer almaktadır.

Sayfa Adeti : 108
Anahtar Kelimeler : Paslanmaz, 430, Plazma kaynak, Lazer kaynak, Tig kaynak, Ferritik, Yüzey parlatma, Minitab
Danışman : Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT WELDING
METHODS USED IN THE JOINING OF AISI 430 FERRITIC
STAINLESS STEELS ON SURFACE POLISHING

(M. Sc. Thesis)

Uğur ÖZKAYA

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Stainless Steels are used in almost every field of industry due to their superior properties. The main features they excel at are corrosion resistance, ease of manufacture and hygienic. Although mostly austenitic stainless steels are used in the industry, there are many areas where ferritic stainless steels are preferred and used. Stainless steels are combined using different welding methods. Depending on the field of use of stainless steels in industry, it is not very preferable to have weld junction lines appear. For this reason, these obvious joining lines are eliminated by applying surface polishing to stainless steels after welding. Since the surface polishing process applied after the welding process creates an extra cost burden, this process can either be completely eliminated or reduced in the industry. Studies are being conducted to reduce it to a value. In this study, the effects of different welding methods used in the joining of AISI 430 ferritic stainless steels on surface polishing were investigated. In this study, 0.9 mm ferric stainless steel sheet was combined with three different welding methods and subjected to surface polishing. The experimental studies were subjected to corrosion and surface roughness tests and their results were evaluated. As a result of the experimental studies, it was found that the welding ability of AISI 430 ferritic stainless steels is very high. Depending on the experimental studies conducted to eliminate the line that will form after the welded joint, it has been determined that the most suitable joining methods are laser and plasma welding. However, considering the area of use of the material to be used, it has become clear that it is necessary to set the appropriate machine, appropriate cap and appropriate current group in order to meet the surface quality expectation. This dissertation consists of a total of ten chapters. In the first part, an introduction is given, in the second part, information about stainless steels is given, and in the third part, incoming information about welding is given. In the fourth, fifth and sixth chapters, information about welding methods, surface polishing in the seventh chapter, experimental studies in the eighth chapter, findings and discussion were shared in the ninth chapter. The tenth section contains the results and evaluations.

Page Number : 108
Key Words : Stainless, 304, Plasma welding, Laser welding, Tig welding,
Ferritic, Surface polishing, Minitab
Supervisor : Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamda bana her zaman akademik görüş ve düşünceleriyle yol gösteren Sn. Prof. Dr. Mehmet Burak BİLGİN'e teşekkür ederim. Tezin deneysel çalışmasındaki yardımlarından dolayı SILVERLINE Endüstri ve Ticaret A.Ş. ve değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca manevi desteklerinden dolayı SILVERLINE Endüstri ve Ticaret A.Ş. Yönetim Kurulu Üyesi Hüseyin ALIŞ'a teşekkür ederim. Desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman eksik etmeden bu çalışmada beni yalnız bırakmayan eşim Gülsenem ÖZKAYA, kızım Esila Öykü ÖZKAYA ve oğlum Kuzey ÖZKAYA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xv
RESİMLER DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ.....	1
2. PASLANMAZ ÇELİKLER.....	3
2.1. Paslanmaz Çeliklerin Tarihçesi	5
2.2. Paslanmaz Çeliklerin Üstün Özellikleri	6
2.2.1. Korozyon dayanımları	6
2.2.2. Yüksek ve düşük sıcaklık dayanımları	6
2.2.3. Mekanik dayanımları	6
2.2.4. İmalat kolaylıkları.....	7
2.2.5. Görünümleri	7
2.2.6. Hijyenik özellik	7
2.2.7. Uzun ömürlülük.....	7
2.3. Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları	7
2.4. Paslanmaz Çeliklerin Alaşım Elementleri ve Metalurjik Etkilerinin incelenmesi .	11
2.4.1. Karbon(C) elementinin etkisi	11
2.4.2. Mangan (Mn) elementinin etkisi	11
2.4.3. Silisyum (Si) elementinin etkisi	11

	Sayfa
2.4.4. Fosfor (P) elementinin etkisi	11
2.4.5. Kükürt (S) elementinin etkisi	12
2.4.6. Krom (Cr) elementinin etkisi	12
2.4.7. Nikel (Ni) elementinin etkisi	12
2.4.8. Molibden (Mo) elementinin etkisi	12
2.4.9. Kobalt (Co) elementinin etkisi	12
2.4.10. Tungsten (W) elementinin etkisi	13
2.4.11. Vanadyum (V) elementinin etkisi.....	13
2.4.12. Titanyum (Ti) elementinin etkisi	13
2.4.13. Niyobyum (Nb) elementinin etkisi	13
2.4.14. Alüminyum (Al) elementinin etkisi.....	13
2.4.15. Kalay (Sn) elementinin etkisi	14
2.4.16. Bakır (Cu) elementinin etkisi	14
2.4.17. Kurşun (Pb) elementinin etkisi.....	14
2.4.18. Azot (N) elementinin etkisi	14
2.5. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması.....	15
2.5.1. Östenitik paslanmaz çelikler	16
2.5.1.1. Östenitik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri	17
2.5.1.2. Östenitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları.....	18
2.5.2. Ferritik paslanmaz çelikler	19
2.5.2.1. Ferritik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri	21
2.5.2.2. Ferritik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları	22
2.5.3. Ferritik- östenitik (dubleks) paslanmaz çelikler	22
2.5.3.1. Dubleks paslanmaz çeliklerin genel özellikleri	24

	Sayfa
2.5.3.2. Dubleks paslanmaz çeliklerin kullanım alanları	24
2.5.4. Martenzitik paslanmaz çelikler	25
2.5.4.1. Martenzitik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri	27
2.5.4.2. Martenzitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları	27
2.5.5. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler	27
2.5.5.1. Çökelme sertleştirmeli paslanmaz çeliklerin genel özellikleri	28
2.5.5.2. Çökelme sertleştirmeli paslanmaz çeliklerin kullanım alanları	28
2.6. Paslanmaz Çeliklerin Üretimi	29
2.7. Paslanmaz Çeliklerin Fiziksel Özellikleri	29
2.8. Paslanmaz Çeliklerin Mekanik Özellikleri	30
2.9. Paslanmaz Çeliklerin Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi	35
3. KAYNAK TEKNOLOJİLERİ	39
3.1. Kaynağın Tarihsel Gelişimi	39
3.2. Kaynak Yöntemleri	40
3.3. Kaynağın Sınıflandırılması	41
3.3.1. Kaynağın işlem türüne göre sınıflandırma	42
3.3.2. İmalat türüne göre sınıflandırma	43
3.3.3. Kaynağın amacına göre sınıflandırma	43
3.4. Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti	43
3.4.1. Paslanmaz çeliklere uygulanan kaynak yöntemleri	44
3.4.2. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyeti	45
3.4.2. Ferritik paslanmaz çeliklere uygulanan kaynak yöntemleri	46
4. TIG KAYNAK YÖNTEMİ	47
4.1. TIG Kaynağının Avantaj ve Dezavantajları	48

	Sayfa
4.2. TIG Kaynağı Donanımları Üniteleri.....	49
4.2.1. TIG kaynak ünitesi	49
4.2.2. Gaz ünite sistemi	49
4.2.3. Kaynak torçları.....	50
4.2.4. Tungsten elektrot.....	51
4.2.5. TIG kaynak parametreleri	51
4.3. TIG Kaynağının Uygulanışı	51
4.4. TIG Kaynak Hataları.....	52
5. LAZER KAYNAK YÖNTEMİ	54
5.1. Lazerin Tarihsel Gelişimi.....	54
5.2. Lazer Nedir?	55
5.3. Lazerin Kullanım Alanları	57
5.4. Lazer Çeşitleri.....	57
5.4. Lazer Kaynak.....	60
5.5. Lazer Kaynak Kalitesini Belirleyen Unsurlar	63
5.5. Lazer Kaynak Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları	63
6. PLAZMA KAYNAK YÖNTEMİ.....	65
6.1. Plazma Nedir	65
6.2. Plazmanın Tarihsel Gelişimi	65
6.3. Plazma Kaynağının Kullanım Alanları	66
6.4. Plazma Kaynağının Avantaj ve Dezavantajları	66
6.5. Plazma Kaynak Çeşitleri	67
6.5.1. Mikro plazma	67
6.5.2. Makro plazma.....	68

	Sayfa
6.5.3. Anahtar deliği plazma kaynağı.....	68
6.6. Plazma Kaynağının Donanımları.....	68
7. YÜZEY PARLATMA (POLİSAJ) İŞLEMİ	70
7.1. Parlatma İşleminin Kullanım Alanları	71
7.2. Parlatma İşleminde Kullanılan Ekipmanlar	71
7.2.1. Parlatma işleminde kullanılan aşındırıcıların genel özellikleri	72
7.2.1.1. Zımparanın genel özellikleri.....	72
7.2.1.2. Elyaf zımparanın genel özellikleri	73
7.2.1.3. Yün zımparanın genel özellikleri.....	74
7.2.1.4. Parlatma prosesinde kullanılan ekipmanlar	74
7.3. Yüzey Pürüzlülük	75
7.3.1. Pürüzlülük	75
7.3.2. Dalgalanma.....	75
7.3.3. Yüzey pürüzlülük parametreleri	76
7.3.4. Yüzey pürüzlülük ölçmede kullanılan ekipmanlar	76
8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	77
8.1. Deneyin Amacı	77
8.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler	77
8.2.1. Deney numunesi boyutları.....	78
8.3. Deneylerde Kullanılan Kaynak Makinesi ve Ekipmanları.....	79
8.3.1. Kaynak makineleri.....	79
8.3.2. Kaynak parametreleri.....	82
8.4. Yüzey Parlatma Prosesinde Kullanılan Ekipmanlar	82
8.5. Deneylerde Kullanılan Test Ekipmanları ve Kullanımı.....	85

	Sayfa
8.5.1. Yüzey pürüzlülük ölçümü	85
8.5.2. Tuz sisi testi.....	86
8.5.3. İstatistiksel verilerin çıkarılması.....	87
8.6. Deneyin Aşamaları	87
9. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	89
9.1. Kaynaklı Birleştirmelerin Mikro Yapılarının İncelenmesi	89
9.1.1. Lazer kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi	90
9.1.2. Plazma kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi...	91
9.1.3. Tig kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi.....	93
9.2. Kaynaklı Birleştirme Sonrası Uygulanan Parlatma İşlemi Sonuçları.....	94
9.2.1. Parlatma sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi	95
9.2.2. Lazer kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri	96
9.2.3. Plazma kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri	98
9.2.4. TIG kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri	99
9.2.5. Parlatma işlemi sonrası standart yüzey pürüzlülük değerinin elde edilmesi ..	100
10. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	103
KAYNAKLAR	106
ÖZGEÇMİŞ	108

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Paslanmaz çeliklerin kullanım alanları	10
Çizelge 2.2. Alaşımli çeliklerin içeriklerinde yer alan elementlerin alt sınır değerleri	15
Çizelge 2.3. Östenitik paslanmaz çeliklerin soy ağacı	19
Çizelge 2.4. Ferritik paslanmaz çeliklerin soy ağacı.....	21
Çizelge 2.5. Dupleks paslanmaz çeliklerin soy ağacı	24
Çizelge 2.6. Martenzitik paslanmaz çeliklerin soy ağacı	26
Çizelge 2.7. Çökelme sertleşmesi paslanmaz çeliklerin soy ağacı	28
Çizelge 2.8. Paslanmaz çeliklerin fiziksel özelliklerinin standart çeliklerle kıyaslama ...	30
Çizelge 2.9. Ferritik Paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	31
Çizelge 2.10. Östenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri.....	32
Çizelge 2.11. Martenzitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	33
Çizelge 2.12. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	34
Çizelge 3.1. Kaynağının Sınıflandırması	42
Çizelge 3.2. Schaeffler diyagramı.....	44
Çizelge 7.1. Zımparanın katmanlarına ait temel özellikler	73
Çizelge 8.1. AISI 430 paslanmaz çeliklerin standartlarda verilen kimyasal içeriği ve yüzey pürüzlülük değeri.....	77
Çizelge 8.2. AISI 430 paslanmaz çeliklerin standartlarda verilen mekanik özellikleri	78
Çizelge 8.3. CO2 lazer kesim tezgâhı teknik özellikleri	78
Çizelge 8.4. Mikro plazma teknik özellikleri	79
Çizelge 8.5. TIG kaynağı teknik özellikler.....	80
Çizelge 8.6. Lazer kaynak teknik özellikler	81
Çizelge 8.7. Kaynak makinelerine ait parametreler	82

Çizelge	Sayfa
Çizelge 8.9. Tuz sisi parametre değerleri	87
Çizelge 9.1. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200.....	95
Çizelge 9.2. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200.....	96
Çizelge 9.3. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200.....	97
Çizelge 9.4. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200.....	98
Çizelge 9.5. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200.....	100
Çizelge 9.6. Standart yüzey pürüzlülüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinin süresi	101
Çizelge 9.7. Standart süre kıyaslaması	101
Çizelge 9.8. Standart yüzey pürüzlülüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinde kullanılan aşındırıcı miktarları	102
Çizelge 9.9. Aşındırıcı kullanım miktarları	102
Çizelge 10.1. Standart yüzey pürüzlülüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinde kullanılan aşındırıcı miktarları	104
Çizelge 10.2. Aşındırıcı kullanım miktarları	105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Kromun önemi.....	3
Şekil 2.2. Schaeffler diyagramı.....	5
Şekil 2.4. Östenitik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı	17
Şekil 2.5. Ferritik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı	20
Şekil 2.6. Dupleks paslanmaz çelik mikro yapısı	23
Şekil 2.7. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı	26
Şekil 3.1. Eritme ve basınç kaynağı şematik gösterimi.....	43
Şekil 4.1. TIG kaynağı şematik görünüm (Altuntaş, 2015).....	48
Şekil 4.6. TIG kaynak uygulaması.....	52
Şekil 4.7. TIG kaynak hata örnekleri	53
Şekil 5.2. Lazer ışını oluşumu	56
Şekil 5.3. Lazer ışın cihazının şematik yapısı (Elijah Kannatey-Asibu, 2009)	56
Şekil 5.9. Lazer düzenek tekniği.....	61
Şekil 5.10. Lazer iletim kaynağının malzeme üzerindeki davranışı (Dilthey, 2000).....	61
Şekil 5.11. Lazer nüfuziyet kaynağını (Dilthey, 2000).	62
Şekil 5.12. Lazer kaynak örnekleri	62
Şekil 6.2. Plazma kaynak sistemleri.....	69
Şekil 7.1. Zımparanın katmanları.....	72
Şekil 7.4. Pürüzlülük gösterimi.....	75
Şekil 7.5. Dalgalanma gösterimi.....	76

Şekil	Sayfa
Şekil 8.1. Deney numunesi sac malzeme ölçüleri (mm)	78
Şekil 8.16. Deney aşamaları	88



RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Üniform korozyon örneği.....	35
Resim 2.2. Pitting korozyon örneği	36
Resim 2.3. Aralık korozyon örneği.....	36
Resim 2.4. Gerilmeli korozyon örneği	37
Resim 2.5. Taneler arası korozyon örneği.....	37
Resim 2.6. Galvanik korozyon örneği.....	38
Resim 4.1. TIG kaynağı üniteleri.....	49
Resim 4.2. Gaz regülatörü ekipmanları.....	50
Resim 4.3. TIG kaynak torçları	50
Resim 4.4. TIG kaynak elektrot.....	51
Resim 5.1. C. H. Townes.....	54
Resim 5.2. Diyot lazer ışını	58
Resim 5.3. Yakut lazer ışını.....	58
Resim 5.4. YAG lazer ışını.....	59
Resim 5.5. Karbondioksit lazer.....	59
Resim 5.6. Fiber lazer	60
Resim 5.7. Lazer kaynak sistemleri	63
Resim 6.1. Irving Langmuir	66
Resim 6.2. Plazma Kaynak Sistemleri	69
Resim 7.1. Elyaf zımpara çeşitleri	74
Resim 7.2. Parlatma işleminde kullanılan ekipman örnekleri	74
Resim 8.1. CO2 lazer kesim tezgâhı	79
Resim 8.2. Mikro plazma ünitesi ve kontrol mekanizması	79

Resim	Sayfa
Resim 8.3. Mikro plazma ünitesi ile alın altına birleştirilmiş deney parçası.....	80
Resim 8.4. TIG kaynak makinesi.....	80
Resim 8.5. TIG kaynak ile alın altına birleştirilmiş deney parçası	81
Resim 8.6. Lazer kaynak ünitesi, robotu ve kaynak istasyonu	81
Resim 8.7. Lazer kaynak ile alın altına birleştirilmiş deney parçası.....	82
Resim 8.8. Manuel parlatma makinesi ve teknik verileri.....	83
Resim 8.9. El tipi taşlama cihazı ve teknik verileri	83
Resim 8.10. Flap disk ve el tipi taşlama cihazı.....	84
Resim 8.11. Sonsuz zımpara ve manuel polisaj makinesi.....	84
Resim 8.12. 2+1 kombine karışık mop ve manuel polisaj makinesi.....	85
Resim 8.13. Scotch 360 kum mop ve manuel polisaj makinesi	85
Resim 8.14. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı TR-200 (3200).....	86
Resim 8.15. Tuz sisi cihazı.....	87
Resim 9.1. Mikro yapı inceleme	89
Resim 9.2. Lazer kaynak dikişi mikro yapısı	90
Resim 9.3. Lazer kaynak dikişi sertliğinin ölçülmesi	91
Resim 9.4. Plazma kaynak dikişi mikro yapısı.....	92
Resim 9.5. Plazma kaynak dikişi sertliğinin ölçülmesi.....	92
Resim 9.6. TIG kaynak dikişi mikro yapısı.....	93
Resim 9.7. Tig kaynak dikişi sertliğinin ölçülmesi.....	94
Resim 9.8. Lazer kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b).....	97
Resim 9.9. Plazma kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b)	98
Resim 9.10. TIG kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b)	99

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Mm	Milimetre
sn	Saniye
DC	Doğru Akım
A	Amper
Γ	Östenit
G	Kayma Modülü
V	Voltage
a	Ferrit
Ω	Elektrik Direnci (Ohm)
λ	Isıl İletkenlik (Lamda)
δ	Delta Ferrit
σ	Sigma Fazı
σ_i	Sürtünme Gerilmesi
σ_p	Plastik Deformasyon Gerilmesi
B	Burgers Vektörü
kA	Kilo Amper
daN	Deka Newton
dA	Kaynak alanı
Cr	Krom
Ni	Nikel

Simgeler	Açıklama
----------	----------

Al	Alüminyum
C	Karbon
Mo	Molibden
Mn	Manganez
Zn	Çinko
P	Fosfor
Si	Silisyum
S	Kükürt
Co	Kobalt
W	Tungsten
V	Vanadyum
Ti	Titanyum
Nb	Niyobyum
Sn	Kalay
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
N	Azot

Kısaltmalar	Açıklama
-------------	----------

AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
EN	Avrupa Standartları
DIN	Alman Standardizasyon Enstitüsü
TIG	Tungten Inert Gas

1. GİRİŞ

Paslanmaz çelikler sahip oldukları üstün özelliklerden dolayı günümüzde hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanlarının başında beyaz eşya sektörü, otomotiv ve birçok endüstriyel sektör oluşturmaktadır. Paslanmaz çelikleri ön plana çıkaran önemli özellik krom içeriklerinin çok yüksek (%10-12) olmasıdır. Çelik içerisine eklenen Krom (Cr), Nikel (Ni) ve Molibden (Mo) gibi elementler sayesinde çeliğin korozyon direnci artmaktadır.

Paslanmaz çelikler sahip oldukları üstün özellikleri sayesinde özel kullanım alanlarının ihtiyaçlarını karşılamak için üretilmiş ve geliştirilmişlerdir. Bu üstün özelliklerinin başında korozyon direnci, pürüzlülük, sertlik ve mukavemet yer almaktadır (Aran ve diğerleri, 2003).

Paslanmaz çeliklerin tespiti 20. yüzyılın başlarına kadar dayanmaktadır. Özellikle de başta Fransa, Almanya, ABD ve İngiltere li metalurjistler ağırlıklı olarak düşük karbonlu ve krom içerikli demir alaşımları üzerine çalışmalar yaparak ilk ürünleri üretmişlerdir. Demir – krom alaşımının korozyona karşı direncini ilk olarak 18. Yüzyılda Fransız metalurjist Pierre Berthier fark etmiştir. Ancak o tarihlerdeki teknolojik alt yapının demir ile kromu işlemeye yetersiz olduğu için kullanıma geçilmemiştir. Fransız metalurjist olan Albert M. Portevin ve Leon B. Guillet 1904 -1909 yılları arasında ağırlıklı olarak östenetik paslanmaz çelikler ile ferritik paslanmaz çelikler üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Paslanmaz çeliklerin klasik gelişimleri ise küçük taneli östenitik-ferritik paslanmaz çeliklerin süper plastikliği hakkında yapılan çalışmaların tamamlandığı 1960'lara kadar gerçekleşmemiştir. Endüstride ve güncel hayatta hemen hemen her alanda kullanılan paslanmaz çelikler pek çok bilimsek araştırmaya konu olmuştur.

Bu çalışmada, üç farklı kaynak yöntemleriyle birleştirilen AISI 430 ferrik paslanmaz sacın yüzey parlatma üzerine etkileri incelenmiştir.

Tezin ilk bölümünde genel bilgilendirmeler paylaşılmıştır. Tezin ikinci bölümünde ise paslanmaz çelikler ve çeliklere ait özellikler paylaşılmıştır. Tezin üçüncü bölümünde ise paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyetleri hakkında bilgi verilmiştir. Tezin dördüncü, beşinci ve altıncı bölümünde lazer kaynak, plazma kaynak ve Tig kaynak uygulamaları hakkında

bilgi verilmiştir. Tezin yedinci bölümünde yüzey parlatma uygulaması ve kullanılan ekipmanlar hakkında bilgi verilmiştir. Tezin sekizinci bölümünde deneysel çalışmalar kapsamında numunelerin hazırlanma aşamaları hakkında bilgi verilmiştir. Tezin dokuzuncu bölümünde bulgular ve tartışma hakkında bilgi verilmiştir. Tezin son bölümde ise sonuçlar ve değerlendirme yer almaktadır.



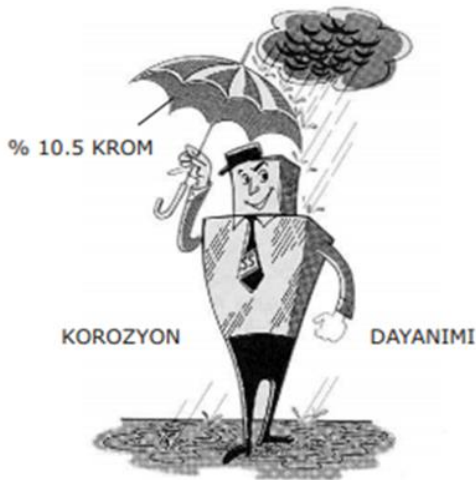
2. PASLANMAZ ÇELİKLER

Çelikler içeriğinde %0,2 ila %2,1 oranlarında karbon barındıran alaşımlardır. Karbon miktarı çeliğin kendi içinde sınıflandırmasına yardımcı olmaktadır. Çeliğin alaşımlamasında yaygın olarak karbon, krom, magnezyum, vanadyum gibi elementler kullanılmaktadır.

Geniş kullanım alanına sahip olan çelik günümüzde yıllık 1300 milyon ton üretim hacmine ulaşarak en çok tercih edilen malzemelerin başında gelmektedir. Genel kullanım alanlarının başında otomotiv, beyaz eşya, makinelerde, bina çelik konstrüksiyonlarında, gemilerde, silah sektöründe ve v.b birçok alanda kullanımları söz konusudur.

Çelikler kullanım alanı bağlı olarak karbonlu alaşımlamanın yanı sıra ilave başka elementler de yer almaktadır. Özellikle korozyon ihtimalinin bulunduğu ortamlarda paslanmaz çeliklerin kullanımı söz konusudur. Alaşım içeriğinde demir, karbon ve nikel içeren metallere paslanmaz çelik denir. Diğer çeliklere göre üstün özellikler krom sayesinde olmaktadır (Emet, 2019).

Paslanmaz çeliği standart çeliklerden ayıran en önemli özelliği korozyon direncidir. Çeliğe bu özelliği kazandıran krom (Cr) elementidir. Paslanmaz çeliğin içeriğinde yer alan kromun bulunma oranı korozyon direncini belirlemektedir. Mükemmel bir korozyon direnci sağlamak alaşım içeriğinde minimum %10,5 oranda krom bulunması gerekmektedir (Esendir, 2009).



Şekil 2.1. Kromun önemi

Paslanmaz çeliğin içeriğinde yer alan krom (Cr) çelik yüzeyinde şeffaf oksit tabakası halinde bulunmaktadır. Paslanmaz çeliğin içerisinde yer alan krom soğuma hızını yavaşlatması kaynaklı meydana gelen sertleştirici etki oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca çeliğin yapısında bulunma oranı arttıkça yüksek sıcaklıklardaki korozyon direncinin artmasını sağlamaktadır.

Paslanmaz çelikler sahip oldukları korozyon dirençleri sayesinde birçok alanda ideal malzeme konumunda olup vazgeçilmezdirler.

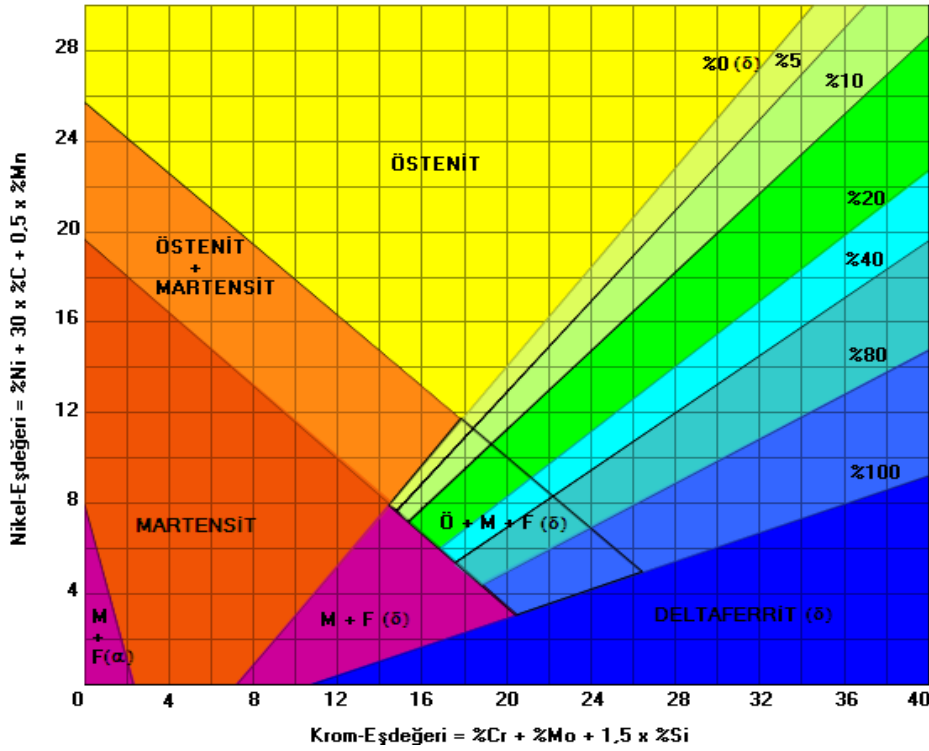
Paslanmaz çelikler piyasa çeliklerine göre (düşük alaşımlı) fiyatları yüksektir. Bu fiyat farkına nazaran sahip oldukları üstün özellikleri ve uzun ömürlü olmaları sebebiyle her türlü tercih edilmektedirler (Baran, 2019).

Çeliğin içeriğinde yer alan krom (Cr) oranını minimum %12'in üzerine çıkarılır ise nitrik asit gibi güçlü kimyasalları karşı da koruyuculuk sağlar.

Çeliğin yapısına ilave yapılan her alaşım elementi mevcut mikro yapının değişmesine ve buna bağlı olarak farklı özelliklere sahip paslanmaz çeliklerin oluşumunu sağlamaktadır. Günümüzde farklı özelliklere sahip 200'den fazla paslanmaz çelik olduğu bilinmektedir (Baran, 2019). Buna rağmen piyasa yaygın olarak 15 çeşidi kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler birçok farklı yolla sıcak veya soğuk haddeleme teknikleri kullanılarak şekillendirilir.

Çeliğin içerisinde yer alan krom (Cr) oranının artmasına bağlı olarak korozyon direncinin arttığı gibi alaşıma ilave yapılan molibden ve nikel gibi elementler sayesinde de korozyon direncinin arttığı tespit edilmiştir. Farklı alaşım elementlerinin kullanımı ile elde edilen korozyon direnci paslanmaz çeliklerin farklı alanlarda tercih edilmesini sağlamıştır. Bu değişkenlik özellikle makine imalatı ve tasarımcıların seçme işini kolaylaştırmıştır. Paslanmaz çeliklerin farklılaşmasını sağlayan en önemli alaşım elementlerinin başında krom, nikel, molibden ve mangan yer almaktadır. Özellikle alaşım elementleri arasında yer alan krom ile nikel iç yapının östenitik veya ferritik olmasını belirlemede rol almaktadır. Paslanmaz çeliklerinin bileşim alaşımdan yerinin tespitinde Schaeffler diyagramı kullanılmaktadır. Östenit faz alanının belirlenmesinde ağırlıklı olarak mangan, karbon, nikel ve nitrojen gibi elementler rol almaktadır. Ferritik faz alanının belirlenmesinde ise krom, silikon, vanadyum, titanyum ve niyobyum gibi elementler rol almaktadırlar (Esendir, 2009).

Paslanmaz çeliklerin bir kısmı soğuk şekillendirme yöntemiyle pekleştirilerek dayanımı artırılması sağlanmaktadır. Geriye kalan kısımda yer alan paslanmaz çeliklere uygulanan ısı işlemleri ile dayanımın artırılması sağlanmaktadır. Genel itibariyle paslanmaz çeliklerin sahip olduğu üstün özellikleri sayesinde uzun süre kullanımları söz konusudur (Esendir, 2009).



Şekil 2.2. Schaeffler diyagramı

2.1. Paslanmaz Çeliklerin Tarihçesi

Krom elementinin korozyon direncine olan katkısını 18. Yüzyılda yapmış olduğu çalışmalarda P. Berthier tarafından tespit etmiştir. 18. Yüzyılın teknoloji alt yapısı günümüz teknolojileri gibi yeterli olmadığı için kromun ilave element olarak kullanımına geçilememiştir. 18. Yüzyılın son yıllarında Hans Goldschmidt in yapmış olduğu araştırmalar sonucu karbonsuz kromun üretim aşamasında kullanımı bulmuştur.

Paslanmaz çeliklerin keşfedilmesi ve gelişimi bir zamana bağlı olarak değişiklik göstermiştir. 18. Yüzyılda hem Faraday hem de Mallet demire ilave yapılan kromun korozyona karşı direnç gösterdiğini tespit etmiştir. 19. yüzyılın sonlarına kadar, krom içerikli çelikler genellikle sıcak sülfürik asit kapları için kullanılıyordu (Emet, 2019).

19. yüzyıl başlarında General elektrik firması elektrikli ampullerin geliştirilmesi üzerine yapmış oldukları çalışmalarda içeriğinde %14-16 krom barındıran çeliği Flaman ekipmanı olarak kullanmışlardır. Yine aynı senelerde İngiltereli Harry Breakle çatal, kaşık, bıçak üretiminde kullanmak üzere içeriğinde %12,8 krom bulunan ve yüksek korozyon direncine sahip olan alaşımı geliştirmiştir.

2.2. Paslanmaz Çeliklerin Üstün Özellikleri

İlave alaşım elementlerin etkisiyle üstün özelliklere sahip olan paslanmaz çelikler endüstride çok geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Paslanmaz çeliklerin başlıca tercih edilme sebepleri aşağıda yer almaktadır.

2.2.1. Korozyon dayanımları

Paslanmaz çelikler genel itibariyle korozyona karşı dirençleri yüksektir. Ancak alaşım elementlerin içeriğinde bulunma oranı bağlı olarak klorür içeren veya asitlere karşı korozyon dayanımları yüksek olabilirler. Alaşım oranların düşük olduğu paslanmaz saclar ise tuza, güneşe, neme, asitlere ve genel kirliliğe karşı duyarlı olmaktadır.

2.2.2. Yüksek ve düşük sıcaklık dayanımları

Paslanmaz çeliklerin özelleştirilmiş bazı çeşitleri yüksek sıcaklara karşı dayanımı öyle yüksektir ki hem mekanik hem de tufallanma problemine karşı yüksek direnç göstermektedirler. Bazı çeşitleri ise düşük sıcaklıklara karşı dayanımı yüksektir. Sahip oldukları özellikleri sayesinde hem tokluğa hem de gevrekleşmeye karşı dayanımları bulunmaktadır.

2.2.3. Mekanik dayanımları

Paslanmaz çeliklerin büyük bir kısmı soğuk şekillendirme yöntemi ile pekleştirilerek mevcut dayanımlarının artması sağlanmaktadır. Bu yöntem sayesinde kalın parça kullanımı yerine ince parça kullanarak istenilen dayanımın elde edilmesi sağlanmış olmaktadır. Benzer iyileştirmeler sayesinde maliyet tarafında ciddi düşüş gözlenmektedir. Yine paslanmaz

Çeliklerin bazı türlerinde ısıl işlem yardımıyla yüksek dayanım elde edilmesi mümkündür (Aran ve diğ rleri, 2003).

Paslanmaz elikler çeşitli yöntemlerle 90 dereceye kadar b k lebilirler. Kaplama malzemesi olarak kullanımları durumunda ana malzemenin ömrünü uzatırlar.

2.2.4. İmalat kolaylıkları

Paslanmaz eliklerin birçoğuna tüm şekillendirme prosesleri uygulanabilmektedir. Özetle bu prosesler kaynak, soğuk – sıcak şekillendirme, kesme ve talaşlı imalat işlemleridir.

2.2.5. Görünümleri

Paslanmaz elikler endüstrideki kullanım yerine bağlı olarak değişik görsele ve kaliteye sahip yüzey elde edilebilmektedir. Elde edilen yüzeylerin korunumu ve sürekliliğinin sağlanması kolaydır. Yüzeyleri ister parlak ister taşlanmış olarak kullanılabilir. Özellikle solmazlar, aşınmaz ve matlaşmazlar.

2.2.6. Hijyenik  zellik

Paslanmaz elikler sahip oldukları yüzey kalitesi sayesinde kolaylıkla temizlenebilirler. Bu  zellikleri sayesinde hastane, mutfak, gıda, ilaç ve beyaz eşya sektöründe yoğun bir şekilde kullanılırlar.

2.2.7. Uzun  m rl l k

Paslanmaz elikler sahip oldukları üstün özellikleri sayesinde hem dayanıklı hem de bakımı kolay malzemelerdir. Paslanmaz elikten üretilen parçanın Uzun ömürlü olduğu için yenileme faaliyetlerini sıfıra indirgeyerek ekonomik malzemeler sınıfına girmektedirler.

2.3. Paslanmaz eliklerin Kullanım Alanları

Paslanmaz elikler çok işlevsel malzemelerdir. Yüksek sıcaklıklara dayanıklılığı ve bununla beraber korozyona karşı mukavemeti arttırılmıştır. Paslanmaz elik her sektörde yaygın bir

şekilde kullanımı mevcuttur. Sahip oldukları üstün özelliklere bağlı olarak kullanım alanları değişkenlik göstermektedir. Yaşantımızın hemen hemen her yerinde kullanımları mevcuttur. Başlıca kullanım alanları aşağıda verilmiştir;

Evde:

- Mutfak eşyaları ev çatal bıçak takımlarında
- Tencere ve tavalarda
- Elektrikli küçük ev aletlerinde
- Beyaz eşya (Buzdolabı, ocak, davlumbaz, vb)
- Saklama kaplarında
- Süs eşyalarında
- Mobilya ve bahçe gereçlerinde
- Barbekü ve fırınlarda

Şehirde:

- Telefon kulüpleri ve otobüs duraklarında
- Bina iç – dış cephelerinde
- Asansör, yürüyen merdiven ve korkuluklarda
- Metro, tren, liman ve istasyon altyapılarında
- Kanalizasyon tesisleri
- Alışveriş merkezlerinde
- Binalarda
- Köprülerde

Endüstride:

- Gıda ürünleri ve ilaç üretim ekipmanlarında
- İlaç üretim ekipmanlarında
- Gıda üretim ekipmanlarında
- Atık ve içme su ekipmanlarında
- Otomotiv sektöründe
- İçme ve atık su arıtma ekipmanlarında
- Kimya ve petrokimya tesislerinde
- Yakıt ve kimyasal tankerlerde
- Aks, mil, pompa gibi yüksek dayanımlı parçalarda
- Liman destekleri
- Enerji ve güç üretim tesislerinde
- Depolama sektöründe
- Sağlık sektöründe

Çizelge 2.1. Paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

ISI TP	Özellikleri	Uygulama Alanları
AISI 304	Paslanmaz çeliğin en yaygın çeşididir.	Gıda, mutfak, mutfak eşyaları, ev eşyaları, otomotiv ve tıp endüstrisinde,
AISI 304L	AISI 304'ün düşük karbonlu versiyonudur.	Depolama tankları ve kazanlar için uygunluk gösterir.
AISI 316	İçerdiği molibden sayesinde mukavemeti çok yüksektir.	Kimya, Petro-kimya ve gıda sanayinde kullanılır. Buhar kazanlarında, mutfaklarda ve cephe kaplamalarında
AISI 316L	AISI 316'nın düşük karbonlu versiyonudur.	Kimya, Petro-kimya, gıda endüstrisinde, deniz ve endüstriyel atmosfer şartlarında
AISI 316TI	İçerdiği titanyum sayesinde korozyon hassasiyeti oluşmaz.	Kimya, Petro-kimya, kömür, selüloz, tekstil, reçine ve lastik sanayinde kullanılır.
AISI 309/309S	1050° C'ye kadar olan sıcaklıklarda oksidasyon mukavemeti yüksektir.	Fırın yapımında, ısıtıcılarda, segmentasyon kutularında ve yüksek sıcaklıkta kullanılacak malzemelerde
AISI 310/310S	AISI 304'e benzerlik gösterse de yüksek sıcaklık malzemesidir.	Fırın yapımında, buhar kazanlarında, petrol tesislerinde ve boru hatlarında kullanılır.
AISI 321	İçerdiği titanyum sayesinde korozyon hassasiyeti oluşmaz. 1000° C'ye kadar yüksek sıcaklıklarda sürekli kullanılabilir.	Gıda, içki ve fotoğraf sanayinde kullanılır. Ayrıca kimya endüstrisinde de kullanılır.
AISI 430	Temel ferritik paslanmaz çelik kalitesidir. Korozyon dayanımı yeterlidir.	Otomotiv sanayinde, mutfak aletlerinde ve dekoratif uygulamalarda kullanılır.
AISI 430TI	İçerdiği titanyum sayesinde korozyon hassasiyeti oluşmaz. Isı iletkenliği iyidir. Yüksek sıcaklık dayanımı iyidir.	Sıcak su sistemlerinde, egzoz borularında ve de çamaşır makinelerin de kullanılabilir.

2.4. Paslanmaz Çeliklerin Alaşım Elementleri ve Metalurjik Etkilerinin incelenmesi

Çelikler zaman zaman endüstrinin ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz olurlar. Bu sebeple mevcut çeliklere yeni özellik kazandırmak için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Çeliğin iç yapısına alaşım elementi ekleyerek istenilen özellikteki seviyeye getirmek bu yöntemlerden birisidir. Alaşım elementi ekleme yöntemi çok etkili olmaktadır.

2.4.1. Karbon(C) elementinin etkisi

Karbon elementi çeliklerin mekanik özelliklerinin belirlenmesinde ki rolü büyüktür. Çeliğin içeriğinde yer alan karbon oranının artmasına bağlı olarak sertliğin ve dayanımın da önemli derece artmaktadır. Ancak şekillene bilirliliği, kırılabilirliği ve kaynak kabiliyeti azalır.

2.4.2. Mangan (Mn) elementinin etkisi

Çeliğin içeriğinde yer alan bir element olan mangan çeliğin dayanımın artmasında etkili olmaktadır. İlave olarak çeliğin sertleşmesini ve kaynak kabiliyetinin artırılmasına da katkı sağlar. En temel özelliği kükürtle MnS bileşiği yapmasıdır. Ayrıca sıcak kırılabilirliğe neden olan FeS bileşiğini engellemesi de diğer bir özelliğidir.

2.4.3. Silisyum (Si) elementinin etkisi

Silisyum elementi çeliğin içeriğinde oksijen giderici olarak kullanılmaktadır. Silisyum elementi çeliğin elastikiyetini artırdığı gibi akma ve çekme dayanımını da artırmaktadır. Kazandırdığı özelliklere bağlı olarak yüksek elastikiyet gerektiren yay çeliklerin üretimlerinde kullanılmaktadır. Ucuz bir alaşım elementidir. Çeliğin içeriğinde bulunma oranı azaldıkça tufal yapma oranı artmaktadır.

2.4.4. Fosfor (P) elementinin etkisi

Fosfor elementi çeliğin çekme ve akma dayanımı artırdığı gibi uzama, eğme gibi özelliklerinin kötüleşmesine neden olmaktadır. Çeliğin içeriğinde bulunması talaşlı şekillendirme kabiliyetini artırmaktadır. Çeliğin üzerindeki negatif etkilerinden ötürü istenmeyen bir element olan fosfor yapıdan uzaklaştırılmaktadır.

2.4.5. Kükürt (S) elementinin etkisi

Kükürt çeliğin tokluk ve yüzde uzamasına pozitif yönde etki etmektedir. Çeliğin akma ve çekme mukavemetine etkisi olmadığı gibi sünekliğini negatif yönde etki etmektedir. Demirle birleşerek FeS bileşimini oluşturur. Çeliğin kaynak yapılabilirliğini negatif yönde etkilemektedir. Ergime sıcaklığının düşük olmasından dolayı haddeleme sıcaklığında ergiyerek sıcak kırılmalık oluşmasına neden olmaktadır. Kükürtün çelik üzerindeki negatif etkilerin azaltılması için manganla birleşmesi sağlanır.

2.4.6. Krom (Cr) elementinin etkisi

Krom elementi paslanmaz çelikler için en önemli element konumundadır. Paslanmaz çeliklere üstün özellikleri olan oksidasyon ve korozyon direncini artırır. Ekstra olarak sertleşebilme kabiliyetini, aşınma direncini de artırmaktadır.

2.4.7. Nikel (Ni) elementinin etkisi

Nikel elementi östenitik paslanmaz çelikler için en önemli ikinci alaşım elementidir. Kromlu çeliklerde mekanik özelliğin artırılmasında kullanılmaktadırlar. Genel olarak korozyon direnci ve tokluğun artırılması kullanılmaktadır.

2.4.8. Molibden (Mo) elementinin etkisi

Molibden elementi çeliklerin aşınma direnci ve sürünme dayanımını artırmaktadır. Meneviş gevrekliğini ve tane büyümesini engeller. Alaşımli takım çelikler için önemli bir elementtir. Paslanmaz çeliklerde Yüksek sıcaklık sürünme direncini ve mukavemetini arttırır. Korozyon direncini önemli ölçüde de artırmaktadır.

2.4.9. Kobalt (Co) elementinin etkisi

Genellikle takım çeliklerinin imalatında kullanılan bir alaşım elementidir. Çeliğin mukavemet ve sürünme özelliklerinin artırılmasında kullanılmaktadır.

2.4.10. Tungsten (W) elementinin etkisi

Genellikle takım çeliklerinin imalatında kullanılan alaşım elementidir. Çeliğin mukavemet ve sürünme özelliklerinin artırılmasında kullanılmaktadır.

2.4.11. Vanadyum (V) elementinin etkisi

elik içeriğinde yer alan vanadyum tane boyutunda küçültme etkisi yarattığı için çeliklerin akma ve çekme dayanımlarını artırmaktadır. Alaşımlı takım çeliklerinin yapısında kullanılmaktadır. Elektriksel direncini yükseltirken soğuk şekillendirme kabiliyetini düşürür.

2.4.12. Titanyum (Ti) elementinin etkisi

Titanyum vanadyum elementine benzer şekilde tane boyutu küçültme etkisi bulunmaktadır. Bu etkiyi iki element arasında kıyasladığımızda titanyum göstermiş olduğu etki daha büyüktür. Genel olarak nitrür, kuvvetli karbür ve kuvvetli ferrit yapıcı özelliğe sahiptir. Yüksek sıcaklıklara dayanımlı çeliklerin mukavemeti ve sertliğinin artırılmasında kullanılmaktadır. Yine aynı şekilde yüksek sıcaklıklara dayanımlı ve yüksek mukavemetli çeliklerin sertleştirilmesi için kullanımı yapılmaktadır.

2.4.13. Niyobyum (Nb) elementinin etkisi

Niyobyum elementi mikro alaşımlı çeliklerin tane boyutu küçültme etkisi yaratan mikro alaşım elementidir. Orta seviye ferrit oluşumu sağlar. Taneler arası korozyonun önüne geçer. Alaşım elementi olarak titanyum yapmış olduğu etkilere sahiptir.

2.4.14. Alüminyum (Al) elementinin etkisi

Alüminyum elementi alaşımdaki oksijenin giderilmesinde kullanılır. Darbe ve akma dayanımını artırır. Kuvvetli nitrür ve ferrit yapıcı özelliğe sahiptir. Tane küçültücü etkisi yaratır ve nitrasyon özellikli çeliklerin üretimlerinde önemli alaşım elementidir. Yüksek mukavemetli alaşımlara katıldığında yaşlanma sertleşme etkisini azaltma eğilimi gösterir.

2.4.15. Kalay (Sn) elementinin etkisi

İçeriğinde yer aldığı çeliğin çekme ve akma dayanımına fazla bir etkisi çok azdır. Oluşturduğu bileşiğin ergime sıcaklığı düşük olmasından dolayı sıcak haddeleme esnasında yırtılmalar meydana gelmektedir.

2.4.16. Bakır (Cu) elementinin etkisi

Çeliğin içeriğinde yer alan bakır çeliğin akma ve çekme dayanımı arttırırken, uzama ve şekillendirme özelliğini düşürmektedir. Özellikle soğuk şekillendirme negatif yönde etkiler. Çeliğin oksitlenmesini azaltmasına bağlı olarak korozyon direncinin artmasını sağlamaktadır.

2.4.17. Kurşun (Pb) elementinin etkisi

Çeliğin içeriğinde yer alan kurşun elementinin getirmiş olduğu artışı talaşlı şekillendirme kabiliyetinin artırmasıdır. Buna bağlı olarak otomat çeliklerin üretimlerinde tercih edilmektedir. Alaşıma negatif etkileri ise düşük yüzey kalitesi, sıcak yırtılma problemlerinin oluşmasıdır. Buna bağlı olarak haddelenme prosesini azaltır.

2.4.18. Azot (N) elementinin etkisi

Genellikle alaşımda istenmeyen bir element durumundadır. Alaşım içeriğinde bulunması aşınma dayanımı ve yüzey sertliğini arttırmaktadır. Alaşımı kırılgan hale getirdiği için şekillendirmeyi negatif yönde etki etmektedir. Kuvvetli östenit yapıcıdır.

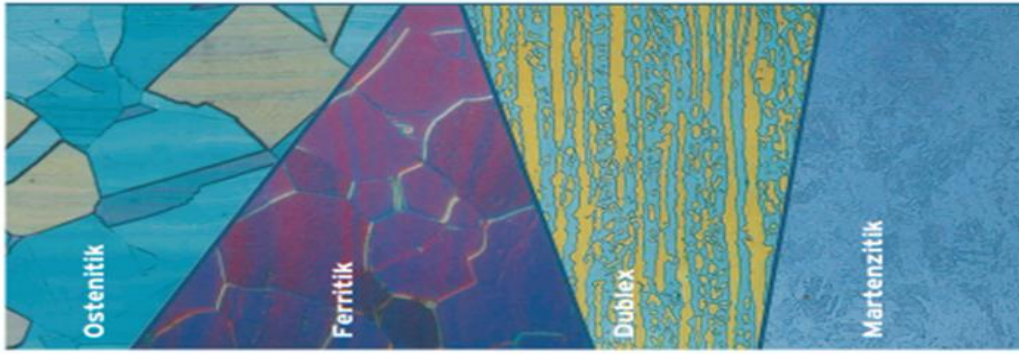
Çizelge 2.2. Alaşımlı çeliklerin içeriklerinde yer alan elementlerin alt sınır değerleri

ELEMENT	ALT SINIR (% AĞIRLIK)
Alüminyum	0,1
Bakır	0,4
Bor	0,0008
Bizmut	0,1
Kobalt	0,1
Krom	0,3
Kurşun	0,4
Mangan	1,6
Molibden	0,08
Nikel	0,3
Silisyum	0,5
Titanyum	0,05
Vanadyum	0,1

2.5. Paslanmaz Çeliklerin Sınıflandırılması

Paslanmaz çelikler genel olarak 5 ana grupta toplanmaktadır. Sınıflandırılmalarında esas olarak içyapıları rol oynamaktadır.

- Östenitik paslanmaz çelikler
- Ferritik paslanmaz çelikler
- Ferritik-Östenitik (dubleks) paslanmaz çelikler
- Martenzitik paslanmaz çelikler



Şekil 2.3 Önemli paslanmaz çelik türlerinin mikro yapıları (Kaluç ve diğerleri, 1998).

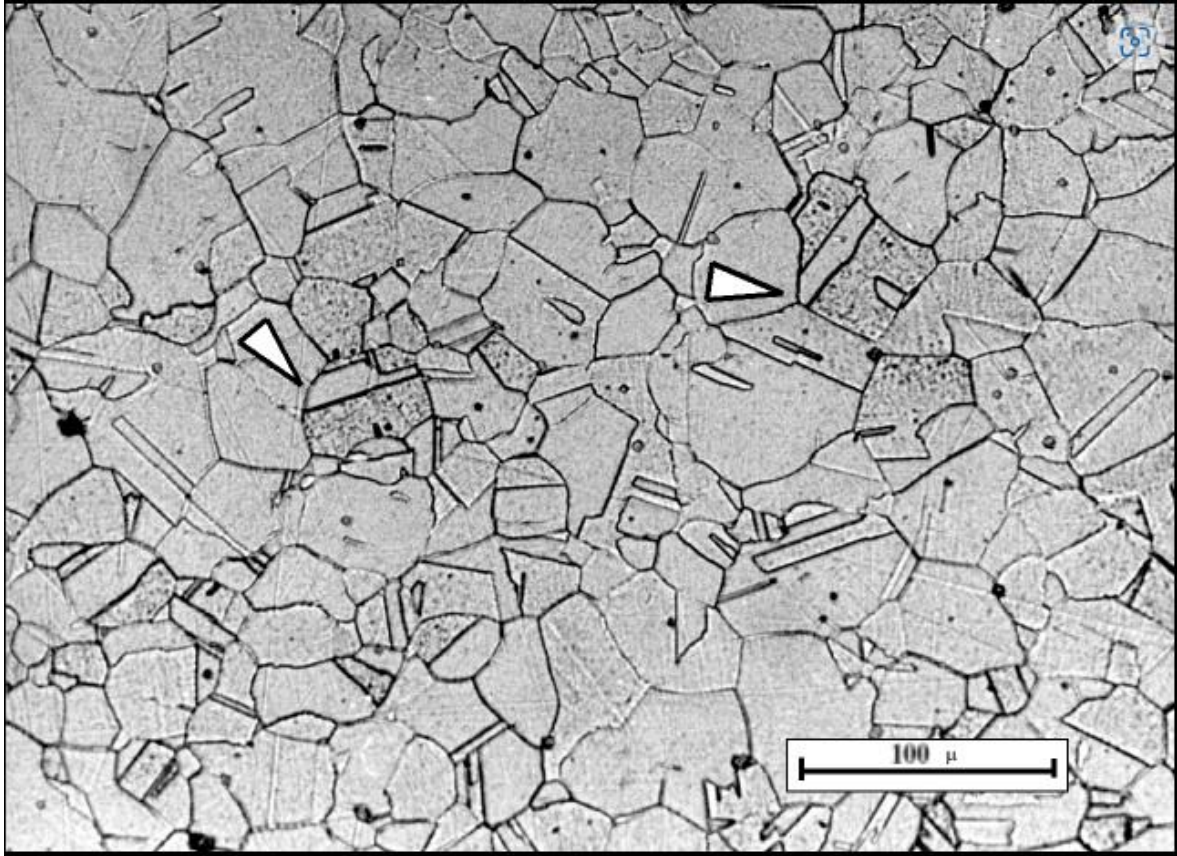
2.5.1. Östenitik paslanmaz çelikler

Östenitik paslanmaz çelikler sahip oldukları yüksek alaşım kalitesi ve zengin içerikle geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Hemen hemen endüstrinin her alanında kullanımları mevcuttur. Alaşım içeriğinde %10,5- %26 oranları arasında krom (Cr), %8- %36 oranları arasında nikel (Ni) elementi ile düşük karbon (C) içeriğine sahiptirler. İçerikte yer alan bu iki elementin katkısı ile hem kimyasal aşınmaya karşı direnç hem de yüksek ısıya karşı dayanım gösterirler. Sac şekillendirme özellikleri ile kaynaklana bilme özelliği de üst düzey durumdadır.

Östenitik paslanmaz çelikler oda veya daha yüksek sıcaklıklarda yüzey merkezli kübik kafese sahiptirler. Bu sıcaklıklarda iç yapılarını korudukları için normalleştirme ve sertleştirme ısı işlemleri yapılamaz. Düşük sıcaklıklarda dahi toklukları, süneklikleri ve şekillendirme kabiliyetleri mükemmel düzeydedir. Bu paslanmazların mukavemeti soğuk şekillendirme veya alaşımlandırma sayesinde artırılmaktadır.

Östenitik paslanmaz çelikler tok ve sünektirler. Bu paslanmazların genleşmeleri yüksek, ısı iletimleri düşük olduğu için kaynak esnasında oluşabilecek olan çarpılmanın önlenmesi için ısı girdinin düşük tutulması gerekmektedir. Karbon ve Krom 1100 °C sıcaklıkta östenit içerisinde çözülmeğetedirler ve bu sıcaklıktan hızla soğutulurlar. Bu çözülme sonucu, karbon ve kromun çökme tehlikesi yaşanmaz.

Östenik paslanmaz çelikler diğer karbonlu çeliklere göre termal genleşme katsayısı ve elektrik direnci daha yüksek iken, termal iletkenlik katsayı ve ergime noktası daha düşüktürler (Woollin, 1994).



Şekil 2.4. Östenitik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı

Östenitik paslanmaz çelikler genellikle redükleyici veya oksitleyici ortamlarda iyi korozyon dirençlerine sahiptirler. Bu çeliklerin korozyon direncini biraz daha artırmak için kromun ferrit yapıcı etkisi ile östenit yapıcı alaşım elementlerinin ilavesiyle yapılır (Cantner, 1992).

2.5.1.1. Östenitik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri

- Yüksek korozyon direncine sahiptirler.
- Kaynaklana bilme kabiliyetleri yüksektir.
- Sünek oldukları için şekillendirmeleri kolaydır.
- Hijyenik olmaları açısından tercih edilirler.
- Temizlikleri ve bakımları kolaydır.
- Mekanik özellikleri hem yüksek hem de sıcaklıklarda mükemmeldir.
- Manyetikleşme özellikleri yoktur.

2.5.1.2. Östenitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

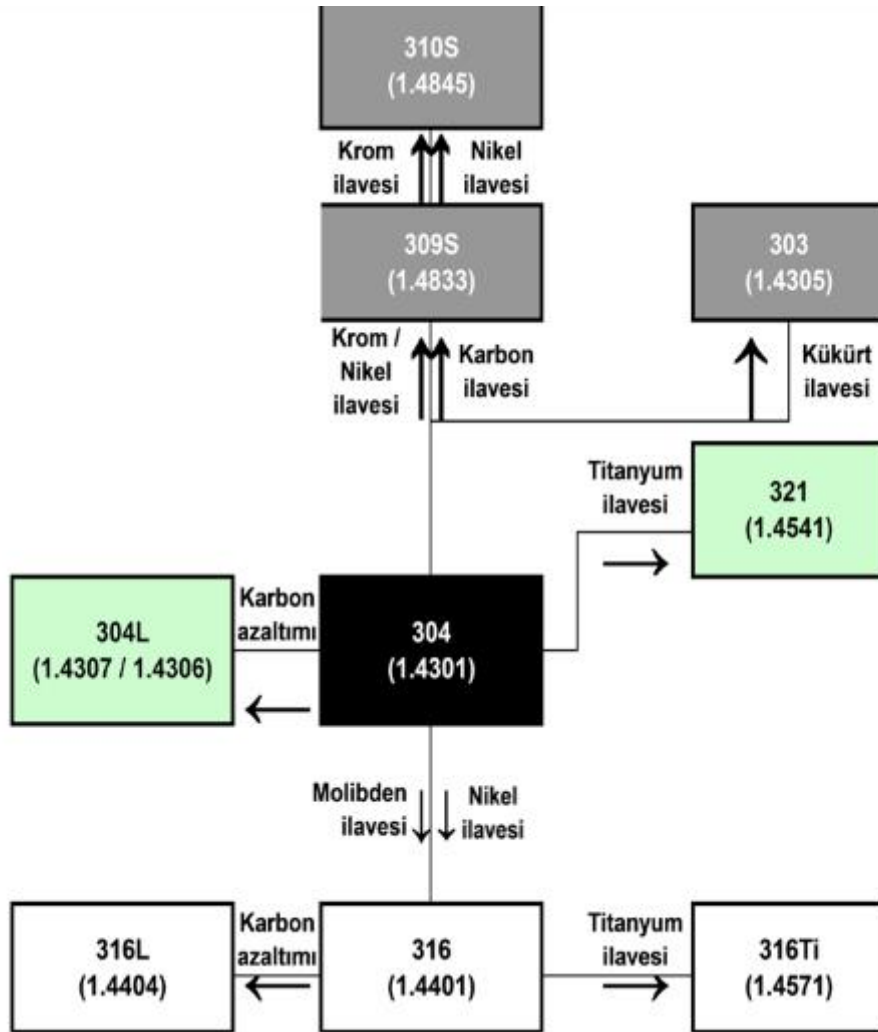
Östenitik paslanmaz çeliklerin korozyon dayanımları ferritik ve martenzitik paslanmaz çeliklere göre nispeten çok daha yüksektir. Yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları üstün mekanik özellikleri ve üstün korozyon dirençleri sayesinde paslanmaz çelikler arasında rakipsiz olma özelliğine sahiptirler (Kaluç ve diğerleri, 1998).

Genel kullanım alanları,

- Uçak yarı mamulleri
- Depolama tankları
- Beyaz eşya sektörü
- Tıp sektörü
- Isı tankları

AISI 304 kalite östenitik çeliğin sahip olduğu mükemmel şekillendirilme, sünek olma ve üstün korozyon direnci sayesinde endüstride en çok kullanılan paslanmaz çeliği olma özelliğine sahiptir. Endüstride üretilen paslanmaz çeliğin %70 304 kalite çelikler oluşturmaktadır.

Çizelge 2.3. Östenitik paslanmaz çeliklerin soy ağacı



2.5.2. Ferritik paslanmaz çelikler

Ferritik paslanmaz çelikler içeriğinde en az %11-%30 arasında krom (Cr) ve yine az miktarda Nikel (Ni), Karbon gibi elementler içeren paslanmaz çeliklerdir. Ferritik paslanmaz çelikler sahip oldukları özelliklere bağlı olarak çok fazla tercih edilirler. Endüstrinin hemen hemen her alanında kullanımları bulunmaktadır.

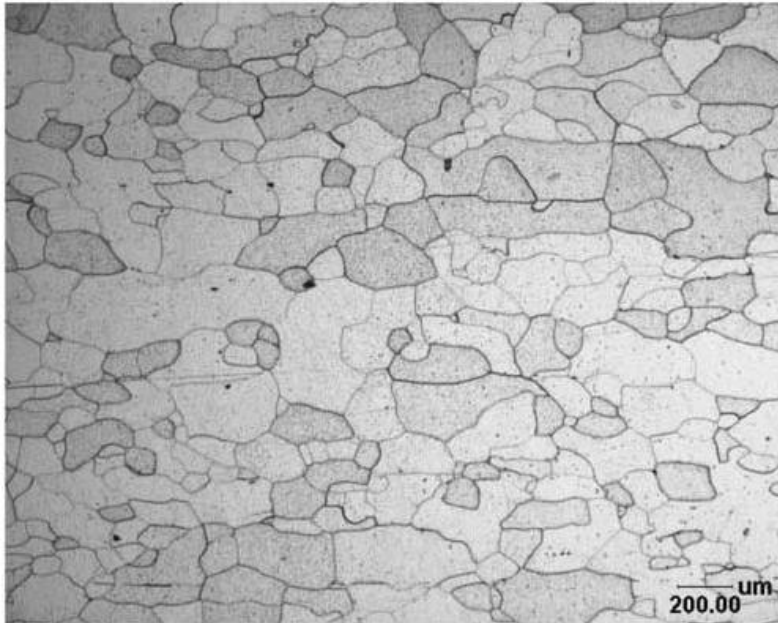
Bu grubun en önemli alaşım elementi Krom (Cr) dur. İkinci sırada (Mo)'dır. Piyasa da en çok tercih edilen türü 430 kalitedir.

Ferritik paslanmaz sacların düşük olan yanlarını güçlendirmek için azot ve düşük karbon ilavesi yaparak ticarileştirilmiştir.

- Ferritik paslanmazların darbe dayanımı ve kaynak kabiliyetleri zayıftır.
- Sünme dayanımı, ısı geçirgenliği yüksektir.
- Sac şekillendirmeleri östenitik çeliklere göre zordur.
- Bu alaşımlar iyileştirilmiş korozyon direnci ve kaynaklanaabilirliğe sahiptir
- Yumuşak çeliklere benzer yapıya sahiptirler.
- Manyetikleşme özellikleri vardır.

Ferritik paslanmaz çelikler mutfak ekipmanları, çamaşır – bulaşık makinesi iç yapılarında, klima ekipmanlarında, egsoz parçalarında, sıcak-soğuk tanklarında kullanımları söz konusudur. Hem oksidasyona hem de atmosferik korozyona karşı dayanımları yüksektir. İçeriğinde bulunan krom (Cr) oranına bağlı olarak üç ana gruba ayrılırlar:

İçeriğinde %11- 13 arasında krom barındıran alaşımlar (AISI 409, AISI 410S, AISI 1.4003 Kaliteleri) 1. Grupta yer alıp korozyon ve oksidasyon dirençleri düşüktür. İmalat yapılabilme özellikleri yüksek ve düşük temin fiyatına sahiptirler.



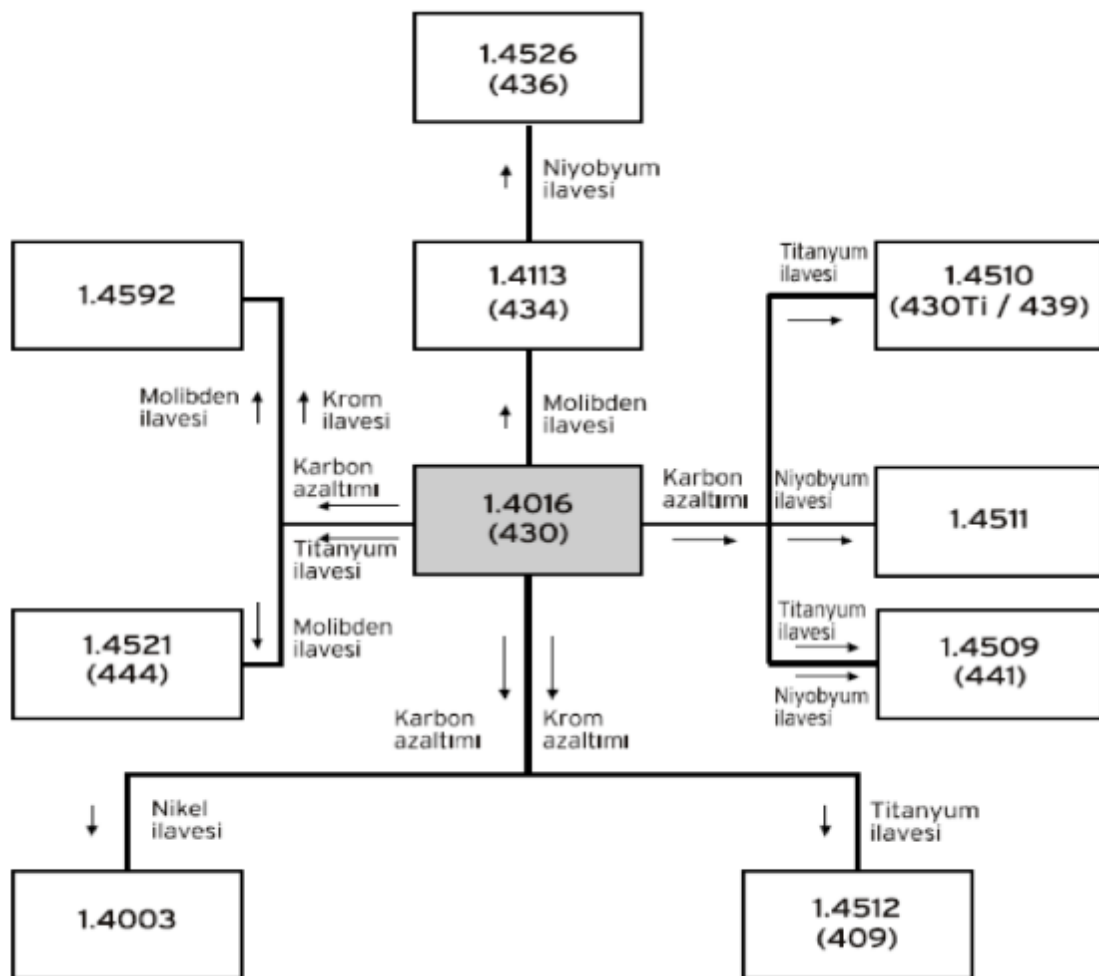
Şekil 2.5. Ferritik paslanmaz çeliklerin mikro yapısı

İçeriğinde %14-18 arasında krom barındıran alaşımlar: (AISI 430, AISI 434, AISI 436, AISI 439, AISI 430Ti, AISI 441, AISI 444 Kaliteleri) genellikle mutfak eşyalarında, otomotiv

parçalarında, orta düzey krom içeren malzemelerin yapımında kullanılmaktadır. Genel özellikleri olarak hem darbe dayanımları hem de kaynak kabiliyetleri düşüktür. Korozyon direncini artırmak için bazı alaşımlar için Molibden (Mo) elementi eklenmesi yapılmaktadır.

İçerisinde %19- 30 arasında krom barındıran alaşımlar (Süper Ferritikler): (AISI 442 ve AISI 446 kaliteleri) krom miktarına bağlı olarak yüksek korozyon ve oksidasyon direncine sahiptirler. Bu nedenler standart ferritik paslanmaz saclardan ayrı bir şekilde değerlendirilir.

Çizelge 2.4. Ferritik paslanmaz çeliklerin soy ağacı



2.5.2.1. Ferritik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri

- Kaynak edilebilme kabiliyetleri iyidir ancak östenitik paslanmazlara göre düşüktür
- Korozyon direnç orta seviyenin bir tık üstünde olup içeriğinde yer alan krom miktarının artışına bağlı olarak yükselmektedir

- Korozyon direnci iyi olup, içerikte yer alan krom miktarı artışına bağlı olarak bu kabiliyet artmaktadır.
- Manyetik özelliğe sahiptirler
- Şekillendirme kabiliyeti yüksektir ancak östenitik paslanmaz çeliklere göre daha azdır.

2.5.2.2. Ferritik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

Günümüzde ferritik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları ekonomik avantaj ve teknik özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Uzun yıllardır piyasa kullanımı bulunmaktadır.

Başlıca kullanım alanları,

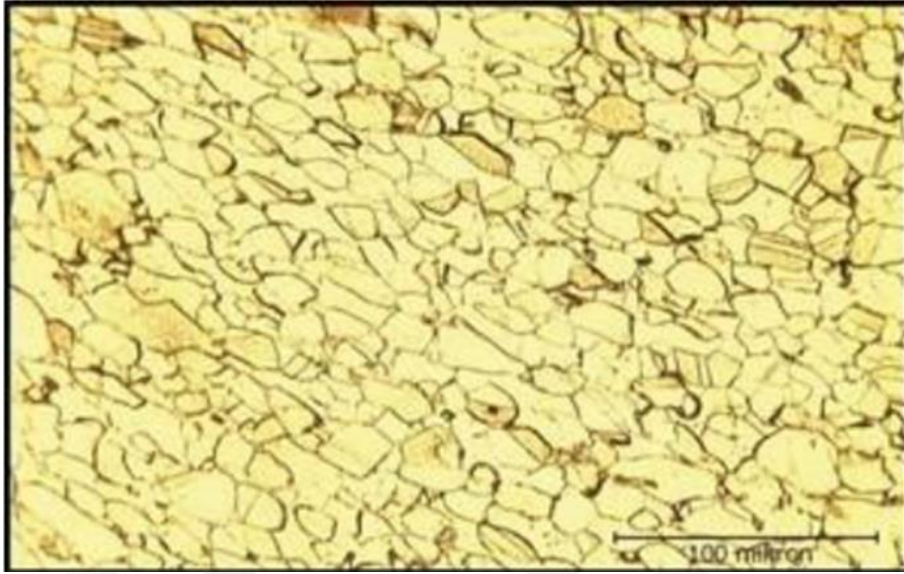
- Beyaz eşya sektörü
- Dekoratif süs eşyaları
- Dış cephe süsleme yarı mamul
- Depolama sistemlerinde

2.5.3. Ferritik- östenitik (dubleks) paslanmaz çelikler

Dubleks paslanmaz çeliklerin mikro yapısı ferrit ve östenitin birleşiminden oluşmaktadır. Bu sebeple daha üstün özelliklere sahiptirler.

İç yapıların karışımından ötürü yüksek korozyon dayanımına ve iyi mukavemete sahiptirler. İç yapısında bulunan Nikel (Ni) elementinin oranı en çok %8 olması, iç yapının östenitik olması için yeterli olmamaktadır. Eşit oranlarda östenit ve ferrit fazlarının birleşiminden oluşan mikro yapıya sahiptir. İçerisinde yer alan molibden elementi sayesinde deniz ve asitli ortamlara uzun süre dayanımları vardır.

Ferritik paslanmaz çeliklere göre daha iyi çekme dayanımına, östenitik paslanmaz çeliklere göre daha iyi gerilme korozyonuna sahiptirler. Isıl işlem ile sertleştirilemezler ve manyetik özelliğe sahiptirler.



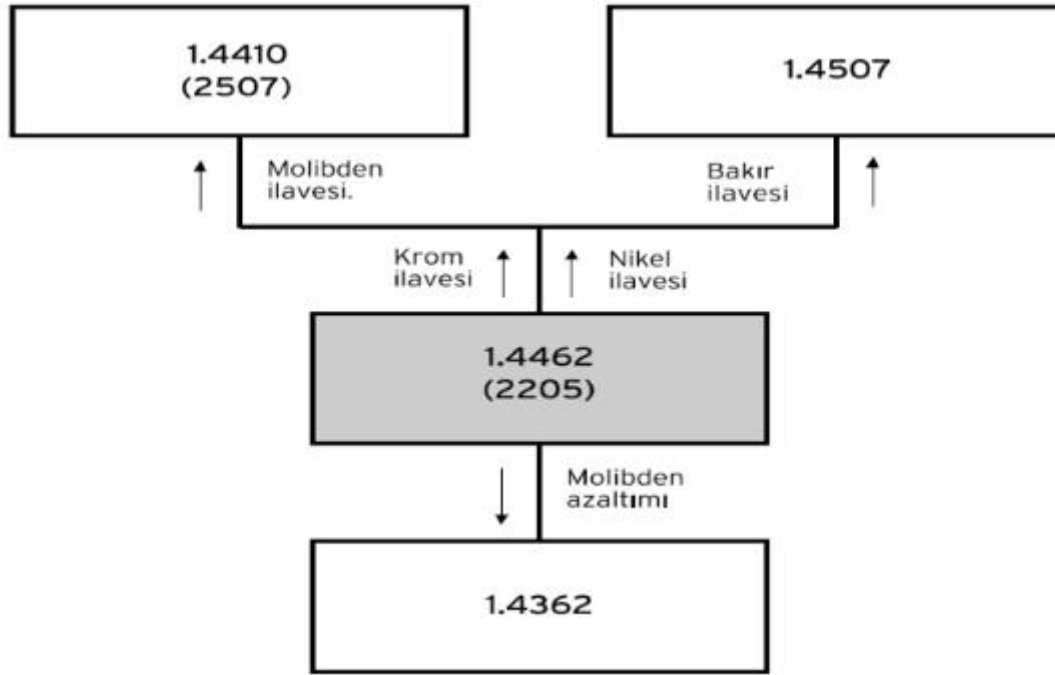
Şekil 2.6. Dupleks paslanmaz çelik mikro yapısı

Bu iki fazın beraber bulundukları halde tavlanmış durumlarında akma dayanımları 550 – 690 MPa gösterir. Elde edilen bu değer diğer çelik türlerin sahip olduğu akma dayanımının yaklaşık iki katıdır. Ticari maksatlı olarak kullanılan çeliklerin içeriklerinde sırasıyla krom (%22- %26), nikel (%4- %7), molibden (%4,5), bakır (%0,7), volfram (%0,7), azot (%0,08- %0,35) yer almaktadır.

Bu çelik türünde en çok kullanılan kaliteleri 1.4462 ve 1.4362'dir. Dupleks paslanmaz çelikler hem ferritik hem de östenitik paslanmaz çeliklerin ortak özelliklerini taşıdığı için yüksek korozyon ve yüksek mekanik özelliklere sahiptirler.

Bu çelikler sahip oldukları üstün özelliklerden dolayı istenilen geometrik şekil ve boyutlarda temin edilmektedirler.

Çizelge 2.5. Dupleks paslanmaz çeliklerin soy ağacı



2.5.3.1. Dupleks paslanmaz çeliklerin genel özellikleri

- Yüksek mekanik dayanım
- Korozyona karşı yüksek mukavemete sahip olma
- Yüksek mekaniksel dayanım özelliği
- Yüksek oranda kaynak ve şekillendirme olanı

2.5.3.2. Dupleks paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

Genel kullanım alanları ise,

- Denizcilik sektöründe gemi pervanesi ve diğer parçaların yapımında,
- Gaz kuyusu ve deniz petrol platformlarında,
- Vana gövdesi, basınçlı kap ve döküm pompalarda,
- Isı eşanjörlerinde,
- Jeo-termal ekipmanlarında,

- Kimyasal ekipmanlarında,
- Gaz, petrol ve deniz suyu boru ve ekipmanlarında,
- Arıtma tesis ekipmanlarında kullanılmaktadır (Kaluç ve diğerleri, 1998).

2.5.4. Martenzitik paslanmaz çelikler

Martenzitik paslanmaz çeliklerin içeriğinde %0.10 ile %1 arası Karbon (C) ve %12,5 ile %18 arası Krom (Cr) bulunur. Bu alaşımlar geniş bir alalıkta yer alabilirler.

İçeriğinde %0,1'den fazla karbon olan çelikler yüksek sıcaklıklarda iç yapıları östenitiktir. Östenitleme sıcaklığı çelik türüne bağlı olarak 950-1050°C arasında gerçekleşir. Bu sıcaklık aralığında çeliğe eğer su verilirse iç yapı martenzitik olur. Elde edilen yüksek mekanik dayanım ve sertlik durumu içerikte yer alan karbon miktarına bağlı olarak artar. Endüstrinin ihtiyaçlarına bağlı olarak martenzitik çelikler hem tavlanmış olarak hem de ıslah edilmiş şekilde piyasaya sunulmaktadır.

Martenzitik paslanmaz çelikler genellikle menevişlenmiş, su verilmiş veya tavlanmış şekilde halde kullanılırlar.

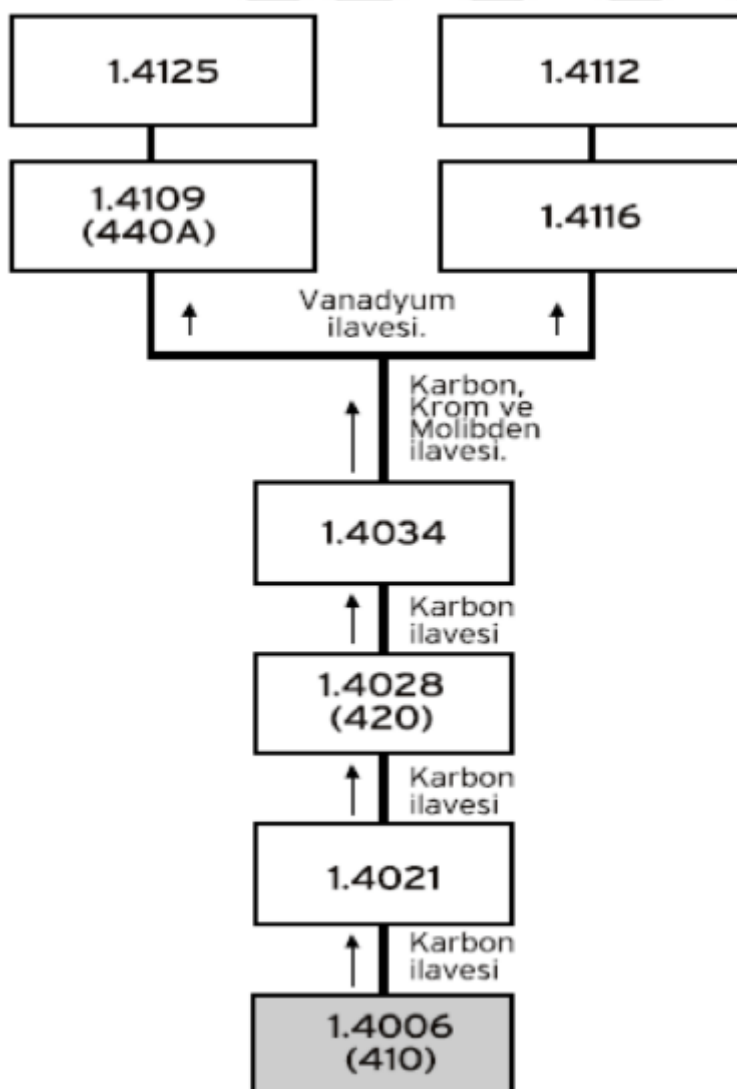
Martenzitik çelik grubunda en çok AISI 420 kalite kullanılmaktadır. Bu çelik grubunda AISI 410 kalite hariç hemen hemen hepsine ısıtma işlemi uygulanarak serleştirilirler. Martenzitik grubunun sertleştirilebilme özelliğine bağlı olarak Yüksek Çekme- Sürtünme- Yorulma dayanımı getiren alanlarda kullanılmaktadır. Düşük karbon oranına sahip olan AISI 410 kalitede martenzitik çelikler ülkemizde sac formatında bulunur.

Martenzitik çelik grubunda temperleme sıcaklığı değişimi yapılarak değişik özelliklerde ürün elde edilebilmektedir. Bu çeliklerde yüksek korozyon dayanımı elde edebilmek için, uygun ısıtma işlem sıcaklığına uyulması gerekmektedir (Aran ve diğerleri, 2003).



Şekil 2.7. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı

Çizelge 2.6. Martenzitik paslanmaz çeliklerin soy ağacı



2.5.4.1. Martenzitik paslanmaz çeliklerin genel özellikleri

- Martenzitik grubunun tamamı manyetiktir.
- Martenzitik durumda korozyon dirençleri çok iyidir.
- Martenzitik paslanmaz çelikler aşınma dayanımı yüksektir.
- Kaynak kabiliyetleri düşüktür.
- Yüksek sertlik seviyesine sahiptirler.

2.5.4.2. Martenzitik paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

Bu paslanmaz çeliklerin genel kullanım alanları; pompa, rulmanlı yatak, valflerde ve çatal kaşık bıçak takımlarında kullanılır. (Abington Publishing, 1994). Mekanik özelliklerinin yüksek sıcaklıklarda göstermiş olduğu performansa bağlı olarak termik endüstrilerinde yoğun bir şekilde kullanımı söz konusudur. Ağırlıklı olarak supap, buhar türbinleri aşanjörler kullanım alanlarına örnektir. Ayrıca korozyona karşı göstermiş oldukları direnç sayesinde petro-kimya sektöründe de kullanım alanları vardır.

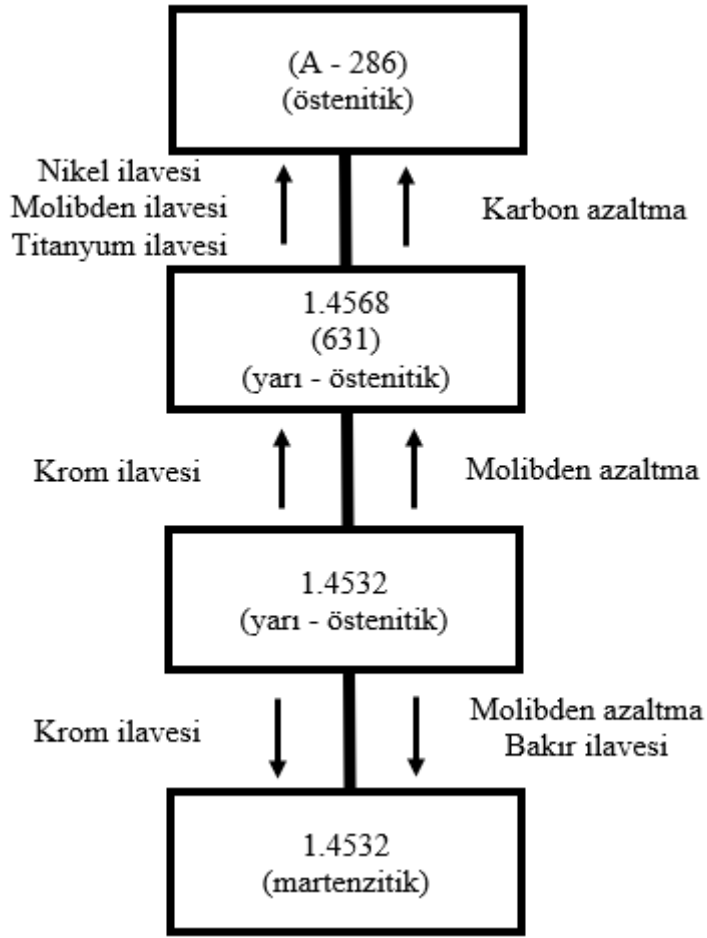
2.5.5. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çelikler

Çökelme sertleşmeli özellikli paslanmaz çeliklere yaşlandırma işlemi uygulanabilir. Bu tip paslanmaz çeliklerin iç yapılarında titanyum, molibden, niyobyum, alüminyum ve bakır gibi alaşım elementleri bulunur. Alaşım içeriğinde yer alan bu elementlerin etkisiyle çökelme sertleşmesi olan Fe-Cr-Ni'li paslanmaz çelik ailesi içerisinde yer almaktadır (Kaluç ve diğerleri, 1998).

Çökelmenin oluşabilmesi için yapıya element ilavelerinin yapılması gerekmektedir. Bu elementler ise titanyum, alüminyum, bakır ve niyobyum örnek olarak gösterilebilir. Bu tip çeliklerin tokluk ve süneklikleri iyi seviyedeysen, korozyon dirençleri orta düzeydedir.

Titanyum, niyobyum, bakır ve alüminyum elementler yaşlandırma etkisi için kullanılır.

Çizelge 2.7. Çökelme sertleşmesi paslanmaz çeliklerin soy ağacı



2.5.5.1. Çökelme sertleştirmeli paslanmaz çeliklerin genel özellikleri

Başlıca özellikleri

- Mukavemetleri yaklaşık 1700 MPa üzerine çıkabilmektedir.
- Dayanımları yüksektir.
- Korozyon direnci yüksektir.

2.5.5.2. Çökelme sertleştirmeli paslanmaz çeliklerin kullanım alanları

Çökelme sertleştirmeli çelikler sektörde hem çok özel noktalarda hem de geleneksel malzemelerin üretimlerinde kullanılmaktadır. Örnek kullanım yerleri savunma sanayisinde,

uçakların dış yapısında ve iniş takımlarında, yakıt depolarında, deniz araçlarında, vida, cıvata, somun ve kesici aletlerin üretiminde yaygın bir şekilde kullanımları söz konusudur.

2.6. Paslanmaz Çeliklerin Üretimi

Günümüzde hemen hemen her sektörde ve her alanda paslanmaz çeliklerin kullanımı bulunmaktadır. Kullanım yerinin ihtiyacına bağlı olarak özellikle tercih edilen alaşımlı tipleri de mevcuttur. Paslanmaz çeliklerin üretimi için büyük yatırımlar, büyük maliyetler ve tecrübe getiren bir süreçtir. Paslanmaz çeliklerin ergitme ve arıtma prosesleri çoğunlukla “Elektrik ark ocağı/Argon oksijen karbon giderme” metotlarıyla yapılır. Bu metotlar 1970 yılı itibariyle gelişmeye başlamış ve çelik üretimin %80 bu şekilde üretilmeye başlanmıştır. Bu metotlar sayesinde, kalite artışı ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi sağlanmıştır.

2.7. Paslanmaz Çeliklerin Fiziksel Özellikleri

Paslanmaz çeliklere ait özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Kaynak kabiliyetleri yüksektir
- Korozyon dirençleri yüksektir
- Şekillendirme özellikleri yüksektir
- Isı ve elektrik iletkenliği yüksektir
- Termal genleşme östenitik çeliklerin karbonlu çeliklere göre %50 daha fazladır.
- Ferritik paslanmaz çeliklerin elektrik iletme direnci %20 oranında, özgül ısıları da %10 oranında östenitik paslanmaz çeliklere göre düşüktür.

Çizelge 2.8. Paslanmaz çeliklerin fiziksel özelliklerinin standart çeliklerle kıyaslama

Paslanmaz Çelik Gruplarına Ait Fiziksel Özellik Tablosu				
Fiziksel Özellikler	Östenitik Paslanmaz Çelikler	Feritik Paslanmaz Çelikler	Martenzitik Paslanmaz Çelikler	Çökelme ile Sertleşebilen Paslanmaz Çelikler
Elastisite Modülü (Gpa)	195	200	200	200
Yoğunluk (g/cm ³)	8	7,8	7,8	7,8
Isı Genleşme Katsayısı (µm/m°C)	16,6	10,4	10,3	10,8
Isıl İletkenlik (W/mk)	15,7	25,1	24,2	22,3
Özgül Isı (J/k°K)	500	460	460	460
Elektriksek Direnç (µΩcm)	74	61	61	80
Manyetik Geçirgenlik	1,02	600- 1100	700- 1000	95
Ergime Aralığı(°C)	1375- 1450	1425- 1530	1425- 1530	1400- 1440

2.8. Paslanmaz Çeliklerin Mekanik Özellikleri

Malzemelere uygulanan gerilim baskısı altında, şekillerini kalıcı olarak değiştirmeleri, mekanik özellikleri ile ilgidir. Malzemenin mekanik özelliği atom türü, kristal yapısı ve tane büyüklüğünü bağlıdır. Bir malzeme için en kritik mekanik özelliklerinin başında şekil değiştirme kabiliyetleri olup iki sırada ise kırılma davranışları yer almaktadır. Ayrıca malzemenin şekli ve boyutu malzemenin mekanik davranışlarına bağlıdır. Paslanmaz çeliklerin nominal mekanik özellikleri aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 2.9. Ferritik Paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri

Çelik Türü	Isıl İşlem Durumu	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı %0,2 (N/mm ²)	Uzama (%)	Kesit Daralması (%)	Sertlik (Rockwell)
AISI 405	Tavlı	480	275	30	60	B 80
AISI 409	Tavlı	450	240	25		B 75 M
AISI 429	Tavlı	490	310	30	65	B 88 M
AISI 430	Tavlı	515	310	30	60	B 82
AISI 430F	Tavlı	550	380	25	60	B 86
AISI 430Ti	Tavlı	515	310	30	65	
AISI 434	Tavlı	530	365	23		B 83 M
AISI 436	Tavlı	530	365	23		B 83 M
AISI 442	Tavlı	550	310	25	50	B 85
AISI 444	Tavlı	415	275	20		B 95 M
AISI 446	Tavlı	550	345	23	50	B 86
AISI 26-1 (E-Brite)	Tavlı	450	275	22		B 90 M
AISI 26-1 Ti	Tavlı	470	310	20		B 95 M
AISI 29-4	Tavlı	550	415	20		B 98 M
AISI 29-4-2	Tavlı	550	415	20		B 98 M
AISI 18SR	Tavlı	620	450	25		B 90 M
AISI Monit	Tavlı	650	550	20		B 100 M
AISI Sea-cure/SC-1	Tavlı	550	380	20		B 100 M

Çizelge 2.10. Östenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri

Çelik Türü	Isıl İşlem Durumu	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı %0,2 (N/mm ²)	Uzama (%)	Kesit Daralması (%)	Sertlik (Rockwell)
AISI 201	Tavlı	793	379	55		B 90
AISI 201	Tam Serleştirilmiş	1275	965	4		C 41
AISI 202	Tavlı	724	379	55		B 90
AISI 301	Tavlı	758	276	60		B 85
AISI 301	Tam Serleştirilmiş	1275	965	8		C 41
AISI 302	Tavlı	620	255	55	65	B 82
AISI 302 B	Tavlı	655	276	50	65	B 85
AISI 303	Tavlı	620	241	50	55	B 84
AISI 304	Tavlı	586	241	55	65	B 80
AISI 304 L	Tavlı	552	207	55	65	B 76
AISI 304 N	Tavlı	586	241	30		
AISI 304 LN	Tavlı	552	207			
AISI 305	Tavlı	586	255	55	70	B 82
AISI 308	Tavlı	586	241	55	65	B 80
AISI 308 L	Tavlı	551	207	55	65	B 76
AISI 309	Tavlı	620	276	45	65	B 85
AISI 310	Tavlı	655	276	45	65	B 87
AISI 312	Tavlı	655		20		
AISI 314	Tavlı	689	345	45	60	B 87
AISI 316	Tavlı	586	241	55	70	B 80
AISI 316 L	Tavlı	538	207	55	65	B 76
AISI 316 F	Tavlı	586	241	55	70	B 80
AISI 317	Tavlı	620	276	50	55	B 85
AISI 317 L	Tavlı	586	241	50	55	B 80
AISI 321	Tavlı	599	241	55	65	B 80
AISI 347 / 348	Tavlı	634	241	50	65	B 84
AISI 329	Tavlı	724	552	25	50	B 98
AISI 330	Tavlı	550	241	30		B 80
AISI 330 HC	Tavlı	586	290	45	65	
AISI 332	Tavlı	552	241	45	70	
AISI 384	Tavlı	550				

Çizelge 2.11. Martenzitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri

Çelik Türü	Isıl İşlem Durumu	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı %0,2 (N/mm ²)	Uzama (%)	Kesit Daralması (%)	Sertlik (Rockwell)
AISI 403	Tavlı	517	276	30	65	B 82
AISI 403	Temperlenmiş (427°C)	1344	1034	17	55	C 41
AISI 410	Tavlı	517	276	30	65	B 82
AISI 410	Temperlenmiş (427°C)	1344	1034	17	55	C 41
AISI 410 S	Tavlı	414	207	22		B 95 M
AISI 410 Nb	Tavlı	483	276	13	45	
AISI 410 Nb	Temperlenmiş (Ara Tav)	862	689	13	45	
AISI 414	Tavlı	827	655	17	55	C 22
AISI 414	Temperlenmiş (427°C)	1379	1034	16	58	C 43
AISI 414 L	Tavlı	793	552	20	60	
AISI 416 Plus X	Tavlı	517	276	30	60	
AISI 420	Tavlı	655	345	25	55	B 92
AISI 420	Temperlenmiş (315°C)	1586	1344	8	30	C 50
AISI 422	Temperlenmiş (Ara Tav)	965	758	13	60	
AISI 431	Tavlı	862	655	20	60	C 24
AISI 431	Temperlenmiş (427°C)	1413	1069	15	45	C 43
AISI 440 A	Tavlı	724	414	20	45	B 95 M
AISI 440 A	Temperlenmiş (315°C)	1793	1655	5	30	C 51
AISI 440 B	Tavlı	738	427	18	35	B 96
AISI 440 B	Temperlenmiş (315°C)	1931	1862	3	15	C 55
AISI 440 C	Tavlı	758	448	13	25	B 97
AISI 440 C	Temperlenmiş (315°C)	1965	1896	2	10	C 57

Çizelge 2.12. Çökelme sertleşmeli paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri

Çelik Türü	Isıl İşlem Durumu	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Dayanımı 1 %0,2 (N/mm ²)	Uzama (%)	Kesit Daralması (%)	Sertlik (Rockwell)
Çökelme yoluyla sertleşebilen paslanmaz çelikler						
AISI PH13-8 Mo	H950	1517	1413	8	45	C 45
AISI 15-5 PH	H900	1310	1172	10	35	C 44
AISI 15-5 PH	H1150	931	724	16	50	C 32
AISI 17-4 PH	Çözelti tavlaması	1034	758	10	45	C 33
AISI 17-4 PH	H900	1379	1227	12	48	C 44
AISI 17-7 PH	Çözelti tavlaması	896	276	35		B 85
AISI 17-7 PH	RH950	1620	1517	6		C 48
AISI PH15-7 Mo	Çözelti tavlaması	896	379	35		B 88
AISI PH15-7 Mo	RH950	1655	1551	6	25	C 48
AISI 17-10 P	Çözelti tavlaması	613	255	70	76	B 82
AISI 17-10 P	H1300	986	676	20	32	C 32
AISI A 286	H1350	896	586	15		
AISI AM350	Çözelti tavlaması	1103	379	40		B 95
AISI AM350	DA	1344	1069	11		C 41
AISI AM355	Çözelti tavlaması	1207	448	30		B 95
AISI AM355	DA	1344	1069	10		C 41
AISI CUSTOM 450	Tavlı	862	655	10	40	C 30
AISI CUSTOM 450	H900	1241	1172	10	40	C 40
AISI CUSTOM 455	H900	1620	1517	8	30	C 47
AISI Stainless W	Çözelti tavlaması	827	517	7		C 30
AISI Stainless W	H950	1344	1241	7	25	C 46
Çift fazlı paslanmaz çelikler						
AISI 2205		827	448	25		
AISI 2304		758	414	25		
AISI 255		758	552	15		
AISI 2507		800	550	15		

2.9. Paslanmaz Çeliklerin Korozyon Özelliklerinin İncelenmesi

Korozyon, maddelerin çevresiyle etkileşimlerinden dolayı kimyasal, mekanik veya elektriksel sebeplerden dolayı aşınma durumudur. Korozyon, malzemede görsel bozukluğa neden olan, malzemenin mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyen, kimyasal veya elektrokimyasal bir olaydır.

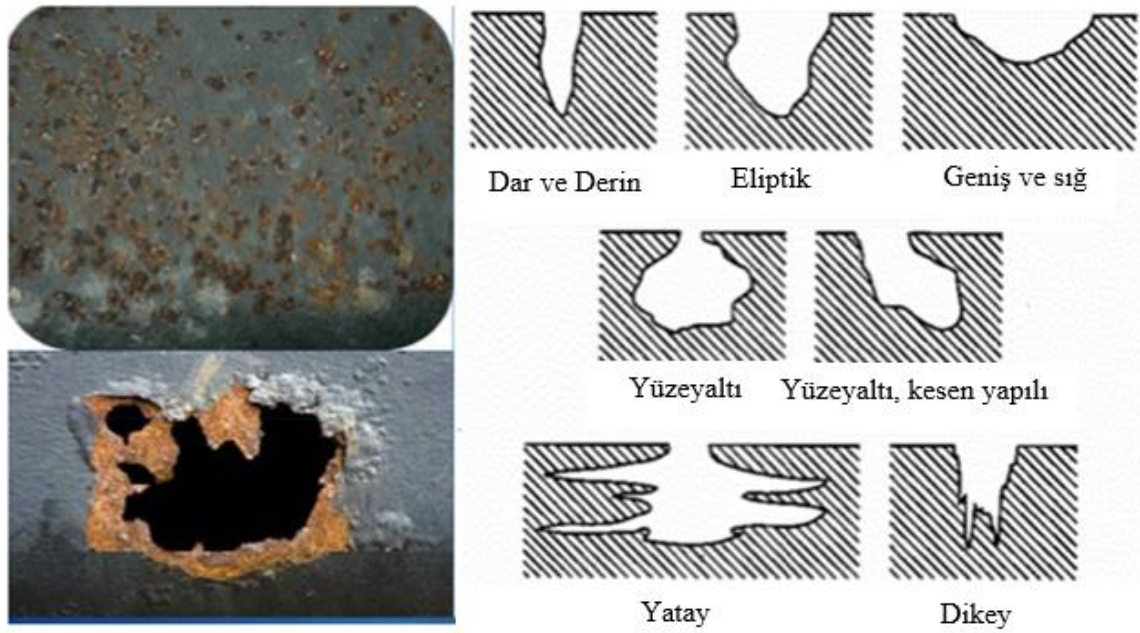
Başlıca korozyon çeşitleri şunlardır;

- Üniorm (tek düze) korozyon: Metal yüzeyinin her noktasında aynı olan korozyondur.



Resim 2. 1. Üniorm korozyon örneği

- Pitting korozyonu: Bu korozyon çeşidi genellikle bölgesel olup paslanmaz çeliklerin yüzeyinde belirli bir noktada oluşur. Paslanmaz çeliğin yüzeyinde bulunan koruyucu tabaka zarar görür veya zayıflar ise oyuk korozyonu oluşmaya başlar. Zayıflayan bu bölge korumasız olduğu için korozyon bu noktada başlar. Bu nokta anodik özellik taşırken diğer bölgeler katodik özellik taşımaktadır.



Resim 2. 2. Pitting korozyon örneği

- Aralık korozyonu: Bu korozyon çeşidi genellikle metal malzeme yüzeyinde bulunan kusurlu bir nokta da başlar. Bu noktalar yüzeyde bulunan ya bir çatlak ya da dar aralıktan ibarettir. Bu korozyon kusurlu olan noktalar ile çevre elektrolit arasında ki oksijen yoğunlaşması veya metal iyonu yoğunlaşmasının farklı olmasıdır.



Resim 2. 3. Aralık korozyon örneği

- Gerilmeli korozyon: Gerilmeli korozyon bir gerilme gerilmesi ile aşındırıcı bir ortamın birlikte ve aynı anda hareketini içeren bir kırılma sürecidir. Bu korozyon çatlak ve oyuk korozyonlardaki gibi daha çok klor içeren ortamlarda meydana gelmektedir. Bu korozyon genellikle yüksek basınç altında çalışan paslanmaz boru hatlarında gözlenir. Bu korozyonu önlemek için iyi malzeme seçimi yapılmalıdır.



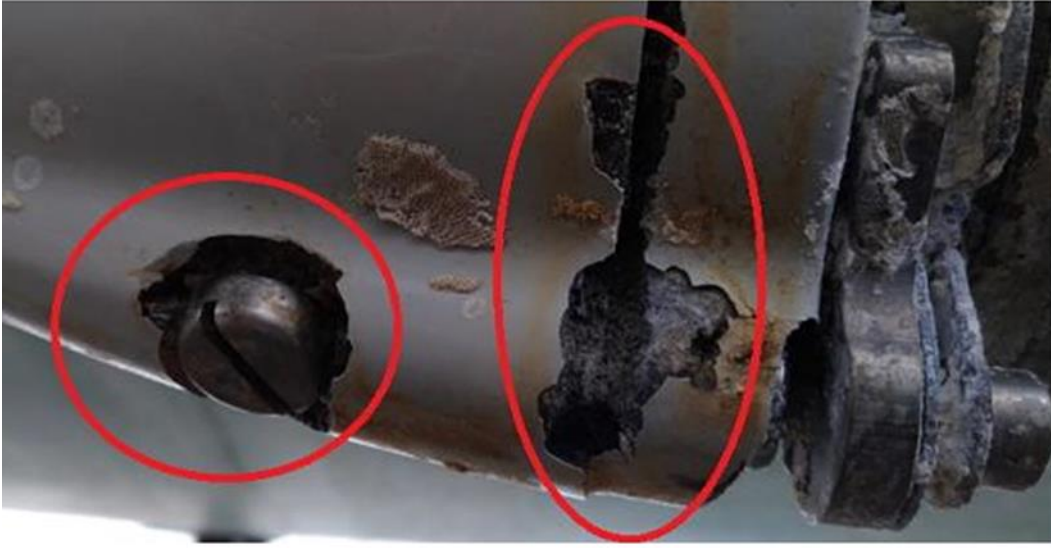
Resim 2. 4. Gerilmeli korozyon örneği

- Taneler arası korozyon: Taneler arası korozyon çoğunlukla ısıı işlem ve kaynak işlemi esnasında oluşur. (550 – 850 °C). Krom karbürler yavaş soğuma ile tane sınırlarına çökeler. Kromca fakir bölgeler eğer çökelmeye komşu iseler korozyona açık hale gelmektedirler. Bu korozyon tipi yüksek karbonlu çelikler için ciddi bir sorun iken günümüz modern çelikleri için sorun olmaktan çıkmıştır.



Resim 2. 5. Taneler arası korozyon örneği

- Galvanik korozyon: Farklı metallerin korozyon potansiyeline bağlı olarak iletkenlik asil metalden daha az asil olan metale elektrik akımı geçişı olarak gerçekleşir. Bu süreçte akım geçişı daha az asil olan metalin kayıplara uğramasına neden olmasdır.



Resim 2. 6. Galvanik korozyon örneği

3. KAYNAK TEKNOLOJİLERİ

Kaynak; termoplastik veya metalik malzemelerin basınç, ısı veya her ikisinin tesiri altında ekstra malzeme kullanımı olsun veya olmasın gerçekleştirilen birleştirme işlemidir. Kaynağı genel olarak tanımlarsak; bağlama, imalat ve tamir proseslerinde kullanılır. İmalat şekline göre döküm ve dövme proseslerinin alternatif olarak görülür. Bu imalat yöntemlerinin seçimi maliyet bağlı olarak değişir.

Genellikle kaynak işlemi yapılacak olan çalışma parçaların birleştirme alanları eritilir ve bu alanlara dolgu malzemesi ilavesi yapılır, birleştirme işlemi yapılan yer soğutularak sertleşmesi sağlanır.

Kaynak yöntemi lehim ve sert lehimden farklı olarak, birleştirme çalışma parçaları erimektedir. Düşük ergime noktasına sahip olan lehim ve sert lehim yöntemlerinde çalışma parçalarında ergime olmaz.

Kaynak prosesi malzeme ve işçilik maliyetleri bakımından perçinden daha üstün olduğu için günümüzde perçin prosesinin yerini almıştır. Kaynak teknolojinin hızlı ilerlenesine bağlı olarak hem fabrika ortamında hem de sahada rahatlıkla yapılabilir durumdadır.

Çatlakların giderilmesi, aşınan yüzeylerin doldurulması ve kırılan parçaların birleştirilmesi kullanılmaktadır. Bu tip uygulamalara tamir kaynağı adı verilir.

3.1. Kaynağın Tarihsel Gelişimi

Elde edilen verilere göre kaynağının kullanımı milattan önce 4000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Tarihsel sıralamaya göre,

- Milattan 4000 yıl önce Sümerler e ait kaynaklı altın parçaları
- Milattan 3000 yıl önce Mısırlılar ve Romalılar ait sert lehimli parçaları
- Milattan 79 yıl önce Pompeiler e ait demirci kaynağıyla kaynatılmış boru hatları

- 330-380 yılları arasında Delhi de tapınak sütunlarının demirci kaynağı ile yapılmış kısımlarının imalatı üzerine çalışmışlardır.

Lehimle birleştirme işlemi de geçmiş zamanlarda Asya, Avrupa ve Anadolu da geniş kapsamlı kullanılmıştır. 1500 yıllarına doğru Leonardo Da Vinci, boruların çubuğu üzerine demirci kaynağı yapmıştır.

Ancak profesyonel olarak kaynak teknolojisi 1800 yıllarında başlamıştır. Kaynağın tarihsel gelişimi 19. Yüzyılın ikinci yarısında lazer ve elektron kaynakların keşfiyle devam etmiştir. Gelişen teknolojiyle kaynak işlemi su altı ve uzay gibi farklı alanlarda yapıla bilinir hale gelmiştir. İlk önemli gelişmeler savaş gemi endüstrisinde başlamıştır. Türkiye de ilk metal kaynak uygulamaları 1920 yılında İstinye ve Gölcük tersanelerinde yapılmıştır.

3.2. Kaynak Yöntemleri

Günümüz endüstrisinde kullanılan birçok kaynak metodu bulunmaktadır. Kullanılan kaynak metodu kaynak yapılacak iş parçasının kalınlığına, cinsine, kalite beklentisine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu kaynak metotların büyük çoğunluğunun ortak özelliği bulunmaktadır. Bu kaynak metotlarının bir kısmı gaz kullanarak bir kısmı ise elektrik akımı kullanılarak yapılmaktadır. Hem kullanım yoğunluğu bakımından hem de ekipman farklılığı olan elektron ışınlarıyla kaynaklar da bulunmaktadır. Endüstride uygulanan başlıca kaynak yöntemleri aşağıda yer almaktadır.

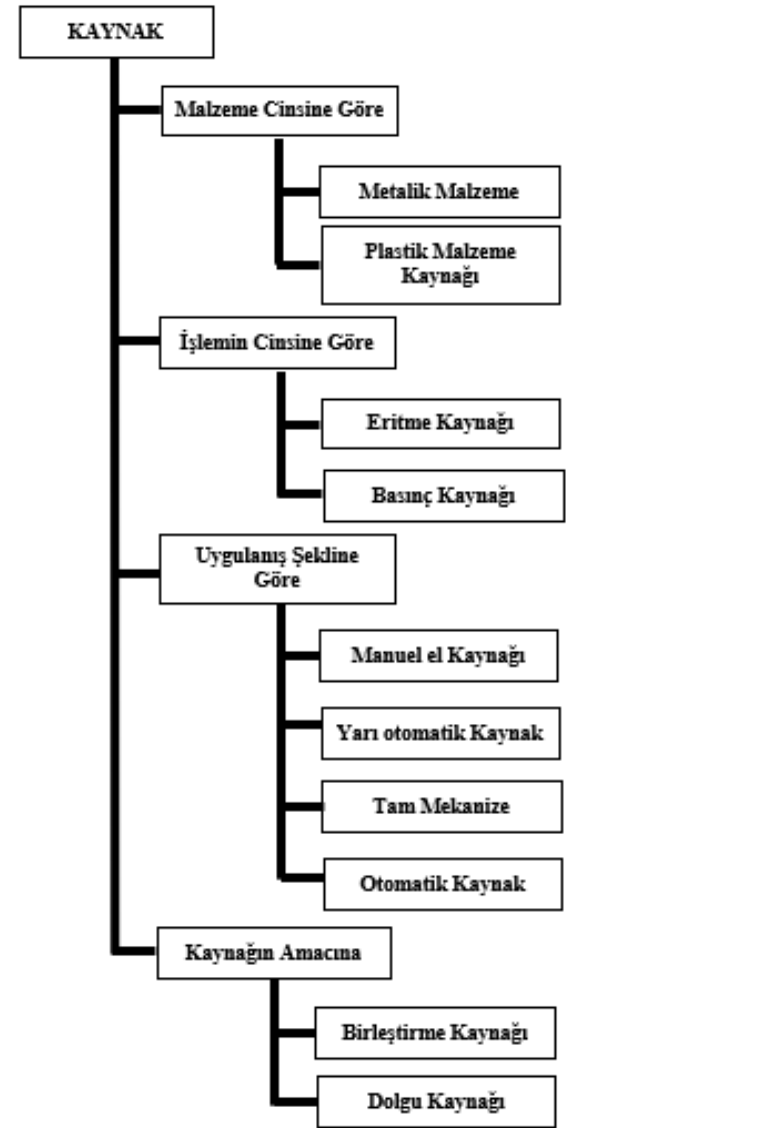
- Elektrik ark kaynağı
- Toz altı kaynağı
- Nokta (punta) kaynağı
- Basınç ve pres kaynağı
- Elektrikli Makara kaynağı
- Oksi asitlen kaynağı
- Gazla eritme pres kaynağı
- Wig kaynağı

- Sürtünme Kaynağı
- Tig kaynağı
- Lazer Kaynak
- Somun Kaynağı
- Elektron Kaynağı
- Soğuk Metal Transferi
- Flaş Kaynağı
- Gaz Metal Ark Kaynağı
- Gas Tungsten Ark Kaynağı
- MIG-MAG-GMAW Kaynağı
- Yüksek Frekans Direnç Kaynağı
- Plazma & Termal Püskürtme Kaynağı
- Perküsyon Kaynağı
- Saplama Kaynağı
- Upset Kaynağı
- Projeksiyon Kaynağı
- Ultrasonik Kaynak

3.3. Kaynağın Sınıflandırılması

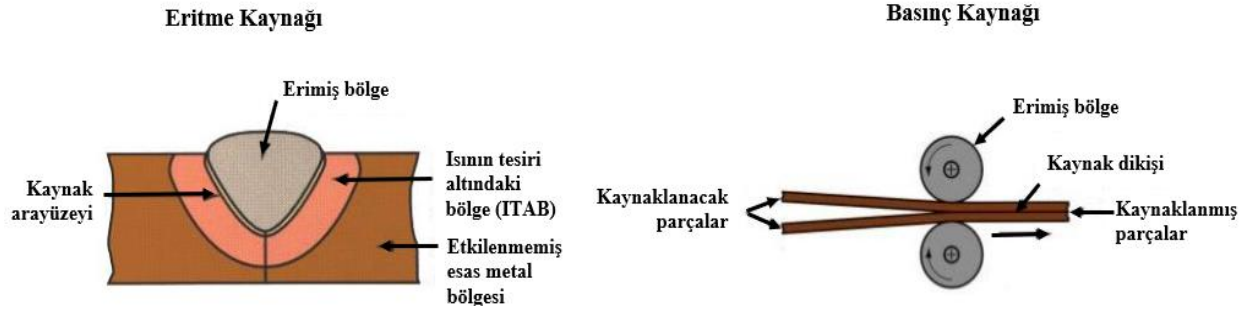
Kaynak uygulaması birden fazla etkene bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Kaynağının sınıflandırılması aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Kaynağının Sınıflandırması



3.3.1. Kaynağın işlem türüne göre sınıflandırma

- Eritme Kaynağı; Kaynak yapılacak olan malzemenin birleştirme bölgesini sıcaklık etkisiyle ile bölgesel olarak eritip, ilave metal kullanarak veya kullanmadan birleştirilmesine denir.
- Basınç Kaynağı; Kaynak yapılacak olan malzemeyi ilave metal kullanmadan basınç uygulayarak bölgesel ısıtılarak birleştirilmesine denir.



Şekil 3.1. Eritme ve basınç kaynağı şematik gösterimi

3.3.2. İmalat türüne göre sınıflandırma

- Elle Kaynak: Bu kaynak metodunda kaynak ünitesi elle manuel olarak kontrol edilir.
- Mekanik Sistemli Kaynak: Bu kaynak metodunda kaynak ünitesi elle manuel olarak kontrol edilir. İlave olarak yardımcı ekipmanlar mekanik olarak çalışır.
- Yarı Otomatik Kaynak: Bu kaynak metodunda kaynak ünitesi kaynak operatörü tarafından olarak kontrol edilir. Kaynak sistemi ise otomatiktir.
- Tam Otomatik Sistemli Kaynak: Bu kaynak metodunda kaynak operatörü tarafından başlatılmaktadır. Bu kaynak sistemi önceden programlanmış bir reçete üzerinde devam etmektedir. Start veya stop kontrolü operatöre aittir.

3.3.3. Kaynağın amacına göre sınıflandırma

- Birleştirme Kaynağı Metodu: İki veya daha fazla iş parçasını birbirinden ayrılmayacak şekilde birleştirilen kaynak metottur.
- Doldurma Kaynağı Metodu: Bir iş parçasının yüzeyinde bulunan bir boşluğu veya hacmini büyütmek amacıyla kullanılan kaynak metottur. Aşındırıcı veya korozyon önleyici amacıyla da kullanılmaktadır.

3.4. Paslanmaz Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti

Bilindiği üzere paslanmaz çeliklerin kaynakla birirlik kabiliyetleri oldukça iyidir. Endüstride kullanılan tüm kaynak metotları birleştirilebilirler. Lazer kaynak, ark kaynak, sert

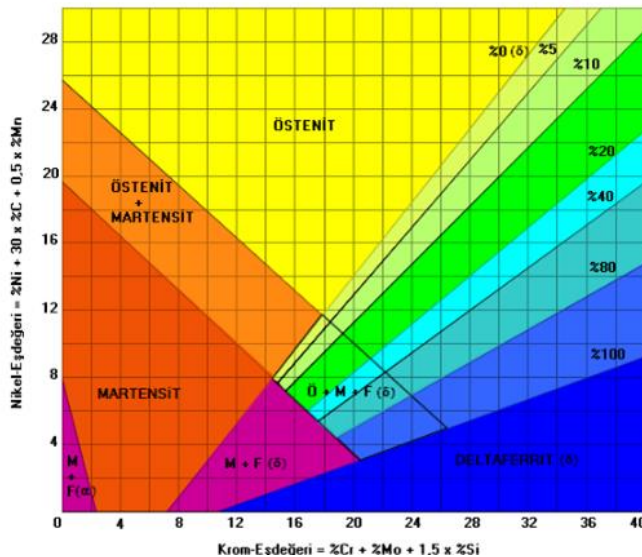
lehimleme, sürtünme kaynağı, direnç kaynağı kullanılan kaynak metotlarına örnektir. Kaynaklı birleştirme metotlarının hangisi tercih edilirse edilsin muhakkak birleştirme yapılacak malzeme yüzeyi ile dolgu metalinin yüzeyinin uygun temizlikte olması gerekmektedir (Baylan, 2004).

Paslanmaz çeliklerin farklı bileşimlere sahip olmaları hem mekanik hem fiziksel hem de kaynaklı birliklik açısından problemler meydana getirebilir. Bu problemler malzeme ömrü açısından önem arz etmektedir.

Bahsi geçen karakteristikler aşağıda yer almaktadır (Baylan, 2004).

- Soğuk şekillendirmeye oluşan hassasiyet
- Isıl genleşme katsayısı ve elektrik iletme dirençlerinin yüksek olması
- Kaynak sonrası meydana gelen yapısal farklılıklar (örnek karbür oluşumu, tane irileşmesi, delta ferrit, sigma Fazı).
- Korozyona karşı yüksek hassasiyet

Çizelge 3.2. Schaeffler diyagramı



3.4.1. Paslanmaz çeliklere uygulanan kaynak yöntemleri

Paslanmaz çeliklere genel anlamda tüm kaynaklı birleştirmeler kullanılmaktadır. Çalışma yapılacak imalat parçasının malzeme özelliği ve kullanım yerine bağlı olarak kaynak uygulaması seçilmektedir. Endüstride en çok kullanılan yöntemler ise,

A) Ergitme Kaynak Yöntemleri

- Elektrik ark kaynağı
- Gazaltı kaynağı: (Tig kaynağı, Mıg/Mag kaynağı, Plazma kaynağı)
- Lazer kaynak
- Tozaltı kaynağı
- Oksi – asetilen kaynağı

B) Elektrik Direnç Kaynağı

- Direnç kaynağı (Nokta, Makaralı)
- Saplama Kaynağı

3.4.2. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynak kabiliyeti

Günümüzde ferritik paslanmaz çelikler kaynak kabiliyetlerine bağlı olarak birden fazla metotla birleştirebilirler. En çok kullanılan yöntemler kısaca aşağıda sıralanmıştır.

- TIG metodu
- MIG metodu
- Plazma ark metodu
- Direnç kaynak metodu
- Lazer ışın metodu
- Elektron ışın metodu
- Toz altı kaynak metodu

Yarı mamulün geometrik yapısına ve kullanım alalına bağlı kaynaklı birleştirmede farklı yöntemler tercih edile bilinilir.

Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağında tespit edilen en büyük problem 1150 °C’de karşılaşılan tane irileşmesidir. Oluşan tane irileşmesi paslanmaz çeliğin kırılgan ve gevrek

bir yapıya dönüşmesine neden vermektedir. Bu sorunun ısı ile işlemle giderilebilmesi için ferritik paslanmaz çeliklerin katı halde iken γ/α dönüşümü yapması gerekmektedir ancak dönüşüm gerçekleşmediği bu problem giderilemez. Bu problemi önlemek için paslanmaz çeliklerin içeriğine belli bir oranda azot ilavesi yapılır. Bu sebeple ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılacak olan elektrotlarda azot bulunması gerekmektedir (Erik, 2010).

3.4.2. Ferritik paslanmaz çeliklere uygulanan kaynak yöntemleri

Ferritik paslanmaz çeliklere genel anlamda tüm kaynaklı birleştirmeler kullanılmaktadır. Bu birleştirmeler genel paslanmaz çeliklere uygulananlarla paralellik göstermektedir. Endüstride en çok tercih edilen yöntemler ise,

A) Ergitme Kaynak Yöntemleri

- Elektrik ark kaynağı metodu
- Gazaltı kaynağı: (Tig kaynağı, Mıg/Mag kaynağı, Plazma kaynağı) metodu
- Lazer kaynak metodu
- Tozaltı kaynağı metodu

B) Elektrik Direnç Kaynağı Yöntemleri

- Direnç kaynağı (Nokta, Makaralı) metodu
- Saplama Kaynağı metodu

4. TIG KAYNAK YÖNTEMİ

Günümüz sektöründe en çok ve en yaygın kullanılan kaynak yöntemidir. Çapaksız ve yüksek kalite kaynak dikişi gerektiren her noktada kullanımı vardır. İlk olarak ABD'de ortaya çıkmış olup 1936 yılında şu an ki adı olan argon ark kaynağı almıştır. Avrupa ilk olarak ikinci dünya savaşı sonrasında Almanya'ya gelmiştir. TIG kaynak uygulaması İngilizcede "Tungsten" olarak söylenirken Almancada Wolfram olarak söylenmektedir.

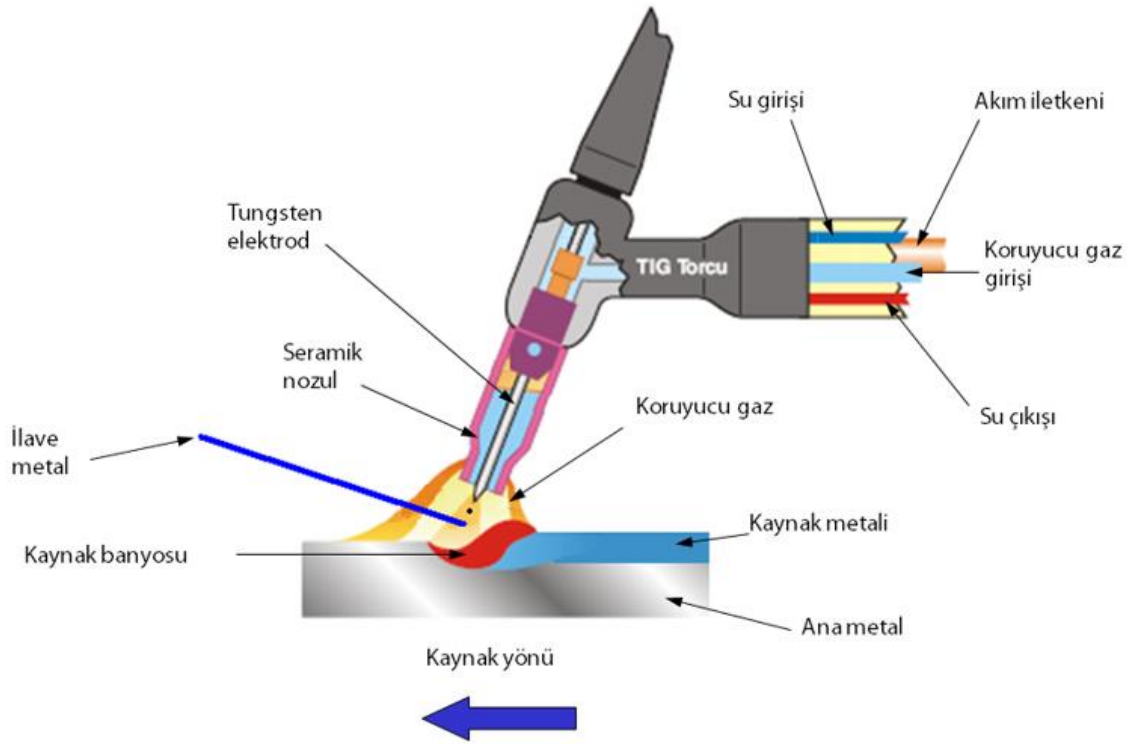
Teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak TIG kaynağına sürdürülebilir gelecek fırsatları sağlamaya devam etmektedir. Elektrik ark kaynak yönteminin ileri aşamasıdır.

Lazer veya plazma kaynağı gibi yüksek enerjili yöntemlerle karşılaştığında ıtab bölgesi genişliği bir hayli fazladır. Bu sebeple yerine kullanım tipine bağlı olarak diğer metotlar tercih edilebilmektedir.

TIG kaynağı uygulamasında elektrotla ile iş parçası arasında oluşan arkın hava tesirinden korumak için helyum veya argon gazı kullanımı korunur. Kaynak prosesine bağlı olarak ilave kaynak teli kullanımı yapılır.

TIG metodunun ismi "Tungsten Inert Gas" kelimelerinin ilk harflerinin bir araya gelmesinden türetilmiştir.

Kaynak prosesinde kullanılan torç içerisinde tungsten elektrot zirkonyum ve toryum ile alaşımlandırılmış elektrot kullanılır. Kaynak kalitesinin artırılması için kaynak torç ucu içerisinde gaz karışımı üflenir.



Şekil 4.1. TIG kaynağı şematik görünüm (Altuntaş, 2015).

4.1. TIG Kaynağının Avantaj ve Dezavantajları

TIG kaynak metodu hafif metal ve alaşımlarla ve paslanmaz çeliklerinin kaynağında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu metodunun tercih edilmesini belirleyen avantaj ve dezavantajları aşağıda yer almaktadır.

Avantajları,

- Sürekli dikiş yapmak, aralıklı kaynak yapmak ve punta kaynak yapma imkânı sunmaktadır.
- Hem manuel hem de robotik sistemlere kullanımı bulunmaktadır.
- Her pozisyonda kaynak yapma imkânı sunmaktadır.
- Kaliteli ve düzgün kaynak dikişi imkânı sunar.
- Kaynak hızı yüksektir.
- Yüksek kaynak dikişi kalitesi sunar.

Dezavantajları,

- Yüksek beceri gerektirmektedir.
- Kalın parçaların kaynağına uygun değildirler.
- Itab bölgesinin genişliği diğer metotlara göre fazladır.
- Estetik bir görsel elde etmek için işlem sonrası yüzey parlatma ihtiyacı vardır.

4.2. TIG Kaynağı Donanımları Üniteleri

4.2.1. TIG kaynak ünitesi

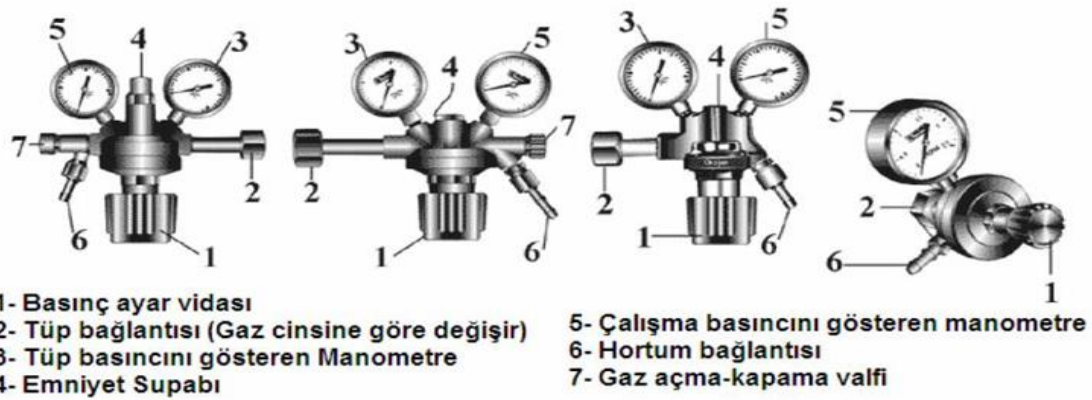
TIG kaynak makinesi sisteminin yapısı, mevcutta kullanılan diğer elektrotlu makinelerden çok farklı özellikleri yoktur. Çalışma karakteristikleri birbirlerine benzer özellikler taşımaktadır. Kaynak yapılacak iş parçasının özelliğine göre makine seçimi yapılır. Piyasada fiyat – performans kıyaslamasına bağlı olarak birçok çeşit kaynak ünitesi bulunmaktadır.



Resim 4. 1. TIG kaynağı üniteleri

4.2.2. Gaz ünite sistemi

TIG kaynak yönteminde argon, helyum ve argon-helyum karışımı olan asal gazlar kullanılmaktadır. Bu gazlar çelikten imal edilmiş basınçlı tüplerin yardımıyla sağlanmaktadır. Kaynak noktasına sevk edilecek gazların basıncı tüplerin üzerine takılan regülatör yardımıyla yapılmaktadır.



Resim 4. 2. Gaz regülatörü ekipmanları

Gaz regülatörleri basınçlı tüp içerisindeki gazın basıncını daha düşük kullanma basınç değerine tek veya çift kademede düşürmeye yarayan ve gazın emniyetli bir şekilde kullanımı imkân sunan ekipmanlardır.

4.2.3. Kaynak torçları

TIG kaynak ekipmanları arasında yer alan torcun görevi kaynak işlemi yapılacak olan iş parçasına gerekli olan elektrik akımının tungsten elektrot üzerinden iletilmesini sağlamaktır. Akımın iletilmesi sürecinde koruyu gaz kaynak bölgesini örterek koruyuculuk sağlamaktadır.

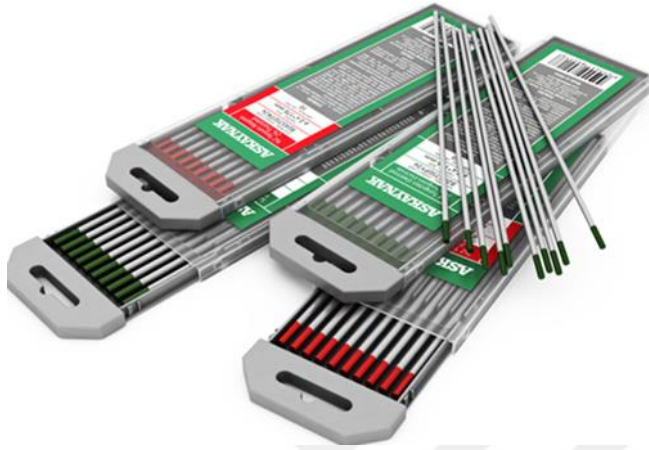
Kaynak torçları kullanım alanına göre hortum boyu, hortum kılıfı ve torç üzeri start-stop tuşları değişiklik gösterebilir. Marka ve performans tercihinin bağlı değişiklik yapılabilir.



Resim 4. 3. TIG kaynak torçları

4.2.4. Tungsten elektrot

TIG Kaynak sisteminin bir ekipmanı olan elektrotlar saf tungsten veya tungsten & toryum alaşımı veya tungsten & zirkonyum alaşımlı olarak kullanılmaktadır. Tungsten elektrotlar iş parçasına ve çalışılacak akıma bağlı olarak değişiklik gösterebilir.



Resim 4. 4. TIG kaynak elektrot

4.2.5. TIG kaynak parametreleri

TIG kaynak metodunda doğru veya alternatif akım kullanılabilir. Çalışma yapılacak iş parçasının kalınlığı ve malzeme cinsine bağlı olarak uygun akım değeri seçilir. Akım şiddeti, her şeyden önce nüfuziyet derinliğini etkiler. Paslanmaz malzemeler için doğru akım alüminyum malzemeler için alternatif akım tercih edilmelidir.

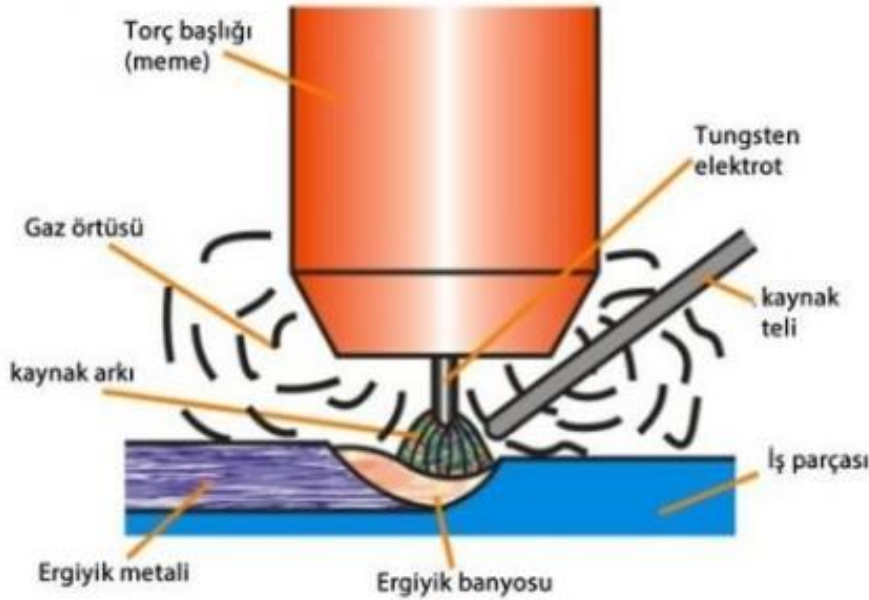
4.3. TIG Kaynağının Uygulanışı

TIG kaynağı uygulandığında oksitlenmiş kaynağına benzerlik göstermektedir. TIG kaynağında yüksek kalitede kaynak elde edebilmek için kaynak dikişinin sürekli ve kesintisiz olması gerekmektedir. Kaynak uygulaması sırasında,

- İlk olarak birleştirme yüzeyi ısıtılır
- Birleşme yüzeyinde oluşan arkın merkezine dolgu teli sürülür
- Dolgu teli sabit kalacak şekilde kaynak torcu yarım ay çizerek yavaş yavaş ilerlenir

- Dolgunun yeterince yayılması kontrol edilerek proses devam ettirilir.

Kaynak işlemi esnasında torç ve dolu telinin konumu önemlidir. Bu nedenle kaynak torcu yüzeye dik, dolu telinin ise 20° açı ile yüzeye temas etmelidir.



Şekil 4.6. TIG kaynak uygulaması

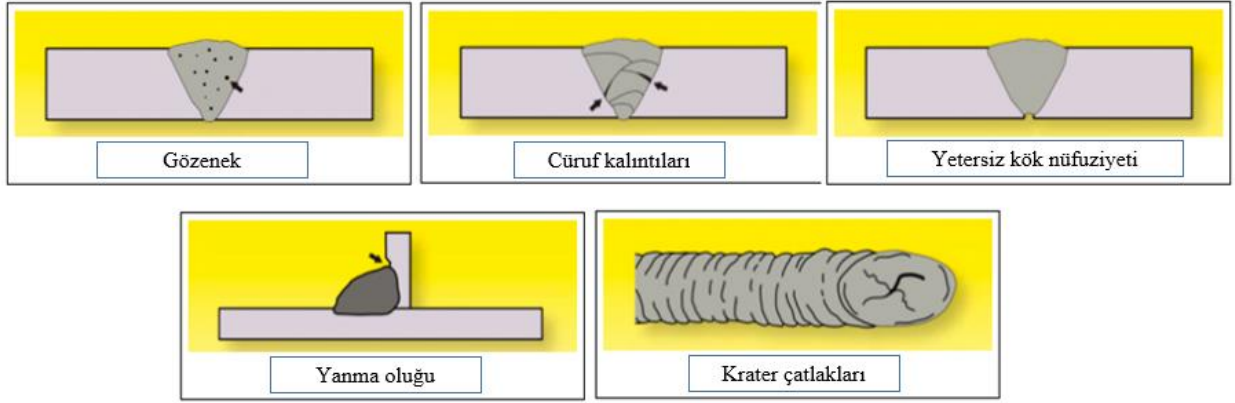
4.4. TIG Kaynak Hataları

Her kaynak metodunda olduğu gibi TIG kaynak yönteminde de karşılaşılan birçok hatalar bulunmaktadır. Karşılaşılan bu hatalar kaynak kalitesini düşürürken bir yandan da yapılan uygulamanın İSG açısından da tehlike yarattığı tespit edilmiştir. Günümüzde bu tespit edilen hataların giderilmesi ve hatta oluşumunun engellenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalar hale hazırda da devam etmektedir.

Başlıca tespit edilen kaynak hataları

- Tungsten kalıntıları
- Oksit kalıntıları
- Kaynak dikişi gözenekler
- Yanma olukları

- Yetersiz erime
- Çarpılma
- Gözenek
- Cüruf kalıntıları



Şekil 4.7. TIG kaynak hata örnekleri

5. LAZER KAYNAK YÖNTEMİ

5.1. Lazerin Tarihsel Gelişimi

Lazer ışını ile ilgili ilk çalışmaların Albert Einstein tarafından yapıldığı bilinmektedir. Ancak o dönemde lazerin hangi alanlarda değerlendirilebilir sorusuna net bir yanıt bulunamamıştır. Einstein, lazeri geliştirmeye çalışmış ve kendisinden sonra ki bilim adamlarına lazerin hem kullanım alanları hakkında hem de gelişimine ışık tutmuştur.

Nihayetinde ilk ciddi sonuçlara 1953 yılında C. H. Townes, uyarılmış Işıma Yardımıyla Mikro Dalga Yükseltici (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation) tamlamasının kısaltması olarak “maser” i günümüzde lazer olarak bildiğimiz ışınların ilk adı olarak kullanmıştır. 1960 yılında ise Theodore Maiman, yakut kristallerinden lazer elde etmiştir. Bu şekilde Einstein’ın bahsettiği fakat adını henüz koyamadığı; Townes’in ise maser olarak nitelendirdiği ışınların varlığını kanıtladı. Maiman, 1960 yılında bu ışımayı bulduğunda, adına lazer (light amplification by stimulated emission of radiation) demiştir.



Resim 5. 1. C. H. Townes

1960 yılı itibariyle lazerin farklı alanlarda kullanımı artmıştır. İlk yıllarda lazer ışığı pembe yakut tarafından elde edilmiştir. Zamanla lazerin gelişimine bağlı birçok çeşidi oluşmuştur.

Bunlar:

- Yakut Lazer: Kullanılan ilk lazer.
- Nd: YAG Lazer: Nd iyonu ile oluşturulmuş lazereir.
- Alexandrite Lazer: Üç düzeyli, yakut lazereir.
- Katkılanmış Yalıtkan Lazer: İyonlardan oluşmaktadır.
- Yarı İletken Lazer: Katı maddelerden yapılmış yarı iletken lazereir.
- He-Ne Lazer: Günümüz endüstrisinde en çok kullanılan lazer tipidir.

5.2. Lazer Nedir?

Lazer endüstride son 30 -35 yıl içerisinde yoğun bir şekilde konuşulmaya başlanmış ve hayatımıza büyük ölçüde girmiş durumdadır. Lazerin İngilizcede ki kelime anlamı ise 'Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation' kelimelerinin ilk harflerinden türetilmiştir. Türkçe anlam karşılığı ise radyasyon yayımının uyarılması ile ışığın güçlendirilmesidir. Lazer, tek renkli düz, aynı doğrultuda, aynı fazda, aynı dalga boyunda birbirleri ile uyumlu halde genliği yüksek bir ışık demetidir (Csele, 2004). Başka bir deyişle de lazer genel anlamda ışığın yükseltilmesidir.

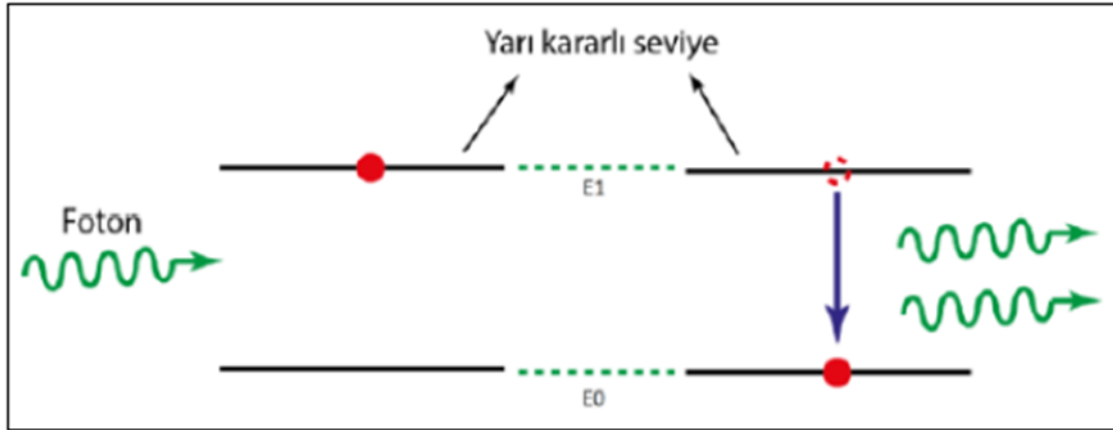
Doğal ışıktan farklı olan lazer ışını yapay olarak elde edilmektedir. Lazer ışınının doğal ışıktan farklı yapan özelliklerin başında tek renk olması, yönlendirilebilir ve uyumlu olmasıdır. Lazer ışının meydana gelmesi foton- madde etkileşimine bağlıdır. Foton – madde etkileşimi kısaca;

- Soğrulma
- Kendiliğinden ışıma
- Etki ile ışıma ile oluşur.

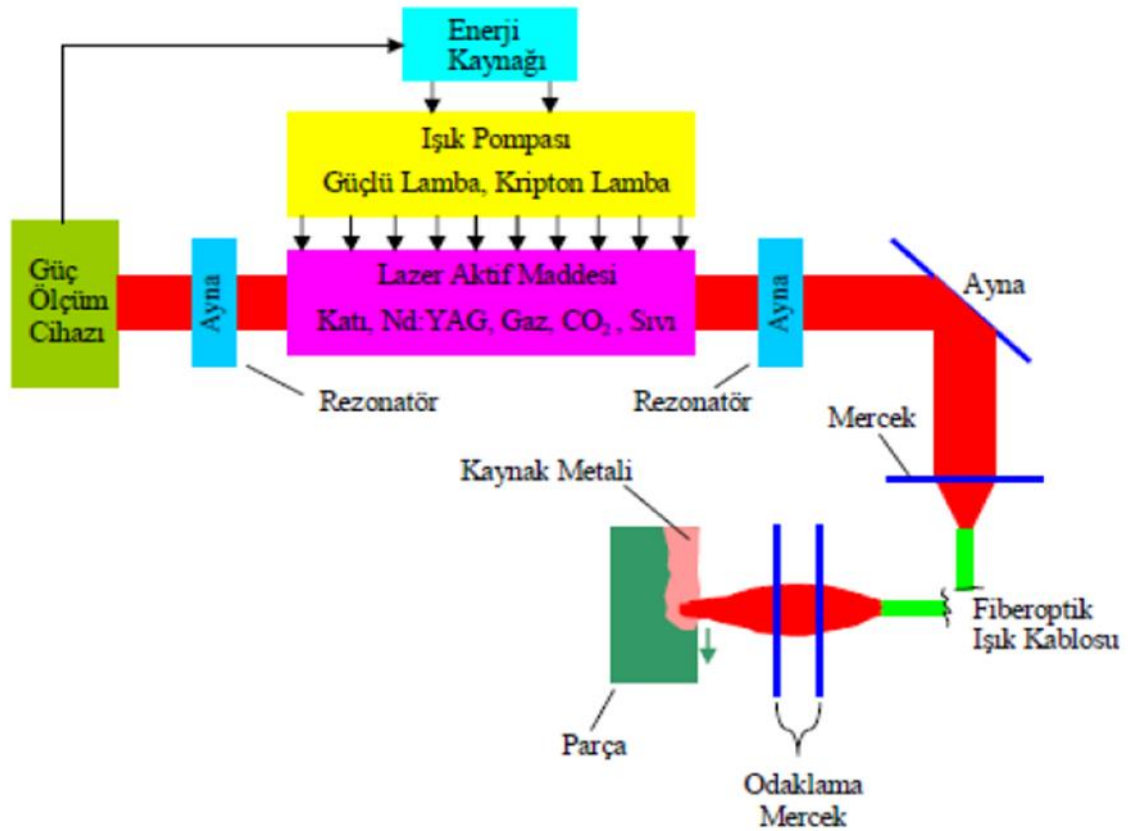
Lazer ışını genel olarak bir atomun dışarıdan uyarılmasıyla etrafa yaydığı fotonlar sonucu elde edilmektedir. Bir atomu uyarmak ancak şu yollarla mümkündür;

- Basınç uygulayarak,

- Isıtılarak,
- Hızlandırılmış elektronlarla bombardıman edilerek,
- Bir ışık demetine maruz bırakarak (Çelen, 2006)



Şekil 5.2. Lazer ışını oluşumu



Şekil 5.3. Lazer ışın cihazının şematik yapısı (Elijah Kannatey-Asibu, 2009)

Lazer ışının en önemli özelliği cisim üzerinde istenilen noktaya yönlendirilebilmesidir. Lazer ışını diğer ışınlardan ayıran özellikler şöyledir;

- Uyumluluk derecelerinin yüksek olması,
- Tek dalga boyuna sahip olup Monokromatiktirler.
- Hedef noktada çok yüksek yoğunluğa erişebilmesi,
- Açısal çarpılmanın uzun mesafelerde bile olmaması,
- Yüksek dereceli doğrultu özelliğine sahip olmalarıdır (Köse, 2015).

5.3. Lazerin Kullanım Alanları

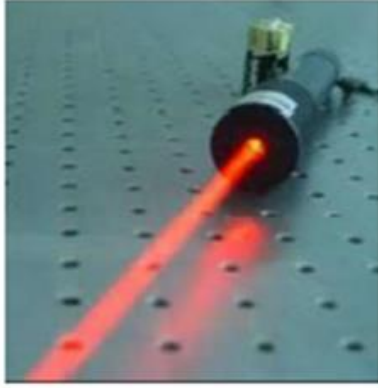
Lazerin genel olarak endüstrideki ilk kullanımı 1974 yılında gerçekleşmiştir. Lazerin kullanım alanları günümüzde hala gelişmeye devam ediyor. 2022 yılında lazerin kullanım alanları şu şekildedir:

- Endüstri
- Tıp
- Eğlence ve hologram
- Askeri ve Savunma
- Sanayi
- İnşaat
- Mühendislik
- Meteoroloji
- İletişim
- Sinema

5.4. Lazer Çeşitleri

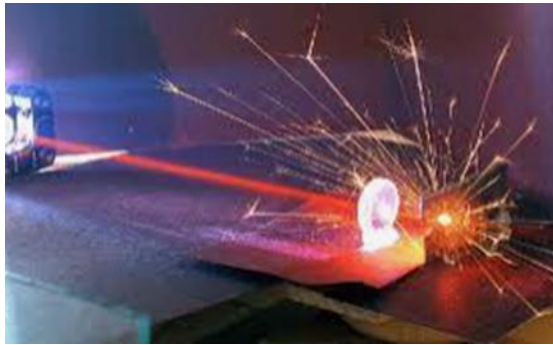
Günümüzde sıklıkla kullanmaya başladığımız lazerin araştırma, tıbbi, endüstriyel ve ticari kullanım için birçok lazer türü bulunmaktadır. Bu lazer türleri

Diyot lazer: Direk elektrik akımı ile pompalan bir diyotun birleşme noktasında oluşan kalıcı koşulların yarattığı led'e benzeyen yarı iletken bir cihazdır. Elektrik tarafından kışkırtılan katkılı p-n-geçişi, bir elektronun bir delik ile yeniden birleştirilmesine izin vermektedir.



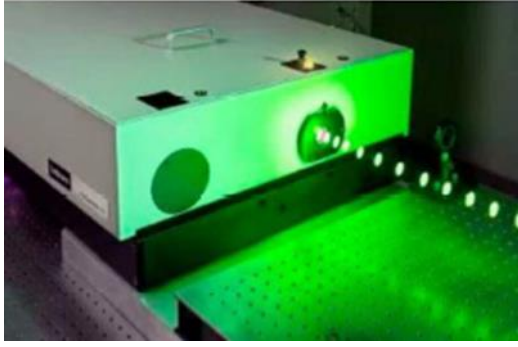
Resim 5. 2. Diyot lazer ışını

Yakut lazer: En eski lazer olarak bilinir. Zamana bağlı olarak gelişim göstermiştir. İletişiminde kullanılan element corundum kristalidir. Bu kristal krom ile zenginleştirilmiştir. Bu lazerlerin kullanım zorluğu olduğu için fazla tercih edilmemektedir.



Resim 5. 3. Yakut lazer ışını

YAG Lazer: Esnek ve düşük maliyetli lazerlerdir. Endüstride çok fazla tercih edilirler. Yag lazerin kullanımın yapıldığı iş parçası üzerinde bozulma ve gerilmenin az olması bu lazerlerin piyasada tercih edilmeleri sağlamaktadır. Ayrıca bu lazerlerin yüksek verimli olduğu da bilinmektedir.



Resim 5. 4. YAG lazer ışını

Karbondioksit Lazer: Piyasada en yaygın kullanılan lazer türüdür. Yüksek enerji seviyelerinden ötürü birçok malzemenin kesiminde kullanılmaktadır. Başlıca kullanım alanları paslanmaz, plastik, tahta, bakır, alüminyum gibi malzemelerin kesimde veya markala faaliyetlerinde kullanılır.



Resim 5. 5. Karbondioksit lazer

Fiber Lazer: Büyük enerji yoğunluğuna sahip lazer tipidir. Yüksek hız ve yüksek kalite hassasiyeti sahiptirler. Diğer lazer tiplerine göre birçok üstünleri bulunmaktadır. Belli başlı üstünlükleri ise,

- Kolay kullanım
- Fiber kablo kullanımı
- Yüksek işletme ömrü
- İşlem hızı

- Yüksek verimlilik
- Işın kalitesi
- Yüksek enerji

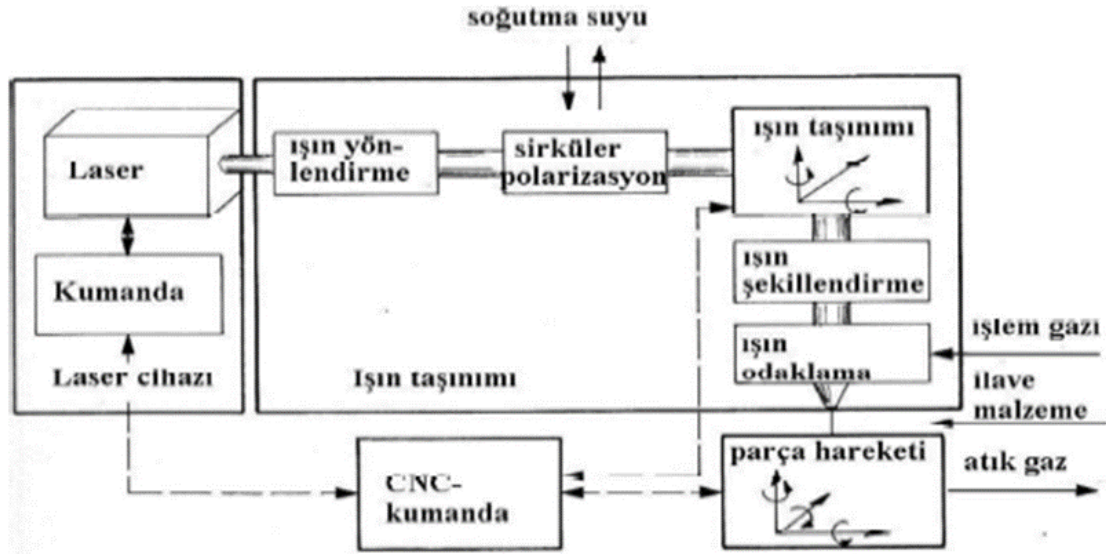


Resim 5. 6. Fiber lazer

5.4. Lazer Kaynak

Endüstride işlem gören birçok iş parçasının kaynaklı birleştirmesinde kullanılmaktadır. Lazer kaynağın diğer kaynak türlerine göre bariz olan üstünleri sayesinde tercih edilirler. Neredeyse hayatımızın her alanında kullanımları olan lazer kaynak uygulaması savunma sanayisi başta üzere birçok iş kolunda kullanıma geçmiştir.

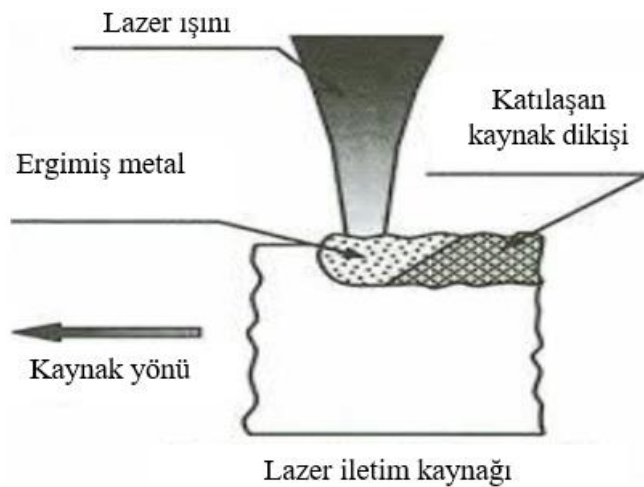
Bu yöntem genellikle metalleri birleştirmek için kullanılan bir ışın kaynağıdır. Lazer kaynak bilgisayar destekli kontrol edilir. Manuel veya robotize edilmiş uygulamaları vardır.



Şekil 5.9. Lazer düzenek tekniği

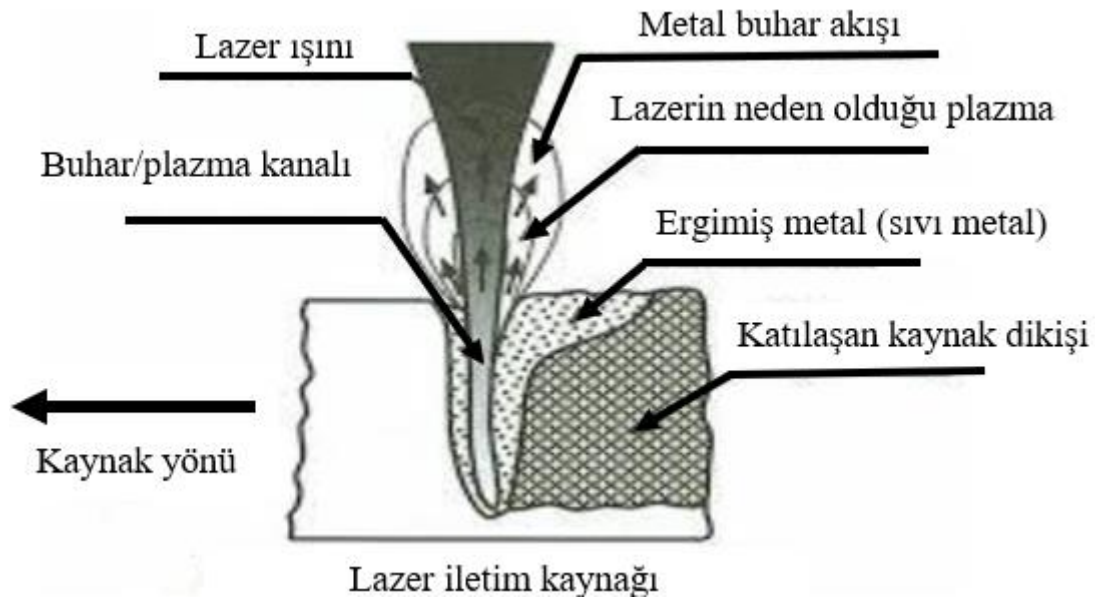
Lazerleri diğer kaynak teknolojilerinden ayıran en belirgin özellik yüksek kaynak hızlarında bile tam nüfuziyetli bir kaynak dikişi elde edilebilir. Lazer kaynak ile yapılan birleştirmelerde kaynak dikişleri dar olmaktadır. Böylelikle ısının etkisiyle birleştirme yapılan malzemenin içyapı değişiklikleri de dar bir bölgede oluşmaktadır.

Isı, lazer ışınını vasıtasıyla metalin üst yüzeyinden emilir. Isı girdisi, iletken yoluyla metalden oluşan kayıplarla dengelenir. Kaynağın en boy oranı, kaynak dikişindeki ısı iletim, malzemenin yüzey gerilimine dayalı akışkanın akış durumuyla belirlenir. Yüzey gerilimi sıcaklık azaldıkça, erimiş metalin dışına doğru akış gerçekleşir (Bransch ve diğerleri, 1994).



Şekil 5.10. Lazer iletim kaynağının malzeme üzerindeki davranışı (Dilthey, 2000).

Lazer ışını yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğu için, kaynaklı birleştirme esnasında malzemeye nüfuz etmek için bir anahtar deliği oluşturmaktadır. Böylelikle malzemeye dar ve derin bir eriyik havuz elde edilir. Lazer ışının emilimi anahtar deliği oluşturulduktan sonra büyük ölçüde artar, çünkü lazer ışınının birçok yansıması, metal tarafından emilene kadar delik içinde meydana gelir. Emilen enerji metalin sadece bir kısmının erimesine neden olur. Geri kalan kısmı erimiş havuzdaki ana metale, radyasyon ya da konveksiyon olarak ısı iletim yolu ile dağılır (Chiang ve diğerleri, 1993).



Şekil 5.11. Lazer nüfuziyet kaynağını (Dilthey, 2000).



Şekil 5.12. Lazer kaynak örnekleri



Resim 5. 7. Lazer kaynak sistemleri

5.5. Lazer Kaynak Kalitesini Belirleyen Unsurlar

Lazer kaynak işleminde kaynak dikişinin kalitesini belirleyen faktörler iki grupta incelenebilir:

- Kaynak parametreleri
- Malzemenin ısıyı yutma ve yansıtma özellikleri

Lazer kaynak yönteminde ele alınan kaynak parametreleri aşağıdaki gibidir:

- Lazer gücü,
- Kaynak hızı,
- Koruyucu gaz türü, akış hızı ve basıncı,

5.5. Lazer Kaynak Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları

- Hızlı kaynak yapabilme
- Isı girdisinin düşük olması
- Kaynak dikişinin dar olması

- Hem manuel hem de otomasyona uygunluk
- Çeşitli malzemelerin kaynağı
- Farklı kalınlıklara sahip parçaların birbirine kaynak yapabilme
- İş parçasında çarpılmalar olmaz
- ITAB alanı dardır
- Yüksek nüfuziyete sahiptir
- Takım aşınması olmaz

Dezavantajları

- Fikstür ihtiyacı duyar
- Yatırım maliyeti yüksektir
- Proses esnasında oluşabilecek ısımlar için tedbirlerin alınması gereklidir
- Göze veya deriye kalıcı hasarlar verebilir
- Nüfuz derinliğine bağlı olarak bir kalınlığı üzerinde bulunan parçalarda oluşabilecek sorunlar
- Sert kaynak dikişi oluşumu

6. PLAZMA KAYNAK YÖNTEMİ

6.1. Plazma Nedir

Gaz fazında bulunan madde özelliğine, türüne ve doğasına bağlı olarak farklılaşan bir sıcaklığa dek ısıtılırken moleküllerinde meydana aksiyon sebebi ile dış kabuk elektronları yitiren atomlar + yüklü iyon durumuna dönüşür. Sıcaklık artışına bağlı atomların iyonlaşma oranı artış göstermektedir. Sıcaklık değeri 10000 derece gibi maddeye bağlı olarak farklılaşan eşik değerden sonra ortamda pozitif yüklü iyonlar ile negatif yüklü serbest elektronlardan oluşmuş bir karışım bulunur. Elektriksel açıdan iletken olan bu karışıma “plazma” adı verilir.

Maddenin sıcaklık ölçeğinde ki üç hali olan sıvı, katı, gazın dışında kalan dördüncü haline “plazma” denir. Kozmik ışınlar, güneş, yıldırım ve yıldızlar bu özel hale örnektir.

6.2. Plazmanın Tarihsel Gelişimi

Plazma ile ilgili yapılan ilk çalışmalar 19. Yüzyılın başlarına kadar dayanmaktadır. Schonherr 1909 yılında arkı dengeleyecek bir cihaz geliştirmiştir. Geliştirmiş bu olduğu cihaz dönel hareket gerçekleştiren gazın basıncında faydalanmaktadır. İçerisinde ark oluşturulmuş tüpe teğet sel yönde üflenene gazın hareketinden dolayı oluşan merkez kaç kuvveti sayesinde eksenel yönde oluşan basınçsın tüpün ekseninde olan ark istirar ve bu yöntem yardımıyla birkaç metre uzunluklara ulaşan ark oluşturabilme durumu doğmuştur.

1911 yılında E.Mathers yapmış olduğu çalışmayla plazmanın bir ısı kaynağı olduğu ortaya çıkararak patentini almıştır.

Gerdien ve Lotz 1922 yılında yapmış oldukları araştırmalarda su yardımıyla ark dengesini sağlayan cihaz geliştirmişlerdir. Geliştirmiş oldukları cihazla bir tüp iç duvarına teğet hareket eden suyun tüpün bir ucundan sevk edilirken diğer ucundan dışarı atılmaktadır. Tüp içerisinde yer alan iki karbon elektrot arasında oluşturulan ark ve bu arkın su ile soğutulması esnasında meydana gelen büzülmenin Schonherr’in geliştirmiş olduğu cihaza göre daha

yüksek bir akım yoğunluğuna ve sıcaklığa ulaşmıştır. Gerçekleşen bu durum arkın su ile soğutularak büzülmesinin ilkesinin temeli oluşturmaktadır.



Resim 6. 1. Irving Langmuir

6.3. Plazma Kaynağının Kullanım Alanları

Plazma kaynak, sahip olduğu üstün özellikleri sayesinde özel iş parçalarının birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Hassas bir birleştirme isteyen paslanmaz çelikler endüstrinin hemen hemen her alanında kullanılmaktadır.

Plazma kaynağın uygulandığı malzemeler aşağıda yer almaktadır.

- Paslanmaz çelikler
- Az alaşımlı çelikler
- Nikel ve nikel alaşımlı parçalar
- Bakır ve bakır alaşımlı parçalar
- Alüminyum ve alüminyum alaşım parçalar
- Kompozit malzemeler

6.4. Plazma Kaynağının Avantaj ve Dezavantajları

Avantajları

- Mükemmel görsellik,

- Kaynak sonrası yüzey talaş kaldırma prosesinin azaltılması veya ortadan kaldırılması,
- Kaynatılan malzemenin kimyasal bileşiminde düşük bozulma,
- Elektrot ömrü TIG kaynağına göre 30 kat daha iyidir,
- Elektrot kirlenmeye karşı korunur (yağ, çinko vs.),
- Sıçramasız kaynak işlemi,
- Kaynağın çok iyi tekrarlanabilirliği,
- Ayarlanabilir kaynak derinliği,
- Dar dikiş genişliği,
- Hızlı işlem süresi.

Dezavantajlar

- Manuel kullanıma uygun değildir,
- Alın altına hariç diğer birleştirme tiplerine uygun değildir,
- İş parçası yüzey temizliği kaynak kalitesini etkiler,
- Alın altına birleştirme uygun olmaz ise kaynak işlemi gerçekleşmez,
- İnce iş parçaların kaynak işleminde kullanılabilir,
- Makine ve yedek parçaları pahalıdır.

6.5. Plazma Kaynak Çeşitleri

Endüstride üç çeşit plazma kaynak birleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar,

6.5.1. Mikro plazma

Hem manuel hem de otomasyon yardımıyla kullanılabilen plazma kaynak türüdür. Çalışma aralığı 0,1 -120 amper dir. İnce metallerin kaynağında tercih edilir. Kaynak dikişi genişliği çok dar olduğu için kaynak sonrası fazla yüzey işlem gerektirmez.

6.5.2. Makro plazma

Robotize veya Kartezyen sistem yardımıyla kullanılan plazma kaynak yöntemidir. Çalışma aralığı 120-400 amperdir. Amper değerine bağlı olarak kalın iş parçaların kaynağında rahatlıkla kullanılmaktadır. Kaynak dikişi genişliği fazla olduğu için ark alanı rahatlıkla ayarlana bilir.

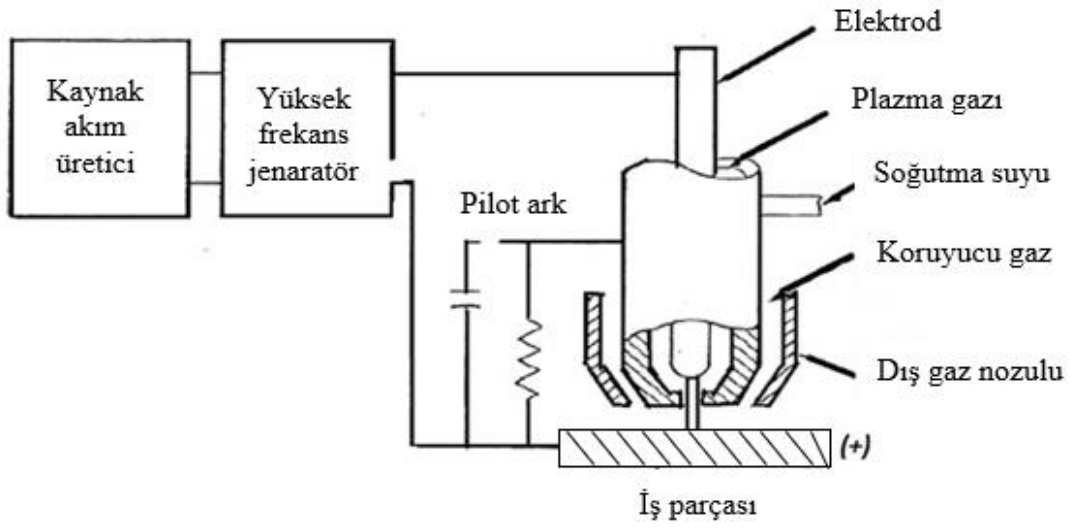
6.5.3. Anahtar deliği plazma kaynağı

Çalışma aralığı 100 amper üzeridir. En belirgin özelliği tek pasoda kaynak yapabilmesidir. Bu kaynak sisteminde 1,5-10 mm kalınlığa sahip malzemelerin yatay pozisyonda birleştirilmesinde kullanılmaktadır. Uygun çalışma pozisyonu sağlanır ise çeşitli parçaların kaynağı da yapılabilmektedir.

6.6. Plazma Kaynağının Donanımları

Plazma kaynak uygulaması hem manuel hem de otomasyona uygun bir yapıya sahiptir. İki uygulama tipi de için özel torç kullanımı söz konusudur. Plazma kaynak uygulamasında kullanılan sisteme ait ekipman bilgisi aşağıda yer almaktadır.

- Kaynak ünitesi
- Kaynak torcu
- Sulu soğutma sistemi
- Koruyucu ve plazma oluşturuucu gaz sistemi
- Plazma kaynak otomasyonu



Şekil 6.2. Plazma kaynak sistemleri



Resim 6. 2. Plazma Kaynak Sistemleri

7. YÜZEY PARLATMA (POLİSAJ) İŞLEMİ

Endüstride kullanılan paslanmaz çelik, alüminyum, pirinç ve bakır gibi metal yüzeylerinin yüksek teknoloji aşındırıcı ürün kullanarak yüzeylerin parlatılmasına polisaj işlemi denir. İş parçasının kullanım yeri veya yüzey kalite beklentisine göre yüzeye uygulanacak polisaj işlemi ve kullanılacak olan yüksek teknoloji aşındırıcı ürün grupları değişiklik gösterebilir.

Polisaj veya parlatma işlemi aşındırıcı malzeme yardımıyla malzeme yüzeyinin pürüzleştirilmesi için uygulanan bir prostestir. Ancak ana malzemeden daha sert parçacıklara sahip aşındırıcı kullanarak malzeme yüzeyinde bulunan çapaklar temizlenebilir.

Parlatma işlemi yüzey çapakları alınmış malzemenin ayna parlaklığı görüntüsüne getirme işlemidir. Parlatma işlemi en son işlem olup hedeflenen yüzey kalitesinin elde edilmesi için özel aşındırıcılar kullanılır.

Parlatma işleminde kullanılan aşındırıcıların kullanımı sonrasında ana malzemede oksitlenme olmamalıdır. Bu sebeple kullanılan aşındırıcıların teknik ve kimyasal birleşimi çok önemlidir. Bu sebeple gelişmiş güzel aşındırıcı kullanımı yapılmaması gerekmektedir.

Yüzey parlatma işleminde kullanılan aşındırıcılar sarf malzemeler olması rağmen birim fiyatları çok yüksektir. Bu sebeple hem yüzey parlatma uygulamasının hem de prosesinde kullanılan aşındırıcılar işletmelere mali yük getirmektedir. Aşındırıcı temini yapılan firmaların TSE ve onay belgelerinin olması gerekmektedir. Ayrıca bu aşındırıcı ürünlerin MSDS formlarının muhakkak olması gerekmektedir.

Ayrıca çalışma yapılacak olan malzemede istenilen yüzey pürüzlülüğüne bağlı olarak her ölçü ve istenilen kum değerinde aşındırıcı imalatı yaptırılabilir.

İşletmeler bu prosesi ortadan kaldırmak veya minimum değerlere indirmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Bu çalışmalar kimi zaman teknoloji yatırımı olarak kimi zaman prosesin iç süreçlerinde yapılan iyileştirmelerdir.

İşletmelerde polisaj işleminin uygulandığı yarı mamul yüzey kaliteleri uluslararası standartlara uygun bir şekilde yapılması gerekmektedir. Proses sonrası kıyaslanma yapabilmek için geçerliliği olan teknik şartname veya talimatların olması gerekmektedir.

7.1. Parlatma İşleminin Kullanım Alanları

Dış yüzeyi metal olan ve görselliğin ön planda olan her yerde yüzey parlatma işlemi uygulanmaktadır. Yüksek teknolojikli aşındırıcılar tel fırça kullanımı ihtiyacının olduğu alanlarda çok başarılıdır. Genellikle,

- Korozyon ve pas, kaynak sıçraması ve kiri kaldırmadan temizlerler.
- Epoksi ve boya işlemi sonrası kalitesi uygun olmayan yarı mamullerin yüzey kaplamalarını rahatlıkla kaldırır.
- Hem kaynak hem de kaplama öncesi uygun yüzey hazırlamayı sağlarlar.

Parlatma işleminin başlıca kullanım alanları

- Paslanmaz korkuluklar
- Krom havuz merdiveni
- Beyaz eşya sektöründe
- Tıp sektöründe
- Mutfak eşyaları sektöründe
- Denizcilik sektöründe
- Ziynet eşya sektöründe
- Bina dış cephe sektöründe
- Otomotiv sektöründe
- Gıda saklama/ depolama sektöründe

7.2. Parlatma İşleminde Kullanılan Ekipmanlar

Parlatma işleminde kullanılan aşındırıcılar kullanım yapılacak malzeme cinsi, geometrisi ve yüzey pürüzlülüğüne göre seçilerek kullanımı yapılmaktadır. Parlatma işleminde genel olarak,

- Zımpara
- Elyaf zımpara
- Yün zımpara kullanımı bulunmaktadır.

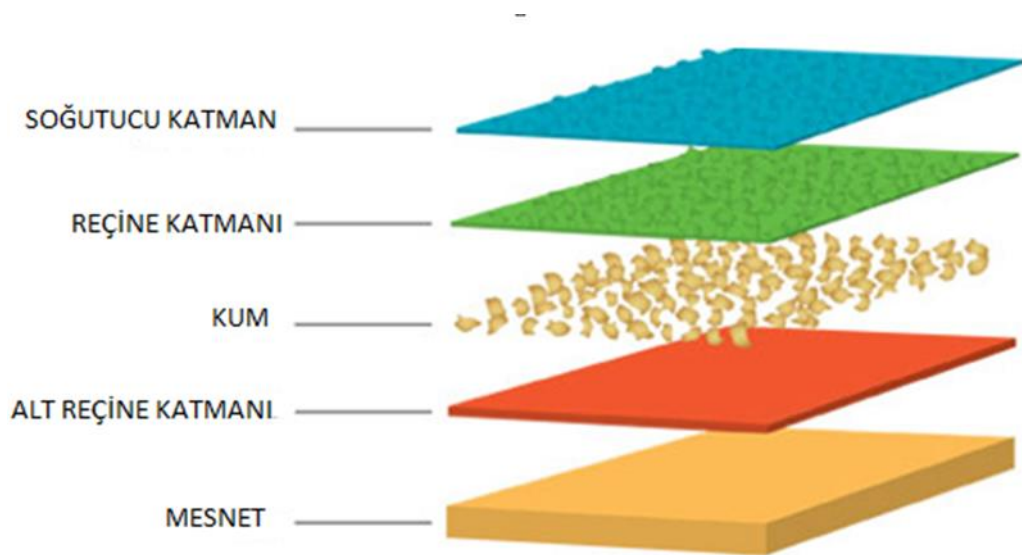
Aşındırıcıların parlatma işleminde kullanımında gerek manuel el makineleri gerekse otomasyonlar tercih edilmektedir. Aşındırıcılar genel olarak,

- Elektrikli veya havalı el aletleri ile
- Robotize edilmiş otomasyonlarla
- Sabit taşlama makinelerin kullanımı ile gerçekleştirilmektedir.

7.2.1. Parlatma işleminde kullanılan aşındırıcıların genel özellikleri

7.2.1.1. Zımparanın genel özellikleri

Zımparaların genel standart bir yapıları ve katmanları bulunmaktadır. Zımparaları birbirinden ayıran en belirgin özellikleri ölçü/geometrik yapıları, kum değerleri ve birleşiminde kullanılan parçacıklardır.



Şekil 7.1. Zımparanın katmanları

Çizelge 7.1. Zımparanın katmanlarına ait temel özellikler

Katman adı	Özelliği	Açıklama
Mesnet	Zımpara katmanlarının ilk basamağı konumdadır. Dayanıklılığı sayesinde katmanları bir arada tutar.	Pamuklu, polyester, poly-koton mesnet, kâğıt, kombinasyon mesnet çeşitleri vardır.
Alt reçine katmanı	Zımpara katmanlarının ikinci basamağı konumdadır	Kumların mesnete yapılmasını sağlar. Zımparaya dayanıklılık, esneklik özelliği kazandırır.
Kum	Zımparanın üçüncü katmanıdır. Zımparanın karakteristiğinin belirlemektedir.	Kum tanecikleri farklı kırılma ve sertliktedir. Genel kullanıma bağlı olarak alüminyum oksit, zirkonyum oksit, silisyum karbür, seramik, elmas çeşitleri bulunmaktadır.
Reçine katmanı	Zımparanın dördüncü katmanıdır. Kumları mesnete sabitlemek için kullanılmaktadır.	Fenolik reçine kullanımı yapılmaktadır.
Soğutucu katman	Zımparanın beşinci katmanıdır. Zımparanın kullanım performansını artırmaya yardımcı olur.	Zirkonyum ve seramik ürünlerde tercih edilir.

7.2.1.2. Elyaf zımparanın genel özellikleri

Bu zımpara türüne skoç adı da verilmektedir. Zımparada olduğu gibi skoçların da genel standart bir yapıları bulunmaktadır. Geometrik yapılarına, kullanım alanlarına göre değişkenlik gösterirler.



Resim 7. 1. Elyaf zımpara çeşitleri

7.2.1.3. Yün zımparanın genel özellikleri

Yün zımparalar genellikle çelik ve diğer metallerde kullanılırlar. Kullanılan malzeme yüzeyinde parlak ve çiziksiz yüzey elde etmeyi sağlarlar. Genellikle parlatma prosesinde son işlem olarak kabul edilir.

7.2.1.4. Parlatma prosesinde kullanılan ekipmanlar

Endüstride kullanım yerine bağlı olarak parlatma prosesinde birden fazla ekipman kullanımı söz konudur. Genellikle parlatma işleminin uygulanacak malzeme türüne, geometrisine özellikle işletmenin yatırım gücüne bağlı olarak ekipman kullanımı çeşitlenmektedir.



Elektrikli el aletleri

Sabit taşlama makineleri

Robotize edilmiş otomasyonlar

Resim 7. 2. Parlatma işleminde kullanılan ekipman örnekleri

7.3. Yüzey Pürüzlülük

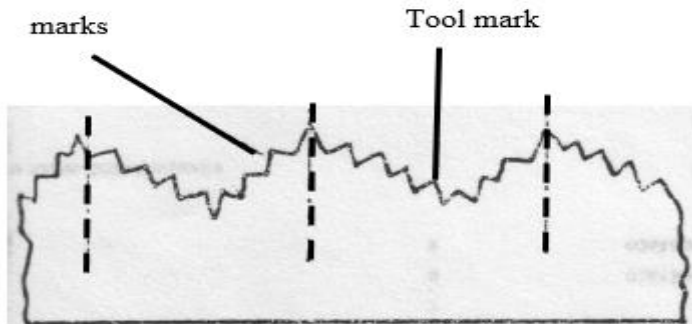
1900 yılların başlarında özellikle metal malzeme yüzeylerinin pürüzlülüğü değerlendirirken malzeme yüzeyine dokunarak veya bakarak yapılmaktaydı. Malzeme yüzeyinde parlaklık veya yansıma var ise yüzey pürüzsüz olarak kabul görmekteydi. Gözle veya dokunarak yapılan değerlendirmeler gerçeği yansıtmada yeterli olmadığı için bu değerlendirme süreci uzun ömürlü olmamıştır. Metal malzeme yüzeyinin değerlendirilmesi insan inisiyatifinden bağımsız olması için standart parametreler geliştirilmiştir.

Yüzey dokusu, yüzeyin üç boyutlu topoğrafyasının oluştuğu nominal yüzeyden tekrarlı veya rastgele olarak meydana gelen sapmalar şeklinde ifade edilir. Yüzey dokusu;

- Pürüzlülük
- Dalgalanma
- Yüzey paternini
- Yüzey hatalarını içerir

7.3.1. Pürüzlülük

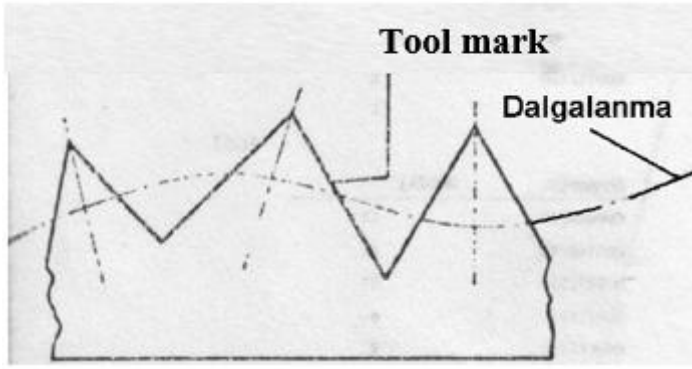
Malzeme yüzeyinde bir uçtan diğer uca giderken işleyici takımın tespit ettiği çizikli ve düzensiz kısa dalga boylu uzunluklarına verilen addır.



Şekil 7.4. Pürüzlülük gösterimi

7.3.2. Dalgalanma

Yüzeyde tespit edilen ve dağınık halde olan düzensiz dalga boylu uzunluklarına dalgalanma adı verilir.



Şekil 7.5. Dalgalanma gösterimi

7.3.3. Yüzey pürüzlülük parametreleri

Yüzey pürüzlülüğünde kullanılan parametreler aşağıda yer alan şekilde gösterilip adlandırılırlar.

Ra: Aritmetik ortalama sapma değeri

Rz: 5 tane en yüksek ile 5 tane en alçak noktanın ortalama değeri

Rq: Bu parametre aritmetik ortalama sapmalarının kareköküdür.

Rt: Ölçüm uzunluğu için maksimum yükseklik ile maksimum derinliğin toplam değeridir.

7.3.4. Yüzey pürüzlülük ölçmede kullanılan ekipmanlar

Yüzey pürüzlülüğünü ölçmede hem temaslı hem temassız cihaz kullanılmaktadır.

- Elektriksel kontrollü sivri uçlu cihazlar
- Dokunarak yüzey teması yapan mekanik ölçüm cihazları
- Işık interferans mikroskopları
- Malzeme yüzeyi kopyası elde ederek değerlendirme
- Optik profil metreler

Yüzey araştırmalarında yaygın olarak optik profil metreler ve mekanik cihazlar kullanılmaktadır.

8. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, deney malzemesi olarak 0,9 mm kalınlığında AISI 430 kalite SB taşlı ferritik paslanmaz sac malzemesi kullanılmıştır. Kullanılan paslanmaz sacın yüzey pürüzlülük değeri Rz 2-4 μm dir. Bu paslanmaz sac malzemeler üç farklı kaynak metodu kullanılarak (lazer, plazma, tig) alın altına kaynatılmıştır. Alın altına kaynatılan paslanmaz sacların birleştirme çizgisi üzerine yüzey parlatma işlemi uygulanmıştır.

8.1. Deneyin Amacı

Üç farklı kaynak makinesi ile birleştirilen numune parçalara standart yüzey pürüzlülüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma işlemi için kullanılan süre ve kullanılan aşındırıcı miktarlarının kıyaslaması yapılarak incelenmemiştir. Elde edilen sonuçlara göre uygun kaynak metodunun belirlenmesi hedeflenmiştir.

Polisaj işlemi sonrası iş parçalarına tuz sisi testi ile yüzey pürüzlülük testleri yapılarak incelemeler yapılmıştır.

8.2. Deneysel Çalışmada Kullanılan Malzemeler

Deneylerde AISI 430 kalite SB taşlı ferritik paslanmaz sac levhalar kullanılmıştır. Paslanmaz sac levhalar ticari firmalardan satın alınarak temin edilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan AISI 430 paslanmaz çeliklerin standartlarda verilen kimyasal içeriği ve mekanik özellikleri Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2’de verilmiştir.

Çizelge 8.1. AISI 430 paslanmaz çeliklerin standartlarda verilen kimyasal içeriği ve yüzey pürüzlülük değeri

(Element)	(%)
C	0,08
Si	1
Mn	1
P	0,4
S	0,015
Cr	16-18

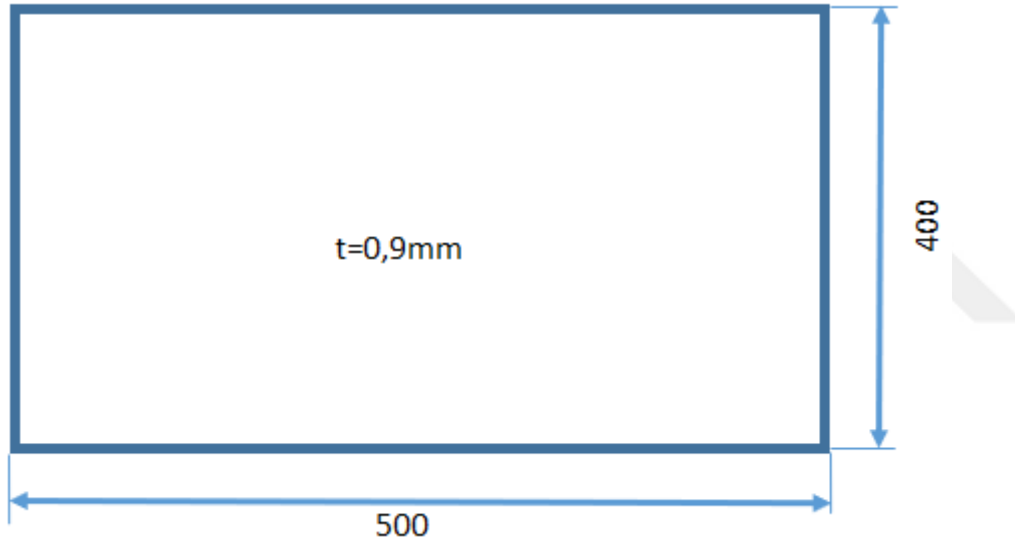
Yüzey pürüzlülüğü Rz 2-4 μm

Çizelge 8.2. AISI 430 paslanmaz çeliklerin standartlarda verilen mekanik özellikleri

Çekme Dayanımı (MPa)	%0,2 Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Uzaması %	Sertlik (Brinell)
474-614	289-386	>20	150-190

8.2.1. Deney numunesi boyutları

Deneylerde kullanılan saclar levhalar CO2 lazer kesim tezgâhında kesilerek elde edilmiştir. (Şekil 8.1) Deneyde kullanılan iş parçasının boyutsal ölçüleri “EN ISO 14273” numaralı “Nokta, dikiş ve projeksiyon kaynaklarının kesme deneyi için numune boyutları ve yöntem” adlı standarttan alınmıştır.

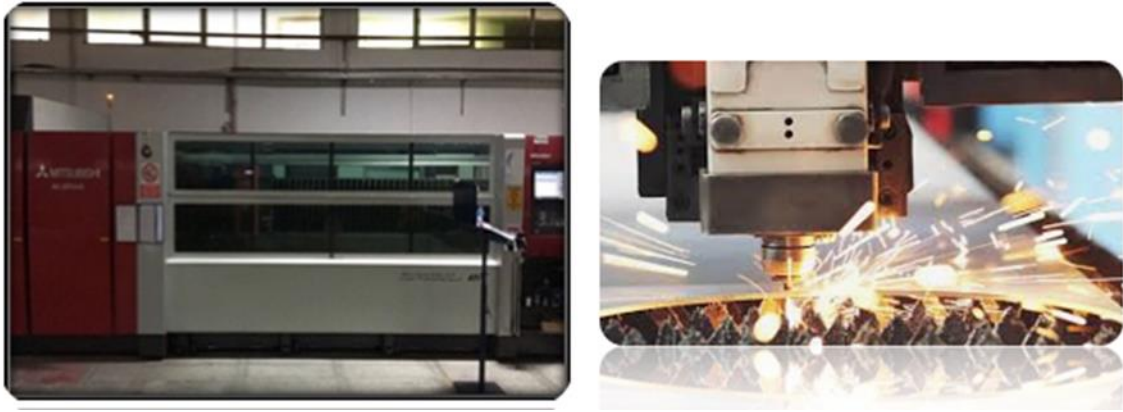


Şekil 8.1. Deney numunesi sac malzeme ölçüleri (mm)

Deneyde kullanılan numune sac parçalar karbon lazer ile kesilmiştir.

Çizelge 8.3. CO2 lazer kesim tezgâhı teknik özellikleri

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER			
			Güç (Kw)	Kesim Tipi	Kesme Kalınlığı (mm)	İş Parçası Boyutu
Mitsubishi EX	Japonya	2013	4,5	Karbon Lazer	0,3-10	3050x1525



Resim 8. 1. CO2 lazer kesim tezgâhı

8.3. Deneylerde Kullanılan Kaynak Makinesi ve Ekipmanları

8.3.1. Kaynak makineleri

Deneylerde, üç farklı kaynak makinesi kullanılmıştır. 0,9 mm paslanmaz sacın ideal birleştirme koşullarına göre makine parametrelili belirlenmiştir.

Mikro Plazma Kaynağı: Deneyde kullanılan Mikro plazma kaynak makinesi teknik özellikleri ve görselleri çizelge 8.4 ve şekil 8.4' de yer almaktadır.

Çizelge 8.4. Mikro plazma teknik özellikleri

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER					
			Şebeke Gerilimi	Şebeke Sigortası	Boşta Çalışma Gerilimi	Kaynak Akımını Ayarlama Aralığı	Elektrot Çapı	İş Parçası Kalınlığı
EWM Microplasma 50	Almanya	2015	1x230 V	1x16 A	95 V	0.1 A - 50A	1 mm	0.2-3



Resim 8. 2. Mikro plazma ünitesi ve kontrol mekanizması



Resim 8. 3. Mikro plazma ünitesi ile aln alına birleştirilmiş deney parçası

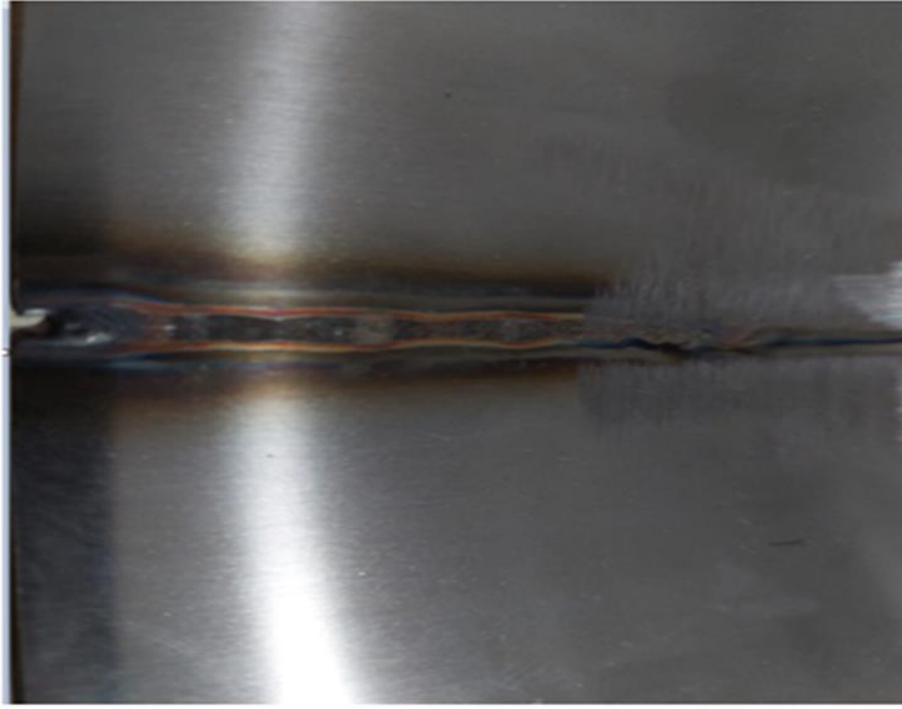
TIG Kaynağı: Deneyde kullanılan TIG kaynak makinesi teknik özellikleri ve görselleri çizelge 8.5 ve şekil 8.5' de yer almaktadır.

Çizelge 8.5. TIG kaynağı teknik özellikler

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER				
			Şebeke Gerilimi	Devrede Kalma Oranı	Güç Tüketimi	Akım Aralığı	Elektrot Çapı
Selco Quasar 180 TLH	Amerika	2016	1x230 V	%35 - 180 A (40°C) %100 - 140 A (40°C)	5,5 kVA (5,5 kW)	3 - 180 A	2,4 mm



Resim 8. 4. TIG kaynak makinesi

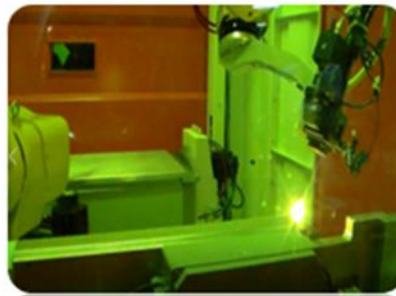


Resim 8. 5. TIG kaynak ile alın altına birleştirilmiş deney parçası

Lazer Kaynak: Deneyde kullanılan Lazer kaynak ünitesi teknik özellikleri ve görselleri çizelge 8.6 ve şekil 8.7' de yer almaktadır.

Çizelge 8.6. Lazer kaynak teknik özellikler

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER				
			Watt Değeri	Emisyon Dalgaboyu	Soğutma	İş Parçası Kalınlığı	İş Parçası Kalınlığı
Hans Laser WF300	Çin	2016	300 W	1070nm	Su Sğoutma	0.2-1,5	0.2-1,5



Resim 8. 6. Lazer kaynak ünitesi, robotu ve kaynak istasyonu



Resim 8. 7. Lazer kaynak ile alın alına birleştirilmiş deney parçası

8.3.2. Kaynak parametreleri

Deneyde kullanılan kaynak makinelerin ayarlanmış olduğu ideal parametreler 0,9 mm paslanmaz sacın ilave tel olmadan alın birleştirme kaynağına göre belirlenmiştir.

Çizelge 8.7. Kaynak makinelerine ait parametreler

Parametre	Selco Quasar 180 TLH Tig	Hans Laser WF 300	EWM Microplasma 50
Elektrod(mm)	Tungsten elektrod 2,4 mm	-	Tungsten elektrod 1 mm
Lens	-	50 mm	-
Amper (A)	53 A	-	37,5 mA
Watt (W)	-	200	-
Kaynak Bölge genişliği(mm)	3,6	2,4	1,2
Koruyucu Gaz	Argon	-	Argon-Argo HID
Kaynak hızı (mm/dk)	108	108	108

8.4. Yüzey Parlatma Prosesinde Kullanılan Ekipmanlar

430 ferritik SB taşlı paslanmaz sacın yüzey parlatma işleminde kullanılan elektrikli el aletleri ve aşındırıcıların bilgisi aşağıda yer almaktadır. Kullanılacak aşındırıcıların geometrik yapısı ve kum değerleri 0,9 mm ferritik paslanmazın yüzey sertliğine ve yüzey pürüzlülüğüne uygun şekilde belirlenmiştir. Parlatma da kullanılan aşındırıcıların MSDS raporları muhakkak olmalıdır.

Deneyisel çalışmada iki tip elektrikli el aleti kullanımı söz konusudur. El aletlerinin seçimi kullanılan aşındırıcıların hem geometrik yapılarına hem de devir değerlerine göre tercih edilmiştir. Bu elektrikli el aletleri endüstride yaygın bir şekilde tercih edilerek kullanılmaktadır.

Manuel parlatma makinesi: Mop tipi aşındırıcıların kullanımını olanak sağlayan el tipi devir ayarlı elektrikli cihazdır.

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER		
			Motor Performansı	Devir	Güç Bağlantısı
PTX 800	Avrupa	2021	1750 W	1000 - 3800 rpm	230 volt AC 50 -60 Hz 110 volt



Resim 8. 8. Manuel parlatma makinesi ve teknik verileri

El tipi taşlama makinesi: Flap tipi aşındırıcıların kullanımını olanak sağlayan el tipi devir ayarlı elektrikli cihazdır.

MODEL	MENŞEİ	ÜRETİM YILI	TEKNİK ÖZELLİKLER		
			Motor Performansı	Devir	Güç Bağlantısı
BOSCH GWS 15-125	AVRUPA	2022	1750W	1000 - 2000 RPM	230 volt ac 50 - 60 Hz 100 volt



Resim 8. 9. El tipi taşlama cihazı ve teknik verileri

Yüzey aşındırıcıları: Genel olarak metal yüzeyinde bulunan çapakların alınması, kaynak birleştirme çizgisinin giderilmesi veya yüzey kum derinliğinin verilmesi için kullanılırlar. SB taşlı yüzeye sahip 430 kalite ferritik paslanmaz sacın teknik şartnameye uygun yüzeyin (Rz 2-4 μ m) parlatma işlemiyle elde edilmesi için dört farklı aşamadan geçmesi gerekmektedir. Parlatma işleminde kullanılan aşındırıcılar fırça derinliğine ve korozyon direncine uygundur.

Flap disk: Alüminyum Oksit ve Silisyum mineral içeren 60 kum flapdisk. El tipi taşlama cihazına takılarak kullanılır. Zımparalamadaki başlangıç aşındırıcıdır. Kaynak çapağının büyüklüğüne ve sertliğine bağlı olarak kullanım miktarı değişebilmektedir.



Resim 8. 10. Flap disk ve el tipi taşlama cihazı

Sonsuz zımpara: Flap diskten sonra kullanılan aşındırıcıdır. Alüminyum oksit ve silisyum mineral içeren 100 kum elyaf zımparadır. Manuel polisaj makinesine takılarak kullanılır. Yüzey kum derinliği ve yüzey pürüzlülük değerinin kabaca belirlendiği aşamadır.



Resim 8. 11. Sonsuz zımpara ve manuel polisaj makinesi

2+1 kombine karışık mop: Aşındırıcı kullanımındaki üçüncü prodestir. Alüminyum Oksit ve Silisyum mineral içeren 100 kum elyaf zımparadır. Manuel polisaj makinesine takılarak kullanılır. Zımparanın oluşturduğu çizgisel izin kapatılarak polisaj işlemine geçiş bu prodeste yapılır.



Resim 8. 12. 2+1 kombine karışık mop ve manuel polisaj makinesi

Scotch 360 kum mop: Aşındırıcı kullanımındaki son aşamadır. Bu aşındırıcı nihai yüzeyin elde edilmesinde kullanılmaktadır. Alüminyum Oksit ve Silisyum mineral içeren 360 kum elyaf zımparadır. Manuel polisaj makinesine takılarak kullanılır.



Resim 8. 13. Scotch 360 kum mop ve manuel polisaj makinesi

8.5. Deneylerde Kullanılan Test Ekipmanları ve Kullanımı

8.5.1. Yüzey pürüzlülük ölçümü

Bu deneyde yapılan çalışmaların kalite testlerinde kullanılan test ekipmanları aşağıda yer almaktadır. Yüzey pürüzlülük ölçümü: Deneyde kullanılan paslanmaz sacın yüzey pürüzlük değerleri TR-200 (3200) ölçülmüştür.



Resim 8. 14. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı TR-200 (3200)

Yüzey pürüzlülüğü ölçümünde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir.

- Öncelikle yüzey pürüzlülüğü ölçümü için gerekli olan şartlar belirlenir. (Ölçüm Yapılacak standart, örnekleme mesafesi, pürüzlülük profili, ölçüm yapılacak toplam mesafe, ölçüm hızı gibi)
- Algılayıcı uç (stylus) malzeme üzerine temas ettirilir. Uç malzeme üzerinde iken Malzemenin hareket etmemesine özen gösterilmelidir.
- Algılayıcı uç, incelenecek malzeme yüzeyi üzerinde belirlenen ölçüm mesafesi boyunca hareket ettirilerek tarama yapılır.
- Yüzeydeki girinti ve çıkıntılar uç vasıtasıyla tespit edilir. Ucun dik yöndeki hareketleri bir dönüştürücü aracılığıyla elektrik işaretine çevrilir. Elde edilen sonuçlar dijital ekrandan okunarak kayıt altına alınır.

8.5.2. Tuz sisi testi

İşlem gören yarı mamulün korozyon direncini tuzlu suyla ölçme işlemine tuz sisi testi denilmektedir. Teknik şartnameye göre sac ve bağlantı parçaları için 24 ve 48 saatlik testler yapılır. 24 saat sonunda kırmızı pas görülmemelidir

Çizelge 8.9. Tuz sisi parametre değerleri

Kabin Sıcaklık Göstergesi	$35 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Doyma Kabı Sıcaklık Göstergesi	$45 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Hava Basıncı	10 – 25 psi



Resim 8. 15. Tuz sisi cihazı

8.5.3. İstatistiksel verilerin çıkarılması

Yüzey pürüzlülük değerlendirme sürecinde elde edilen değerlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde MINITAB 17 kullanılmıştır.

8.6. Deneyin Aşamaları

- Solid programı kullanarak çizilen iç parçası Lazer kesim tezgahında kesilmiştir.
- Üç farklı kaynak metodu kullanarak alın altına birleştirme yapılmıştır.
- Üç farklı metodla birleştirilen parçaların kaynak bölgesi sertlik ölçümleri yapılmıştır.
- Kaynak işlemi yapılan paslanmaz sacların yarı bölgelerine uygun aşındırıcılar kullanarak standart süre parlatma işlemi uygulanmıştır.
- Parçalara uygulanan parlatma proses süresi sabit tutularak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmüştür.

- Nihai yüzey elde edilene kadar polisaj işlemi devam ettirilerek aşındırıcı tüketim miktarı ve toplam zaman farkları çıkarılmıştır.
- Elde edilen sonuçlar Minitab programı aktarılarak incelenmiştir.



Şekil 8.16. Deney aşamaları

9. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu deneyin amacı 0,9 mm kalınlığa sahip AISI 430 ferritik SB taşlı paslanmaz sac çiftinin birleştirilmesinde kullanılan farklı kaynak yöntemlerinin yüzey parlatmaya olan etkilerinin incelenmesi amaç edinilmiştir.

Yüzey parlatma prosesi sonuçlarına göre birleştirme yöntemlerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve bulgular diğer çalışmalarla tartışılarak verilmiştir.

Deneyde standart 430 ferritik SB taşlı paslanmaz yüzeyin elde edilmesinde belirlenmiş olan aşındırıcılar kullanılmıştır. Bu aşındırıcıların kullanım sonrası korozyon testleri yapılmıştır.

Standart parlatma süresi sonrasında üç kaynak metodunun yüzey pürüzlölük değerleri ölçölmüştür. Yüzeyi uygun olmayan birleştirmeler için parlatma işlemeine devam edilmiştir. Tüm alışmalar sonrasında kullanılan aşındırıcı miktarı ve toplam parlatma süresi tespit edilerek incelenmiştir.

9.1. Kaynaklı Birleştirmelerin Mikro Yapılarının İncelenmesi

Bilindiği üzere kaynak dikişinin genişliği, kaynak bölgesinin sertliği veya ilave metal kullanımı gibi detaylar parlatma işlemini doğrudan etkilemektedir. Bu etki proses süresinin ve aşındırıcı kullanım miktarının artması veya azalması yönünde gerçekleşir.

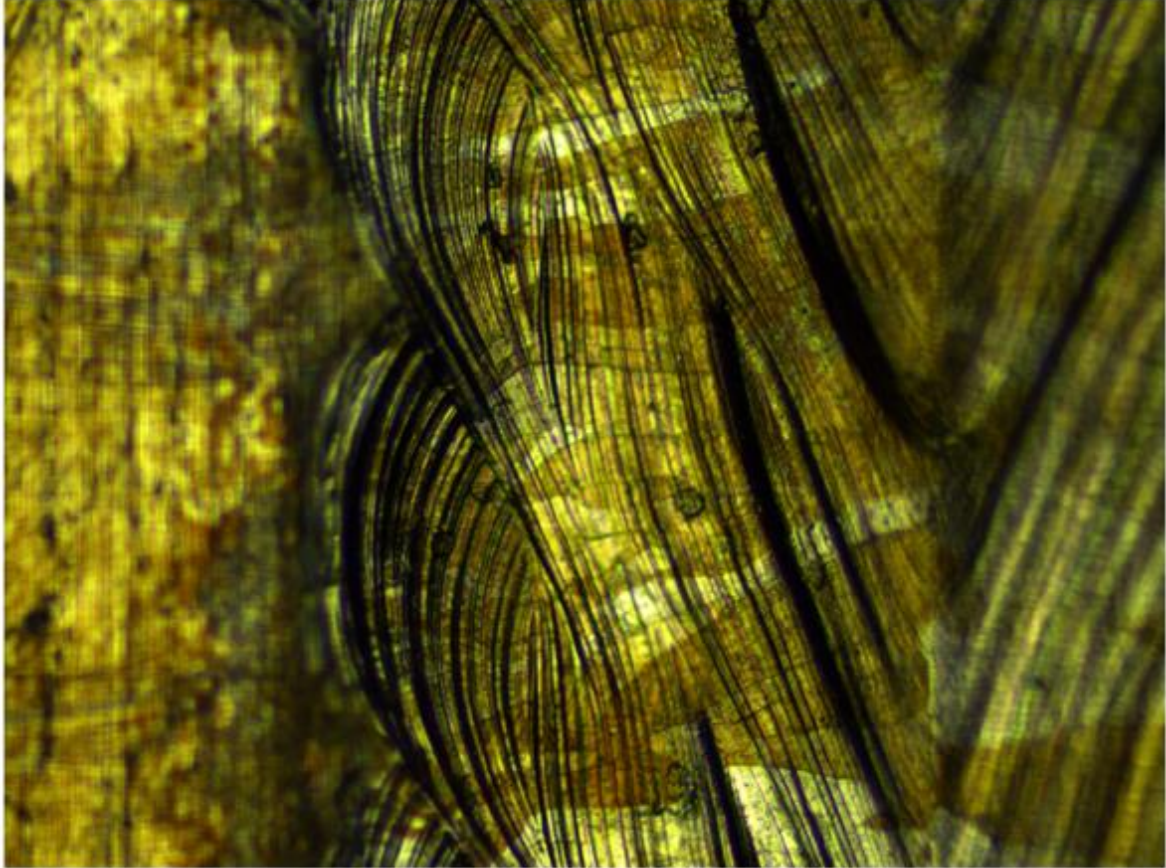


Resim 9. 1. Mikro yapı inceleme

Mikro yapı incelemeleri için Amasya Üniversitesi Teknoloji Faköltesi bünyesinde bulunan Leica DM 1750 M analiz mikroskobu ile yapılmıştır.

9.1.1. Lazer kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi

Çizelge 8.7’ de verilen lazer kaynak parametrelerine uygun şekilde birleştirme yapılan numunenin mikro yapı resimleri Şekil 9.2’ de yer almaktadır.



Resim 9. 2. Lazer kaynak dikişi mikro yapısı

Lazer kaynağın temel özelliği olan yüksek enerji yoğunluğu ile düşük ısı girdisi nedeniyle kaynak dikişi bölgesinde hızlı soğuma oluşmaktadır. Bu süreç sonrasında kaynak dikişi noktasında yüksek nüfuziyet ve düşük genişlik elde edilmektedir.

Kaynaklı birleştirme noktasının sıcaklık değişimi kaynak havuzunun sıvı akışı ile ısısını etkilenmektedir. (Köse, 2015).

Lazer kaynaklı birleştirme işleminde ideal ilerleme hızı belirlendiği için kaynak dikişi üzerine etkisi devre dışı bırakılmıştır.

Mikro yapı incelemeleri için Amasya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi bünyesinde bulunan Leica DM 1750 M analiz mikroskobu ile yapılmıştır.



Resim 9. 3. Lazer kaynak dikişi sertliğinin ölçülmesi

Lazer kaynakla birleştirmeye ait sertlik ölçümü Şekil 9.3 de yer almaktadır. Ölçülen değer 144,5 HV dir. Ölçülen sertlik değerinin parlatma etkisi bulunmaktadır.

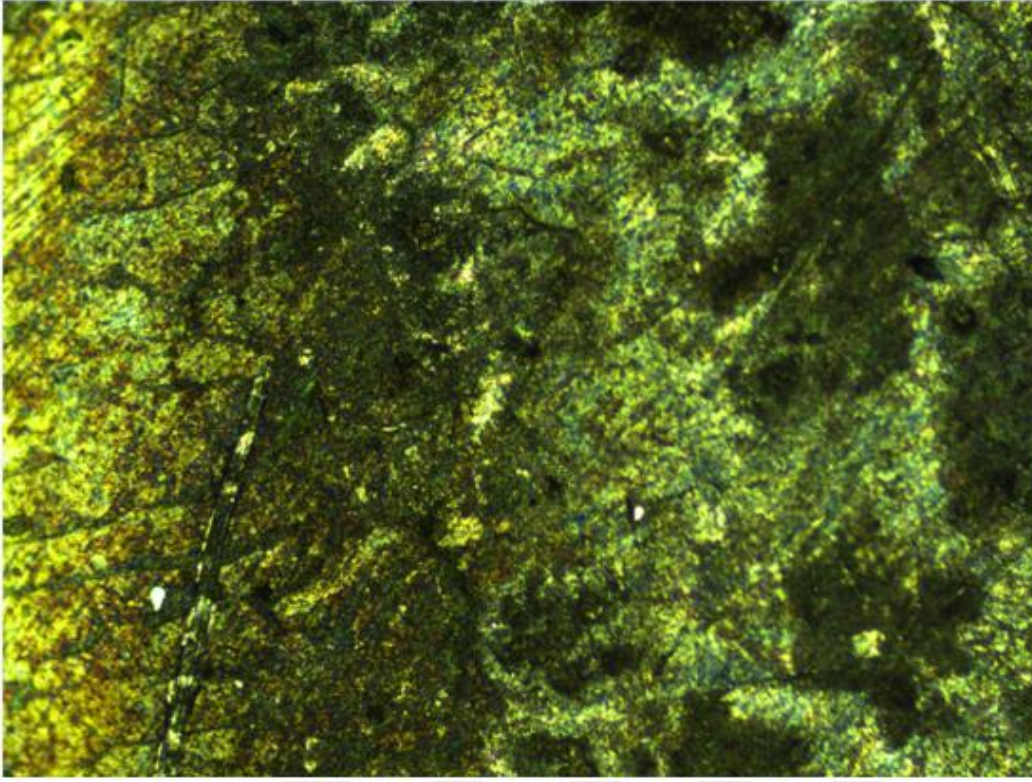
Sertlik ölçümleri TİMAY ÇİT ÇİT RİVET VE PERÇİN SAN. TİC. A.Ş. de bulunan Microbul 1000- DN sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

9.1.2. Plazma kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi

Çizelge 8.7' de verilen plazma kaynak parametrelerine uygun şekilde birleştirme yapılan numunenin mikro yapı resimleri Şekil 9.4' de yer almaktadır.

Plazma kaynağının en temel özelliği hızlı kaynak ve yüksek enerji yoğunluğu sayesinde dar kaynaklı birleştirme alanına sahiptir. Bu sebeple özel alanlarda kullanımı bulunmaktadır.

Plazma kaynaklı birleştirme işleminde ideal ilerleme hızı belirlediği için kaynak dikişi üzerine etkisi devre dışı bırakılmıştır.



Resim 9. 4. Plazma kaynak dikişı mikro yapısı

Kaynaklı birleştirmelerde yardımcı metal kullanımı olmuştur. Alın altına birleştirme yapılmıştır. Mikro yapı incelemeleri için Amasya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi bünyesinde bulunan Leica DM 1750 M analiz mikroskobu ile yapılmıştır.



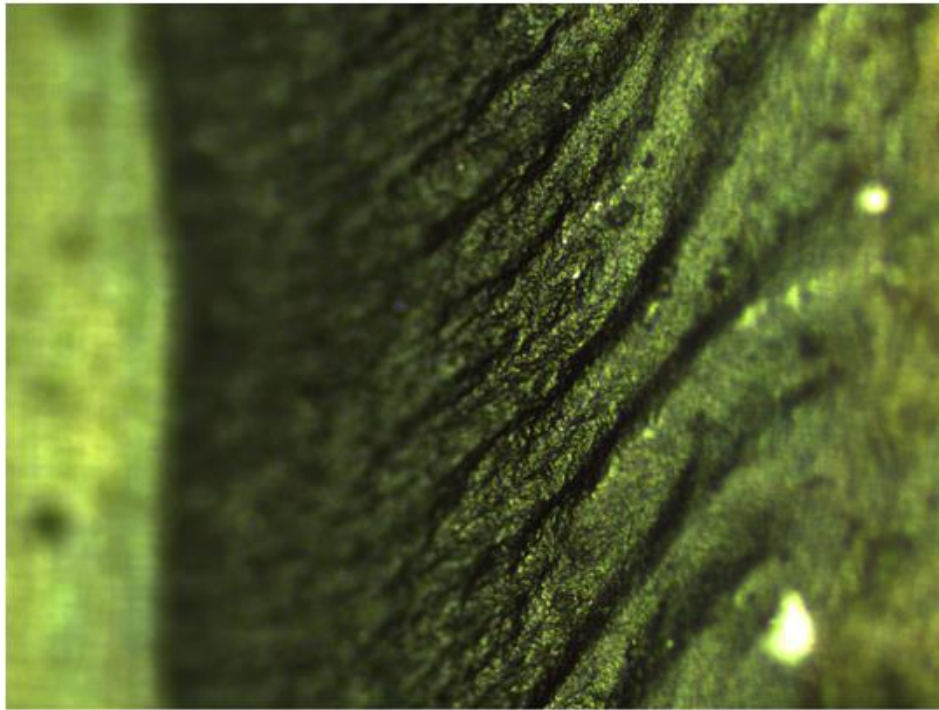
Resim 9. 5. Plazma kaynak dikişı sertliğinin ölçülmesi

Plazma kaynakla birleştirmeye ait sertlik ölçümü Şekil 9.5 de yer almaktadır. Ölçülen değer 169,8 HV dir. Ölçülen sertlik değerinin parlatma etkisi bulunmaktadır.

Sertlik ölçümleri TİMAY ÇIT ÇIT RİVET VE PERÇİN SAN. TİC. A.Ş. de bulunan Microbul 1000- DN sertlik ölçüm cihazı ile yapılmıştır.

9.1.3. Tig kaynakla birleştirme sonrası makro yapı ve sertliğinin incelenmesi

Çizelge 8.7’ de verilen TIG kaynak parametrelerine uygun şekilde birleştirme yapılan numunenin makro yapı resimleri Şekil 9.6’ de yer almaktadır.



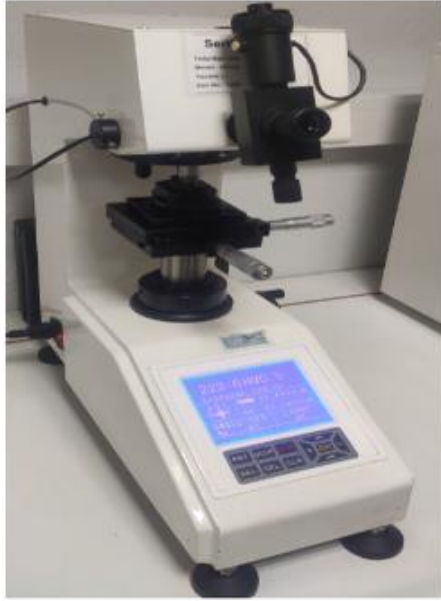
Resim 9. 6. TIG kaynak dikişi mikro yapısı

TIG kaynağının en temel özelliği yüksek ısı girdisi ve kaynak hızının diğer metotlara göre düşük kalmasından dolayı kaynak dikişi geniş ve derindir. Birleşmeyi genel olarak incelediğimizde birleşmenin tam olduğu da görülmektedir.

Kaynak birleşiminde koruyucu gaz olarak Argon kullanımı yapılmıştır. Bu sebeple daha standart ürünlerin birleştirilmesi kullanımları söz konusudur.

Kaynaklı birleştirmelerde yardımcı metal kullanımı olmuştur. Alın altına birleştirme yapılmıştır.

Mikro yapı incelemeleri için Amasya Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi bünyesinde bulunan Leica DM 1750 M analiz mikroskobu ile yapılmıştır.



Resim 9. 7. Tig kaynak dikişi sertliğinin ölçölmesi

Tig kaynakla birleştirmeye ait sertlik ölçölümü şekil 9.7 de yer almaktadır. Ölçölülen değer 223,6 HV dir. Ölçölülen sertlik değerinin parlatma etkisi bulunmaktadır.

Sertlik ölçölümleri TİMAY ÇİT ÇİT RİVET VE PERÇİN SAN. TİC. A.ř. de bulunan Microbul 1000- DN sertlik ölçölüm cihazı ile yapılmıştır.

9.2. Kaynaklı Birleştirme Sonrası Uygulanan Parlatma İşlemi Sonuçları

Deney çalışmasında 430 Ferritik paslanmaz saca uygulanan kaynaklı birleştirmeler sonrası yüzey parlatma proseslerinin incelenmesi yapılmıştır.

Deneyde standart 430 ferritik SB taşlı paslanmaz yüzeyin elde edilmesinde belirlenmiş olan aşındırıcılar kullanmıştır. Bu aşındırıcıların kullanım sonrası korozyon testleri yapılmıştır.

Kaynaklı birleştirme yüzeyinin kum değeri SB taşlı oluncaya kadar parlatma işlemine devam edilmiştir.

Standart zaman ve standart aşındırıcı kullanımı sonrası oluşan yüzey pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar Minitab programına aktarılarak değerlendirilmeleri yapılmıştır.

9.2.1. Parlatma sonrası yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçülmesi

Deneyde kullanılan tüm birleştirme metotlarına ideal kaynak hızı ve ideal enerji girdisi uygulanmıştır. Kaynaklı birleştirme çizgilerine uygulanan parlatma işlemleri sonrasında hedeflenen SB taşlı yüzey değerine (“Rz 2-4 μm ”) ilk ulaşan iş parçası Lazer kaynakla birleştirilen iş parçası olduğu tespit edilmiştir. Lazer kaynağı sırasıyla plazma ve TIG kaynak metotları takip ettiği tespit edilmiştir.

Anlık olarak tüm kaynaklı birleştirme noktalarına uygulanan parlatma işlemi sonrası yüzey ölçümleri yapılarak aşağıda yer alan tabloya işlenmiştir. (Çizelge 9.1)

Yüzey pürüzlülük ölçümleri TR-200 (3200) cihaz kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 9.1. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200

UYGULAMA TİPİ	1. Ölçüm Değeri (Rz μm)	2. Ölçüm Değeri (Rz μm)	3. Ölçüm Değeri (Rz μm)	4. Ölçüm Değeri (Rz μm)	5. Ölçüm Değeri (Rz μm)	6. Ölçüm Değeri (Rz μm)	7. Ölçüm Değeri (Rz μm)	8. Ölçüm Değeri (Rz μm)	9. Ölçüm Değeri (Rz μm)	10. Ölçüm Değeri (Rz μm)
Seko Quasar 180 TLE TIG	9,05	10,63	12,12	10,89	8,23	8,59	9,38	9,87	8,99	9,02
EWM Microplasma 50	4,49	5,69	4,95	7,13	6,46	6,13	5,72	6,12	6,43	5,84
Hans Laser WF 300	3,02	2,89	3,18	3,53	3,46	3,72	3,55	3,64	3,56	3,44

Çizelge incelendiğinde hedef değere ilk ulaşan kaynaklı birleştirmenin lazer kaynak olduğu görülmektedir. Hedef değere en çok yaklaşan metodun plazma en son TIG kaynağı olduğu bariz anlaşılmaktadır.

Ölçülen değerler minitab programına aktarılarak değerlendirilmiştir. (Çizelge 9.2)

Çizelge 9.2. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200

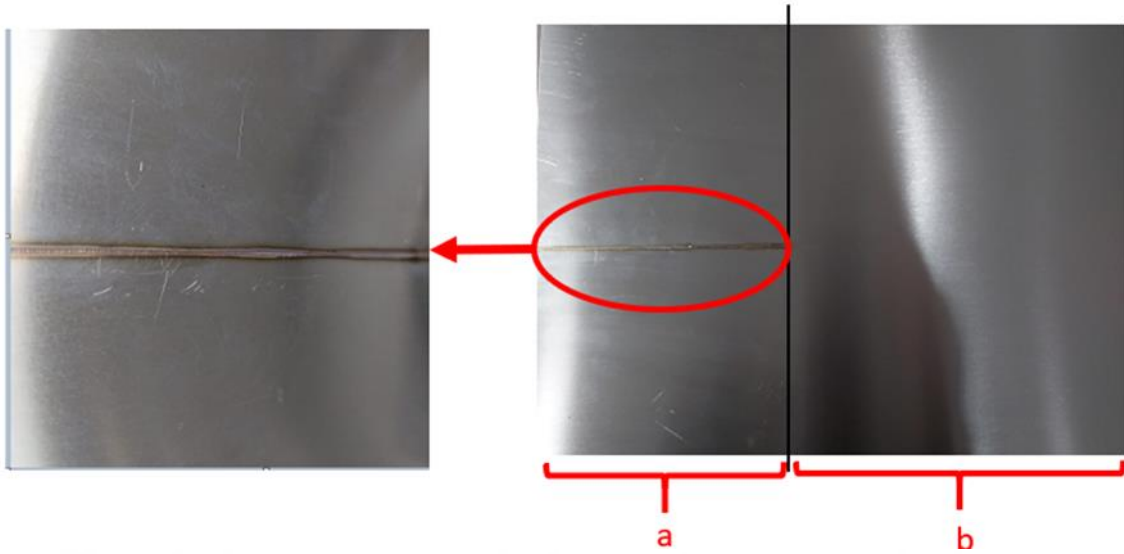
Variable	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum	Range
Selco Quasar 180 TLH	9,677	0,381	1,204	8,23	9,215	12,12	3,89
EWM Microplasma 50	5,8	0,201	0,636	4,49	5,98	6,46	1,97
Hans Laser WF 300	3,399	0,0871	0,2755	2,89	3,495	3,72	0,83

Tabloda üç farklı kaynak metodu üzerinde alınan ölçümler aktarılmış olup hedef değerler olan “Rz 2-4 μm ” sisteme girilmiştir. Tablomuzdan aşağıda yer alan değerler ulaşabilmekteyiz.

- Ortama değer
- Maksimum değer
- Minimum değer
- Aralık değeri
- Standart sapma

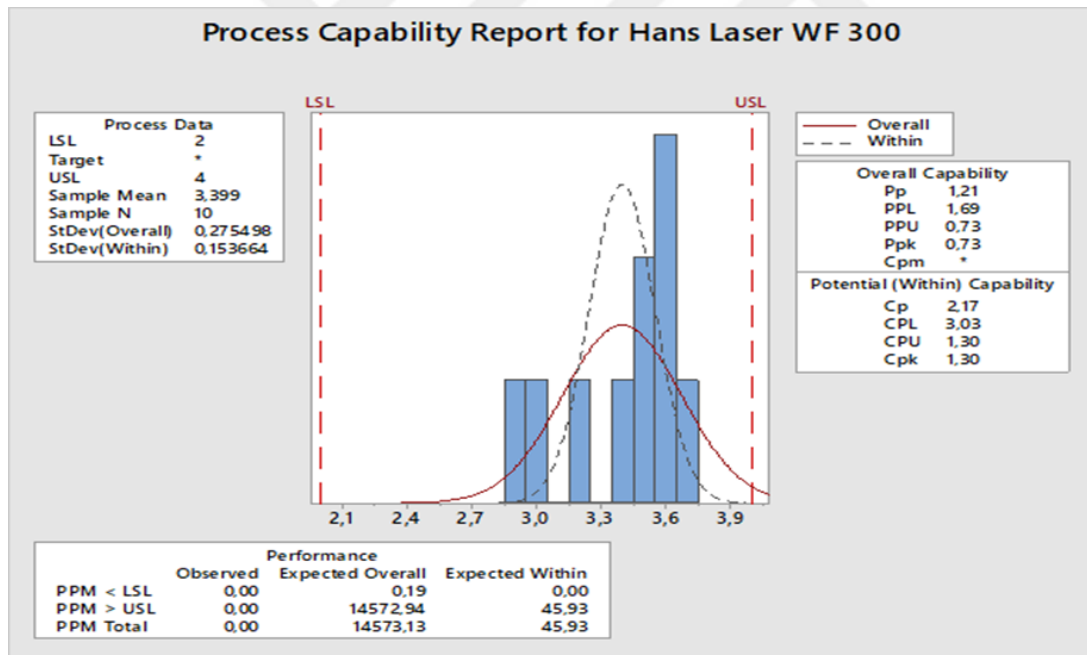
9.2.2. Lazer kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri

Lazer kaynak dikişine uygulanan parlatma sonrası alınan yüzey pürüzlülük ölçümlerine ait detaylar aşağıda yer alan Çizelge 9.3’ de yer almaktadır. Minitab programı çıktısı olan grafik yorumlandığımızda aşağıda yer alan detaylara ulaşabilmekteyiz.



Resim 9. 8. Lazer kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b)

Çizelge 9.3. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200

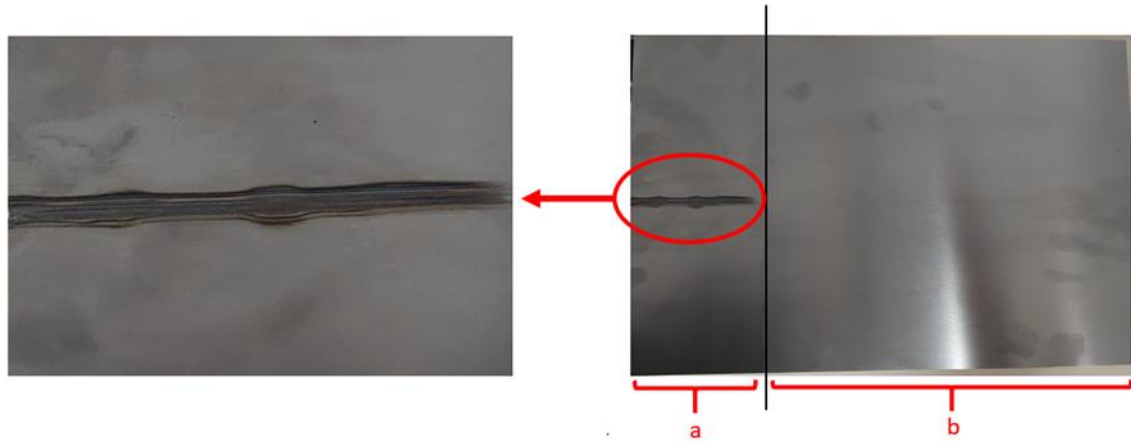


- Polisaj uygulaması sonrası ölçülen pürüzlülük değeri hedef pürüzlülük değeri olan Rz 2-4 μm arasında olduğu tespit edilmiştir.
- Ölçüm alınan bazı noktalarda dalgalanmaların olduğu görülmekte olup max. Ve min değerler arasındaki fark 0,83 μm dır.
- Max. ve min. ölçüm değerleri hedeflenen değer arasındadır.

- Cpk değeri 1,30 olarak ölçülmüş olup ideal değere sahiptir.
- Ortalama değer ve sapma değer arasında çok büyük bir fark yoktur.
- Ölçüm kalitesi olarak hedef standartlara uygundur.

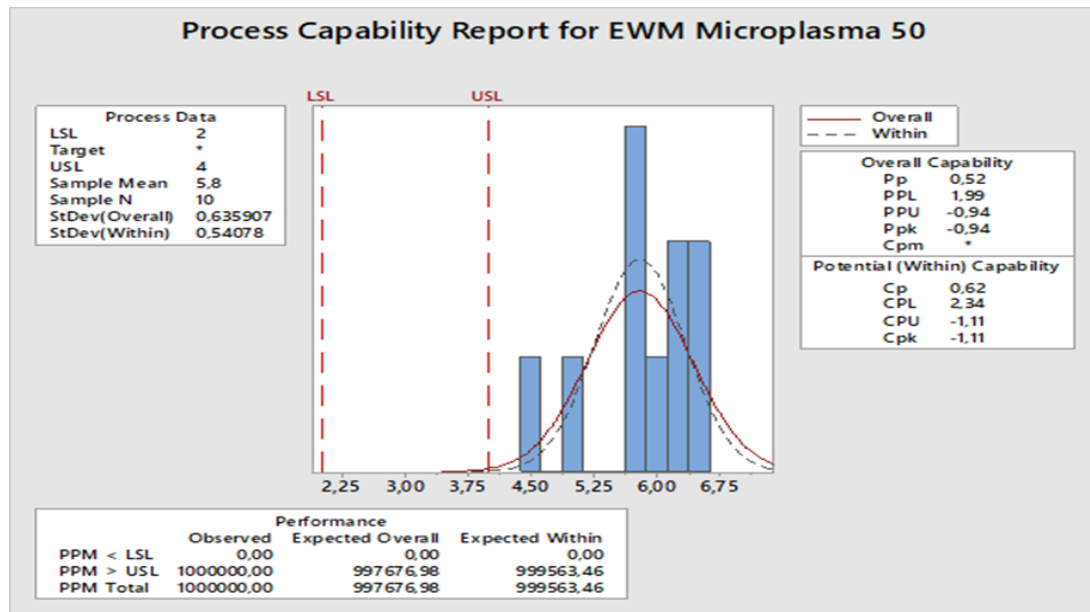
9.2.3. Plazma kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri

Plazma kaynak dikişine uygulanan parlatma sonrası alınan yüzey pürüzlülük ölçümlerine ait detaylar aşağıda yer alan Çizelge 9.4’ de yer almaktadır. Minitab programı çıktısı olan grafik yorumlandığımızda aşağıda yer alan detaylara ulaşabilmekteyiz.



Resim 9. 9. Plazma kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b)

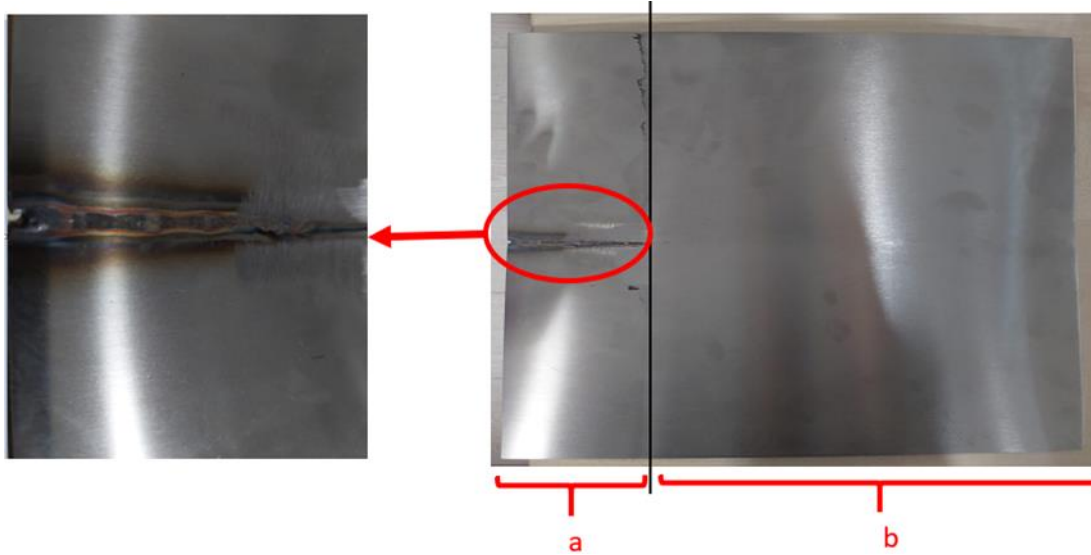
Çizelge 9.4. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200



- Polisaj uygulaması sonrası ölçülen pürüzlülük değeri hedef pürüzlülük değeri olan Rz 2-4 μm dışında olduğu tespit edilmiştir.
- Ölçüm alınan bazı noktalarda dalgalanmaların olduğu görülmekte olup max. Ve min değerler arasındaki fark 1,97 μm dir.
- Max. Ve min. ölçüm değerleri hedeflenen değerin dışında kalmıştır.
- Cpk değeri -1,11 olarak ölçülmüş olup ideal değerin dışındadır.
- Ortalama değer ve sapma değer arasında fark lazerli birleştirmeye göre yüksektir.
- Ölçüm kalitesi olarak hedef standartlara uygunluğu olmadığı için parlatma işlemine devam edilmiştir.

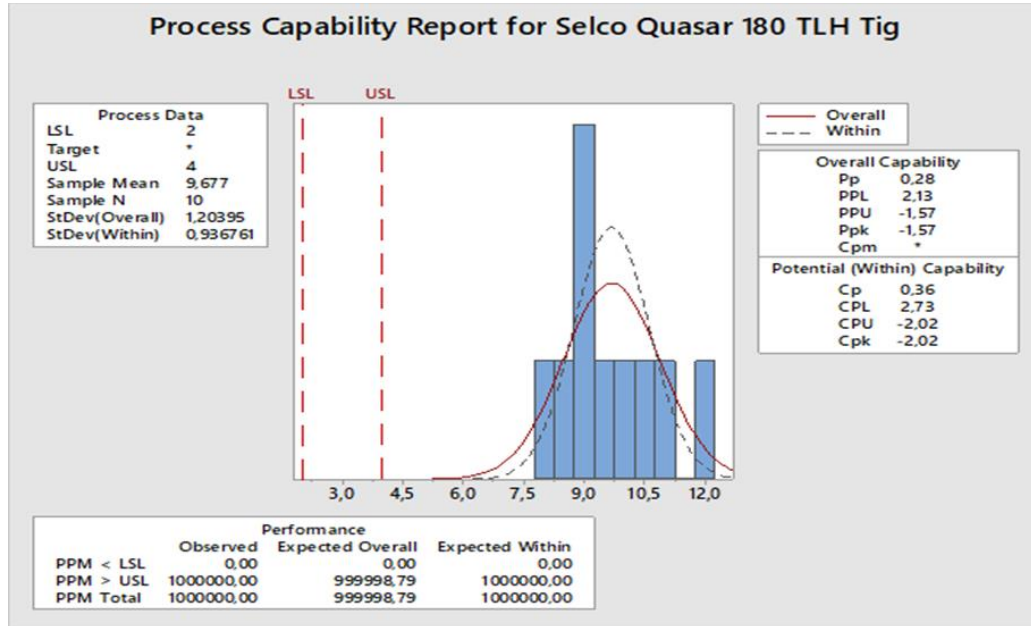
9.2.4. TIG kaynak dikişi parlatma sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değeri

TIG kaynak dikişine uygulanan parlatma sonrası alınan yüzey pürüzlülük ölçümlerine ait detaylar aşağıda yer alan Çizelge 9.5' de yer almaktadır. Minitab programı çıktısı olan grafik yorumlandığımızda aşağıda yer alan detaylara ulaşabilmekteyiz.



Resim 9. 10. TIG kaynak dikişi (a) ve dikiş yüzeyinin parlatılmış hali (b)

Çizelge 9.5. Parlatma işlemi sonrası ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri TR-200



- Polisaj uygulaması sonrası ölçülen pürüzlülük değeri hedef pürüzlülük değeri olan Rz 2-4 μm çok dışında olduğu tespit edilmiştir.
- Ölçüm alınan bazı noktalarda dalgalanmaların olduğu görülmekte olup max. Ve min değerler arasındaki fark çok fazla olup 3,87 μm dir.
- Max. Ve min. ölçüm değerleri hedeflenen değer dışında kalmıştır.
- Cpk değeri -2,02 olarak ölçülmüş olup ideal değer dışında.
- Ortalama değer ve sapma değeri arasında fark lazerli ve plazmalı birleştirme yöntemlerine göre çok yüksektir.
- Ölçüm kalitesi olarak hedef standartlara uygunluğu olmadığı için parlatma işlemine devam edilmiştir.

9.2.5. Parlatma işlemi sonrası standart yüzey pürüzlülük değerinin elde edilmesi

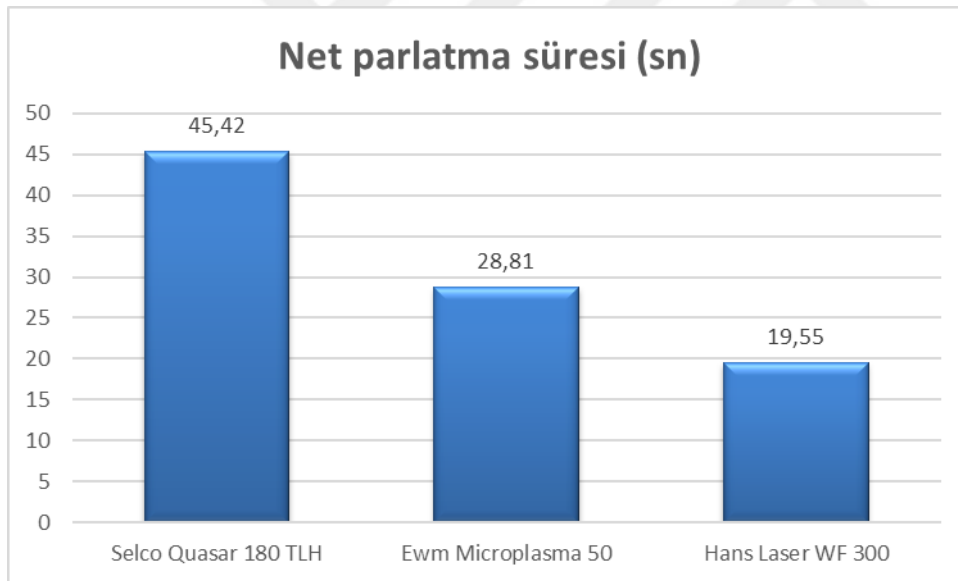
Standart zaman uygulanan parlatma işlemi çıktılarına göre tig ve plazma kaynak makineleriyle elde edilen sonuçlar talimata göre istenilen düzeyde olmadığı tespit edilmiştir. Bu iki makineyle birleştirmesi yapılan numunelerin yüzey pürüzlülükleri standart talimata

uygun oluncaya kadar parlatılarak hem aşındırıcı tüketimi hem de zaman kıyaslaması yapılmıştır.

Çizelge 9.6. Standart yüzey pürüzlüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinin süresi

Makine Açıklaması	Birleştirme Türü	Parça Uzunluğu (mm)	Parça Eni (mm)	Alan (m ²)	1. Operasyon 60 Kum Flapdisk Proses Süresi (sn)	2. Operasyon 100 Kum Elyaf Zımpara Proses Süresi (sn)	3. Operasyon 100 Kum 1+1 Elyaf Zımpara Proses Süresi (sn)	4. Operasyon 360 Kum Elyaf Zımpara Proses Süresi (sn)	NET SÜRE (sn)
Selco Quasar 180 TLH	Alın Kaynağı	500	400	0,2	9,54	14,48	9,46	11,94	45,42
Ewm Microplasma 50	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0	11,22	7,82	9,77	28,81
Hans Laser WF 300	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0	9,53	4,69	5,33	19,55

Çizelge 9.7. Standart süre kıyaslaması



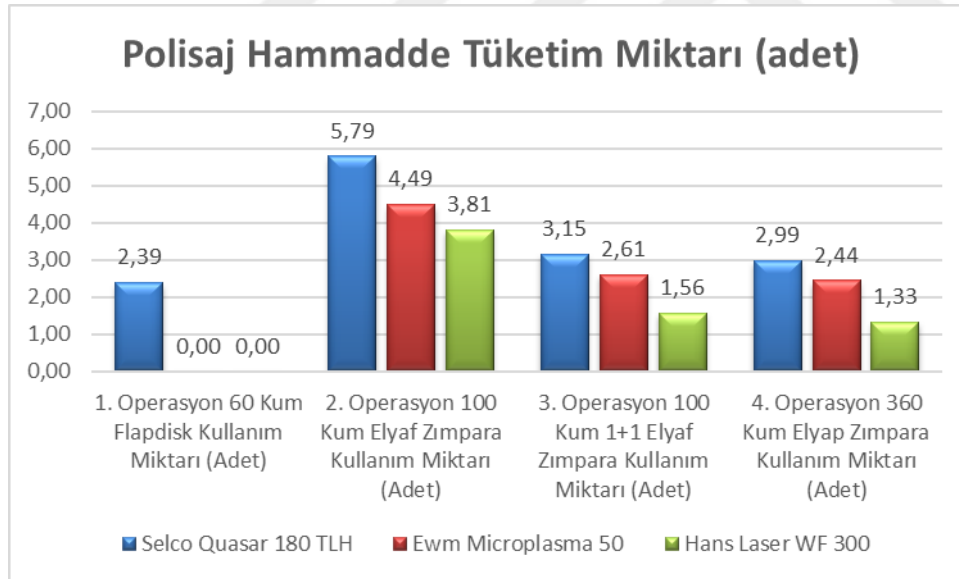
Yukarıda elde edilen veriler ışığında tig kaynakla birleştirilen yarı mamule uygulanan parlatma işleminin süresi lazer kaynaklı birleştirmeye göre 2,3 kat plazma kaynaklı birleştirmeye göre ise 1,6 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Plazma kaynakla ile birleştirmeye uygulanan parlatma işleminin süresi lazer kaynak kaynaklı birleştirmeye göre 1,5 kat daha fazla olduğu görülmektedir. Yapılan bu değerlendirmeye kaynak makineleri arasındaki zamansal farklar tespit edilmiştir.

Yine aynı şekilde üç kaynak makinesinde elde edilen numunelerin parlatmasında kullanılan aşındırıcı miktarlarının kıyaslaması yapılmıştır. Çalışmada parlatma prosesinin operasyon bazlı aşındırıcı kullanımları tespit edilmiştir.

Çizelge 9.8. Standart yüzey pürüzlüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinde kullanılan aşındırıcı miktarları

Makine Açıklaması	Birleştirme Türü	Parça Uzunluğu (mm)	Parça Eni (mm)	Alan (m ²)	1. Operasyon 60 Kum Flapdisk Kullanım Miktarı (Adet)	2. Operasyon 100 Kum Elyaf Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)	3. Operasyon 100 Kum 1+1 Elyaf Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)	4. Operasyon 360 Kum Elyaf Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)
Selco Quasar 180 TLH	Alın Kaynağı	500	400	0,2	2,39	5,79	3,15	2,99
Ewm Microplasma 50	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0,00	4,49	2,61	2,44
Hans Laser WF 300	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0,00	3,81	1,56	1,33

Çizelge 9.9. Aşındırıcı kullanım miktarları



Yukarıda elde edilen veriler ışığında lazer kaynak ve plazma kaynak makineleriyle birleştirilen numune sacların parlatma prosesi 2. Operasyondan başladığı görülmektedir. Bu sebebi ıtab bölgesinin pürüzsüz olmasıdır. Genel değerlendirme yaptığımızda en az aşındırıcı kullanımı sırasıyla lazer kaynak, plazma kaynak ve tig kaynağı olduğu görülmektedir.

10. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada 0,9 mm AISI 430 ferritik paslanmaz çeliği üç farklı kaynak metoduyla alın alına birleştirilmesi yapılmıştır. Uygulamada lazer, plazma ve tig kaynak metotları kullanılmıştır. Kaynaklı işlemleri uygulanan paslanmaz saclara standart süreli yüzey parlatma işlemi uygulanarak yüzey pürüzlülük değerlendirmeleri yapılarak kaynaklı birleştirmeler kıyaslanmıştır. Bu işleme takiben hedeflenen pürüzlülük değeri elde edilene kadar uygulanan parlatma süresi ile ekstra kullanılan aşındırıcı miktarları hesaplanmıştır.

İş parçalarının proses çıktı değerlendirmeleri işinde yetkin uzman kişiler tarafından yapılmasına rağmen sübjektif ile objektif değerlendirmeler arasında farklılıklar oluşabilmektedir. Farklılığının oluşmasındaki ana neden görsel kontrolün kişiden kişiye farklı olmasından ötürüdür. Bu sebeple çalışmamızda elden bulgular minitab programına aktararak sağlıklı sonuçların elde edilmesi sağlanmıştır.

Deneyde kullanılan kaynaklı birleştirmeler için uygun parametre ve elektrot seçimi yapılmıştır. Böylelikle standart kaliteli yüzey elde edilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışmada aşağıda yer alan sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen veriler ışında AISI 430 ferritik paslanmaz sacların kaynak kabiliyetlerinin çok iyi olduğu bu kabiliyetinin uygulanan metot tipine göre değişken olduğu gözlenmiştir.

Isı girdisi Itab bölgesinin hem görsel kalite hem de iyi birleştirme çizgisinin genişliği belirlemedeki en önemli faktörlerden birisidir. Elde edilen bulgular ışığında üç kaynak metodunda ısı girdisi sırasıyla lazer – plazma -tig olarak gerçekleşmiştir.

Parlatma prosesinde tüm kaynak metotları için standart süre ve standart aşındırıcı kullanımı yapılmıştır. Parlatma sürecinde hedeflenen yüzey pürüzlülük değeri ilk ulaşan lazer kaynaklı birleştirme metodu olduğu tespit edilmiştir. Lazer kaynak uygulamasını sırasıyla plazma ve tig kaynak uygulaması takip etmiştir.

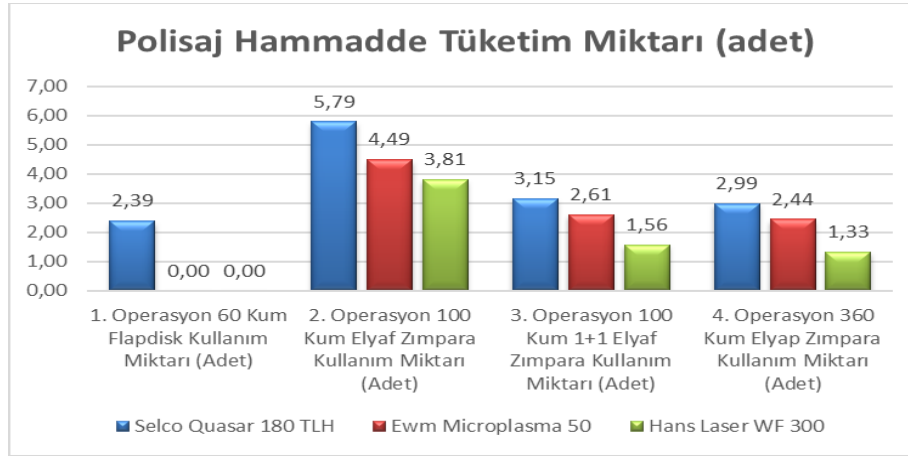
Ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri mintiab aktararak elde edilen bulgular ise

- Polisaj uygulaması sonrası ölçülen pürüzlülük değeri en uygun olan lazer kaynaktır. Plazma ve tig kaynak uygulaması standart zaman diliminde hedef pürüzlülük değeri olan Rz 2-4 μm ulaşamamıştır.
- Üç birleştirme metodunda dalgalanmalar gözlenmiştir. Max. Ve min değerler arasındaki farkın en az olduğu uygulama 0,83 μm değerle lazer kaynak olmuştur. Lazeri kaynağı 1,97 μm Plazma, 3,87 μm ölçümle tig uygulaması takip etmektedir.
- Cpk kabul kriteri olan 1,33 değerine en yakın olan kaynak metodu 1,30'la lazer kaynak ideal değer içindedir. -1,11 değerle plazma, -2,02 değer ölçümü elde edilen tig kaynak ideal ölçünün dışında kalmıştır.
- Ortalama değer ve sapma değer arasında farkı az dan çoğa göre sıraladığımızda lazer, plazma ve tig kaynak sonuçları elde edilmiştir.
- Ölçüm kalitesi olarak hedef standartlara uygunluğu olmadığı için parlatma işlemine devam edilen plazma ve tig kaynak metodları için fazladan harcanan zaman ve aşındırıcı özet tablosu aşağıda yer almaktadır. Fazladan yapılan harcamalar kurumlara ekstra mali yük getirmektedir.

Çizelge 10.1. Standart yüzey pürüzlüğü elde edilinceye kadar uygulanan parlatma prosesinde kullanılan aşındırıcı miktarları

Makine Açıklaması	Birleştirme Türü	Parça Uzunluğu (mm)	Parça Eni (mm)	Alan (m^2)	1. Operasyon 60 Kum Flapdisk Kullanım Miktarı (Adet)	2. Operasyon 100 Kum Elyaf Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)	3. Operasyon 100 Kum 1+1 Elyaf Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)	4. Operasyon 360 Kum Elyap Zımpara Kullanım Miktarı (Adet)
Selco Quasar 180 TLH	Alın Kaynağı	500	400	0,2	2,39	5,79	3,15	2,99
Ewm Microplasma 50	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0,00	4,49	2,61	2,44
Hans Laser WF 300	Alın Kaynağı	500	400	0,2	0,00	3,81	1,56	1,33

Çizelge 10.2. Aşındırıcı kullanım miktarları



Elde edilen sonuçların değerlendirilmesine göre yapılan doğrulama deneylerinin tutarlı olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen değerler ışığında AISI 430 ferritik paslanmaz çeliğin uygun kaynak parametre değerleri ile yapılan kaynaklı birleştirmelerde tercih edilen metoda bağlı olarak istenilen yüzey kalitesi ve parlatma performansının sağlandığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Altuntaş, M. (2015). *AISI 304L Paslanmaz Çeliğin MIG ve TIG Kaynak Yöntemleriyle Birleştirilmesinde Kaynak Parametrelerinin Etkilerinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Aran, A. ve Temel M.A. (2004). *Paslanmaz Çelik Yastı Mamuller*. Acar Matbaacılık A.Ş., İstanbul.
- Baran, B. (2019). *AISI 304 Paslanmaz Çeliğin TIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesinde Parametre Etkilerinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Baylan, O. (2003). *Elektrik Ark Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen Östenitik- Martenzitik Farklı Paslanmaz Çeliklerin Kaynaklı Bağlantılarında, Mikroyapı ile Özellikler Arasında İlişkinin Araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Zonguldak, s. 3-33.
- Bransch, H.N., Weckman D.C. and Kerr, H.W., (1994). *Welding Journal*, 73, No: 6, pp. 141-151.
- Castner, H.R. (1992) *Material and Procedure Considerations for Welded Austenitic Stainless Steels*, 8th Annual North American Welding Research Conference, Edison Welding Institute, Columbus, Ohio, pp. 1-6.
- Chiang, S., Albright, C. E., (1993). *Welding Journal*, 72, No. 3, pp. 117-121.
- Csele, Mark, (2004). *Fundamentals of Light Sources and Lasers*. Published by John Wiley & Sons, US, 170-179.
- Çelen, S. (2006). *Paslanmaz Çeliklerin Lazer Kaynağında Kaynak Parametrelerinin Bağlantının Dayanımı ve Korozyon Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Dilthey, U. (2000). *Laserstrahlschweißen, Prozesse, Werkstoffe, Fertigung und Prüfung*. DVS Media, Düsseldorf, 23-66.
- Elijah Kannatey-Asibu, Jr., (2009). *Principles of Laser Materials Processing*, Wiley. Fuerschbach, P. W., 1996. *Welding Journal*, 75, Issue 1, pp. 24-34
- Emet, A. O. (2019). *Lazer ve Tig Kaynağı İle Birleştirilmiş AISI 304 Paslanmaz Çeliklerin Mekanik Özelliklerinin ve Gerilmeli Korozyon Davranışının İncelenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Manisa Celal Üniversitesi, Manisa
- Erik, M. (2010). *Farklı Kalınlıklarda Galvaniz Kaplanmış Çelik Sacların Nokta Direnç Kaynağı İle Kaynaklara Birliğinin Araştırılması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Esendir, E. (2009). *Farklı Metallerin Nokta Direnç Kaynağı İle Birleştirilmesi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

İnternet: Lazer Işığı. URL: <https://www.fizik.net.tr/site/lazer-isigi/> . Son Erişim Tarihi: 01.10.2022.

İnternet: Laser Welding Fundamentals.URL: <https://www.laserstoday.com/>. Son Erişim Tarihi: 01.10.2022.

İnternet: Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı.URL: <https://lincolnelectric.com/tr-TR/>. Son Erişim Tarihi: 25.10.2022.

İnternet: Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları. URL:<https://www.somcelik.com.tr/paslanmaz-celik-kullanim-alanlari.html>. Son Erişim Tarihi: 01.10.2022.

İnternet: Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları. URL: <https://www.umatPaslanmaz.com/>.Son Erişim Tarihi: 25.10.2022.

Kaluç E. ve Tülbentçi K. (1995). *Paslanmaz Çelikler ve Kaynaklanabilirliği*, Seminer Notları. Kocaeli Üniversitesi Kaynak Teknolojisi, Eğitim ve Uygulama Merkezi, Kocaeli, S. 170-178

Köse, C., (2015). *Medikal Alanda Kullanılan Paslanmaz Çeliklerin Lazer Kaynak Kabiliyeti ve Kaynaklı Bağlantıların Biyoaktivite ve Biyokorozyon Davranışlarının Araştırılması*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

Osmanoğlu, T. (2012). *AISI 304 ve 430 Kalite Paslanmaz Çeliklerin Mikro yapılarına, Mekanik Özelliklerine ve Korozyon Davranışlarına Soğuk Deformasyonun Etkileri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

Woollin, P. (1994) *Developments in Fusion Welding of Stainless Steels, Welding&Metal Fabrication*, Cambridge, January, pp. 18-26

Yaşar, H. (2017). *AISI 304 Paslanmaz Çeliğin Nokta Direnç Kaynağı Yöntemi ile İzsisiz Kaynak Parametrelerinin Araştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Uğur ÖZKAYA

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1-) Özkaya, U., Bilgin, M. B. “Effects of Welding Joining Methods Applied to AISI 430 Ferritic Stainless Steels on Surface Polishing”. *5th International Conference on Advances in Natural & Applied Science Engineering (ICANAS 2021)*, pp:85, 21-23 September 2021, Ağrı, Turkey.

