



T.C.
Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü

**AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN TIG KAYNAK
YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİNDE KAYNAK
PARAMETRE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Burçin BARAN

Yüksek Lisans Tezi



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN TIG KAYNAK YÖNTEMİYLE
BİRLEŞTİRİLMESİNDE KAYNAK PARAMETRE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

Burçin BARAN

0000-0002-4156-8706

Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

0000-0002-8670-2438

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Burçin BARAN tarafından hazırlanan “AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN TIG KAYNAK YÖNTEMİYLE BİRLEŞTİRİLMESİNDE KAYNAK PARAMETRE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Başkan : Prof. Dr. Nurettin YAVUZ
0000-0002-8670-2438
UÜ. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Doç. Dr. Fatih KARPAT
0000-0001-8474-7328
UÜ. Mühendislik Fakültesi,
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE
0000-0003-1387-907X
BTÜ. Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü
/ /2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
 - atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
 - kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
 - ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı
- beyan ederim.**

/ /2019

Burçin BARAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi
AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN TIG KAYNAK YÖNTEMİYLE
BİRLEŞTİRİLMESİNDE KAYNAK PARAMETRE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Burçin BARAN
Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Paslanmaz çeliklerin günümüzde geniş bir kullanım alanları vardır. Özellikle korozyon oluşabilecek yerlerdeki kararlılıkları nedeniyle tercih sebebi olmaktadır. Başlıca kullanım alanları mutfak eşyaları, endüstriyel mutfaklar, gıda endüstrisi, kimya endüstrisi, süt ürünleri ve soğuk içecek endüstrisinde, fırın ve buhar kazanı yapımında, petrol tesislerinde, beyaz eşya ve iç mimari, aks, mil, pompa gibi otomotiv endüstrisinde, kesici takım yapımında, yüksek korozyon dayanımlı otomobil ve motor parçalarında kullanılmaktadır.

Kullanım esnasında kaynaklı birleştirmelere maruz kaldıklarından kaynak paslanmaz çelikler için önemli bir uygulama olmaktadır. Kaynak parametreleri ve ortam şartlarında oluşan farklılıklar kaynaklı parça için hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışma kapsamında AISI 304 paslanmaz çeliği TIG kaynağı ile kaynatılarak, farklı akım ve farklı gaz debisi altında mekanik ve metalurjik özellikleri incelenmiştir. Kaynaklı birleştirmeler sonrası elde edilen numunelere çekme testi uygulanmış ayrıca mikroyapı ve mikro sertlik incelemeleri yapılmıştır. Sonuç olarak, numunelere uygulanan kaynak akımı ve gaz debisi arttıkça çekme ve çentik dayanımları artmıştır. Sertlik testleri sonucunda en yüksek sertlik değeri kaynak metalinde ölçülmüş ve sırasıyla ITAB ve ana malzeme takip etmiştir. Mikroyapı testlerinde değer olarak yükselen parametreler ile daha derin bir kaynak dikişi olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: AISI 304, Mekanik Özellikler, TIG Kaynağı, Çekme Testi
2019, viii + 44 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE INVESTIGATE OF EFFECT WELDING PARAMETER AISI 304 TYPE STAINLESS STEEL WITH TIG WELDING

Burçin BARAN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Nurettin YAVUZ

Stainless steels are widely used today. They are preferred because of their stability in places where corrosion can occur. Main application areas are kitchenware, industrial kitchens, food industry, chemical industry, dairy products and cold drink industry, oven and steam boiler construction, petroleum plants, white goods and interior design, automotive industry such as axle, shaft, pump, cutting tool construction, It is used in automobile and engine parts with high corrosion resistance.

Welding is an important application for stainless steels as they are subjected to welded joints during use. Differences in welding parameters and ambient conditions are vital for the welded part.

In this study, AISI 304 stainless steel is welded with TIG welding and its mechanical and metallurgical properties are investigated under different current and different gas flow rates. Tensile test was applied to the samples obtained after welded joints and microstructure and micro hardness investigations were performed. As a result, tensile and notch strengths increased as welding current and gas flow applied to samples increased. As a result of the hardness tests, the highest hardness value was measured in the weld metal, followed by ITAB and base material, respectively. Microstructure tests showed a deeper weld seam with increasing parameters.

Key words: TIG Welding, Mechanical Properties, AISI 304, Tensile Test
2019, viii + 44 pages.

TEŐEKKÖR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın 'Prof. Dr. Nurettin YAVUZ' a teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerinden dolayı eşime ve aileme çok teşekkür ederim.

Burçin BARAN

/ /2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Paslanmaz Çeliğin Tanımı	5
2.2. Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları	5
2.3. Paslanmaz Çeliklerin Üretim Yöntemleri	8
2.4. Paslanmaz Çeliklerin Alaşım Elementleri	12
2.5. Paslanmaz Çeliklerin Temel Türleri	13
2.5.1. Östenitik Paslanmaz Çelikler	14
2.5.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler	15
2.5.3. Martenzitik Paslanmaz Çelikler	17
2.5.4. Çift Fazlı Paslanmaz Çelikler	18
2.5.5. Çökme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler	19
2.6. Paslanmaz Çeliklerde Kullanılan Kaynak Yöntemleri	20
2.6.1. TIG Kaynak Yöntemi	20
2.6.2. MIG Kaynak Yöntemi	22
2.6.3. Örtülü Elektrot Kaynak Yöntemi	23
2.6.4. Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi	25
2.6.5. Saplama Kaynak Yöntemi	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Çekme Deneyi	30
3.2. Vickers Mikrosertlik Deneyi	31
3.3. Mikroyapı Testi	32
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Çekme Deneyi Sonuçları	33
4.2. Vickers Mikrosertlik Deneyi Sonuçları	35
4.3. Mikroyapı Testi Sonuçları	38
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	41
KAYNAKLAR	42
ÖZGEÇMİŞ	44

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Ar	Argon
C	Karbon
Cu	Bakır
Cr	Krom
Fe	Demir
Mn	Mangan
Mo	Molibden
MPa	Megapaskal
N	Azot
Ni	Nikel
O	Oksijen
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silisyum
Ti	Titanyum

Kısaltmalar	Açıklama
AC	Alternatif Akım
AISI	Amerikan Demir ve Çelik Enstitüsü
AOD	Argon Oksijen Karbon Gidericisi
CNC	Bilgisayar Sayısal Kontrol
Cr2O3	Krom Oksit
DC	Doğru Akım
HV	Vickers Sertlik Değeri
ITAB	Isı Tesiri Altındaki Bölge
MIG	Metal Soy Gaz
MAG	Metal Aktif Gaz
SIC	Silisyum Karbür
TIG	Tungsten Soy Gaz

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Paslanmaz kimya reaktörü.....	6
Şekil 2.2. Gıda sektörü paslanmaz uygulaması	6
Şekil 2.3. Paslanmaz depolama tankı.....	7
Şekil 2.4. Yapılarda paslanmaz gergi sistemi.....	7
Şekil 2.5. Paslanmaz zemin plaka.....	8
Şekil 2.6. Paslanmaz katalitik konvertör.....	8
Şekil 2.7. Elektrik ark ocağı	9
Şekil 2.8. Şematik AOD dönüşümü	10
Şekil 2.9. Sürekli döküm örneği	11
Şekil 2.10. Shaeffler diyagramı	14
Şekil 2.11. Paslanmaz zemin plaka.....	14
Şekil 2.12. Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı.....	15
Şekil 2.13. Ferritik paslanmaz çelik mikro yapısı	16
Şekil 2.14. Ferritik paslanmaz çelikler	16
Şekil 2.15. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı.....	17
Şekil 2.16. Martenzitik paslanmaz çelikler	18
Şekil 2.17. Dupleks paslanmaz çelikler	18
Şekil 2.18. Dupleks paslanmaz çelik mikro yapısı	19
Şekil 2.19. Çökeltme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler.....	20
Şekil 2.20. TIG kaynağı şematik görünüm	21
Şekil 2.21. TIG kaynak ekipmanları	21
Şekil 2.22. MIG kaynağı şematik görünüm	22
Şekil 2.23. MIG kaynak ekipmanları	23
Şekil 2.24. Örtülü elektrot ark kaynağı şematik görünüm	24
Şekil 2.25. Örtülü elektrot ark kaynağı ekipmanları.....	24
Şekil 2.26. Tozaltı kaynağı şematik görünüm	24
Şekil 2.27. Tozaltı kaynağı ekipmanları	25
Şekil 2.28. Saplama kaynağı şematik görünüm.....	26
Şekil 3.1. Kaynatılacak parçaların hazırlanması	27
Şekil 3.2. Kaynak işlemi	28
Şekil 3.3. Kullanılan kaynak makinası	29
Şekil 3.4. Kaynatılmış parçalardan deney numuneleri alınması	29
Şekil 3.5. Deney numuneleri	30
Şekil 3.6. Çekme numunesi	30
Şekil 3.7. Çekme test cihazı	31
Şekil 3.8. Sertlik test cihazı	31
Şekil 3.9. Malzeme inceleme mikroskobu	32
Şekil 4.1. Çekme testi sonrası numuneler	33
Şekil 4.2. Numune 1 çekme test sonucu	33
Şekil 4.3. Numune 2 çekme test sonucu	34
Şekil 4.4. Numune 3 çekme test sonucu	35
Şekil 4.5. Numune sertlik ölçüm noktaları.....	36
Şekil 4.6. Numune 1 sertlik test sonucu.....	36
Şekil 4.7. Numune 2 sertlik test sonucu.....	37
Şekil 4.8. Numune 3 sertlik test sonucu.....	37
Şekil 4.9. Numune 1 mikroyapı test sonucu.....	38

Şekil 4.10. Numune 2 mikroyapı test sonucu.....	39
Şekil 4.11. Numune 3 mikroyapı test sonucu.....	40

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Çelik oluşumunda alaşım yüzdeleri	12
Çizelge 3.1. AISI 304 çeliği mekanik özellikleri	27
Çizelge 3.2. AISI 304 çeliği spektral analizi	27
Çizelge 3.3. Kaynak parametreleri	28
Çizelge 4.1. TIG kaynak numuneleri çekme deney sonuçları.....	35

1. GİRİŞ

Bu çalışmada paslanmaz çeliklerin TIG kaynağı ile farklı parametreler ile yapılan kaynağı sonucunda değişen mekanik ve metalürjik özellikleri bir dizi test yapılarak incelenmiştir. Çalışmaya konu olan AISI 304 paslanmaz çeliği, paslanmaz çelik türlerinden biri olup en yaygın kullanılanıdır. Bu paslanmaz çelik mekanik özellikleri, kaynak yapılabilirliği, korozyon-oksidasyon direnci ve fiyatı nedeniyle piyasada en çok tercih edilen paslanmaz çeliklerdendir. AISI 304 paslanmaz çeliğinin korozyona dayanımı 303 kalite çeliklere göre daha yüksektir. AISI 304 paslanmaz çeliği östenitik paslanmazlar grubuna girmektedir.

304 çeliği tek başına tüm paslanmaz çelik üretiminin %50'sini oluşturarak neredeyse tüm endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu çeliklerin kaynaklarında en çok tercih edilen kaynak uygulamaları TIG ve MIG'tir.

Paslanmaz çelikler içeriğinde en az %11 krom bulunduran bir çelik ailesidir. Bu çeliklere yüksek korozyon direnci sağlayan özellik; yüzeyde kuvvetle sabitlenmiş, yoğun, sünek ve çok ince saydam bir oksit tabakasının bulunmasıdır. Çok ince olan bu tabaka ile paslanmaz çelikler kimyasal reaksiyonlar karşısında pasif davranarak indirgeyici olmayan ortamlarda korozyona karşı dayanım kazanırlar. Bu oksit tabakası, oksijen olan ortamlarda oluşur ve dış etkilerle (kesme, kesme veya talaşlı imalat vb.) bozulsa dahi kendini tekrar oluşturarak eski özelliğine tekrar kavuşur (Aran 2003).

Koruyucu bir asal gaz atmosferi altında kaynak yöntemi uygulaması ilk defa ikinci Dünya savaşında uçaklarda kullanılmaya ve magnezyum alaşımlı parçaların birleştirilmesiyle başlamıştır. Diğer yöntemlerle kaynatılması zor olan metal ve alaşımların kaynağı için ve bugün en çok aranan yöntemlerden birisi haline gelmiştir (Gözütok 2009).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Paslanmaz çeliğin kaynak kabiliyetiyle ilgili yapılan literatür araştırmasında kaynak parametrelerinde yapılan değişikliklerin numunenin mekanik özellikleri ve makro, mikro yapısı üzerine etkilerini inceleyen çalışmaların yapıldığı görülmüştür.

Normal alaşımsız ve az alaşımlı çelikler korozyon etkilerine karşı dayanıklı olmadıklarından, bu tür uygulamalar için genellikle paslanmaz çeliklerin kullanılması gerekir. Paslanmaz çelikler mükemmel korozyon dayanımları yanında, değişik mekanik özelliklere sahip türlerinin bulunması, düşük ve yüksek sıcaklıklarda kullanılabilmesi, şekil verme kolaylığı, estetik görünümü gibi özelliklere sahiptirler. Kullanımları giderek yaygınlaşan paslanmaz çeliklerin tüketimi, artık toplumlarda refah seviyesinin bir göstergesi sayılmaktadır (Aran 2003).

Bütün kaynak yöntemlerinde kaynak bölgesi ve metali havanın olumsuz etkilerinden korunmaktadır. Örtülü elektrotta bunu örtü maddesi yaparken çıplak elektrot telinin el ya da mekanik olarak kaynak bölgesine verilmesi ile yapılan MIG-MAG, TIG kaynak yönteminde elektrot örtüsünün görevini soy gazlar, aktif gazlar ve bunların karışımları yapmaktadır (Anonim 2011).

Kaynak bölgesinde bulunan koruyucu atmosferin malzemenin fiziksel özelliklerine pozitif etki gösterdiği fark edilmiş ve parametre farklılıklarıyla kaynak bölgesi ve ısı tesiri altındaki bölgenin değişim gösterdiği görülmüştür (Altuntaş 2015).

Östenitik paslanmaz çeliklerin TIG kaynağı uygulaması ile birleştirilmesinde kullanılan koruyucu gazların, uygulama yapılan parçaların mekanik özelliklerini ve mikroyapılarını etkilediği belirlenmiştir (Gözütok 2009).

TIG kaynağı kaynak için gerekli ısının, tükenmeyen bir elektrot ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir. Kaynak bölgesine hiç ilave metal verilmeden sadece kaynak edilecek ana metal veya metaller eritilerek yapılabildiği gibi, erimeyen tungsten elektrot ile oluşturulan ark bölgesine ayrıca ilave metal tel

beslenerek de kaynak metali oluşturulur. Elektrot, kaynak banyosu, ark ve iş parçasının kaynağa yakın bölgeleri, atmosferin zararlı etkilerinden kaynak torcundan gelen gaz veya gaz karışımı tarafından korunur (Komaç 2009).

TIG kaynak yöntemi pratikte her kalınlık ve her pozisyonda imalat parçalarına uygulanabilir, daha kalın parçalar için uzun süreli işlemler gerektiğinden ekonomikliğı azalmakta ve dolayısıyla tercih edilmemektedir. Bundan dolayı 7 mm'den daha kalın parçaların birleştirilmesinde önerilmemekle beraber bu kaynak yöntemi ile kaliteli ve emniyetli birleştirmeler sağlanabilmektedir. Bu nedenle uçak ve uzay endüstrisinde çok geniş kullanım alanı bulmaktadır. Akım şiddeti azaltılarak diğer kaynak yöntemleri ile birleştirilmesi zor olan ince saclar bu yöntemle birleştirilebilmektedir (Murat 2018).

Koruyucu gaz olarak bir soy gaz kullanılması sonucunda, kaynak esnasında sıvı metal havanın olumsuz etkilerinden çok iyi bir derecede korunur ve bu bakımdan, bu yöntem özellikle havanın oksijeninden şiddetle etkilenen hafif metal alaşımları ve paslanmaz çelikler için çok yaygın olarak kullanılmaktadır. TIG kaynağında en yaygın gaz olarak argon kullanılır. Hafif metallerde geniş ve derin nüfuziyet nedeniyle son yıllarda argon ve helyum karışımlarının kullanılmasına doğru bir eğilim mevcuttur (Kurt 2006).

Kaynaktan sonra korozif artıkların temizlenmesine gerek olmaması, yüksek dayanımlı, korozyona dirençli ve sünek kaynak dikişi sunması, malzemeleri kaynaktan sonra minimum distorsiyona uğratması ve sıçrama kayıplarının olmaması bu ark kaynağı türünün önemli avantajlarından. Uygulama alanı olarak genellikle paslanmaz çelikler, bakır ve alaşımları, alüminyum ve alaşımları olarak sıralanabilir. TIG kaynağı, boyama prosesi öncesi yapılan raspalama işlemi sonrası ortaya çıkan kaynağın içindeki hatalarının (gözenek, cüruf sıkışmaları) ve sac yüzeyindeki haddeleme hatalarının tamirlerinde de kullanılabilir. Bu kaynak metodu paslanmaz çelik, alüminyum, magnezyum, bakır ve diğer birçok demir dışı metaller gibi kaynak edilmesi zor metallerin kaynaklanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. TIG kaynağının metal yığıma hızı diğer ark kaynak yöntemlerine göre düşüktür. Kalın kesitli malzemelerin kaynağında ekonomik bir yöntem değildir. Açık ve rüzgârlı havalarda gaz altı koruma tam yapılamayacağı için kullanımı tavsiye edilmeyen bir kaynak yöntemidir (Nevcanoğlu 2019).

Kaynak akımı, kaynak işleminde en önemli kontrol edilebilir parametrelerden birisi hatta en önemlisidir. Çünkü nüfuziyet derinliği, kaynak hızı, dolgu oranı ve kaynak kalitesi ile doğrudan ilgilidir. Kalın kesitli parçaların ve ısı iletkenliği yüksek malzemelerin kaynağında büyük bir ark gerilimine ihtiyaç vardır. Bu gibi durumlarda soy gaz olarak, aynı akım şiddetinde daha yüksek ark gerilimi veren helyum gazının kullanılması önerilmektedir (Seyhun 2004).

2.1 Paslanmaz Çeliğin Tanımı

Demir-krom alaşımlarının paslanmaya karşı olan direnci 1821 yılında Pierre Berthier tarafından fark edilmiştir. O dönemdeki teknoloji, bugünkü gibi krom ile demiri işlemeye yetmediği için kullanıma geçilememiştir. 1890 'lar da Hans Goldschmidt araştırmalarında karbonsuz krom üretimin başlamasına ışık tutan alimnotermik yöntemini bulmuştur. Bu tarihten sonrasında paslanmaz çelikler ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır.

Paslanmaz çelikler, bu özelliğe sahip olabilmeleri için bileşiminde en az %12 krom barındırmak zorundadırlar; krom içerisinde bulunduğu çeliği küçük taneli yapar, kritik soğuma hızını düşürerek şiddetli sertleştirici etki yaratır ve yapıdaki miktarı yükseldikçe yüksek sıcaklıklardaki korozyon direncini artırır (Aydın 2002).

Çeliğin içinde %12'nin üzerinde krom bulunması, çeliği atmosferin olumsuz tesirlerinden koruduğu gibi, nitrik asit gibi korozyona neden olan asitlere karşı da korur, bunun yanında yalnız krom bulunduran çelikler sülfürik ve hidroklorik asit gibi asitlere karşı dayanıklı değildir. Bu asitler yüzeyi koruyan tabakaya zarar verir ve dolayısıyla çelik korumasız kalır (Aydın 2002).

Bugüne kadar kullanılmış 170'den civarı paslanmaz çelik türü bilinmektedir. Bununla birlikte sürekli yeni alaşımlar türetilmekte ve eski alaşımlar optimize edilerek özellikleri yenilenmektedir (Aydın 2002).

2.2 Paslanmaz Çeliklerin Kullanım Alanları

Paslanmaz çeliğin en yoğun kullanıldığı sektörler kimya ve enerji mühendisliğidir. 304 kalite paslanmaz çeliğin kullanım nedeni olarak, ince kesitlerde inceltirilmiş nitrik asit depolama tanklarında kullanılabilir olması ve diğer materyallere karşı iyi direnç göstermesidir. Farklı sıcaklık bölgelerinde yüksek korozyon dayanımı göstermesi için farklı paslanmaz çelik aileleri geliştirilmiştir. Kanalizasyon tesisleri, tuzdan arıtma tesisleri, liman destekleri, deniz petrol kuyu teçhizatları ve gemi pervaneleri gibi özel kullanım alanlarında bu çelik türleri kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler, enerji üretim hatlarında yüksek sıcaklıklarda kararlı kalması sebebiyle tercih edilmektedir.

Paslanmaz çelikler gıda sektörü, sağlık sektörü ve depolama sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Şekil 2.1’ de paslanmaz kimya reaktör örneği bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Paslanmaz kimya reaktörü (Anonim 2013)

Üretimde otomasyonun olmazsa olmaz olduğu gıda sektöründe hijyen ve uzun ömürlü olması nedeniyle genel olarak üretim hatlarında paslanmaz çelik kullanılmaktadır (Anonim 2018). Gıda uygulaması örneği olarak cips üretim tesisi Şekil 2.2’ de mevcuttur.



Şekil 2.2. Gıda sektörü paslanmaz uygulaması (Anonim 2018)

Paslanmaz çelikler kolay temizlenebilmeleri ve temiz kalmaları nedeniyle sık kullanılan malzemelerdir. Pompalar, tanklar, iletim boruları, ısıtıcılar, vakum tankları, ısı değişiricileri ve dolum makinaları kullanım alanlarından bazılarıdır. Sürekli suya maruz kalan veya akışının kesilmediği gıda yıkama makinalarında, paslanmaz çelikler korozyon dayanımları ve uzun ömürlerinden dolayı tercih edilirler. Hava/buhar tahliye borularında 304 kalite paslanmaz çelik, fan kanatçıklarında 316 tipi kullanılabilir. Tuzlu ve asidik sıvı kimyasallar dışındaki sıvı depolarında 316L veya ısıl işleme görmüş, pasifleştirilmiş ve

kumlanmış 316 kullanılır. Tamburlarda katkı maddesi olarak 304 tercih edilir. Düşük karbonlu paslanmaz çelikleri daha korozif gıda uygulamalarında tercih etmek gerekir (Aran 2003).

Paslanmaz çeliklerin dışyüzünde bulunan pasif film çelikleri korozyona karşı korumaktadır. Bu çelikler korozyona karşı dirençleri nedeniyle depolama uygulamalarında tercih edilirler. Şekil 2.3 depolama tankları korozyon dirençleri sayesinde verilen bilgilere bir örnektir.



Şekil 2.3. Paslanmaz depolama tankı (Anonim 2014)

Paslanmaz çeliklerin yapılarda birçok örnek kullanımı vardır. Gergi sistemi en bilinen örneklerdendir. Bu sistem konstrüksiyon ve yapılarda artarak kullanılmaktadır. Bu sistemler, bir noktada yüklerin birleştirilmesi mantığıyla en basit uygulamalardan karmaşık sistemlere kadar farklı şekillerde kullanılmaktadır (Anonim 2010).



Şekil 2.4. Yapılarda paslanmaz gergi sistemi (Anonim 2016)

Paslanmazlar sıklıkla elik yapılarda zemin ve kafes sistem olarak tercih edilmektedir. Korozif ortam, dayanıklılık ve hijyenin olduğu durumlarda sıklıkla paslanmaz çeliğin kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.5' teki zemin plakaları hemen her yerde görebileceğimiz uygulamalardandır.



Şekil 2.5. Paslanmaz zemin plaka (Anonim 2016)

Otomotiv sektörü paslanmaz çeliklerin artarak kullanıldığı sektörlerden biridir. Öncelikle araç egzozlarında 409 kalite olarak kullanılır, katalitik konverterler Şekil 2.6' da olduğu gibi donanım olarak kullanılır. Bakım gerektirmemesi ömrü ve üretim kolaylığı nedeniyle otomotivde paslanmaz çelikler sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 2.6. Paslanmaz katalitik konvertör (Anonim 2018)

2.3 Paslanmaz eliklerin retim Yöntemleri

Paslanmaz elik üretimi genel olarak genel hurdaların toplanmasından, eritilmesine, farklı metallerin erimiŐ metale karıŐtırılmasına ve sonrasında metale Şekil verilmesi Şeklinde zetlenebilir.

Paslanmaz çelik üretimi yüksek maliyetli, tecrübe gerektiren ve büyük çaplı bir yatırımdır. Ergitme ve arıtma işlemleri için çoğunlukla Elektrik ark ocakları kullanılmaktadır. 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan ve dünyada paslanmaz çelik üretiminin %80'inin kullanıldığı yöntem sayesinde, üretim maliyetlerinin düşürülmüş ve kalite yükseltilmiştir (Aran 2003).

Ergitme/Arıtma (Çelikhane)

Bu fırınlarda ısıtma için gereken enerji elektrikten sağlandığından, hurdaların tamamı eritilebilmektedir. Fırınlar 3500°C sıcaklığa ulaşır ve yüksek kaliteli çelik elde etmek için hurda çelikler eritilir (Şekil 2.7).

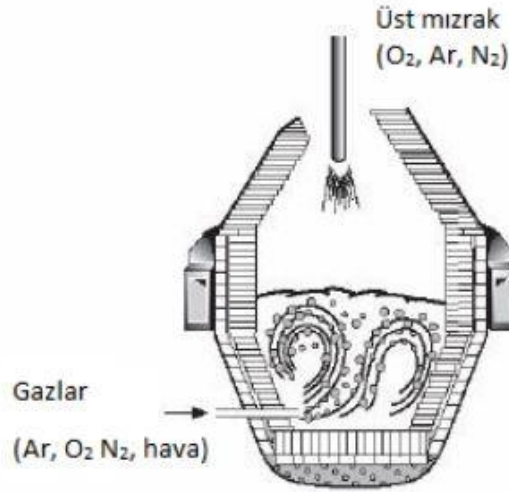


Şekil 2.7. Elektrik Ark Ocağı (Anonim 2004)

Eritme işleminin yapılacağı elektrik ocağına, ferrokrom alaşımları, karbon çelik hürdası ve ihtiyaca göre molibden ve nikel benzeri alaşımlar eklenir. Ergitilecek malzemeler önce kurutma fırınına girer ve kurumaları sağlanır. Ardından malzemeler elektrik ark ocağına alaşımlandırılmak için gönderilir. Bu yöntemde en önemli basamak “Argon Oksijen Karbür Gidericisi”nde yapılan işlemdir (Şekil2.8) (AOD) (Aran 2003).

Malzeme bu esnada istenen kimyasal içeriğe ulaşır. İlk olarak argon ve oksijen gazları eriyiğe yan girişlerden ve üstten üflenir (Aran 2003).

Üfleme işlemiyle üretilen eriyik metal damıtılarak saflaştırılır.



Şekil 2.8. Şematik AOD dönüşümü (Altuntaş 2015)

Alaşımın içindeki karbon yakılarak %0.01-0.04 değerleri arasında karbon değerleri sağlanır. Bu sırada cürufa bileşimindeki kromun bir kısmı geçer. Bu sebeple alaşımlara kromun eklenmesi genellikle karbür gidermenin bitmesinden sonra yapılmaktadır (Aran 2003).

Sürekli Döküm

Bu proses yarı mamül üretiminde büyük bir öneme sahiptir. Sürekli döküm, ergimiş çeliğin tandış ya da bir potadan; kalıp değiştirmeden, aynı kesitte sürekli olarak, iki ucu açık su ile soğutulan kokil kalıptan akıtılarak katı hale dönüştürülmesi işlemidir. Ergimiş çelik kalıbın üst ağzından kalıba girmekte ve eş zamanlı şekilde aynı miktar kokil kalıbın altından çekilmektedir. Kokil kalıp dışına çıkan malzeme (ingot) dış yüzeyi ince bir kabukla çevrilmiş olup; dökümün devamlılığının sağlanabilmesi için ingotun içerisindeki ergiyiği çevreleyen kabuğun dirençli olması gereklidir. Bu yüzden özellikle ilk soğutma bölgesi özellikle soğuma hızı kontrol edilir; dayanıklı bir dış kabuk oluşumu sağlanması çok önemlidir. İkinci soğuma bölgesine kadar çekilen ingotun soğuması devam etmektedir (Anonim 2019).

Bükme ve düzeltme işlemlerinde istenilen şekil verildikten sonra alev ile olması gereken boyda kesilir. Bu sistem ile çeliğin sürekli olarak üretilmesi mümkündür (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Sürekli döküm örneği (Anonim 2016)

Taşlama

Döküm esnasında iş parçası yüzeylerinde farklı kusurlar meydana gelebilir. Bekletilerek soğutulan iş parçalarının yüzey hataları değişik büyüklüklerdeki taşlama makinalarında lokal veya tüm yüzler taşlanarak giderilir (Aran 2003).

Sıcak Haddeme

İlk olarak yassı kütükler izole bir atmosferde 1250°C sıcaklığa çıkarılır. İlk malzeme kalınlığını 25mm'ye kadar indirildiği işleme kaba haddeme denir. Kaba haddeme işlemi sonucunda malzeme sıcaklığı 1100°C civarındadır. İşlem sonrası açılan malzeme bobinlere sarılır ve bu şekilde kademeli olarak inceltilmeye devam edilir. Bu işlem 950 °C sıcaklığında özel bir fırın içinde yapılmaktadır. Farklı merdane gruplarıyla yapılan bu inceltme işleminde kalınlık hassas şekilde kontrol edilebilmektedir. Malzeme istenilen kalınlığa ulaştıktan sonra soğutucu içerisinden geçirilerek rulo olarak sarılmaya başlanır. (Aran 2003).

Tavlama ve Asit Banyosu

Tavlama işlemi ile malzeme yumuşatılır ve içyapı da oluşan dengesizlikler giderilir, yüzey temizleme işlemi asit banyosu ile yapılmaktadır. Malzemeyi soğuk haddemeye yollamadan önce yüzey kusurlarını gidermek için taşlama hattına gönderilir (Aran 2003).

Soğuk Haddeme ve Son İşlemler

Bu işlemde paslanmaz çelik ileri-geri hareket ederek kademe kademe ilk kalınlığının %80'ine kadar azalmalar elde edilebilmektedir. İstenilen inceliğe ulaşamamışsa ara tavlama yapılması gerekmektedir. Gerekli durumda asit banyosuyla temizlendikten sonra

haddelemeye devam edilmelidir. İşlem tamamlandığında sıcak haddede olduğu gibi asit banyosu ve yeniden tavlanması gerekir. Takiben küçük pasolar ile son haddeleme işlemi yapılır. Amaç malzemenin eğriliğini ve yüzey kalitesini istenen seviyeye getirmektir. Piyasada satılan paslanmaz çelikler, makaralarda rulo olarak ya da çeşitli boylarda kesilmiş olarak bulunmaktadır. Satış yapan firmalar istenilen yüzey kalitesine getirmek için gerekli donanıma da sahiplerdir.

Yüzey kalitesi paslanmaz çelikler için önemlidir. Aşağıdaki neden veya nedenlerden dolayı yüzey iyileştirme işlemleri malzemeye uygulanmalıdır.

- Görünüş
- Korozyon direnci
- İşleyişi kolaylaştırması
- Sorunlu yüzler için yağlamayı kolaylaştırması
- Üretim basamaklarından sonraki yüzey şartlarını iyileştirmek (Singh 2011).

2.4 Paslanmaz Çeliklerin Alaşım Elementleri

Günümüzde paslanmaz çelikler en önemli malzemelerden biridir. Paslanmaz çeliğin demirden oluşumunu Çizelge 2.1 ile özetleyebiliriz.

Çizelge 2.1. Çelik oluşumunda alaşım yüzdeleri

Fe	+	≤	%2,06 Karbon	=	Çelik
Fe	+	<	%5 Alaşım Elementleri	=	Düşük Alaşımlı Çelik
Fe	+	>	%5 Alaşım Elementleri	=	Yüksek Alaşımlı Çelik

Her bir alaşım elementi paslanmaz çeliklerde özel etki oluşturur ve paslanmaz çeliğin sınıfını belirler. Paslanmaz çeliklerde bulunan alaşım elementleri ve etkileri aşağıda açıklandığı gibidir.

Nikel (Ni)

Nikel yapıda küçük tane oluşturur, oluşan küçük taneler sayesinde tokluk ve mukavemet artar. Genellikle Cr, Mo ve Cr - Mo ile alaşım oluşturmuş halde kullanılır. Tuzlu suya karşı dayanım sağlamak için az miktarda Cu ve Fosfat ile kullanılır (İspirlioğlu 2017).

Krom (Cr)

Krom oksijenle malzeme yüzeyinde oluşturduğu Cr₂O₃ tabaka ile çeliği korozyondan korur. Krom paslanmaz çeliklerin sertleştirilebilirliğini arttırırken kaynak kabiliyetini azaltır. %25 civarı bir değerde bulunursa parlak görünüm verir (İspirlioğlu 2017).

Bakır (Cu)

Paslanmaz çeliğin yüksek oksitleyici ortamlarda korozyona karşı direncini arttırır.

Molibden (Mo)

Korozyon direncine ilave olarak sürünme direncini arttırır. Sıcaklık dayanımını arttırır, çeliğin bileşimine göre yüzeyde film oluşturma veya sertlik artışına yarar.

Azot (N)

Oluşturduğu bileşiklerle sertliği, korozyon direncini ve mukavemeti arttırır (İspirlioğlu 2017).

Karbon (C)

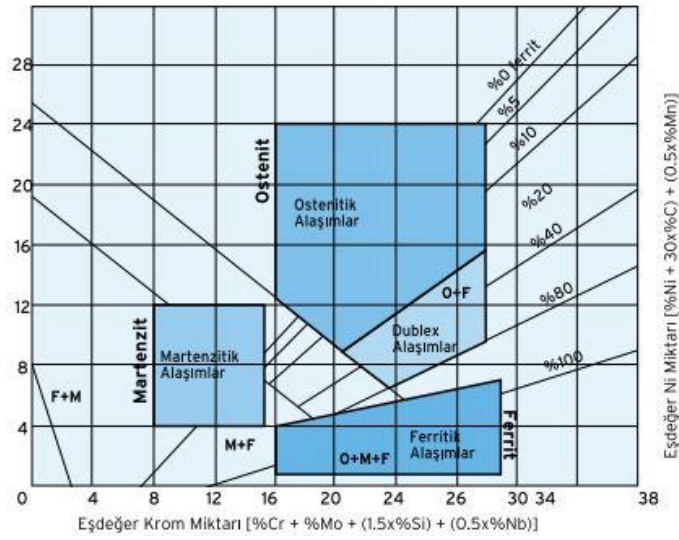
Demirden çelik oluşturur, oluşan çeliğin sertliğini ve mukavemet özelliklerini arttırır. Kaynak kabiliyeti, haddelenmesini, uzamasını ve darbe dayanımını azaltır (İspirlioğlu 2017).

Mangan (Mn)

Normalde paslanmaz çeliklerde %2' yi aşmamaktadır ve manganez alaşım elemanı olarak düşünülmemektedir (Edelstahl 2011). Sıcak süneklığı yükseltmek için kullanılır. Düşük sıcaklıklarda östenit dengeleyicidir, yüksek sıcaklıklarda ferrit dengeleyicidir.

2.5 Paslanmaz Çeliklerin Temel Türleri

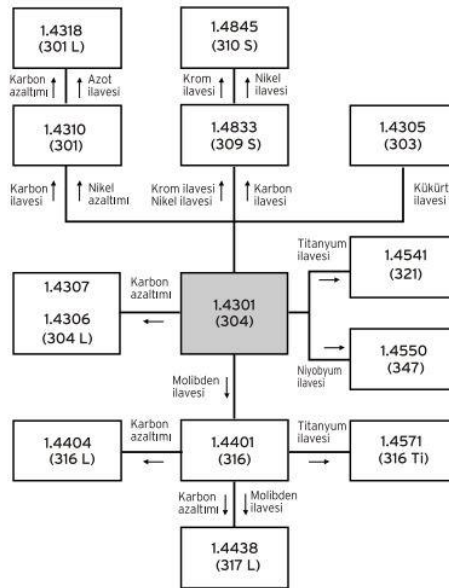
Paslanmaz çelikler içeriğindeki alaşımların çeşitliliği ve miktarlarındaki değişim ile 250 civarı çeşit oluşturmaktadır. Bu kadar çeşit paslanmaz 5 temel grupta toplanmaktadır. Shaeffler (Şekil 2.10) diyagramı paslanmaz çeliklerde alaşım elementleri ile çeliklerin türlerinin yerlerini gösterir (Aran 2003).



Şekil 2.10. Shaeffler diyagramı (Aran 2003)

2.5.1 Östenitik Paslanmaz Çelikler

Alaşım türleri ve kullanım alanları yaygınlığı nedeniyle piyasada en fazla kullanılan çelik türüdür. 300 serisi östenitik paslanmaz çeliklerde nikel ve krom bulunur. 200 serisi paslanmaz çeliklerde manganez ve nikel bulunmaktadır. Bu nedenle 300 serisi çelikler 200 serisi çeliklere göre soğuk şekillendirmeye elverişli değildir (Şekil 2.11) (Avallone ve ark. 2006)

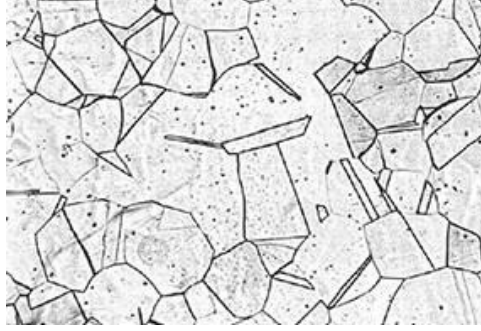


Şekil 2.11. Östenitik paslanmaz çelikler (Avallone ve ark. 2006)

Paslanmaz çeliklerin genelinde olduğu gibi Östenitik çelik alaşımlarında da birçok farklı varyasyon vardır. Yaygın olan alaşım %18 Cr ve %8 Ni şeklinde olan 18/8 (AISI 304) çeliklerdir. Bu çelikler su verme işlemine elverişli değildir. Yüksek korozyon direnci ve yüksek mekanik özelliklere sahiptirler (Khurmi ve Gupta 2004).

Dünya üzerinde paslanmaz çelik üretiminin %70'i östenitik çeliklerdir ve östenitik çeliklerin en yaygın kullanımı 304 kalitedir (Singh 2011). Mikro yapıları Şekil 2.12' de görüldüğü gibidir.

Korozif ortamda bulunan paslanmaz çeliklerde korozyon taneler arasında oluşabilmektedir. Bu korozyona gösterilen direnç düşük karbonlu çeliğin çatlak ve pitting korozyonuna gösterdiği direnç ile aynıdır (Avallone ve ark. 2006).



Şekil 2.12. Östenitik paslanmaz çelik mikro yapısı (Anonim 2019)

Östenitik paslanmaz çelikler tanklar, ısı değiştiriciler, boru iletim sistemleri, gıda uygulama ekipmanları, kimya, eczacılık, taşıma ekipmanları, kağıt, mutfak ekipmanları ve petrol ürünleri için kullanım alanlarıdır (Leffler 1996).

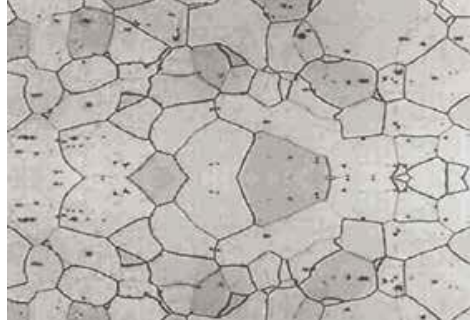
2.5.2 Ferritik Paslanmaz Çelikler

Krom oranı %14 ile %27 arasında değişen çeliklerdir. Süneklikleri nedeniyle çalışmalarda tercih edilirler (Singh 2011).

Krom miktarı arttıkça korozyon dirençleri artmaktadır. Martenzitik çeliklerden daha iyi korozyon dayanımları vardır (Khurmi ve Gupta 2004).

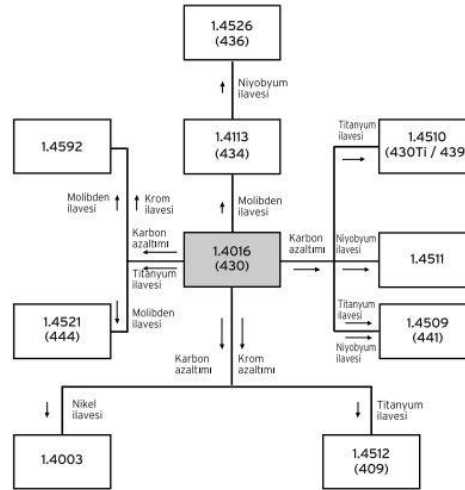
Sıcak şekillendirilme üst sıcaklığı 850 - 900 °C civarındadır. 1150 °C’ de tane büyüme ihtimali oluşmaktadır (Edelstahl 2011).

Soğuk işlem ile sertleştirilirler, bu sertleşme sünekliğin azalmasına neden olur (Singh 2011). Mikro yapısı martenzitik paslanmaz çeliklerden farklıdır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Ferritik paslanmaz çelik mikro yapısı (Anonim 2019)

Genellikle sac ve kalıp şeklinde imal edilirler. 415 - 460 MPa aralığında çekme gerilmeleri, 275 - 550 MPa aralığında da akma gerilmeleri vardır. Kalınlığa bağımlı şekilde %10 ile %25 arasında uzamaları değişmektedir (Smith 1994).



Şekil 2.14. Ferritik paslanmaz çelikler (Aran 2003)

Farklı alaşım elementlerinin malzemeye ilave edilmesiyle diğer paslanmaz çeliklerde de olduğu gibi farklı özellikler elde ederler. Östenitik çeliklerden ücret olarak daha ucuzdurlar. Ferritik çeliklerin alaşımlandırma ile oluşan türleri Şekil 2.14’ te gösterilmiştir.

2.5.3 Martenzitik Paslanmaz Çelikler

%0.1'den fazla karbon içeren çelikler östenitik yapıya sahiptirlerdir. Östenitleme sıcaklığında tutulan malzemeye su verilmesi halinde martenzitik yapı oluşur. Su verme işlemiyle karbon yüzdesi, sertlik ve mekanik dayanımda artmaktadır (Aran 2003).

Martenzitik çelikler nikel ilavesi olmadan düşük yoğunluklu korozyona karşı dirençlidir. Bu çelikler kolay işlenebilirler ve soğuk şekillendirmeye uygundur (Singh 2011).

Piyasadan temin edilen martenzitik çelikler ıslah edilmiş veya tavlanmış olarak bulunur. Tavlanmış ürünler ebatlandıktan sonra su verme – temperleme (ıslah) işlemine tabi tutulur. Farklı özellik kombinasyonlarını elde etmek için temperleme sıcaklığında değişiklik yapmak gerekmektedir (Aran 2003).

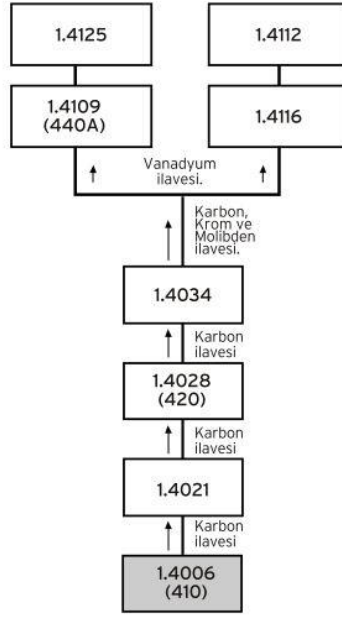
Isıl işleme tutulan martenzitik çeliklerde korozyonun nedeni olarak krom karbür çökmesi gösterilir. Bu nedenle martenzitik çelikler tavlı olarak kullanılmamalıdır (Edelstahl 2011).



Şekil 2.15. Martenzitik paslanmaz çelik mikro yapısı (Anonim 2019)

Martenzitik çeliklerin mikroyapısı ferritik ve östenitik çeliklerden farklıdır (Şekil 2.15).

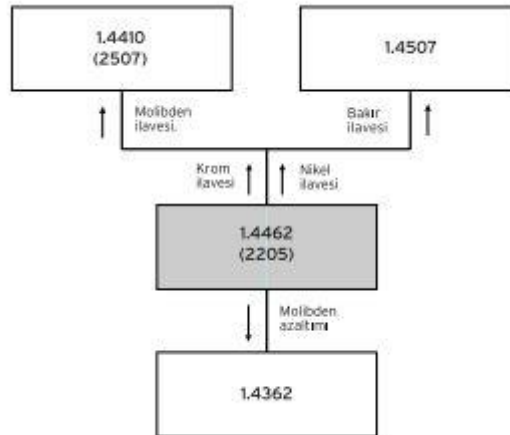
Diğer paslanmaz çeliklerde de olduğu gibi yapısındaki krom oranı ile korozyon dirençleri artmaktadır. Korozyon direnci olarak ferritik çeliklerden geridedirler. Kendi türevleri dışındaki metallerle kullanılması durumunda elektrokimyasal korozyon oluşabilir bu nedenle demir metalleriyle birlikte kullanılmalıdır (Şekil 2.16) (Khurmi ve Gupta 2004).



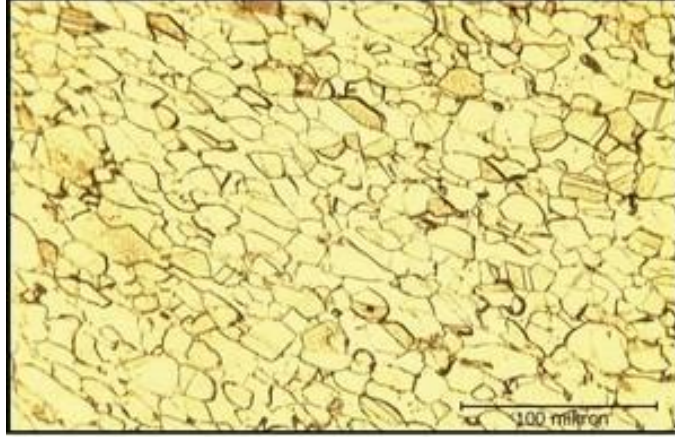
Şekil 2.16. Martenzitik paslanmaz çelikler (Aran 2003)

2.5.4 Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Yapı itibarıyla yarısı ferritik yarısı martenzitik paslanmaz çelikten oluşan iki fazlı paslanmaz çeliklerdir. %20 - 30 oranında krom, %5 - 8 oranında da nikel içerirler (Singh 2011). Manyetik özellikleri gelişmiştir. İçerisinde bulunan azot sayesinde korozyon direnci ve mekanik dayanımları yükselmektedir. Çift fazlı olduklarından iki farklı kritik sıcaklık derecesi bulunur. İlki karbür çökeltme sıcaklığıdır ve 800 °C’de meydana gelir. İkincisi sertlik artışıyla oluşan kırılma durumudur ve 475 °C’ de meydana gelir. Oksijen verildikçe sertlik azalmaktadır (Şekil 2.17) (Edelstahl 2011).



Şekil 2.17. Dupleks paslanmaz çelikler (Aran 2003)



Şekil 2.18. Dupleks paslanmaz çelik mikro yapısı (Gardi 2017)

Isıl işlem sırasında yapı olarak değişime uğradıklarından ısıl işlem için uygun değildir (Edelstahl 2011).

Uzama değerleri %16 - 48 arasında değişmektedir. Bu çelikler ferritik paslanmaz çeliklerden daha iyi kaynak edilebilme kabiliyetine sahiptir. Sertlik olarak ferritik paslanmaz çeliklerden daha sertlerdir (Smith 1994).

Genellikle arıtma tesislerinde, deniz sistemlerinde, aside maruz kalan boru hatlarında, sıcak su tanklarında ve kimyasal proses tanklarında kullanılmaktadırlar. Mikro yapıları orta büyüklükte taneli ve Şekil 2.18' de görüldüğü gibidir.

2.5.5 Çökelme Sertleşmesi Uygulanabilir Paslanmaz Çelikler

Bu çelikler kullanım ortamında yeterli korozyon direnci, yüksek süneklik ve yüksek mekanik dayanım gösterirler. Bu çelikler yüksek sıcaklık tavlamasından meydana gelen problemleri barındırmamaktadır (Anonim 1993).

Yaşlandırma etkisi için niobyum, alüminyum, titanyum ve bakır ilave edilir (Singh 2011).

Sayılan alaşım elemanlarının ilavesiyle daha sert ve en maliyetli çeliklerden biri elde edilir. Uzama ve yüksek korozyon direnci istenen yerlerde kullanılırlar (Edelstahl 2011).



Şekil 2.19. Çökeltme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler (Aran 2003)

Çökeltme sertleşmesi uygulanabilir paslanmaz çelikler yakıt tanklarında, büyük dönen makine parçalarında, havacılık parçalarında, cıvatalarda kullanılmaktadır (Anonim 1993). Farklı element ilaveleriyle dönüşecekleri metaller Şekil 2.19’ da gösterildiği gibidir.

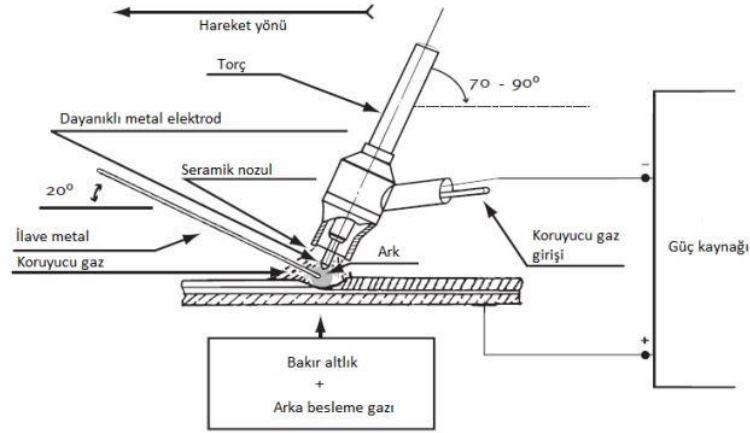
2.6 Paslanmaz Çeliklerde Kullanılan Kaynak Yöntemleri

Farklı paslanmaz çeliklerin farklı kaynak kabiliyetleri vardır. Süneklik ve kopma uzamaları düşük olan paslanmaz çeliklerin kaynak yırtılmaları olmaması için farklı malzeme ilaveleri yapılması gereklidir. Bazı yöntemler dışında paslanmaz çeliklerin kaynağı diğer çeliklerde kullanılan yöntemlerle yapılabilmektedir. Paslanmaz çeliklerin kaynağında hangi yöntemin kullanılacağı metalin kalınlığı, türü, kullanılacağı yer gibi etkenler ile belirlenir.

2.6.1. TIG Kaynak Yöntemi

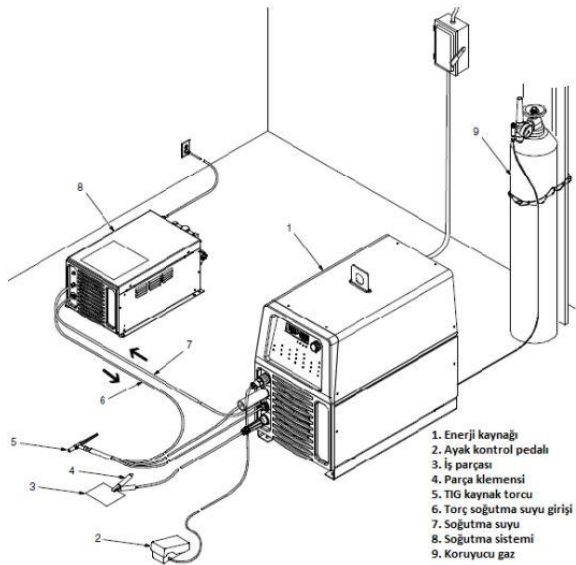
Günümüzün en önemli kaynak yöntemlerinden biridir. Genel şekliyle elektrik ark kaynağı yöntemidir. Hafif metaller ve paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılır. Kaynak yöntemi elektrik ark kaynağının ileri aşamasıdır. Bu yöntem ile yapılan

birleştirme diğer kaynak yöntemleriyle yapılan dikişlerden daha üstün özelliklidir (Anık ve Vural 2013).



Şekil 2.20. TIG Kaynağı şematik görünüm (Altuntaş 2015)

Kaynak işlemi için kullanılan torç içindeki tungsten elektrot toryum ve zirkonyum ile alaşımlandırılmıştır. Torçun içerisine kaynak bölgesini atmosferden izole hale getirmesi için gaz karışımı gönderilir. İşleyiş şematik olarak Şekil 2.20' de gösterildiği şekildedir.



Şekil 2.21. TIG Kaynak ekipmanları (Altuntaş 2015)

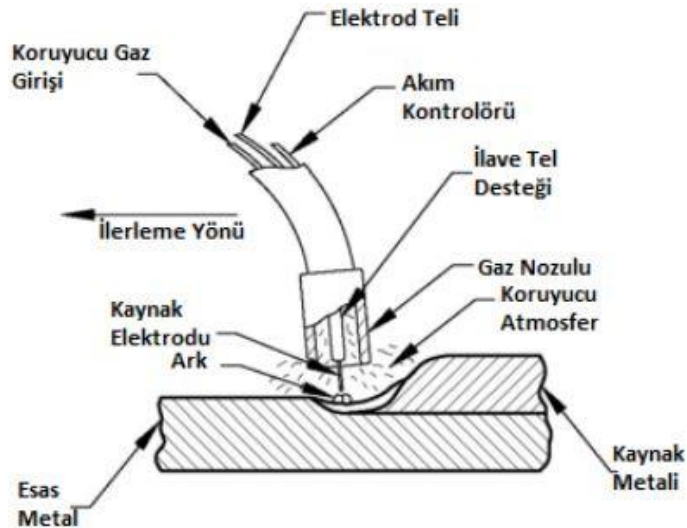
Tig kaynağında ark uzunluğu, akım türü ve ilerleme hızı parametreleri kullanılır. Argon veya helyum gazı kullanılmaktadır, helyum gazı kaynak için daha iyi koruma oluşturmaktadır. Tig kaynak ekipmanları Şekil 2.21' deki gibidir.

2.6.2 MIG Kaynak Yöntemi

Mig kaynağı şekil ve uygulama olarak Tig kaynağına benzemektedir. Tig kaynağından farkı arkın ergiyen bir elektrotla iş parçası arasında oluşmasıdır. Genellikle argon gazı kullanılır.

Tig kaynağından farklı olarak cüruf oluşumu az olduğundan temizlik gerektirmez. İlave malzeme otomatik olarak beslendiği için operatör becerisi fazla ihtiyaç duyulmaz. 1-30mm arasındaki kalınlıklarda ve tüm kaynak pozisyonlarında kullanılabilir (Pires ve ark. 2006).

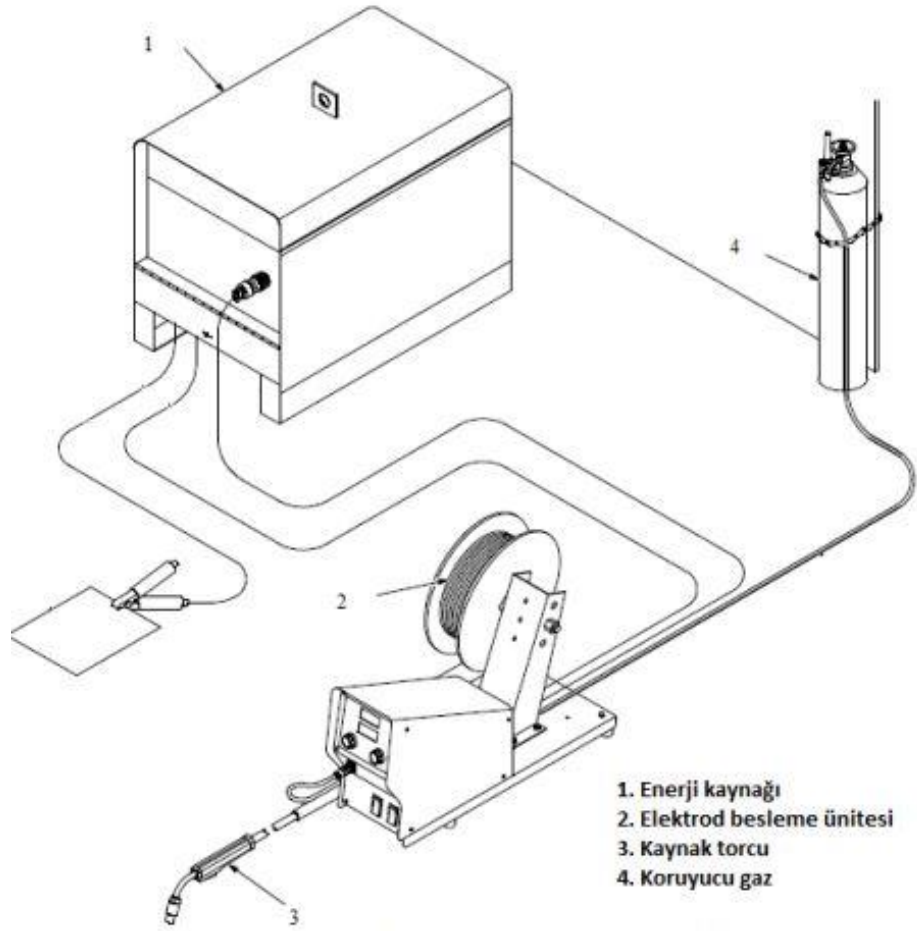
Kaynak uygulaması ve kullanılan ekipmanları Şekil 2.22' de gösterilmiştir. Kullanılan torç ve operatör tecrübe ve bilgisi önemlidir. Tüm kaynak sistem parçaları Şekil 2.23'te gösterilmiştir. Temel ekipmanlar gösterildiği gibidir.



Şekil 2.22. MIG Kaynağı şematik görünüm (Altuntaş 2015)

Uygulaması basittir sistem gerekli ark boyunu kendisi ayarlamaktadır. 3 farklı yöntemle uygulanabilmektedir (Şekil 2.23). Bunlar;

- Yarı otomatik kaynak,
- Makine kaynağı,
- Otomatik kaynaktır.

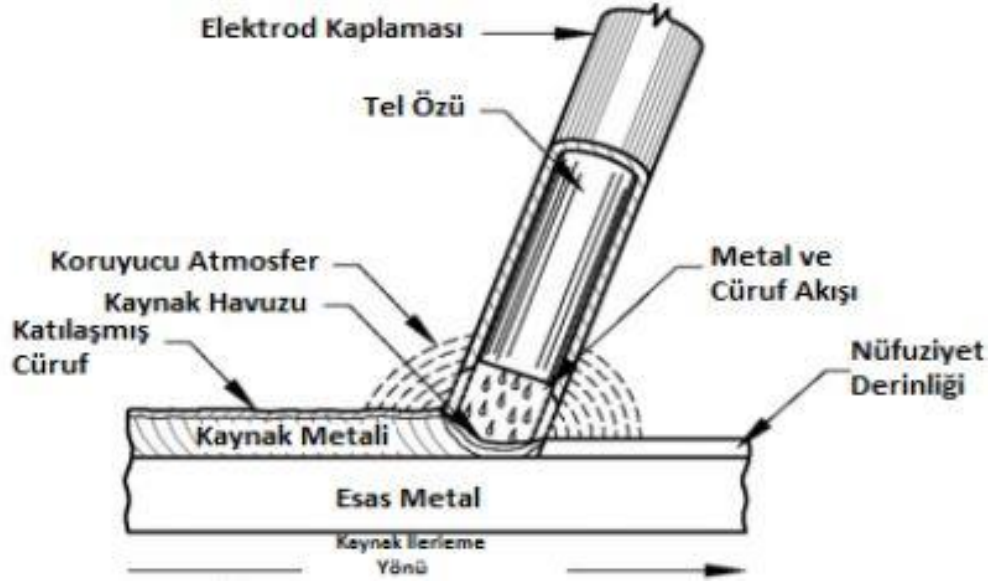


Şekil 2.23. MIG Kaynak ekipmanları (Altuntaş 2015)

2.6.3 Örtülü Elektrot Ark Kaynak Yöntemi

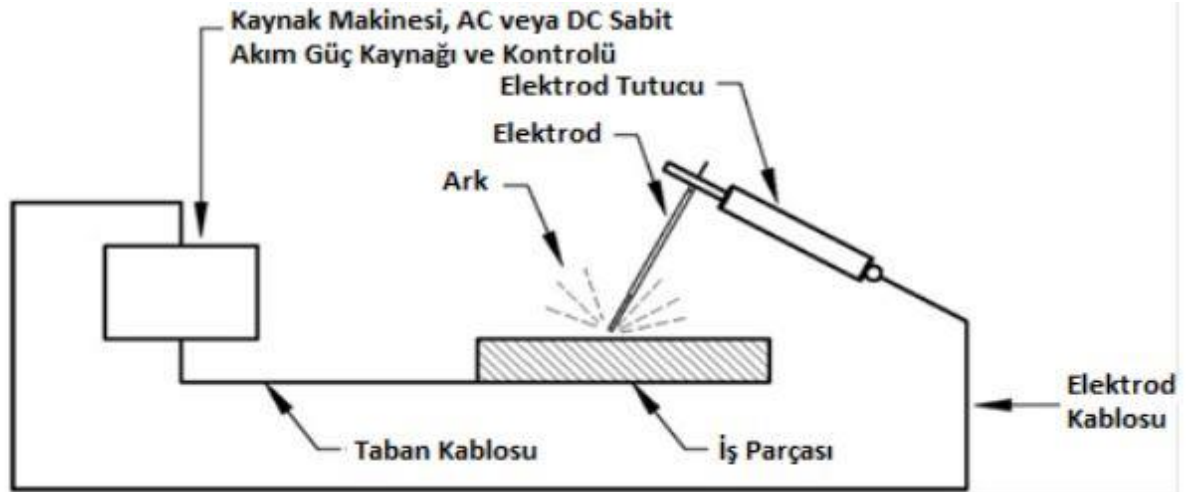
Örtülü elektrot kaynağında kullanılan paslanmaz çelik telin üzerinde kaplama bulunmaktadır (Şekil 2.24). Kaynağın davranışı ve özelliği elektrotun dışındaki kaplamaya göre belirlenir. Uygulamada kullanılan elektrot şekilleri aşağıdaki gibidir;

- Bazik örtülü elektrot;
- Rutil örtülü elektrot.



Şekil 2.24. Örtülü elektrot ark kaynağı şematik görünüm (Altuntaş 2015)

Kaynağın oluşumu iş parçası ile elektrot arasında oluşan ark ile gerçekleşir. Yapılan kaynak elektrot tipine, kaynak akımına, elektrot çapına ve yapılan kaynak prosesine göre şekillenir (Radhakrishnan 2005). Tüm kalınlık ve pozisyonlarda kullanılabilen bir kaynak yöntemidir.

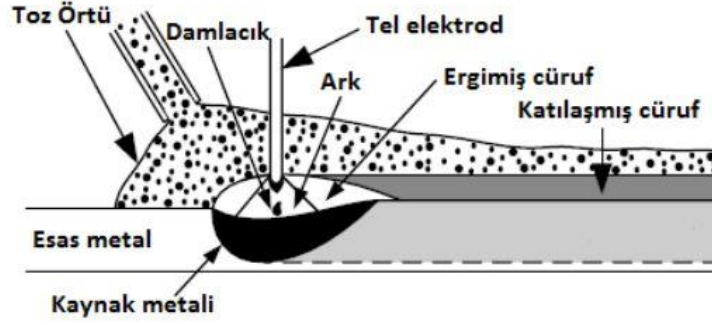


Şekil 2.25. Örtülü elektrot ark kaynağı ekipmanları (Altuntaş 2015)

Örtülü elektrot ark kaynağında kullanılan ekipmanlar ucuz ve kolay taşınabilmelidir (Şekil 2.25). Kaynak işleminde kullanılan akım DC ve AC olarak ayarlanabilmektedir.

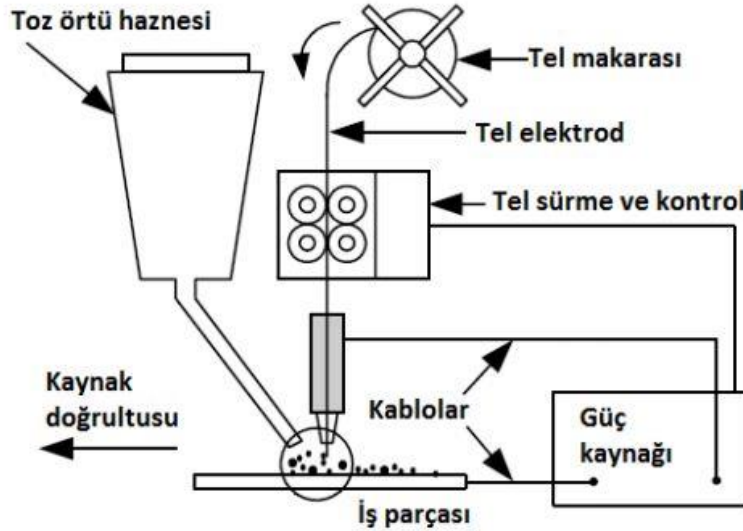
2.6.4 Tozaltı Ark Kaynak Yöntemi

Tozaltı kaynağında kaynak bölgesi üzerinde eriyen ve prosesi koruyan bir toz örtüsü bulunmaktadır (Şekil 2.26).



Şekil 2.26. Tozaltı kaynağı şematik görünüm (Altuntaş 2015)

Günümüzde en çok kullanılan mekanik kaynak uygulamasıdır. Tel kaynak makinesinden bir bobin ve motor ile beslenmektedir (Şekil 2.27). Ark metal ile tel arasında oluşup elektrotun erimesiyle gerçekleşir (Radhakrishnan 2005).



Şekil 2.27. Tozaltı kaynağı ekipmanları (Altuntaş 2015)

Bu kaynak yönteminde 10mm ve üzeri kalınlıklarda ve yatay pozisyonda kaynak yapılmaktadır. Kullanılan koruyucu toz örtü kaynak edilebilirliği belirlemektedir.

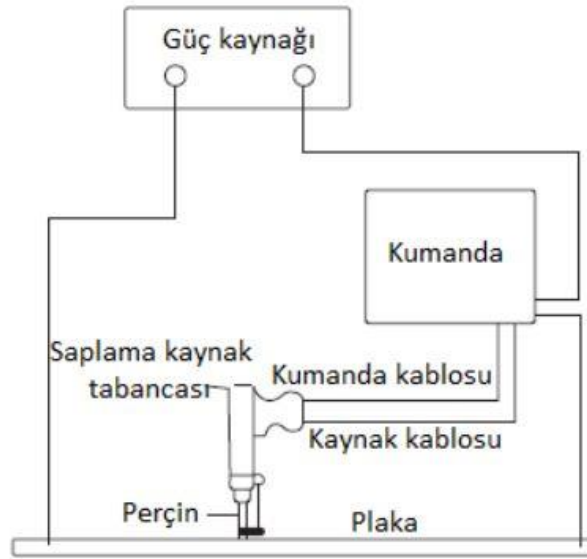
Kullanılan koruyucu toz kaynak içerisinde nüfus ettiği için kaynak kalitesinde belirleyici rol oynamaktadır (Anonim 2004).

Koruyucu toz torç ile birlikte hareket eden bir otomatik besleme sistemiyle aktarılmaktadır (Smith 1994). Bu yöntemdeki kaynak parametreleri telin çapı, ilave telin açısı, kaynak hızı, kutuplama, ark gerilimi ve ark akımından oluşmaktadır.

2.6.5 Saplama Kaynak Yöntemi

Saplama kaynak yönteminde basınç ile çubuk şeklinde parçalar birleştirilir (Anonim 2004).

Ark iş parçası ve saplama arasında oluşur. Saplama tabancasına yerleştirilen saplamanın seramik halkadan geçmesi ile başlar, tetik çekildikten sonra sapmana iş parçasına basınç ile birleşir. Kaynak işlemi tamamlandığında akım kesilir (Eyres ve Bruce 2012).



Şekil 2.28. Saplama kaynağı şematik görünüm (Altuntaş 2015)

Bu kaynak yönteminin avantajları olarak; birleştirme için delik açma gerekmez, güçlü ve çubuğun tamamını birleştiren bir bağlantıdır, her pozisyonda uygulanır, kaynak süresi kısadır, kayıplar azdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmada TIG kaynağı kullanılarak, 45 Amper 6 lt/dk, 60 Amper 7 lt/dk, 80 Amper 8 lt/dk, olacak şekilde 3 farklı parametre ile numuneler manuel olarak kaynatılacaktır. Kaynak işleminden sonrası numunelerden cnc lazer tezgahı ile numune setleri çıkarılacak ve çıkarılan numuneler Çekme Deneyi, Vickers Mikrosertlik Deneyi ve Mikroyapı Testine tabi tutulacaklardır.

Çizelge 3.1. AISI 304 çeliği mekanik özellikleri

Kalite 304 (1.4301)	Kopma Mukavemeti (Mpa)	Akma Mukavemeti (Mpa)	Sertlik Vickers (HV)
X5CrNi18-10	515 - 720	210 (min)	199

Çalışma için mekanik özellikleri Çizelge 3.1’de verilen AISI 304 paslanmaz çeliği kullanılmıştır. Kaynak için kullanılacak çelik 1 mm kalınlığındadır ve ana levhanın spektral analizi alınmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. AISI 304 çeliği spektral analizi

Malzeme	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	(ppm)N
AISI 304	0,0504	0,362	1,056	0,0305	0,0042	18,211	8,044	419



Şekil 3.1. Kaynatılacak parçaların hazırlanması

Kaynatılacak plakalar 1 mm kalınlığında 100mm x 300mm boyutlarında 3'er takım olacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 3.1). Kaynak işleminden önce parçalar kum silisyum karbür (SiC) ile yüzeyleri kumlanmış sonrasında aseton ve su ile yıkanmışlardır.



Şekil 3.2. Kaynak işlemi

Kaynak için hazırlanan parçalar bakır sabitleme elemanları kullanılarak manuel olarak kaynatılmıştır (Şekil 3.2). Kullanılan nozul çapı 6 mm'dir. Koruyucu gaz için argon gazı kullanılmaktadır. Uygulama yapılmadan önce tüm plakalar temizlik işleminden geçmiştir. 3 adet farklı parametrelerde deney setleri yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.3. Kaynak parametreleri

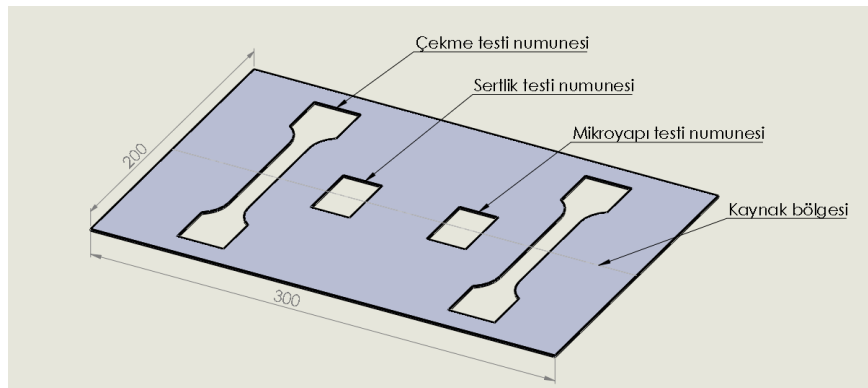
Numune	Akım (A)	Koruyucu Gaz Debisi (lt/dk)	Gerilim (V)
1	45	6	8±0,1
2	60	7	8,7±0,1
3	80	8	9,5±0,1

Kaynak işlemi Miller Syncrowave 350 LX marka kaynak makinesiyle yapılmıştır. Bu kaynak makinesi ilave telli veya telsiz ince ve orta kalınlıktaki tüm paslanmaz malzemelerin kaynağını yapabilmektedir. Kaynak gerilim ayarı, gaz ayarları ve gerilim ayarları makine üzerinden rahatlıkla yapılabilmektedir. Makinede AC akımda 10-300 Amper, DC akımda 4-300 Amper aralığında ayar yapılabilmektedir.



Şekil 3.3. Kullanılan kaynak makinesi

Kaynatılmış parçalardan yapılacak deney numuneleri Durma HD-F 3015 model cnc lazer tezgahı kullanılarak çıkarılmıştır.



Şekil 3.4. Kaynatılmış parçalardan deney numunelerinin alınması

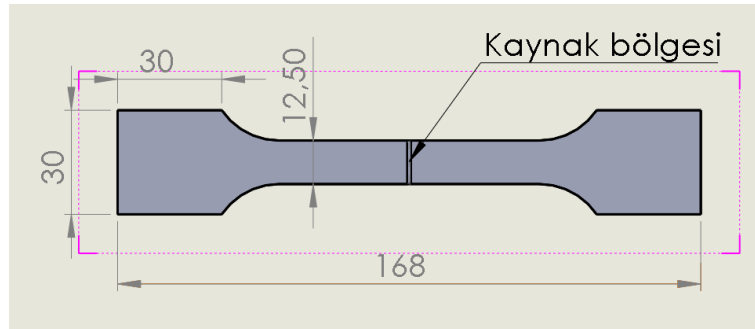
Cnc lazer tezgahından alınan deney numuneleri testlere tabi tutulmak için gruplanmıştır (Şekil 3.5). Hazırlanan çekme numuneleri TS EN ISO 4136 standardına uygun olarak kullanılacak test cihazlarında kullanılacak ölçülerde hazırlanmıştır.



Şekil 3.5. Deney numuneleri

3.1 Çekme Deneyi

Bu deney kaynaklı birleştirme yapılan parçaların kırılma yerini ve çekme dayanımını tespit etmek için yapılır. TS EN ISO 4136 standardı kullanılmıştır. Numunelerde çentik etkisi oluşturabilecek izler temizlenerek giderilmiştir. Testte alınan numunenin ortam sıcaklığında kopana kadar yapılmasını ihtiva eder. Deneysel çalışmada kullanılan numunenin ölçüleri Şekil 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.6. Çekme numunesi

Kameralı ekstansometre ile donatılmış 100 kN kapasiteye sahip Shimadzu marka çekme basma test cihazı ile yapılmıştır (Şekil 3.7). Çekme hızı olarak 4,8 mm/dk belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Çekme test cihazı

3.2 Vickers Mikrosertlik Deneyi

Sertlik deneyi numuneler üzerine batırılan uç ve bu ucun malzeme üzerinde bıraktığı iz ile ölçülür. Batıcı uçlar piramit, koni ve bilye biçiminde olup genellikle elmas, sertleştirilmiş çelik veya sinterlenmiş tungsten karbür gibi sertliği malzemeden yüksek olan malzemelerden yapılır. En çok Rockwell, Brinell ve Vickers sertlik ölçme yöntemleri kullanılmakta olup deneysel çalışmalar Vickers sertliğine göre yapılmıştır.



Şekil 3.8. Sertlik test cihazı

Bu çalışma standart olarak TS EN ISO 9015-1' de kaynaklı birleştirmelerde mikrosertlik deneyi baz alınarak yapılmıştır. Farklı parametreler altında alın kaynaklı numunelerin sertlik ölçümleri Emcotest Durascan 70 (Şekil 3.8) marka cihaz ile her bir bölgeden çoklu ölçümler alarak HV cinsinden yapılmıştır.

3.3 Mikroyapı Testi

Bu test için her ayrı parametre ile hazırlanan numuneden kaynak dikişine dik olacak şekilde parçalar kesilmiştir. Hazırlanan numunelerden sağlıklı ölçümler alabilmek için öncelikle, kaba ve ince zımparalardan oluşan parlatma işlemine tabi tutulmuştur. Mikroyapı özelliklerini ortaya çıkarmak için numuneler Nital dağlayıcı işlemine tabi tutulmuşlardır. Hazırlanan numuneler Zeiss Axio Observer cihazı kullanılarak 100x ve 200x yaklaştırma kullanılarak gerekli bölgelerden mikroyapı fotoğrafları alınmıştır (Şekil 3.8).

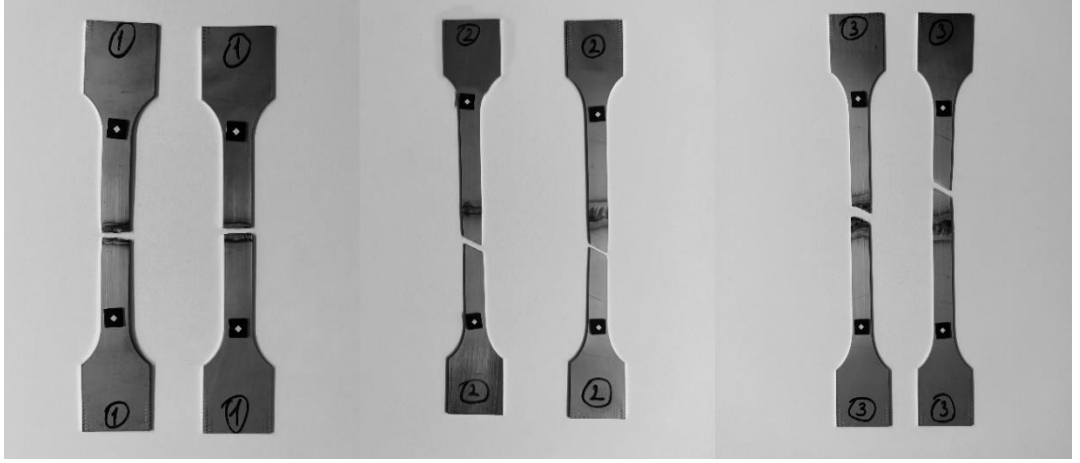


Şekil 3.9. Malzeme inceleme mikroskobu

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

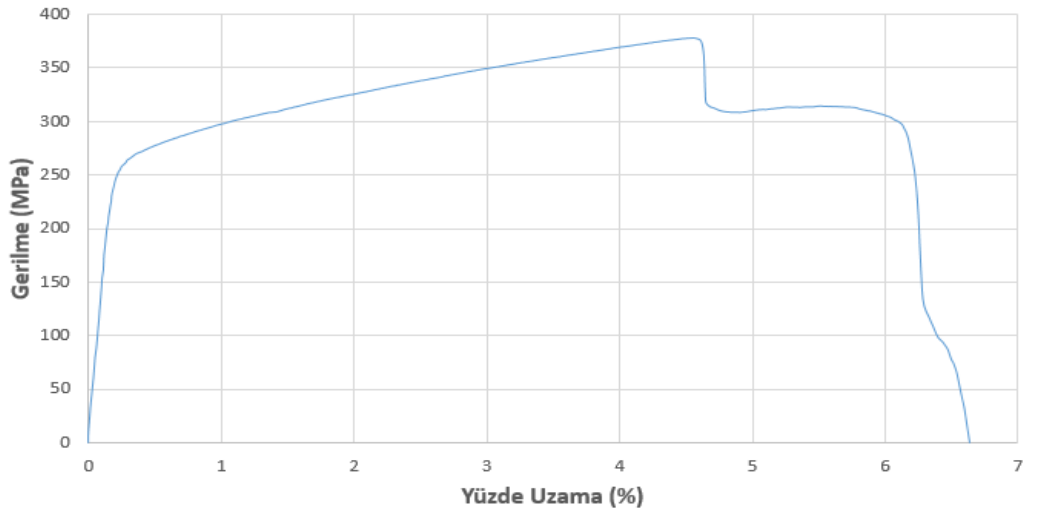
4.1 Çekme Deney Sonuçları

Hazırlanan deney numune setleri çekme deneyine tabi tutulmuş olup farklı numunelerin farklı şekil ve konumlardan koptuğu görülmüştür (Şekil 4.1).



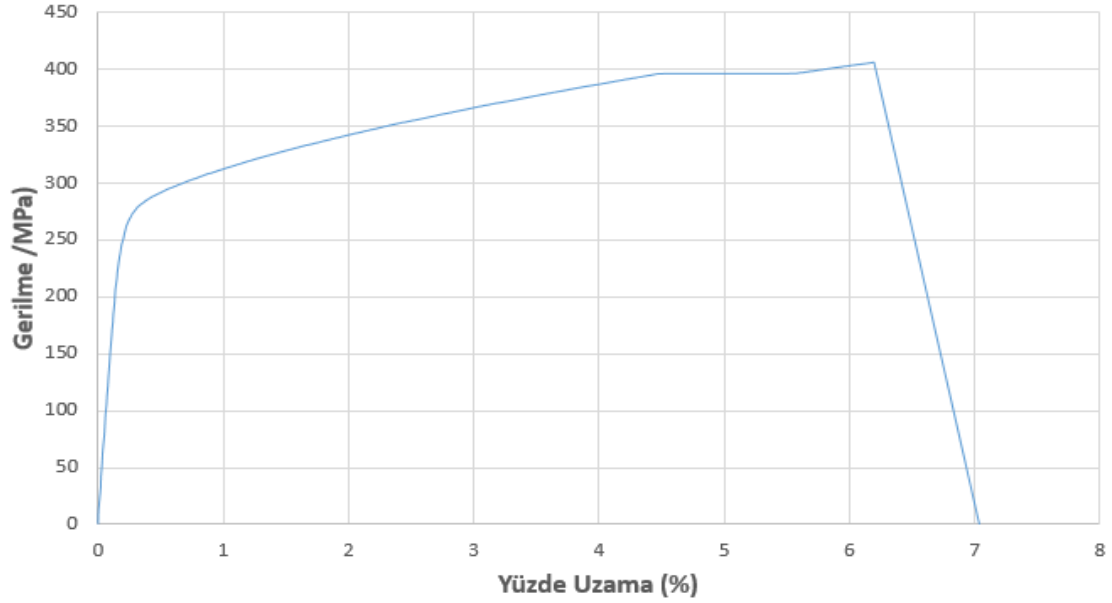
Şekil 4.1. Çekme testi sonrası numuneler

Kaynaklı numunelerde kopma noktalarının farklı yerlerden olduğu görülmüştür. Kaynaklı bağlantılarda kaynak mukavemetinin her zaman esas metalden daha sağlam olması istenmektedir.



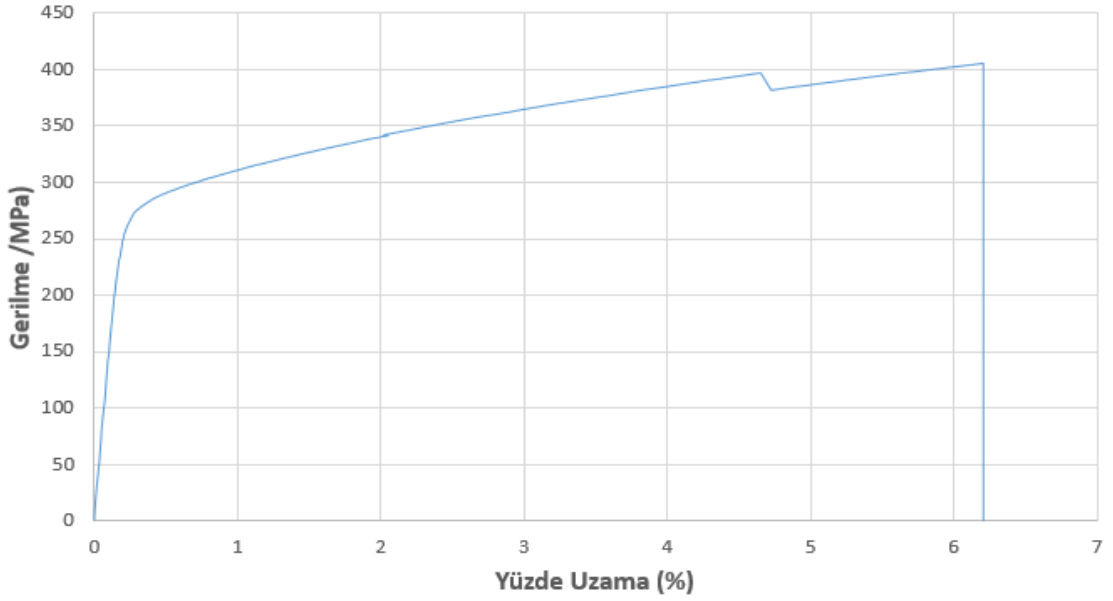
Şekil 4.2. Numune 1 çekme test sonucu

45 Amper ve 6 lt/dk koruyucu gaz debisiyle hazırlanan 1 numaralı numunenin çekme testi sonuçlarından Şekil 4.2 grafiği elde edilmiştir. Alınan numunelerin maksimum çekme gerilme ortalaması 399 MPa olarak elde edilmiştir. Numunelerin ilk boyları 168 mm iken test sonrası 176,8 mm olduğu görülmüştür. 1 numaralı numunenin % boy uzaması 5,25'tir. Numune kopma noktaları kaynak dikişinden olmuş ve bu istenmeyen birşeydir.



Şekil 4.3. Numune 2 çekme test sonucu

60 Amper ve 7 lt/dk koruyucu gaz debisiyle hazırlanan 2 numaralı numunenin çekme testi sonuçlarından Şekil 4.3 grafiği elde edilmiştir. Alınan numunelerin maksimum çekme gerilme ortalaması 412,5 MPa olarak elde edilmiştir. Numunelerin ilk boyları 168 mm iken test sonrası 178,2 mm olduğu görülmüştür. 2 numaralı numunenin % boy uzaması 6,05'tir. Numune kopma noktaları ana metalden olmuştur. Alın kaynaklı numunelerde istenen doğru kopma noktasıdır.



Şekil 4.4. Numune 3 çekme test sonucu

80 Amper ve 8 lt/dk koruyucu gaz debisiyle hazırlanan 3 numaralı numunenin çekme testi sonuçlarından Şekil 4.4 grafiği elde edilmiştir. Alınan numunelerin maksimum çekme gerilme ortalaması 393 MPa olarak elde edilmiştir. Numunelerin ilk boyları 168 mm iken test sonrası 177 mm olduğu görülmüştür. 3 numaralı numunenin % boy uzaması 5,35'tir.

Aynı numuneler için elde edilen çekme dayanımları ortalama değeri Çizelge 4.1'de gösterildiği şekildedir. 2 numaralı numunenin en yüksek çekme dayanımına (412,5 MPa) ve en yüksek uzama miktarına (%6,05) sahip olduğu görülmüştür.

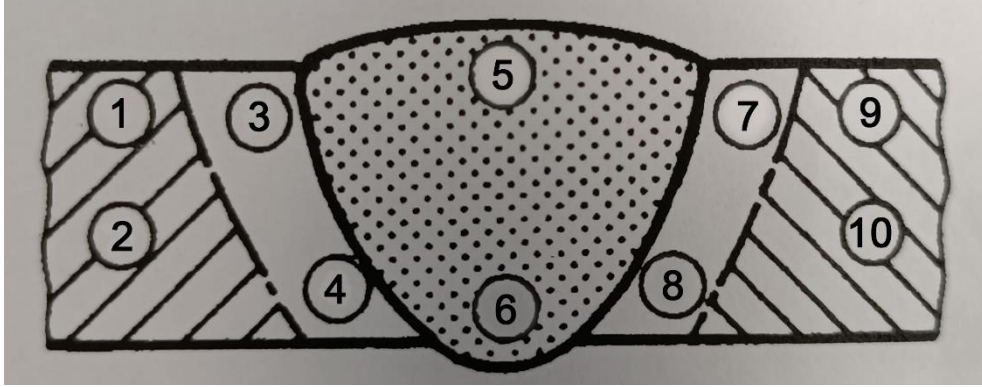
Çizelge 4.1. TIG kaynak numunelerinin çekme deney sonuçları

Numune	Parametre	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
1	45 A, 6 lt/dk	399	5,25
2	60 A, 7 lt/dk	412,5	6,05
3	80 A, 8 lt/dk	393	5,35

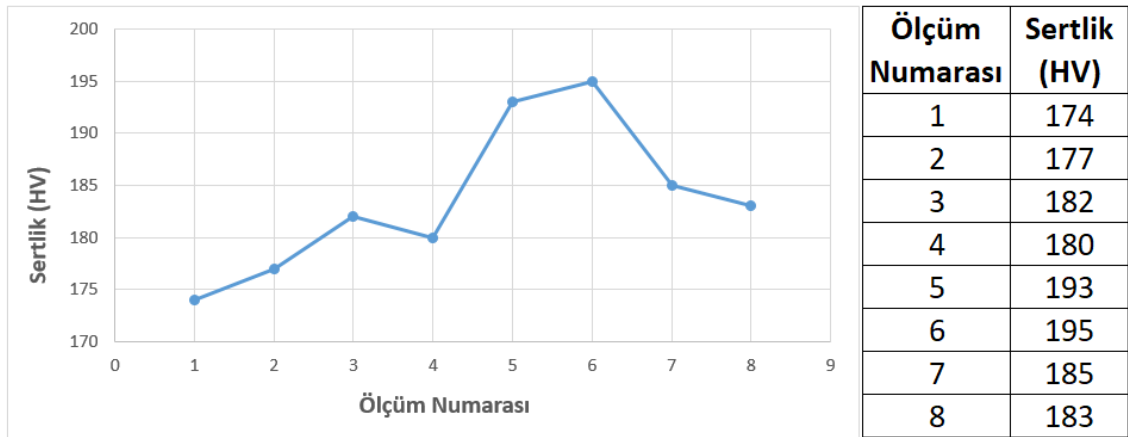
4.2 Vickers Mikrosertlik Deney Sonuçları

Hazırlanan numuneler Şekil 4.5'te belirtilen noktalardan sertlik ölçümleri yapılmıştır. 1 ve 9 numaralı ölçüm noktaları ile 2 ve 10 numaralı ölçüm noktaları ana metalin aynı

konumlarını göstermektedir. 5 ve 6 numaralı noktalar kaynak metalini temsil etmektedir. 3, 4, 7 ve 8 numaralı bölgeler ITAB'dan ölçülmüştür. 1,2,9 ve 10 numaralı ölçümler ana metal malzemenin ölçümlerini göstermektedir.

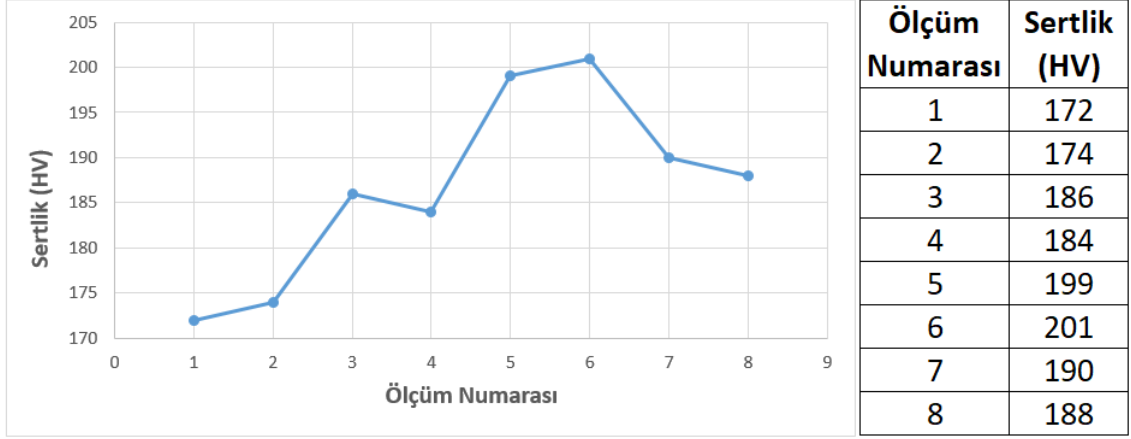


Şekil 4.5. Numune sertlik ölçüm noktaları



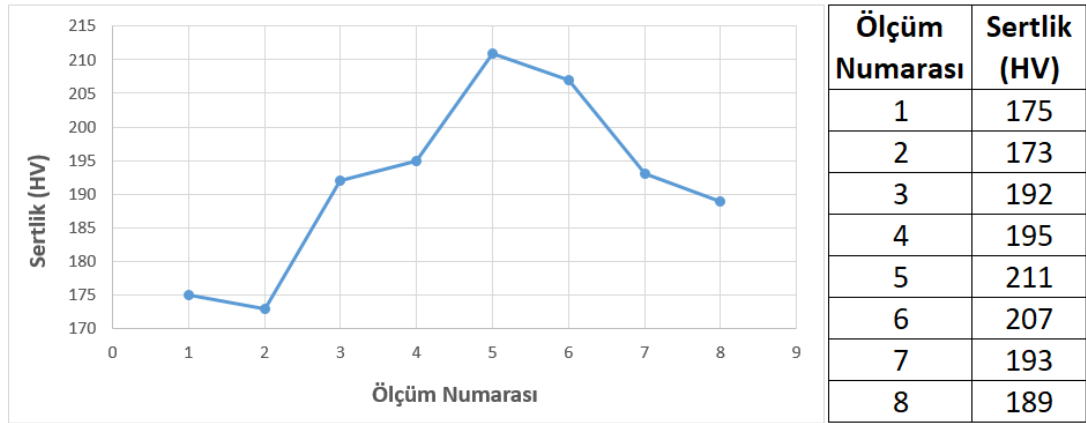
Şekil 4.6. Numune 1 sertlik test sonucu

1 numaralı numune sertlik testi ölçümü sonucunda en yüksek sertliğe ortalama 194 değeriyle kaynak bölgesinin olduğu görülmüştür. Kaynak esnasında oluşan sıcaklık geçişiyle ısı tesiri altında kalan bölgenin ölçüm değerleri ortalaması 182 olduğu görülmüştür. Sertlik sıralaması büyükten küçüğe kaynak bölgesi, ITAB ve ana metal olduğu görülmüştür.



Şekil 4.7. Numune 2 sertlik test sonucu

2 numaralı numunede sertlik testi ölçümü sonucunda kaynak bölgesi sertlik değer ortalamasının 200 olduğu görülmüştür. ITAB kaynak bölgesinin ortalama sertlik değeri 187'dir. Numune sertlik sıralaması büyükten küçüğe 1 numaralı numuneye benzer olarak kaynak bölgesi, ITAB ve ana metal olmuştur. 2 numaralı numune ile 1 numaralı numune kaynak bölgesi ve ITAB ortalama sertlikleri karşılaştırıldığında yüksek akım ve koruyucu gaz debisiyle oluşturulan 2 numaralı numunenin daha sert olduğu görülmüştür.



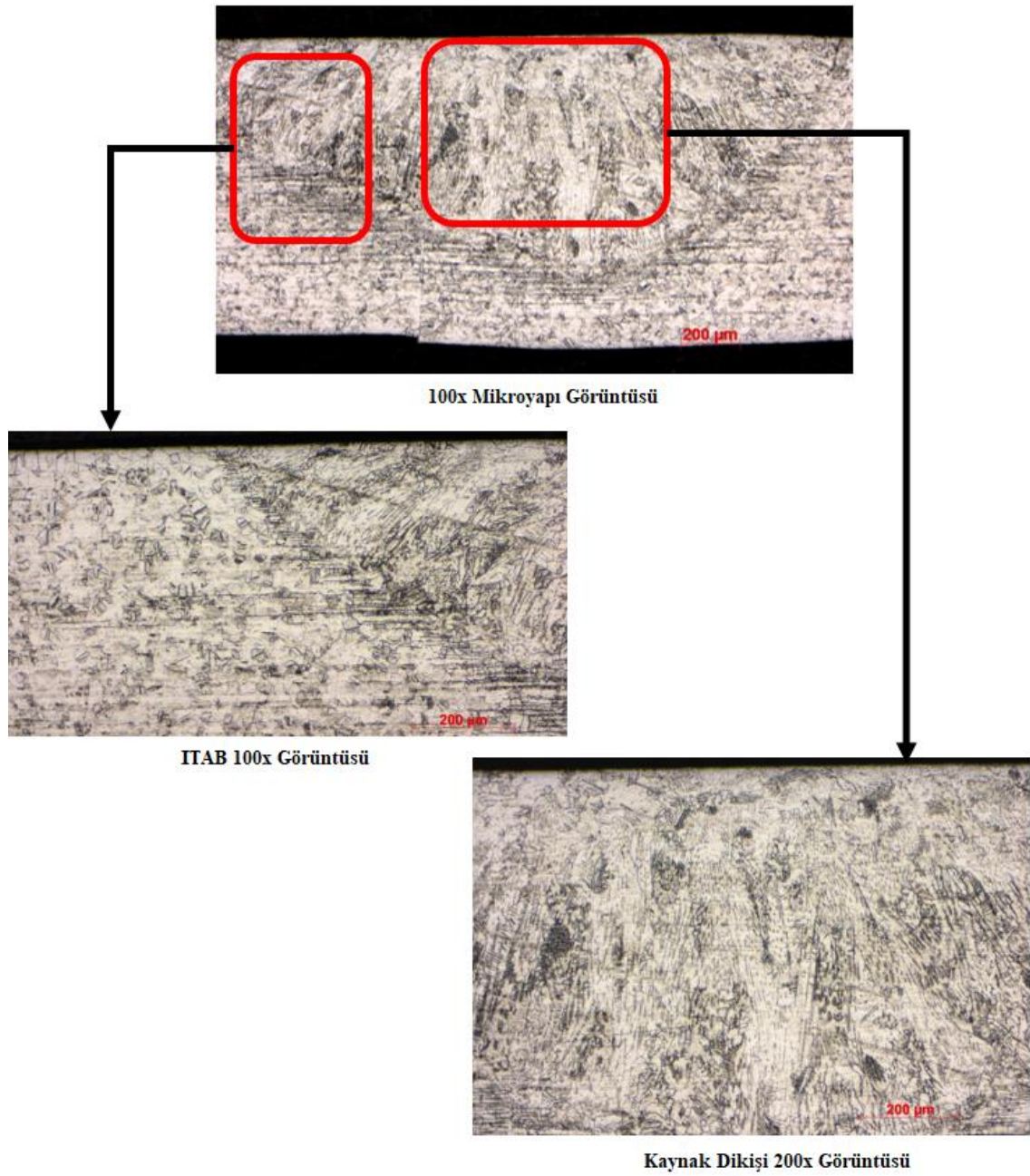
Şekil 4.8. Numune 3 sertlik test sonucu

3 numaralı numune sertlik testi ölçümü sonucunda kaynak bölgesi sertlik değer ortalamasının 209 olduğu görülmüştür. ITAB bölgesinin ortalama sertlik ortalaması 192'dir. 1 ve 2 numaralı numunelere paralel olarak en sert bölge kaynak bölgesi sonrasında ITAB ve ana metal olmuştur. Test yapılan 3 numune sertlik sonuçları ele

alındığında kaynak bölgesi ve ITAB sertliği olarak en sert numunenin 3 numaralı numune olduğu görülmüştür.

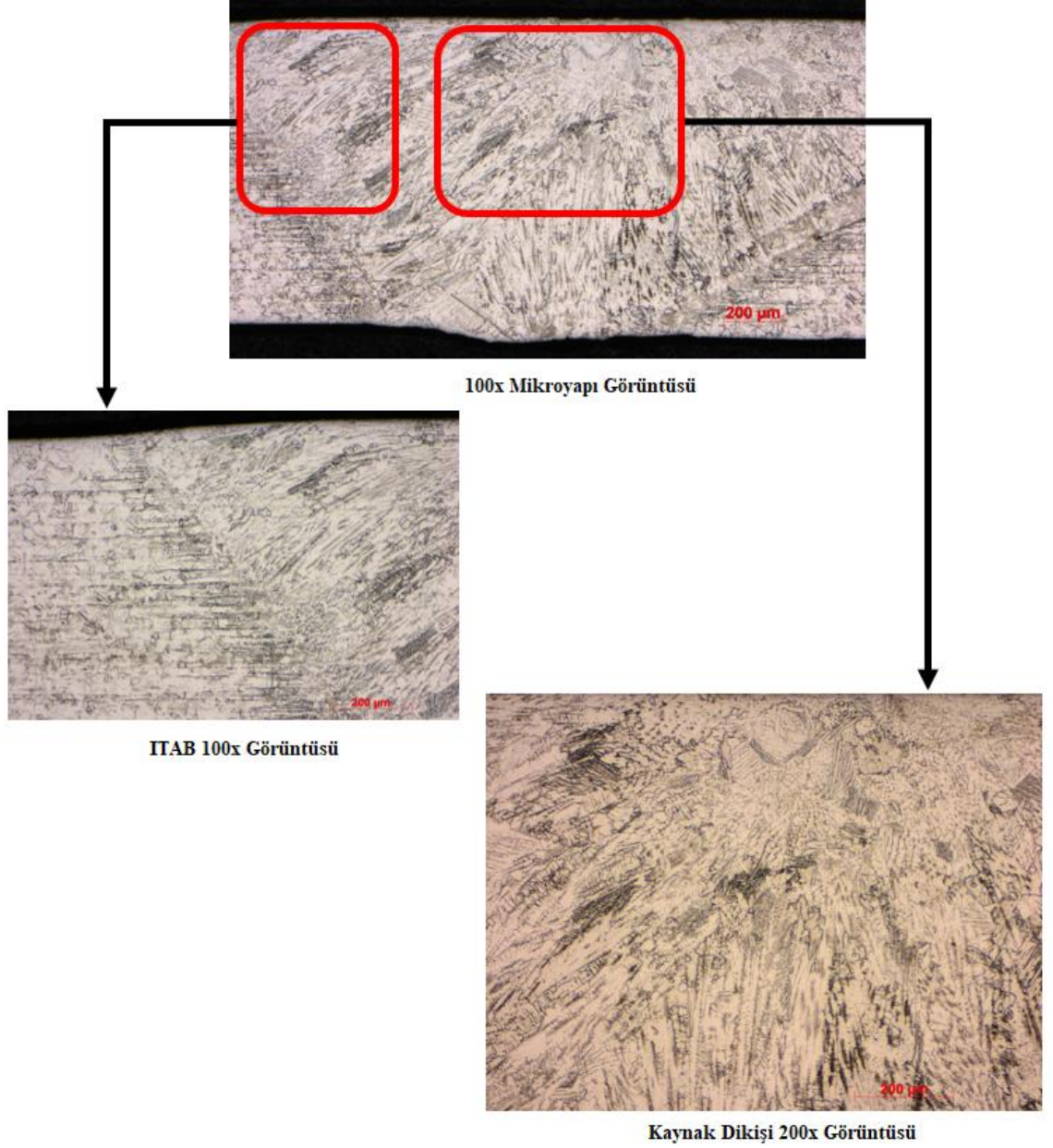
4.3 Mikroyapı Testi Sonuçları

Oluşturulan üç numunenin de 100x ve 200x büyütülerek mikro yapıları incelenmiştir.



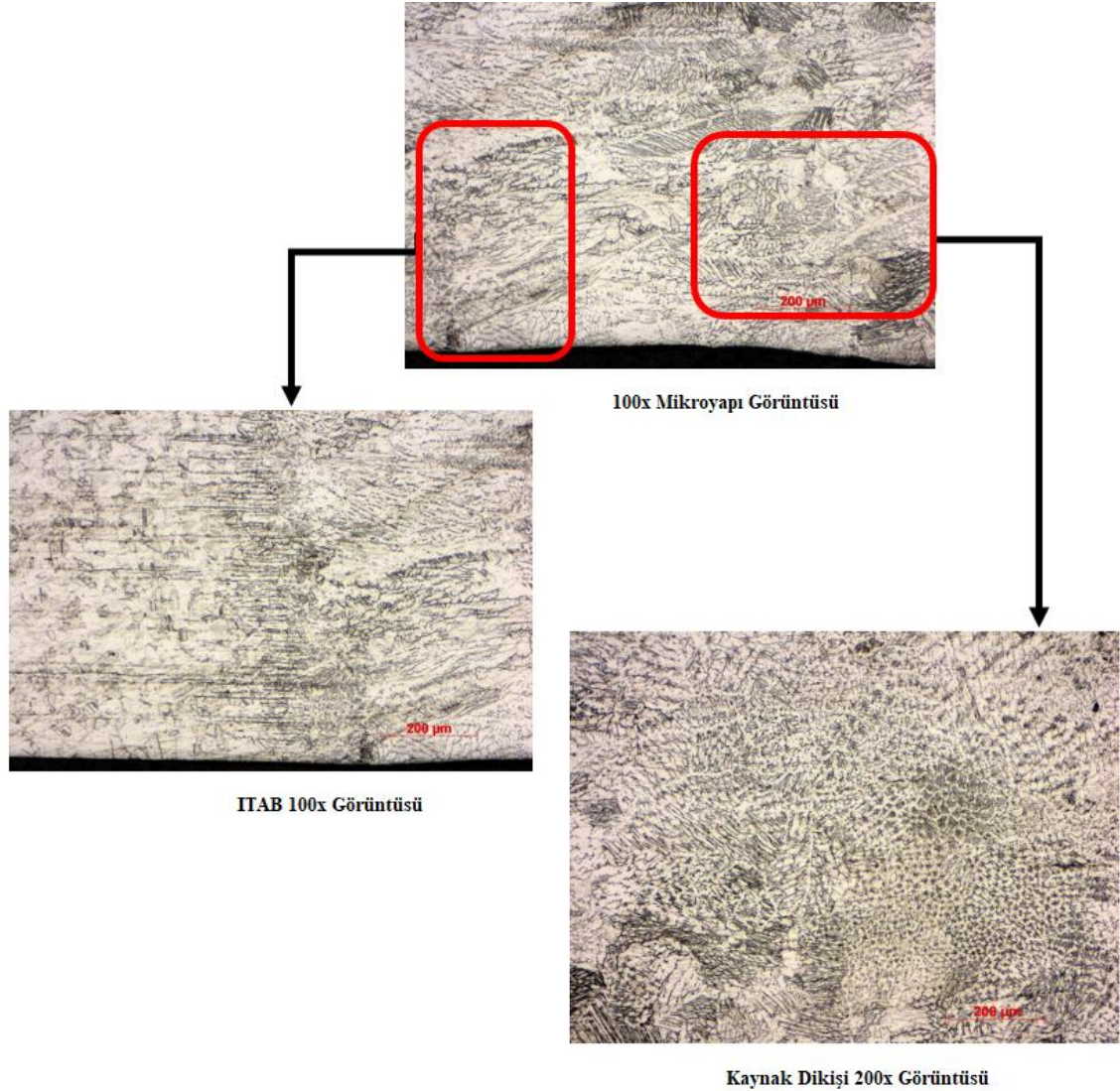
Şekil 4.9. Numune 1 mikroyapı test sonucu

45 Amper ve 6 lt/dk koruyu gaz debisi ile hazırlanan 1 numaralı numunenin mikroyapı incelemeleri Şekil 4.9’da verildiği gibidir. İlk görsel kaynak dikişinin ana görüntüsünü ikinci görsel ITAB bölgesini üçüncü görselde kaynak bölgesinin 200x yakınlaşmış halini göstermektedir.



Şekil 4.10. Numune 2 mikroyapı test sonucu

60 Amper ve 7 lt/dk koruyucu gaz debisi ile hazırlanan 2 numaralı numunenin mikroyapı incelemeleri Şekil 4.10'da verildiği gibidir. 2 numaralı numune ile 1 numaralı numunenin kıyasını yaptığımızda yüksek akım kullanılması nedeniyle oluşan ısıdan kaynak dikişinin ve ITAB'ın daha büyük olduğu görülmüştür.



Şekil 4.11. Numune 3 mikroyapı test sonucu

80 Amper ve 8 lt/dk koruyucu gaz debisi ile hazırlanan 3 numaralı numunenin mikroyapı incelemeleri Şekil 4.11'de verildiği gibidir. 3 numaralı numunenin kaynak ve ITAB alanı diğer iki numuneye göre daha büyük olduğu görülmüştür. Artan akım ve gaz debisinin kaynak derinliğine olumlu etki ettiği görülmüştür.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan değerlendirmeler sonrasında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

TIG kaynağı ile oluşturulan numunelerden çekme sonuçlarına göre 60 Amper ve 7 lt/dk argon gazı parametreleri ile oluşturulan numunelerin kaynak dikişi dışından koptuğu görülmüştür. 45 Amper ve 6lt/dk ve 80 Amper ve 8lt/dk argon gazı girişi ile oluşturulan numunelerde kaynak bölgesi ve ana metal arasında etkili birleşme sağlanamaması nedeniyle kaynak metalinden kopmalar meydana gelmiştir.

80 Amper ve 8 lt/dk argon gazı debisiyle oluşturulan 3 numaralı numune kaynak dikişinin en derin olduğu görülmüştür. Kaynak derinliğinin artması yükselen akım ile kaynak bölgesindeki ısının artmasıdır.

Sertlik testinde tüm numunelerde en yüksek değerin kaynak dikişi sonrasında ITAB bölgesi ve ana metal olduğu görülmüştür. En yüksek sertlik değerleri en yüksek parametrelerin (80 Amper, 8 lt/dk argon gazı) kullanıldığı 3 numaralı numunelerden elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Altuntaş, M. 2015.** AISI 304L Paslanmaz Çeliğin MIG ve TIG Kaynak Yöntemleriyle Birleştirilmesinde Kaynak Parametrelerinin Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Anık, S., ve Vural, M. 2013.** Gazaltı Ark Kaynağı (TIG-MIG-MAG), Yayın No: 3, Gedik Eğitim Vakfı Yayını. (Erişim tarihi:12.06.2019)
- Anonim, 2019.** Martenzitik Paslanmaz Çelikler (<https://www.acinox.com.tr/martenzitik-paslanmaz-celikler>) (Erişim Tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2019.** Magma Committed to Casting Excellence, Sürekli Döküm (<https://www.magma-soft.com.tr/tr/coezuemler/surekli-doekuem/>) (Erişim tarihi:01.08.2019)
- Anonim, 2018.** Gıda sektöründe paslanmaz çelik uygulaması (<http://ozsayin.com.tr/gida-sanayi/>) (Erişim tarihi:01.08.2019)
- Anonim, 2018.** TSN Egzoz Katalizör Temizliği (<https://tsnegzoz.com/katalizor-temizligi/>) (Erişim tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2016.** Bosch Rexroth Teknolojisiyle sürekli Döküm Makineleri için Daha Fazla Esneklik. (<https://gucaktarim.com/bosch-rexroth-teknolojisiyle-surekli-dokum-makineleri-icin-daha-fazla-esneklik-2/>) (Erişim tarihi:01.08.2019)
- Anonim, 2016.** Ağır Global Gözyaşı Desenli Sac (<https://www.agirhaddecilik.com/tr/urunler/gozyasi-desenli-sac>) (Erişim tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2016.** Neo Bankside (Özel Gergiler) Mimari Gergi Sistemleri. (<http://www.tekbem.com/faaliyet-alanlarimiz/mimari-gergi-sistemleri/>) (Erişim tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2014.** Paslanmaz Depo Tankların Kullanım Alanları. (<http://geotekno.com/205-Paslanmaz>) (Erişim Tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2010.** Ancon Bilding Products, The Use of Stainless Steel in the Construction Industry, Sheffield.
- Anonim, 2013.** Specialty Steel Industry of the United States, Specialty Steel Institute of North America, Nickel Development Institute (Canada), American Iron, & Steel Institute. (1993). Design Guidelines for the Selection and Use of Stainless Steel (No. 9014). Specialty Steel Industry of the United States.
- Anonim, 2013.** Tank, Silo ve Reaktör Tartım Sistemleri, (<http://www.tunaylar.com/Tank--Silo-ve-Reaktor-Tartim-Sistemleri,30.html>) (Erişim tarihi:09.09.2019)
- Anonim, 2004.** The Avesta Welding Manual: Practice and Products for Stainless Steel Welding, Edita Vastra, Sweden.
- Anonim, 2011.** Metal teknolojisi, Kaynakçılık Eğitim Dökümanı, Tig Kaynağı, Milli Eğitim Bakanlığı. Ankara
- Aran, A. 2003.** Sarıtaş Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., (2004). Paslanmaz Çelik Yassı Mamuller, Yayın No:1, İstanbul
- Avallone, E. A., Baumeister, T., and Sadegh, A. 2006.** Marks' Standard Handbook For Mechanical Engineers (Standard Handbook for Mechanical Engineers). Mcgraw-Hill Professional.

- Aydın 2002.** Paslanmaz Çeliklerin MIG Kaynağında Kullanılan Gazlar ve Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, İtü Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Edelstahl 2011.** Stainless Steel, Yayın No:1, Lucefin S.p.A, Brescia.
- Eyres, D. J., and Bruce, G. J. 2012.** Ship construction, Seventh Edition, Butterworth-Heinemann, UK.
- Gardi, R. H., Baban S. A., and Ahmed A. 2017.** Effect of rotational speed on intergranular corrosion resistance of friction welded SDSS SAF 2507 joints, Iraq.
- Gözütok, E. 2009.** Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağında Argon-Hidrojen Gaz Karışımının Birleştirmelerin Mekanik ve Mikroyapı Özelliklerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Karabük Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitim Anabilim Dalı, Karabük.
- İspirlioğlu, S. 2017.** Alaşım Elementlerinin Çeliğe Etkisi. Malzeme Bilimi.Net, Teknik Kütüphane. (<https://malzemebilimi.net/alasim-elementlerinin-celige-etkisi.html>) (Erişim Tarihi:05.07.2019)
- Khurmi, R. S., and Gupta, J. K. 2004.** Machine Design, S. Chand Publication, New Delhi.
- Komaç, 2009.** Teknik Eğitim El Kitabı, TIG Kaynağı, Kaynak Tekniği Sanayi ve Ticaret A.Ş.
- Kurt, H. İ. 2006.** TIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Metal Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.
- Murat, M. G. 2018.** Savunma Sanayinde Kullanılan 420 ve 304L Paslanmaz Çeliklerin TIG Kaynağı Sonrası Korozyon ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Kırıkkale Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, Kırıkkale.
- Nevcanoğlu, A. 2019.** TIG Kaynağı Yöntemi İle Birleştirilmiş Inconel 718 Süper Alaşım Malzemenin Kaynak Sonrası Özelliklerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üni., Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Pires, J. N., Loureiro, A., and Bölmsjö, G. 2006.** Welding Robots: Technology, System Issues and Application, Springer Science & Business Media, London.
- Radhakrishnan, V. M. 2005.** Welding Technology and Design, Second Edition, New Age International, New Delhi.
- Seyhun, S. 2004.** TIG (Tungsten Inert Gas) Kaynağı ve Jet Revizyon Müdürlüğündeki Uygulamaları. Jet revizyon Müdürlüğü 1. HİBM K.lığı, Eskişehir.
- Singh 2011.** Applied Welding Emgineering: Processes, Codes and Standarts, UK: Butterworth-Heinemann.
- Smith, E. H. (Ed.). 1994.** Mechanical Engineer's Reference Book, Twelfth Edition, Butterworth-Heinemann.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burçin BARAN
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA / 04.01.1986
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu
Lise : Bursa Hürriyet Lisesi 2003
Lisans : Dumlupınar Üniversitesi Makine Mühendisliği 2010
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi 2019

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Öztuğ Otomotiv 2012- 2013
Aproses Tasarım ve Geliştirme 2014-2016
Demircioğlu Şase 2016-2016
Msi Otomasyon Mühendislik 2016-2017
Evinoks Servis Ekipmanları 2017- Halen

İletişim (e-posta) : baranburcin@hotmail.com