

**FARKLI KAYNAK PARAMETRELERİNİN
ÇELİK KAYNAK ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİNDE TAGUCHI
YÖNTEMİNİN KULLANILMASI**
GÜNSENİ GÜNHAN ERDEN
DANIŞMAN
DOÇ. DR. ŞÜKRÜ TALAŞ
METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
EYLÜL 2012

Bu tez çalışması 11. FENBİL.34 numaralı proje ile BAP tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KAYNAK PARAMETRELERİNİN ÇELİK KAYNAK
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİNDE TAGUCHI
YÖNTEMİNİN KULLANILMASI

GÜNSENİ GÜNHAN ERDEN

Danışman

Doç. Dr. Şükrü TALAŞ

METAL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

EYLÜL 2012

TEZ ONAY SAYFASI

Doç. Dr. Şükrü TALAŞ danışmanlığında Günseni Günhan ERDEN tarafından hazırlanan "Farklı Kaynak Parametrelerinin Çelik Kaynak Özelliklerine Etkisinin İncelenmesinde Taguchi Yönteminin Kullanılması" başlıklı bu çalışma, lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca /..... / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **Metal Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi**, olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Şükrü TALAŞ

Başkan : Doç. Dr. Şükrü TALAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA

Üye : Yrd. Doç . Dr. Barış GÖKÇE

Üye :

Üye :

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- 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.

...../...../2012

Günseni Günhan ERDEN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI KAYNAK PARAMETRELERİNİN ÇELİK KAYNAK ÖZELLİKLERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİNDE TAGUCHI YÖNTEMİNİN KULLANILMASI.

Günseni Günhan ERDEN

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Metal Eğitimi Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şükrü TALAŞ

Özellikle çelik malzemelerin kaynağında birden fazla parametre ile çalışılmaktadır. Bu parametrelerin her biri kaynak oluşumu için önemli olmasına rağmen, her bir parametrenin gerçek etkisinin sonuç mikroyapıya ve dayanım etkisi, kaynağın temel bir işlem olmasından dolayı yeterince önem verilmemektedir. Bunun yerine daha kaba parametre olan kaynak akımı gibi parametrelerle çalışılmıştır. Gerçekten de parametrelerin arasında malzemelerin dayanımlarında en önemli etken olan mikroyapının, kaynakların dizaynında önemli bir yeri tutması gerekirken, gerek karbon eşdeğeri denklemlerinde ve gerekse modellemede mikroyapı konusunda yeterince çalışma bulunmamaktadır. Bu proje ile, değişik dayanımlara sahip- ve dolayısıyla değişik bileşimlere sahip çeliklerin, mikroyapıya direkt bağımlılığı gösteren parametreler çelik kaynak metallerinin modellemesi için kullanılacaktır. Bu çalışmada kullanılan çeliklerin boyutları ve kalınlıkları sabit tutularak ısının mikroyapıya etkisi sınırlandırılmıştır ve parametreler oldukça geniş aralıklarda seçilerek modellemenin etkisi artırılmak istenmiştir. Ayrıca, oldukça güçlü bir analiz yöntemi olan Taguchi de kullanılarak verilen tam analizi yapılmak istenmiştir.

Anahtar kelimeler: Taguchi metodu, çelik kaynak metali, ileri kaynak modelleme

2012, xi+82

ABSTRACT

M.Sc Thesis

THE USE OF TAGUCHI METHOD TO INVESTIGATE THE EFFECTS OF VARIOUS WELDING PARAMETERS ON STEEL WELD PROPERTIES

Günseni Günhan ERDEN

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Metals Education

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şükrü TALAŞ

It is purposely accustomed that more than one parameter is being employed in welding of steel materials. Although, each of these parameters are believed to be important for the formation of weld metal, the actual effect of each parameter on final strength and microstructure is not properly addressed despite of welding being a one of the major processing tools. Instead, a few coarse parameters, such as welding current, were used to study. In fact, the microstructure, having a major effect amongst the parameters on the strength of materials, while expected to play a leading role in the design of welds, is not well represented in carbon equivalent equations and modeling studies.

In this project, the parameters that link the welding of steels with varying strength levels and therefore having different compositions to microstructure will be produced to use in the modeling of steel weld metals. The effect from heat evolution during the welding has been limited by keeping the dimensions and the thicknesses of the parts being welded and the parameters were selected within large values such that the effect of modeling were desired to be strong enough. It is also wished that a strong analysis method, Taguchi, was also intended for full analysis of the data to be obtained.

Keywords: Taguchi method, steel weld metal, advanced modelling of welds

2012, xi+82

TEŐEKKÖRLER

Bu araştırmanın konusu, deneysel alışmaların ynlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Do. Dr. Őkr TALAŞ'a, araştırma ve deneysel alışmalar srecince yardımları esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÇAKMAKKAYA'ya her konuda öneri ver eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teŐekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teŐekkür ederim.

Günseni Günhan ERDEN
AFYONKARAHİSAR, 2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜRLER.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGE DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
2.1 Çelik.....	3
2.2 Çeliklerin Genel Olarak Sınıflandırılması	3
2.2.1 Çeliklerin Üretim Yöntemleri	3
2.2.1.1 Bessemer ve Thomas Çelik Yöntemleri	4
2.2.1.2 Siemens – Martin Çelik Üretim Yöntemleri	5
2.2.1.3 Elektrik Ark ve Elektrik Endüksiyon Çelik Üretim Yöntemleri	6
2.2.1.4 Pota İçerisinde Çelik Üretim Yöntemleri	7
2.2.1.5 Oksijenli Konvertör Çelik Üretim Yöntemleri.....	7
2.3 Kullanılma Alanlarına Göre Çelikler.....	8
2.4 Alaşım Durumlarına Göre Çelikler.....	9
2.4.1 Sade Karbonlu Çelikler	9
2.4.2 Düşük ve Orta Alaşımli Çelikler.....	10
2.4.3 Yüksek Alaşımli Çelikler	10
2.5 Alaşım Elementlerinin Çelik Özelliklerine Etkisi	10
2.5.1 Karbon (C).....	10
2.5.2 Mangan (Mn).....	11
2.5.3 Silisyum (Si).....	11
2.5.4 Fosfor (P) ve Kükürt (S).....	11
2.5.5 Krom (Cr) ve Nikel (Ni)	12
2.5.6 Molibden (Mo).....	12

	Sayfa
2.5.7 Kobalt (Co) ve Tungsten (W).....	12
2.5.8 Vanadyum (V).....	12
2.5.9 Titanyum (Ti)	13
2.5.10 Niyobyum (Nb)	13
2.5.11 Alüminyum (Al).....	13
2.5.12 Kalay (Sn), Kurşun (Pb) ve Bakır (Cu).....	13
2.5.13 Azot (N) ve Hidrojen (H)	14
2.6 Mikro Yapı ve Metalografik Yapılarına Göre Çelikler	15
2.7 Kalite Durumlarına Göre Çelikler	16
2.8 Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Göre Çelikler	16
2.9 Sertleştirme Ortamlarına Göre Çelikler	16
2.10 Kaynak Kabiliyeti	17
2.10.1 Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler	17
2.10.2 Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti	18
2.11 Gaz Korumalı Metal Elektrik Ark Kaynağı (MIG / MAG).....	21
2.11.1 MIG Kaynağı.....	21
2.11.1.1 Koruyucu Gazlar.....	22
2.11.1.2 Akım Şekli ve Kaynağı	23
2.11.1.3 Çalışma Tekniği.....	23
2.11.2 MAG Kaynağı	24
2.11.2.1 Kaynak Donanımı ve Telin Erimesi	25
2.11.2.2 MIG/MAG Yöntemiyle Kaynak Edilebilen Malzemeler	26
2.11.2.2.1 Karbonlu Çelikler.....	26
2.11.2.2.2 Paslanmaz Çelikler	26
2.11.2.2.3 Alüminyum ve Alaşımları	26
2.11.2.2.4 Nikel ve Alaşımları	27
2.11.3 Tozaltı Kaynağı	27
2.11.3.1 Yöntemin Prensibi ve Kaynak Donanımı.....	27
2.11.3.2 Kaynak Telleri	28
2.11.3.3 Kaynak Tozları	29
2.11.4 Tozaltı Kaynak Yönteminin Avantajları	30

	Sayfa
2.11.4.1 Yüksek Kaynak Gücü ve Kaynak Hızı.....	30
2.11.4.2 Yüksek Nüfuziyet	30
2.11.4.3 Enerji Tasarrufu	30
2.11.4.4 Elektrot Tasarrufu.....	30
2.11.4.5 Kaynak Dikiş Kalitesine Kaynakçı Faktörü Etki Etmemektedir.....	31
2.11.4.6 Yüksek Ark Stabilitesi.....	31
2.11.4.7 Özel Koruyucu Donanımlara İhtiyaç Yoktur	31
2.11.5 Tozaltı Kaynak Usulünün Dezavantajları	31
2.12. Genetik Algoritma	32
2.12.1 Genetik Algoritma Aşamaları	33
2.12.2 Uygunluk Fonksiyonu	35
2.13 Taguchi Tekniği.....	35
2.13.1 Taguchi Felsefesi.....	35
2.13.1.1 Sistem Tasarımı	37
2.13.1.2 Parametre Tasarımı.....	37
2.13.1.3 Tolerans Tasarımı	38
2.13.2 Taguchi Deneysel Tasarımının Prosedürleri.....	38
2.13.3 Varyans Analizi.....	39
3. MATERYAL VE METOD	40
3.1 Hazırlık Uygulaması	41
3.2 Kaynak İşlemi	44
3.3 Zımparalama, Parlatma, Dağlama İşlemi.....	46
3.4 Darbe Deneyi	47
4. DENEYLER SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	49
4.1. Çekilen kaynakların makroyapısal özellikleri	49
4.2 Ana Metal Mikroyapıları	58
4.3 Kaynak Metali Mikroyapıları	60
4.4 Darbe deney sonuçları	69
4.5 Deneysel Sonuçların İstatistikleri	70
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	78

	Sayfa
6. KAYNAKLAR.....	78
ÖZGEÇMİŞ.....	82

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

Mn	Mangan
P	Fosfor
S	Kükürt
Si	Silisyum
Cr	Krom
Ni	Nikel
C	Karbon
Mo	Molibden
Co	Kobalt
W	Tungsten
V	Vanadyum
Ti	Titanyum
Nb	Niyobyum
Al	Alüminyum
Sn	Kalay
Cu	Bakır
Pb	Kurşun
N	Azot
H	Hidrojen
SiO ₂	Silisyum oksit
MgO	Magnezyum oksit
CaO	Kalsiyum oksit
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
MnS	Mangan sülfür
FeS	Demir sülfür

Kısaltmalar

GA	Genetik Algoritma
TIG	Tungsten inert gaz kaynağı
MIG/MAG	Gaz Korumalı Metal Elektrik Ark Kaynağı
MAG	Metal Aktif Gaz Kaynağı
MIG	Metal İnerit Gaz Kaynağı
AISI	American Iron and Steel Institue
TTT	Time Temperature Transformation
EN	Avrupa Standartları

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Bessemer Konvertörü (Baydur, 1979).....	5
Şekil 2.2 Siemens-Martin fırını (Baydur, 1979).....	6
Şekil 2.3 Elektrik Ark ve Endüksiyon fırını (Baydur, 1979).....	7
Şekil 2.4 Oksijen Konvertör ile çelik üretimi yöntemi (Int Kaynak 2)	8
Şekil 2.5 MIG/MAG kaynağının şematik görünüşü.....	22
Şekil 2.6 MIG kaynağında hamlaca (üflece) verilen eğimler (Anık S, 1983).	24
Şekil 2.7 Toz altı kaynak yönteminin prensip şeması (Anık S., 1972).	28
Şekil 3.1 Kaynak ağzı açma tezgahı	41
Şekil 3.2 V kaynak ağzı açılmış numuneler	42
Şekil 3.3 V kaynak ağzı açılmış numunenin şekli ve boyutu	42
Şekil 3.4 X kaynak ağzı açılmış numuneler.	43
Şekil 3.5 X kaynak ağzı açılmış numunenin şekli ve boyutu	43
Şekil 3.6 U kaynak ağzı açılmış numuneler.	44
Şekil 3.7 U kaynak ağzı açılmış numunenin şekli ve boyutu	44
Şekil 3.8 MIG/MAG Kaynak cihazı.....	45
Şekil 3.9 Tozaltı Kaynak cihazı.....	45
Şekil 3.10 Numune zımparalama ve parlatma cihazı	46
Şekil 3.11 Darbe deneyi cihazı	47
Şekil 3.12 Charpy Darbe deney numunesi şematik gösterimi.....	47
Şekil 3.13 Numuneler üzerinde V-çentikler açılmıştır.	48
Şekil 3.14 Darbe deneyi uygulanmış numuneler.....	48
Şekil 4.1 1020 çeliği MIG kaynağı.....	49
Şekil 4.2 1020 çeliği MIG kaynağı.....	49
Şekil 4.3 2738 çeliği MIG kaynağı.....	50
Şekil 4.4 2738 çeliği MIG kaynağı.....	50
Şekil 4.5 4140 çeliği MIG kaynağı.....	51
Şekil 4.6 4140 çeliği MIG kaynağı.....	51
Şekil 4.7 1020 çeliği MAG kaynağı	52
Şekil 4.8 1020 çeliği MAG kaynağı	52
Şekil 4.9 2738 çeliği MAG kaynağı	53
Şekil 4.10 2738 çeliği MAG kaynağı	53
Şekil 4.11 4140 çeliği MAG kaynağı	54
Şekil 4.12 1020 çeliği Tozaltı kaynağı	54
Şekil 4.13 1020 çeliği Tozaltı kaynağı	55
Şekil 4.14 2738 çeliği Tozaltı kaynağı	55
Şekil 4.15 2738 çeliği Tozaltı kaynağı	56
Şekil 4.16 4140 çeliği Tozaltı kaynağı	56
Şekil 4.17 4140 çeliği Tozaltı kaynağı	57

	Sayfa
Şekil 4.18 Ana metal mikroyapıları, a) AISI1020 (100X), b) 2738 (50X) ve c) AISI4140 çeliklerin ait ana metal mikroyapıları (200X).....	58
Şekil 4.19 1020 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında, V kaynak ağızlı 120A de çekilen MIG kaynağı sonrası elde edilen kaynak mikroyapısı (100x) b) Yüksek kaynak hızında, X kaynak ağızlı 120 amperde MIG kaynağı sonrası elde edilen kaynak mikroyapısı (100X).	60
Şekil 4.20 1020 çeliği kullanılarak a) Orta kaynak hızında, X kaynak ağızı açılarak 150A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, U kaynak ağızı açılarak 150A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X).	61
Şekil 4.21 1020 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında V kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen kaynak metali mikroyapısı (100X).....	62
Şekil 4.22 2738 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında, U kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında X kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X).....	63
Şekil 4.23 2738 çeliği kullanılarak a) Orta kaynak hızında, V kaynak ağızı kullanılarak 120A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağızı kullanılarak 120A çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X).	64
Şekil 4.24 2738 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, X kaynak ağızı kullanılarak 150A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, V kaynak ağızı kullanılarak 150A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X).	65
Şekil 4.25 4140 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, V kaynak ağızı kullanılarak 150A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında, U kaynak ağızı kullanılarak 150A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X).	66
Şekil 4.26 4140 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında X kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen MAG kaynağı mikroyapısı (100X), b) Yüksek kaynak hızında, V kaynak ağızı kullanılarak 180A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X).....	67
Şekil 4.27 4140 çeliği kullanılarak a)Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağızı kullanılarak 120A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, X kaynak ağızı kullanılarak 120A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X).	68

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Elementlerin Çeliğe Etkisi.....	14
Çizelge 2.2 Kaynak kabiliyetinin imâl usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi.	17
Çizelge 2.3 Karbon eşdeğeri yüzdesine göre ön tav sıcaklıkları.	21
Çizelge 2.4 Kaynak tozlarının görevleri.....	29
Çizelge 2.5 Genetik Algoritmalar için genel akış şeması.....	34
Çizelge 3.1 Numunelerin kodları ve kaynak parametreleri.....	40
Çizelge 3.2 MIG/MAG Kaynak telinin kimyasal bileşimi.....	46
Çizelge 3.3 Tozaltı kaynak tozu kimyasal bileşimi.....	46
Çizelge 4.1 Charpy darbe deneyi testi tüm ve ortalama sonuçları.....	70
Çizelge 4.2 Charpy darbe deneyi testi ortalama sonuçları ve S/N (en yüksek en iyi) oranına göre sonuçları.....	72
Çizelge 4.3 Deney tablosunun serbestlik dereceleri.....	72
Çizelge 4.4 Charpy Darbe deneyi sonuçları ortalamaya göre deney tablosu varyans analiz sonuçları.....	72
Çizelge 4.5 Charpy Darbe deneyi ortalamaya göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.6 Charpy Darbe deneyi S/N oranına göre Deney tablosu varyans analiz sonuçları.....	73
Çizelge 4.7 Charpy Darbe deneyi S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları.....	74
Çizelge 4.8 Asiküler ferrit oranı ortalama sonuçları ve S/N (en yüksek en iyi) oranına göre sonuçları.....	74
Çizelge 4.9 Asiküler oranı ortalamasına göre deney tablosu varyans analiz sonuçları.....	75
Çizelge 4.10 Asikülerferrit oranı ortalamasına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları.....	75
Çizelge 4.11 Asiküler oranının, S/N oranına göre deney tablosu varyans analiz sonuçları.....	76
Çizelge 4.12 Asikülerferrit oranı S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları.....	76

1. GİRİŞ

Günümüzde kaynaklı işlemler oldukça ileri seviyede yapılmakta ve bir çok tür kaynak işlemi aynı anda veya sırasıyla kullanılarak zaman, işgücü ve üretim masrafları azaltılmaktadır. Bu işlemlerden bazıları endüstride oldukça sık kullanılan MIG (Metal Inert Gas) kaynak yöntemi, MAG (Metal Active Gas) yöntemi ve Tozaltı kaynak yöntemleridir. Üretilen makina parçalarının şekil ve kalınlıkları yanısıra en önemli temel kaynaklanabilirlik parametresi bileşimidir. Bu parametre, kaynak karbon eşdeğeri gibi yeni değerlendirme kavramlarının ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Daha dayanıklı makina parçalarının üretimi bileşimi daha değişik olan ve kaynak eşdeğeri yüksek olan demir esaslı malzemelerin kaynağı ile daha az masrafla yapılmaktadır. Alaşım elementi içeriği, yüksek karbon içeriği veya kullanım yerine özel üretilen farklı bir çelik bileşimi diğer etkenlerle beraber örneğin kaynak türü ve kaynak ağzı şekli, kaynak akımı vb. kaynaklanabilirlik kriterini test eder. Üretilen parçaların sürekli kaynak performansı tanımlanan bu kriterle daha anlamlı hale gelir.

Üretilen bir çok iş parçasındaki hata oranını görmek veya bunların temel sebeplerini öğrenmek oldukça uzun soluklu bir çok işlemi yapmakla mümkün olmaktadır. Bu yüzden işlemleri daha basit hale getirmek için istatistik biliminden faydalanmak gerekmektedir. Özellikle Taguchi yöntemi bunlardan biridir. Ancak, bu yöntem sadece verileri değerlendirmekte etkin olmasına karşın, deney sayısı ve numunelerinin analizi için gerekli tasarımı, genetik algoritma yardımı ile yapılır. Bu şekilde düzinelerce test yapmak yerine çok az sayıda test ile istatistiki olarak değerli verileri elde etmek mümkün olmaktadır.

Bu çalışmada, değişik amaçlarla kullanılan üç farklı türü bileşimleri farklı olacak şekilde seçilmiştir. 3 farklı kaynak ağzı profili, 3 farklı kaynak hızı, 3 farklı kaynak akımı ve 3 farklı kaynak yöntemi seçilerek Taguchi ve Genetik algoritma yöntemi ile elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bu çelikler AISI1020, DIN2738 ve AISI4140 çelikleridir. DIN2738 çeliği soğuk işlem çeliği olup kalıplama işleminde kullanılmaktadır. Diğer çelikler yapısal işlemlerde ve yüksek dayanım istenen yerlerde kullanılmaktadır.

Deneyleer gerçekleştirilmeden önce, deneyleerin dizayn edilmesi işlemi, genetik algoritma ile yapılmış ve dizayn sürecinden sonra deneyleere başlanmıştır. Parametre seçimini literatür bilgilerine göre yapılmıştır. Kaynaklı numuneler işlendikten sonra, darbe deneyleyi oda sıcaklığında yapılmıştır. Elde edilen veriler ışığında sonuçlar Taguchi yöntemi ile analiz edilmiş ve birçok parametrenin elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde etkin olduğu görülmüştür. Deney aşamasında verilmeyen veya test edilmeyen parametrelerin dışındaki diğer parametrelerin etkisinin önemli olduğu bu çalışmada gösterilmiştir.

İleri bir çalışma olarak, bu çalışmada çıkan diğer parametrelerin irdelenmesi ve bu parametrelerinde ve ayrıca proje bütçesini aşan kaynak bölgesinin kimyasal analizinde çalışmaya ilave edilmesi başlamış olan deney sresicini daha da ileriye götürecek ve literatüre katkısı önemli miktarda artacaktır.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Çelik

Demirin alaşım elemanı ile birlikte kullanılan şeklidir. Demire karbon ilavesi çeliğe dönüşümün ilk aşamasıdır ve C dışındaki diğer alaşım elementlerinin ilavesi ile beraber çelik alaşımlandırılır. Çeliğe farklı özellikler kazandıran içerdiği elementlerin kimyasal bileşimi ve çeliğin iç yapısıdır. Kullanım amaçlarına göre değişik oranlarda çelik yapılarına alaşım elementleri eklenerek veya ısı işlemler uygulanarak istenen özelliklerde çelikler elde edilir. Kimyasal içeriklerinin yanı sıra uygulanan ısı işlemler sonucunda istenen sertlik, mekanik ve fiziksel özellik, elektriksel özellik, korozyona ve yüksek sıcaklığa dayanım özelliklerine tam olarak kavuşturulabilirler (Baydur, 1979).

Manganez (Mn), Fosfor (P), Kükürt (S) ve Silisyum (Si) çelik bünyesinde bulunan ana elementler olup, çelik bünyesinde belirli oranlarda yer almaktadır. Diğer elementler ise (Cr, Ni, Ti, Co vs.) istenilen miktarlarda çelik bünyesine ilave edilir. Vasıflı Çelikler alaşımsız, düşük alaşımlı ve alaşımlı çelikler olup, kitlesel olarak üretilen çeliklerden bazı noktalarda ayrılmaktadır. Çelik, demir cevherinden veya hurdadan geri dönüşüm ile iki şekilde üretilmektedir. Sıvı çelik üretildikten sonra döküm ile ingot olarak veya sürekli döküm yöntemi ile kütük veya blum olarak şekillendirilir. Çelikler belirli sıcaklıklara kadar ısıtıldıklarında şekillenme özelliğine kavuşurlar (Haddeme, Presleme, Dövme). Ayrıca çelikler haddeme, presleme gibi yöntemlerle soğuk olarak da şekillendirilebilirler. Birçok Talaşlı tezgahlarda da işlenebilirler (Baydur, 1979, ASM Handbook, 1990).

2.2 Çeliklerin Genel Olarak Sınıflandırılması

Çeliklerin incelenmesini kolaylaştırmak ve daha yakından tanımak için bazı ortak özellikler göz önüne alınarak çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır (Güral, 2003).

2.2.1 Çeliklerin Üretim Yöntemleri

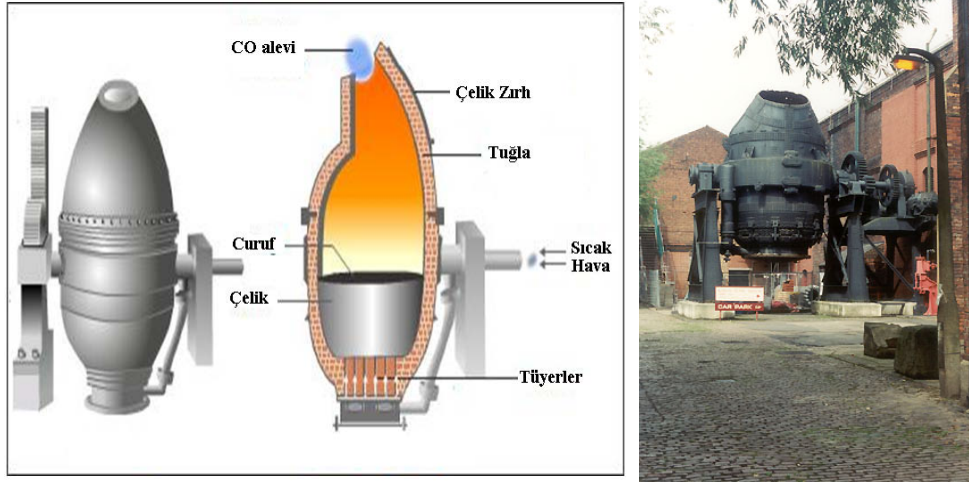
Çelik üretiminde kullanılan başlıca önemli yöntemlerle, bu yöntemler sonucunda üretilen çelikler;

2.2.1.1 Bessemer ve Thomas Çelik Yöntemleri

Çelik üretim teknolojisinde sıvı çelik üretimi daha yoğundur. Hava, oksijenle zenginleştirilmiş hava veya saf oksijen verilerek dışarıdan herhangi bir ısıtma yapmaksızın; Si, Mn, P, C, S elementlerinin yanma reaksiyonu ısılarından yararlanılarak bu elementlerin uzaklaştırılması esasına dayanılarak yapılan çelik üretim yöntemidir. Bessemer ve Thomas tipi konvertörlerde çeliğe konvertör tabanında basınçlı hava verilir. Üfleme esnasında hammaddenin bileşiminde bulunan Si, C, P, Mn ve S yanarak daha öncede açıklandığı gibi curufa geçer. Yanma esnasında oluşan ısı soğuk hava katkı maddelerinin ergimeleri için oluşan ısı kayıplarını dengelerken bir yandan da ham demirin döküm sıcaklığının 350-400 °C üzerine yani çeliğin döküm sıcaklığı olan 1600 °C ya ulaşmasını sağlar (Clarks, 1961).

15-20 dk. arasında süren reaksiyondan sonra hava üflemesi kesilir ve saf demir özelliğine sahip eriyik konvertörden alınır. Karbon ve diğer katkı elemanlarının oranlarını ayarlamak için konvertöre veya eriyiğe uygun miktarda ferromangan (FeMn) ve ferrosilisyum (FeSi) katılır. Bessemer yöntemi ile üretilen çeliklerde kırılgenlik ve biçimlendirme güçlüğü gibi kötü özellikler görülmüştür. Bu olumsuzluklara tam yanma olmaması nedeniyle korunan yüksek miktardaki kükürt ve fosfor neden olmaktadır. Hava üfleyerek veya oksijen verilerek yapılan çelik üretimlerinde asidik ve bazik olmak üzere iki ayrı yol seçilmiştir. Bunlardan asidik çalışma işlemi Bessemer konvertörlerinde, bazik olanı da Bessemer konvertörlerini gelişmiş şekli olan Bessemer Thomas konvertörleri ile uygulanmaktadır. Şekil 2.1'de görülmektedir (Llewellyn, ve ark. 2000, Totten, 2007).

Thomas adlı İngiliz bilim adamı, konvertörün içerisini kaplayan silika tuğlaları (%90 SiO₂) ham demirdeki kükürt ve fosforun yanması için yeteri kadar ısıya dayanıklı olmadığını saptamış, bunun yerine yüksek sıcaklıklara dayanıklı Dolomit tuğlaları (MgO + CaO) kullanarak ve konvertöre kireçtaşı atarak Bessemer'den elde edilen çeliklerdeki olumsuzlukların giderilmesini sağlamıştır. Bessemer çelik üretim yöntemi eski bir sistemdir. Yerini Thomas yöntemine bırakmıştır (Baydur, 1979).



Şekil 2.1 Bessemer Konvertörü (Baydur, 1979)

1.2.1.2 Siemens – Martin Çelik Üretim Yöntemleri

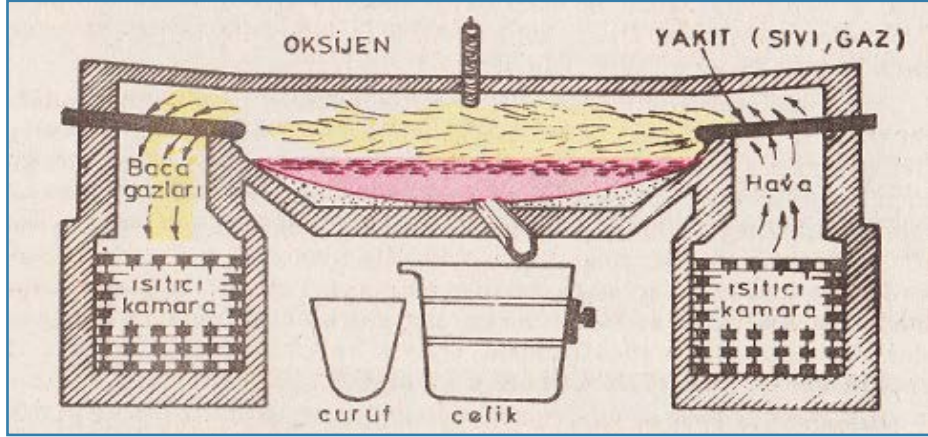
Çelik üretim yöntemleri arasında değerini yitirmeyen eski bir yöntemdir burada banyo kuvvetlerini andıran bir ocaktan oluşan alev fırını kullanılır. Siemens-Martin fırınlarının bir avantajı hem demirden başka hurdaları ergitmek sureti ile çelik üretimi yapmak mümkündür. Üretilen çelik burada da konvertörlerde olduğu gibi, akışkan bir sıvı halindedir; fırın çatıları silikat tuğlalardan yapılır. Bu şekilde fırını 1600 °C- 1700 °C sıcaklıklara kadar çıkmak mümkündür. Siemens- Martin fırınları fırın ısıtma işlemlerinde taş kömürü, linyit kömürü, jeneratör gazı ve türlü petrol ürünleri kullanılır. Kok kömürü veya fueloil kullanılması durumunda fırının ön ısıtmaya ihtiyacı yoktur. Bu tür fırınların kapasitesi genellikle 5 ile 250 ton arasında değişir. Siemens-Martin fırınlarının çalışma süreleri 5 ile 15 saat arasındadır. Siemens- Martin fırınına ait temsili bir resim Şekil 2.2 görülmektedir (Karagöz, 2008, Erdoğan 1999).

Siemens- Martin yöntemiyle elde edilen çelikte kalan yabancı eleman miktarı Thomas usulünden daha azdır. Eğer P ve S miktarlarının her biri;

<%0,050 ise kalite çelikleri;

<%0,035 ise asal çeliklerdir.

Bessemer-Thomas yöntemi ile iyi kalitede ve ekonomik çelik üretimi sağlanmaktadır. Ancak daha kaliteli ve katkılı çelik üretimi Siemens-Martin yöntemi ile elde edilmektedir. Hurda malzemelerin üretimde kullanılarak değerlendirilmesi de bu yöntemle mümkün olmaktadır.



Şekil 2.2 Siemens-Martin fırını (Baydur, 1979)

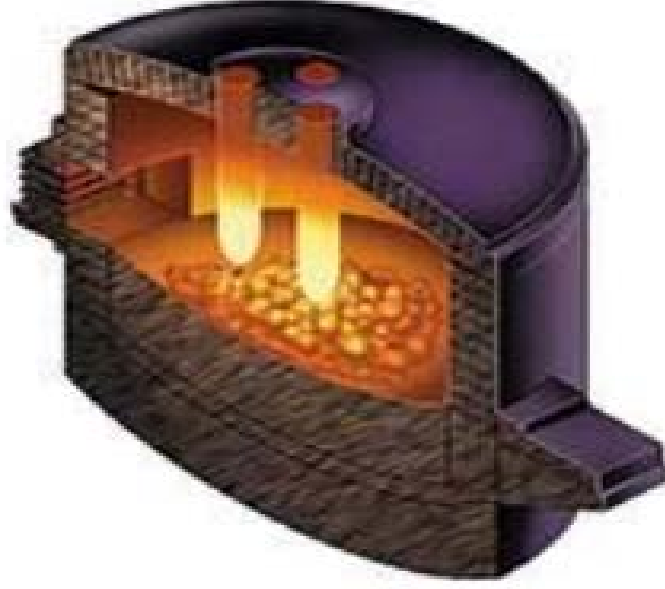
2.2.1.3 Elektrik Ark ve Elektrik Endüksiyon Çelik Üretim Yöntemleri

Üstün kalitede ve kısa sürede çok miktarda çelik üretmenin mümkün olduğu bir yöntemdir. Elektrikle çelik üretiminde Ark ve Endüksiyon fırınlarından yararlanılır. Ark fırınında üç kömür elektrotla ark sağlanarak ısıtma ısı elde edilir.

Endüksiyon fırınlarında büyük frekanslı akımın geçtiği sargılar arasındaki bir pota fırın işlevini görür. Kısa sürede büyük ısılar elde edilir. Yüksek alaşımlı çeliklerin ergitilmesinde kullanılır (Özdemirel 1981, Baydur, 1979).

Elektrik ark ocağı avantajları aşağıdaki gibidir:

- Sınırsız hurda miktarı eritmek olabilir;
- Kolay sıcaklık kontrolü;
- Derin desulfurization;
- Hassas alaşımlama.



Şekil 2.3 Elektrik Ark ve Endüksiyon fırını (Baydur, 1979)

2.2.1.4 Pota İçerisinde Çelik Üretim Yöntemleri

Sıvı çelik üretimde bilinen en eski yöntemdir. Pota çeliklerden genellikle karbonca zengin takım çelikleri imalatı yapılır. Pota çeliğinde potaya 30-50kg yüksek değerlikli fosfor ve kükürtçe fakir hurdalar odun kömürü ve çelik alaşımları ile birlikte alınır. Kapakla kapatılan pota sıcak odalarda kıpkırmızı kesilinceye kadar ısıtılır ve bu şekilde uzun süre bekletilir, daha sonra dışarıdan ısıtılmalı odalara alınır. Ve burada sıcaklık belirli bir dereceye düşene kadar bekletilir. Pota çelik yönteminde cüruf asidik karakterli olup çeliğe dönüşüm tamamen bünyedeki karbon sayesinde gerçekleşir (Yopbaş, 1998, Özdemirel, 1981).

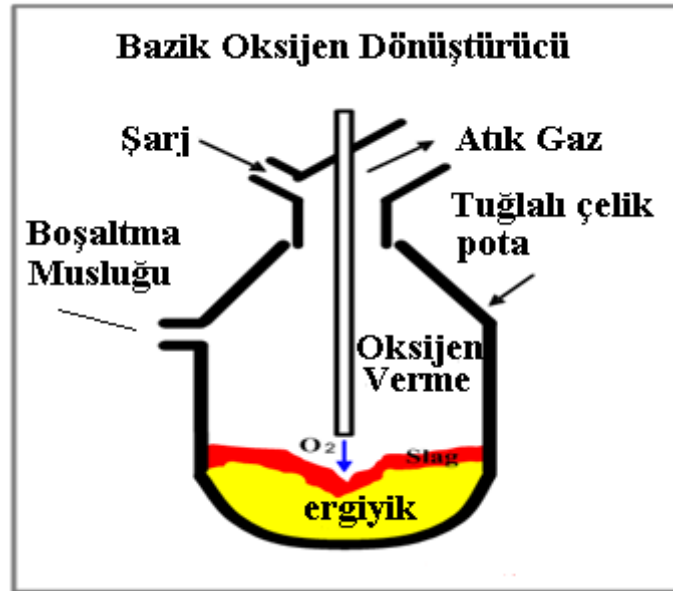
İşlem süresi 3-4 saat uygulanan sıcaklık ise 1500 °C -1570 °C arasında seçilir. Üretilen çelik oldukça saftır ancak miktarca az ve maliyetçe yüksektir (Yalçın ve Gürü, 2002).

2.2.1.5 Oksijenli Konvertör Çelik Üretim Yöntemleri

Thomas çeliklerinin yüksek miktarda azot ve fosfor içermeleri gibi kötü özellikleri nedeniyle, Thomas yönteminde düşük azot ve fosfor miktarlı çelikler üretmek amacıyla çalışmalar yapılmış ve bazı değişiklere gidilmiştir. Bu yöntemde teknik olarak saf olan

oksijen su soğutmalı bakır borudan geçirilerek üflenir. Kazan şeklindeki reaksiyon kabı, kapalı bir tabana ve kolayca yer değiştirebileceği bir sisteme sahiptir (Şekil 2.4).

Bu yöntemde konvertöre üstten bir borudan oksijen üflenir. Oksijen üflenerek üretim sağlandığı için Oksijen Konvertör yöntemi olarak da bilinir. Diğer yöntemlerden daha üstün çelik üretilir. Konvertöre üflenene oksijen hem kimyasal etki yaparak ve hem de yanarak CO ve CO₂ oluşturur. CO ve CO₂ konvertörde şiddetli kaynamaya yol açar. Karbonun yanması sonucunda konvertör sıcaklığı 1610°C 'ye ulaşır. İşlem bittikten sonra konvertör eğilerek, ergiyik çelik potalara dökülür. Gerekirse potalara Ferromangan ve Ferrosilisyum ilavesi ile çeliğin Manganez ve silisyum miktarı ayarlanır (Erdoğan, 1999, Serfiçeli, 2004).



Şekil 2.4 Oksijen Konvertör ile çelik üretimi yöntemi (Int Kaynak 2)

2.3 Kullanılma Alanlarına Göre Çelikler

Üretilen çelikler mutlaka dar bir alanda kullanılmak için üretilmezler, mümkün olduğu kadar geniş bir yelpaze de kullanımı amaçlanır. Ancak, bazı çelikler özel olarak üretilmiştir. Burada yalnızca sayılmaya değer nitelikte olanlarından söz edilecektir (ASM Handbook, 1990, Baydur, 1979).

- Yapı çelikleri (Genel kullanım amaçlı)
- Takım yapım işleri

- c) Soğuk ve sıcak işlerde
- d) Hızlı kesme işlerinde kullanılacak çelikler
- e) Yay yapımında kullanılacak çelikler
- f) Yüksek sıcaklıkların bulunduğu ortamlarda kullanılacak çelikler
- g) Dış etkilere maruz yerlerde ve deniz ortamında kullanılacak çelikler

2.4 Alaşım Durumlarına Göre Çelikler

Çelik içerisinde alaşımsız durumda karbon elementi bulunur. Bunun dışında bir element yapıya girecek olursa alaşımlı çeliklerden söz edilir. Alaşım durumuna göre çelikler üç'e ayırabiliriz:

2.4.1 Sade Karbonlu Çelikler

Sade karbonlu çelikler ucuz ve kolay şekillendirilebilirler. Mekanik özellikleri yapılarında bulunan karbon oranına bağlı olarak değişir. Bu gün için demir çelik endüstrisinde üretilen çeliklerin çok büyük kısmı sade karbonlu çeliklerdir ve sertleşme yetenekleri azdır. Sertleştirme işlemlerinden sonra parçada çatlama ve çarpılmalar meydana gelir. Yapılarındaki karbon oranlarına göre sade karbonlu çelikler 3 kısma ayrılırlar.

Düşük karbonlu çelikler : %0,05 - 0,3 karbon içerir.

Orta karbonlu çelikler : %0,3 – 0,8 karbon içerir.

Yüksek karbonlu çelikler : % 0,8 - 1,7 karbon içerir.

Yine aynı çelikler Ötektoit altı çelikler %0,05 – 0,8 ötektoit üstü çelikler % 0,8 – 1,7 olarak ta adlandırılmaktadırlar.

Az karbonlu çelikler sertleştirilemezler ancak bunların uygun yöntemlerle yüzeylerin sertleştirilmesi mümkündür. Orta karbonlu çelikler ısı işlemlere oldukça yatkındır dayanımları az karbonlu çeliklere oranla daha iyidir yüksek karbonlu çelikleri sünekliliği azdır. Kesilmeleri ve işlenmeleri güçtür. Talaş kaldırma işlemine yumuşatma tavlama ile yatkınlık kazandırılabilir (Baydur, 1979, Thelning, 1992, Yalçın ve Gürü 2002).

2.4.2 Düşük ve Orta Alaşımli Çelikler

Sade karbonlu çeliklerin kullanılma alanları sınırlıdır. Derinliğine sertleşme ve korozyona dayanma özellikleri iyi değildir. Bu özelliklere ulaşabilmek için çeliklerin alaşımlandırılması gerekir. Çeliğe bazı alaşım elementlerinin katılması çeliğin çeşitli özelliklerini ciddi miktarda geliştirir. Çelikte sertleşme esnasında çatlama ve çarpımalara mangan molipten katılarak azaltılır. Bu elementler sayesinde mukavemet özelliği artar. Korozyona karşı daha dayanıklı olurlar.

2.4.3 Yüksek Alaşımli Çelikler

Korozif etkilerin çok yüksek olduğu asidik ortamlara ve aşınmaya karşı dirençleri üst seviyededir. Yüksek sıcaklıklarda mukavemet ve tokluk değerleri mükemmeldir. Başlıca kullanım alanları gaz tribünleri, nükleer güç santralleri, hava-uzay sanayi ve petro –kimya sanayidir.

2.5 Alaşım Elementlerinin Çelik Özelliklerine Etkisi

Alaşım elementleri çeliklerin kullanım alanını artıran en önemli paya sahiptir. Alaşım elementlerinin herbirinin etkisi miktarla orantılı olmakla beraber sınırlıdır ancak birden fazla alaşım elementi kullanıldığında etkileri artabilir. Örneğin Cr paslanmazlık özelliği kazandırır ancak yüksek Karbon ile beraber uygun miktarda kullanıldığında yüzey sertliğini ve aşınma direncini artırır. Yüksek Karbon içeren çeliklerin kaynağında ise karbür oluşumu Krom miktarını azaltarak paslanmazlık özelliğinin kaybolmasına sebep olabilir. Bazı elementlerin etkisi aşağıda özetlenmiştir (Baydur, 1979, Cahn ve arkd 1992, Erdoğan 1999, ASM Handbook, 1990, Bhadeshia, 2001, Bain 1939, İnternet Kaynak 1).

2.5.1 Karbon (C)

Çelikte başlıca sertleştirici etkisi olan elementtir. Karbon miktarı, çeliklerin mekanik özelliklerini en çok etkileyen etmendir. Karbon, çeliğin akma ve çekme mukavemetini artırır, yüzde uzamayı, şekillenebilirliği ve kaynak kabiliyetini azaltır. İşlenebilirliğin ön

planda olduğu çeliklerde karbon miktarı düşük tutulmalı, dayanım değerlerinin yüksek olması gerektiği durumlarda ise çeliğin karbon içeriği yüksek olmalıdır.

2.5.2 Mangan (Mn)

Mangan çeliğin dayanımını geliştirir. Esnekliğini az miktarda azaltır. Çeliğin sertleşebilme ve kaynaklanma kabiliyetini artırır ve östenit yapıcı bir elementtir. Manganın, suverme sertlik serinliğini ve dayanımı artıran özelliği, karbon miktarına bağlıdır. Manganın yüksek karbonlu çeliklerdeki etkisi, düşük karbonlu çeliklere oranla daha fazladır. Çeliklerin paslanmaya ve -korozyona olan dayanımını yüksek oranlarda kullanıldığında geliştirir. Manganın en önemli özelliği kükürtle MnS bileşiği yapması ve sıcak kırılmalığına sebep olan demir kükürt FeS bileşiği oluşumunu engellemesidir. Normal olarak 0.6-2.0 aę.% aralığında çeliklerde kullanılır.

2.5.3 Silisyum (Si)

Çeliğin akma, çekme dayanımını ve elastikiyetini artırır. Yaygın olarak yüksek elastikiyet gerektiren yay çeliklerinde kullanılır. Silisyum, mangan gibi bütün çeliklerde bulunan bir elementtir. Çelik yapımında demir cevherinden, veya ocak astarı olan tuğlulardan da bir miktar silis, çeliğin bünyesine kendiliğinden girer.

2.5.4 Fosfor (P) ve Kükürt (S)

Fosfor çeliğin akma ve çekme dayanımını artırır, yüzde uzamayı ve eğme özelliklerini kötü yönde etkiler. Çeliğin talaşlı imalat yöntemini kolaylaştırır. istenmeyen bir element olarak çelik bünyesinde bulunduğundan mümkün oldukça miktarı azaltılmalıdır. Fosforun aksine kükürt akma ve çekme mukavemetine pek etki yapmaz. Sünekliği ve tokluğu büyük ölçüde azaltır. Talaş kırılmalılığını artırmak için otomat çeliklerinde kükürt miktarı yüksek tutulur. İyapıdaki kalıntıların çentik etkisini azaltmak için metalurjik bakımdan temiz, ısıl işlem sıcaklıklarını dar aralıklı verebilmek için de kimyasal kompozisyon toleranslarının küçük olması istenen ıslah çelikleri, kaliteli veya asal çelik olarak üretilirler. Ayrıca daha az fosfor ve kükürt içerirler (her biri \leq % 0,035).

2.5.5 Krom (Cr) ve Nikel (Ni)

Krom, Nikelden daha güçlü bir şekilde çeliklerde korozyon ve oksidasyon direnci sağlar. Sertleşebilme kabiliyetini artırır. Yüksek karbonlu çeliklerde aşınma direncini oldukça artırır. Krom, çeliğin sıcağa dayanımını artırır. Kabuk- tufal yapmayı önler. Kromlu paslanmaz çeliklerde krom oranı arttıkça, kaynak edilebilme yeteneği azalır. Nikel, çeliğin mekanik dayanımını silisyum ve mangana kıyasla daha az artırır. Darbe tokluğunu ve tavlı çeliklerde dayanımı artırır. Östenitik paslanmaz çeliklerde ki nikel miktarı %7-20 arasındadır. Çelikte nikel, özellikle kromla birlikte bulunduğu zaman, sertliğin derinliklere inmesini sağlar.

Krom nikelli çelikler paslanmaz özelliğine sahiptir, kabuklaşmaya ve ısıya dayanımlıdır. Özellikle düşük sıcaklıklarda, makine yapım çeliklerinin çentik dayanımını artırır. Nikel, ıslah çeliklerinin dayanımını artırdığı gibi, paslanmaya ve kabuklaşmaya dayanımlı çelikler için uygun bir alaşım elementidir.

2.5.6 Molibden (Mo)

Molibden alaşım ve takım çeliklerinde, mekanik dayanımını ve aşınma direncini yükseltir, tane büyümesini önler, sertleşebilme kabiliyetini artırır, Meneviş gevrekliğini giderir. Paslanmaz çeliklerde özellikle oyuklanma korozyonunu engellediği için korozyon direncini önemli ölçüde artırır.

2.5.7 Kobalt (Co) ve Tungsten (W)

Kobalt, alaşım ve takım çeliklerinde kullanılan bir alaşım elementidir. W gibi, akım çeliklerinin sıcakta sertliğini muhafaza etmesi için kullanılır. W, aşınma direncini artıran bir etki sağlar.

2.5.8 Vanadyum (V)

Tane küçültme etkisi yaratarak çeliklerin akma ve çekme dayanımlarını oldukça artırır. Ayrıca sertleşebilme kabiliyetini de artırır, menevişleme ve ikinci sertleşmede olumlu etkileri vardır. Alaşım ve takım çeliklerinde kullanılır. Vanadyum, çok düşük miktarlarda

kullanıldığında çeliğin sıcağa dayanımını artırır. Vanadyum, alaşımlı makine yapı çelikleri tane yapılarının ince olmasını ve fiziksel özelliklerinin geliştirilmesini sağlar. Aynı zamanda çelik kesici uçlarının, daha uzun zaman keskin kalmasını sağlar. Genellikle, alaşımlı makine yapım çeliklerinde bulunan vanadyum miktarı %0,03-0,25 arasında değişir. Karbür yapmaya karşı kuvvetli bir eğilimi vardır. Çeliğin çekme ve akma dayanımını önemli miktarda artırır. Makine yapım ve sıcak is çeliklerinde özellikle vanadyum ve krom, hava ve makine yapım çeliklerinde wolframla birlikte kullanılır.

2.5.9 Titanyum (Ti)

Vanadyum gibi tane küçültücü etkisi vardır. Ayrıca paslanmaz çeliklerde krom karbürün olumsuz etkisini giderebilmek için karbür yapıcı alaşım elementi olarak kullanılır.

2.5.10 Niyobyum (Nb)

Mikro alaşımlı çeliklerde tane küçültme etkisi en yüksek olan mikro alaşım elementidir. Paslanmaz çeliklerde titanyumla birlikte veya tek başına kullanılır.

2.5.11 Alüminyum (Al)

Oksijen gidermek için kullanılır. Akma dayanımını ve darbe tokluğunu arttırıcı etki gösterir. Ayrıca alüminyumun tane küçültücü etkisi vardır, nitrasyon çeliklerinin temel alaşım elementidir. Fazla miktarda ilavesi durumunda tane irileşmesine yolaçar.

2.5.12 Kalay (Sn), Kurşun (Pb) ve Bakır (Cu)

Akma ve çekme dayanımlarını pek etkilemez, fakat sıcak haddelermelerde sorunlar yaratır. Kalay düşük ergime sıcaklığına sahip bileşikler yaparak haddelme sırasında kopmalara neden olur. Kurşun, haddelenebilirliği azaltır, yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler. Kurşun çeliklerin talaşlı şekillendirme kabiliyetine artırır, bu yüzden otomat çeliklerinde alaşım elementi olarak kullanılır. Akma ve çekme dayanımını

arttırır, yüzde uzamayı ve şekillenebilirliği azaltır. Soğuk çekilebilirliği kötü yönde etkiler. Korozyon direncini yükselten etki gösterir.

2.5.13 Azot (N) ve Hidrojen (H)

İstenmeyen bir elementtir. Azot kırılma eğilimine neden olur, eğme özelliklerini çok kötüleştirir. Hidrojen ise Hidrojen gevrekliğe neden olur. Azottan daha tehlikelidir. Malzemenin elastikiyetini ciddi ölçüde azaltır.

Çizelge 2.1 Elementlerin Çeliğe Etkisi

ELEMENTLERİN ÇELİĞE ETKİLERİ													
	Si	Mn*	Mn**	Cr	Ni*	Ni**	Al	W	V	Co	Mo	S	P
Sertlik	↑	↑	↓	↑	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	↑
Mukavemet	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	-	↑
Akma Noktası	↑	↑	↓	↑	↑	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	↑
Uzama	↓	↔	↓	↓	↔	↑	-	↓	↔	↓	↓	↓	↓
Kesit Büzülmesi	↔	↔	↔	↓	↔	↑	-	↓	↔	↓	↓	↓	↓
Darbe Direnci	↓	↔	-	↓	↔	↑	↓	-	↑	↓	↑	↓	↓
Elastisite	↑	↑	-	↑	-	-	↓	-	↑	-	-	-	-
Sıcaklığa Dayanım	↑	↔	-	↑	↑	↑	-	↑	↑	↑	↑	-	-
Soğutma Hızı	↓	↓	↓	↓	↓	↓	-	↓	↓	↑	↓	-	-
Karbür Oluşumu	↓	↔	-	↑	-	-	-	↑	↑	-	↑	-	-
Aşınma Direnci	↓	↓	-	↑	↓	-	-	↑	↑	↑	↑	-	-
Dövülebilirlik	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓
İşlenebilirlik	↓	↓	↓	-	↓	↓	-	↓	-	↔	↓	↑	↓
Oksitlenme Eğilimi	↓	↔	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑	-	↓
Korozyon Direnci	-	-	-	↓	-	↑	-	-	↑	-	-	↓	↑

(↔): Değişmez, (↑): Artar, (↓): Azalır

2.6 Mikro Yapı ve Metalografik Yapılarına Göre Çelikler

Burada ana kütleyi oluşturan mikroyapı çeliğe adını verir. Ferritik çelikler, östenitik çelikler ve çift fazlı çelikler bu gruba örnek olarak verilebilir. Genellikle alaşım elementi yüksek olan çeliklerde örneğin paslanmaz çeliklerde hem östenik ve hemde ferritik yapıların ayrı ayrı ve aynı anda bulunduğu yapılar mevcuttur. Ferritik, martenzitik, östenitik ve çift fazlı çelikler bu sınıflandırmada kullanılır. Ferritik yapıcı ve östenitik yapıcı elementlerin dikkatli ilavesi ile tek fazlı ve çift fazlı yapıları elde etmek mümkündür. Krom, Molibden, Niyobyum, Titanyum, Fosfor, Kükürt ve selenyum gibi elementler ferrit yapıcı elementlerdir.

Buna karşın, Karbon, Nikel, Mangan ve Silisyum ise östenit yapıcı elementler olarak bilinir. Tek fazlı veya çift fazlı çeliklerin üretim amacı genellikle ilave edilen element (ler)in sağladığı özelliklere göredir. Miktnatıslanma istenmeyen, şekillendirilmesi kolay korozyon direnci yüksek olan yerlerde östenitik tipler kullanılırken, yüzey düzgünlüğü mükemmel ve sert yüzey özelliklerini korozyon özellikleri ile arandığı yerde ise ferritik ve martenzitik paslanmaz çelikler kullanılır. Bazı alaşım elementinin ilave ise yüksek sıcaklıkta dayanımı artıran özellik katmak ve Klora karşı korozyon direncini artırmak hedeflenir. Ferritik çelikler hacim merkezli kübik bir kafes yapısına sahip olduklarından, düşük sıcaklıklarda gevrek davranış gösterirler. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda tutma süresine de bağlı olarak aşağıda açıklanan üç gevrekleşme olayı görülebilir. 400-550°C arasında uzun süre kalmış veya yüksek sıcaklıktan yavaş soğutulmuş %15'ten fazla krom içeren paslanmaz çeliklerde çökeltmelerin yol açtığı 475°C gevrekleşmesi görülür. Bunu gidermek için gevrekleşmiş çelik 650-750°C arasındaki bir sıcaklığa ısıtılıp hızla soğutulursa bu etki giderilmiş olur. Çelikler 600-800°C arasında uzun süre tutulursa yüksek kromlu ferritik ve bazı östenitik çeliklerde sigma ara fazı oluşabilir. Soğuk şekil verme bu dönüşümü kolaylaştırır. Sigma fazı 950C üzerinde yapılacak bir tavlama ve bunu izleyen su verme ile yok edilebilir. 950°C'nin üzerinde tane irileşmesi görülür ve tane sınırlarında krom karbür çöktelleri ortaya çıkar. Titanyum veya tantal/niyobyum gibi stabilizatörlerin katılmasıyla tane irileşmesi ile karbür oluşumu engellenebilir. Öte yandan stabilize edilmemiş çeliklerin özellikle kaynak bağlantılarında 700-800°C arasında yapılacak bir tavlama, krom karbürleri küreleştirdiği gibi olası martenzit fazını da temperleyerek tokluğun daha fazla

düşmesini önler. Ayrıca tane sınırları yakınındaki krom dağılımı yayınma ile bir miktar düzgünleştirilip, pasiflik sınırına (%11) yeniden ulaşılmış olur. Bu nedenlerle ferritik çeliklerde kaynak bağlantıları, östenitik çeliklerden daha sorunludur. Genellikle kaynaklardan önce tokluğu artırmak üzere 150-200°C arasında ön ısıtma ve kaynak sonrası 700-800°C sıcaklık aralığında uygulanacak bir son tavlama yapılarak yavaş soğutulmalıdır. Diğer en önemli problem ise tane irileşmesini ve karbür çökmesidir. Bunu önlemek için kaynak işleminde ısı girdisi mümkün olduğu kadar düşük tutulmalıdır (Bhadeshia, 2001, Bain 1939, Berns ve Theisen, 2008, Clarks 1961, Baydur 1979, Eker ve arkd 1994, Gladman 1997, Karagöz 2008, İnternet Kaynak 1).

2.7 Kalite Durumlarına Göre Çelikler

- a) Kütle çelikler
- b) Kalite çelikler
- c) Soy (asal) çelikler olmak üzere üç çeşittir.

2.8 Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Göre Çelikler

- a) Isıya dayanıklı çelikler
- b) Manyetik çelikler
- c) Korozyona dayanıklı çelikler
- d) Paslanmaz çelikler

2.9 Sertleştirme Ortamlarına Göre Çelikler

- a) Su çeliği
- b) Yağ çeliği
- c) Hava çeliği

2.10 Kaynak Kabiliyeti

Kaynak, malzemelerin kaynak bölgesinde ısı ve/veya basınç yardımıyla ilave malzeme kullanarak veya kullanmadan birleştirilmesidir. Kaynak, uygulandığı malzeme türüne göre metal kaynağı veya plastik malzeme kaynağı olarak gruplandırılabilir.

Metal kaynağı: Metalik malzemeyi ısı veya basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten erime aralığı aynı veya yaklaşık bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye "metal kaynağı" adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılırsa, bu malzemeye "ilave metal" adı verilir. İmalat tekniğinde amaç, yalnızca malzemelerin birleştirilmesiyle parça elde edilmesi değildir. Aynı zamanda yapılan parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesi gerekir. Bu sebepten, kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmesi istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynaklanan malzemenin "kaynak kabiliyeti" olarak değerlendirilir (Norrish 1992, Kou 2003, Messler, 1999).

2.10.1 Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler

Kaynak kabiliyeti yalnız malzemeye bağlı bir özellik değil, aynı zamanda, kaynak usulüne ve kaynak konstrüksiyonuna da bağlıdır.

Çizelge 2.2 Kaynak kabiliyetinin imâl usulü, malzeme ve konstrüksiyon açısından ifadesi.

Malzeme (Kaynağa uygululuk)	Kimyasal Bileşim	Sertleşme eğilimi, Yanma, Gevrek kırılma, Sıcak çatlama, Kaynak metali karışım oranı
	Metalurjik Özellikler	Segregasyon, Katışkılar, Tane büyüklüğü, İyapı, Anizotropi
	Fiziksel Özellikler	Genleşme Özelliği, Isıl iletkenlik, Erime sıcaklığı, Mukavemet, Tokluk
Konstrüksiyon (Kaynak emniyeti)	Konstrüktif Şekillendirme	Kuvvet hatalarının akışı, Dikişlerin konumu, Parça kalınlığı, Çentik etkisi, Rijitlik farklılıkları
	Gerilme Durumu	Gerilmelerin tür ve şiddeti, Gerilmelerin eksen sayısı, Zorlanma hızı, Sıcaklık, Korozyon
İmalat (Kaynak yapılabilirlik)	Kimyasal Bileşim	Sertleşme eğilimi, Yanma, Gevrek kırılma, Sıcak çatlama, Kaynak metali karışım oranı
	Metalurjik Özellikler	Segregasyon, Katışkılar, Tane büyüklüğü, İyapı, Anizotropi
	Fiziksel Özellikler	Genleşme Özelliği, Isıl iletkenlik, Erime sıcaklığı, Mukavemet, Tokluk

Bir metal veya alaşım, bir kaynak usulünde gayet iyi bir derecede bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen, diğer bir usulde çok zayıf bir kaynak kabiliyetine sahiptir. Örneğin alüminyum ve paslanmaz çelikler oksii-asetilen yönteminde zayıf bir kaynak kabiliyeti göstermelerine karşın (MIG-TIG) yönteminde iyi bir kaynak yöntemine sahiptirler (Sefireli, 2004, Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

2.10.2 Çeliklerin Kaynak Kabiliyeti

Kaynakta eliğin maruz kaldığı ısının etkisi sonucu malzemede çoğu zaman devamlı değişmeler meydana gelir. Bir elik, geniş önlemler almayı gerektirmeden ve bu değişmeler kaynaklı konstrüksiyonda sakıncalar yaratmadan kaynak edilebiliyorsa bu elik iyi kaynak kabiliyetli olarak tanımlanır. Buna karşılık normal bir kaynak işlemi malzemede, konstrüksiyondan beklenenleri ciddi tehlikeye sokacak şekilde değişmelere yol açar veya kaynak işlemi sırasında veya bu işlemden hemen sonra, çatlaklar gibi malzeme kusurları meydana getirirse özel önlemlerin alınması veya bazı kaynak öncesi ve/veya kaynak sonrası işlemleri gerektirir. Böyle çeliklere de sınırlı kaynak kabiliyetli çelikler denir. İşlem sırasında veya bu işlemden hemen sonra, çatlaklar gibi malzeme kusurları meydana getirirse özel önlemlerin alınması veya bazı kaynak öncesi ve/veya kaynak sonrası işlemleri gerektirir. Böyle çeliklere de sınırlı kaynak kabiliyetli çelikler denir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001, Kou, 2003).

Aslında «kaynaklanamaz» elik diye bir malzeme yoktur. Doğru metalürjik koşulların yerine getirilmesi şartıyla her elik kaynaklanabilir. eliği yerel olarak etkileyen çabuk ısınma ve soğuma olayları bakımından kaynak işlemi, elik üzerinde termik çok etkisi veya böyle etkilerin bir serisi olarak tanımlanabilir. Çeliğin buna dayanma kabiliyetine kaynak kabiliyet derecesi denir.

Kaynak kabiliyeti aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır:

Kaynak işlemi ile ilgili teknolojik kaynak kabiliyeti: Bunda ergime vb (örneğin basınçla) yollarla birleşmelerin gerçekleşme koşulları aranır.

Metalürjik kaynak kabiliyeti: kaynak işlemiyle meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişmelerle ilgilidir.

Konstrüktif kaynak kabiliyeti: burada konstrüksiyonun çatlamaya hassasiyetini tespit etmek üzere onun global özellikleri tarif edilir.

İlk ikisinde kaynak kabiliyeti deneyleri, birleşmeler ve kaynak koşullarını yansıtan deney parçaları üzerinde ve kaynak işleminden bağımsız olmak üzere üç yönde yürütülür. Sonucusunda ise çentik etkisine olan hassasiyet araştırılır. Genellikle bu hassasiyet

a) Kaynak dikişi boyunca katılma çatlak (sıcak çatlak) tehlikesi, b) kaynak dikişinde genişlemesine büzülme (çekme) çatlak (soğuma çatlak) tehlikesi, c) ana metal ve dikişin sertleşme eğilimi, yani kaynaklı birleşmenin en çok ısınan kısmının soğuma sırasında östenitin dönüşümüne karşı koyması, d) ana metalde ve dikişte kaynak gerilmelerinden ileri gelen gevrek kırılma tehlikesi, e) ısıya maruz kalmış belli bölgelerde yaşlanma gevrekleşmesi tehlikesi olarak ayrılabilir.

Kaynaklarda çok büyük problem olan gevrekleşme eğilimi her kaynakta vardır. Kaynak sadece bu eğilimi arttırabilir. Yaşlanmaya çok hassas bir çelik, kaynaklanmadan dahi gevrekleşecektir. Yapı çeliklerinin kaynağında, kaynağın neticesine tesir eden en önemli faktör esas metalin bileşimidir. Bilhassa bileşimindeki Karbon ve Manganez oranı kaynak kabiliyeti bakımından çok önemli olup, maksimum miktarları sınırlandırılmıştır. Çeliklerin sertleşebilme, diğer bir deyimle su alma kabiliyetine tesir eden en önemli alaşım elementi karbondur. Karbon miktarı arttıkça sürekli soğuma TTT diyagramındaki dönüşüm burnu sağa doğru kayar ve dolayısıyla daha yavaş soğuma hızlarında dahi sert martenzitik yapı oluşur. Bu husus göz önünde bulundurularak kaynakla birleştirilecek sade karbonlu yapı çeliklerinde karbon miktarının % 0,20'yi aşmaması, çok zorunlu hallerde, karbon miktarının azami % 0,22 olması standartlarda belirtilmiştir. Az alaşımlı çeliklerde bulunan mangan, krom, molibden, vanadyum gibi alaşım elementleri de karbon gibi tesir eder ve sertleşme kabiliyetini arttırır. Bununla beraber etkileri karbon kadar şiddetli değildir. Karbon eşdeğeri usulü diye isimlendirilen çözümden, çeliğin bileşiminde mevcut alaşım elementlerinin miktarları bir formülde yerlerine konarak bir değer hesaplanır ve bu değere karbon eşdeğeri ismi verilir. Alaşım elemanlarının verdiği sertleşmeye eşdeğerde sertliği sağlayan karbon miktarı tespit edilmiştir; bu şekilde, çeliğin bileşiminde bulunan alaşım elemanlarının oluşturduğu sertliğe eş sertliği veren karbon miktarına karbon eşdeğeri adı verilmiştir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001, Porter 2001, Oğuz 1985, Subaşı ve Karabaş, 2010).

Karbon eşdeğeri büyüdükçe kaynaktan sonra soğumanın yavaşlatılması gerekmektedir, bunun için parçaya kaynaktan evvel bir ön tav uygulama ve bu suretle soğuma hızını

yavaşlatma işlemi yapılır. Karbon eş değerine bağlı olarak ön karbon eşdeğerinin hesaplanması konusunda, literatürde çok çeşitli formüllere rastlanmaktadır.

Bugün en fazla kullanılan karbon eşdeğeri formülleri şunlardır.

1. Dearden ve H.O. Neill karbon eşdeğeri formülü;

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{5} \quad (2.1)$$

2. Kihara, Suzuki, Oratin ve Tamura'nın geliştirdiği eşdeğeri formülü;

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{15} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{P}{2} \quad (2.2)$$

3. B.J.Bradstreet'e göre;

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{2} + \frac{Cr + Mo + V}{10} + \frac{Ni}{15} \quad (2.3)$$

4. Société National de Chemin de Fer (Fransa)in kullandığı karbon eşdeğeri

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{P}{2} + \frac{Cr}{5} + \frac{Cu}{13} + \frac{Mo}{4} + \frac{Ni}{15} \quad (2.4)$$

5. K.Winterton'a göre karbon eşdeğeri formülü

$$C_{es} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr}{10} + \frac{Cu}{40} + \frac{Ni}{20} + \frac{Mo}{50} + \frac{V}{10} \quad (2.5)$$

6. Milletlerarası Kaynak Enstitüsünün (IIW) IX No'lu Komisyonuna (Kaynak Kabiliyeti Komisyonu) göre karbon eşdeğeri formülü

$$C_{es} = C + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} \quad (2.6)$$

Bütün formüllerde karbon ve kısmen mangan haricindeki bütün elementlerin etkinlikleri farklı yorumlanmaktadır. Bir yapı çeliğine tatbik edilecek ön tavı karbon eşdeğeri ile belirten bir takım formüller mevcutsa da en emniyetli husus hiçbir formül kullanmadan şu ön tav değerlerini tatbik etmektir.

Çizelge 2.3 Karbon eşdeğeri yüzdesine göre ön tav sıcaklıkları.

Karbon eşdeğeri (%)	Ön tav sıcaklığı °C
0.45'den küçük	Normal atmosfer şartlarında ihtiyaç yoktur.
0.45 ile 0.60	100 ile 200
0.60'dan büyük	200 ile 350

Karbon eşdeğeri görüldüğü gibi tamamen çeliğin bileşimi ile ilgili olup, kaynağa tatbik edilen enerji, kaynak ağız formu, parçanın geometrisi ve kalınlığı ile ilgili faktörleri içermemektedir. Bilindiği gibi bunlar soğuma hızını birinci derecede etkileyen ve dolayısıyla ITAB'da oluşan iç yapıyı da etkileyen faktörlerdir (Norrish 1992, Kou 2003, Porter 2001, Oğuz 1985).

2.11 Gaz Korumalı Metal Elektrik Ark Kaynağı (MIG / MAG)

Gazaltı kaynağı (MIG / MAG), kaynak için gerekli ısının, tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir. Kaynak bölgesine sürekli şekilde beslenen (sürülen), masif haldeki tel elektrod ergiyerek tükendikçe kaynak metalini oluşturur. Elektrod, kaynak banyosu, ark ve iş parçasının kaynağa yakın bölgeleri, atmosferin zararlı etkilerinden kaynak torcundan gelen gaz veya karışım gazlar tarafından korunur. Gaz, kaynak bölgesini tam olarak koruyabilmelidir, aksi takdirde çok küçük bir hava girişi dahi kaynak metalinde hataya neden olur.

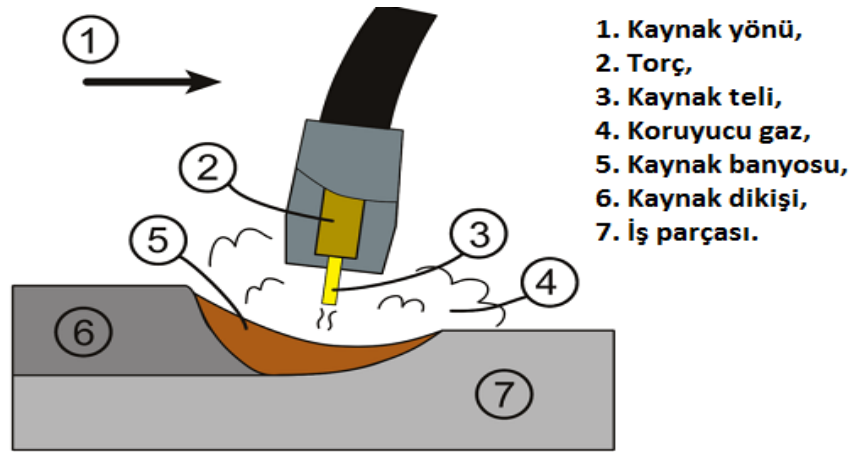
2.11.1 MIG Kaynağı

Soy gaz atmosferi altında eriyen elektrodla yapılan bu gazaltı kaynağı türü, SIGMA kaynağı olarak da bilinir. Soy gaz olarak genellikle, argon gazı kullanılmaktadır. MIG sembolü, Metal Inert Gas ifadesinin baş harflerinin alınmasıyla oluşturulmuştur. Bir MIG Kaynak donanımı aşağıdaki kısımlardan oluşur:

- Bir doğru akım kaynağı,
- Bir kaynak tabancası,

Çıplak elektrot teli, argon, suyun giriş ve çıkışını sağlayan hortum ve diğer aparatlar.

- Kaynak telinin hareketini sağlayan tertibat,
 - Kaynak akımının geçişini, soğuma suyunun devreye girişini, argon gazının akışını ve telin hareketini sağlayan kumanda tertibatı
 - Basınç düşürme manometresi ve ölçü aleti ile teçhiz edilmiş bir adet argon tüpü
- Kaynakta mükemmel bir erime özelliğine ancak yüksek akım yoğunluğu ile çalışıldığı zaman erişilir. Bu akım yoğunluğunda arkın durumuna bağlı olarak 60-150 A/mm² arasında değişir. Kuvvetli bir ultraviyole ışını emisyonu meydana geldiğinden, bilhassa göz rahatsızlıklarına ve cilt yanmalarına dikkat edilmelidir. Yüksek akım şiddeti derin bir nüfuziyet sağlar (Smars ve arkd. 1970).



Şekil 2.5 MIG/MAG kaynağının şematik görünüşü

2.11.1.1 Koruyucu Gazlar

MIG kaynağında koruyucu gaz olarak argon, helyum veya ikisinin karışımı kullanılır. Hafif metallerin MIG kaynağında kullanılan argon gazının yüksek saflıkta olması gerekir (%99,99). Çelik malzemelerin MIG kaynağında ise, argon gazına oksijen ve karbondioksit gazları karıştırılır. Bu karışımda oksijen %3 ile 6, karbondioksit %5 ile 13 arasındadır. Gaz karışımına bağlı olarak, dikişte elde edilen dikiş profilleri değişmektedir. Karışımda oksijenin bulunması, arkın kararlılığını ve erimiş damlaların yüzeyde kolayca tutunmalarını sağlamaktadır. Ayrıca gözenek teşekkülünü de önlemektedir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001, Porter 2001, Oğuz 1985, Anık, 1983).

2.11.1.2 Akım Şekli ve Kaynağı

MIG kaynağında doğru akım kullanılır ve elektrod, genellikle pozitif kutuba bağlanır (ters kutuplama). Ark kararlı bir şekilde yanarak, derin bir nüfuziyet sağlar. Bazı özel hallerde doğru kutuplama ile de kaynak yapılabilir. Hafif metallerin kaynağında, parçanın yüzeyinde meydana gelen oksit tabakasının parçalanması, ancak elektrodun pozitif kutba bağlanmasıyla mümkündür. Elektrodun doğru akımda negatif kutba bağlanmasıyla oksidin parçalanma tesiri ortadan kalktığı gibi, arkın kararlılığı ve diğer taraftan da nüfuziyet derinliği azalır.

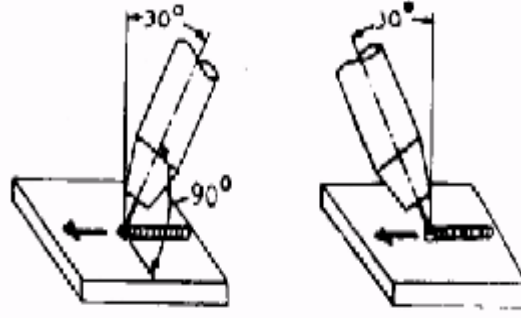
Böylece hem derin bir nüfuziyet, hem de oksit tabakasının parçalanması sağlanmış olur. Paslanmaz çeliklerin iç köşe kaynağında ve doldurma kaynaklarında, elektrod negatif kutuba bağlanır.

MIG kaynağında sabit tip statik karakteristikli kaynak makinaları kullanılır. Bu makinalarda akım şiddeti ayarı, ark gerilimi ayarlanarak yapılır. Kaynak telinin sabit hızda sevk edilmesi, ark boyunun otomatik olarak sabit tutulmasını temin eder (Anık S., 1983).

2.11.1.3 Çalışma Tekniği

Bilinen dikiş biçimlerinin hepsine MIG kaynağı uygundur. Yatay pozisyonlarda hem el, hem de otomatik olarak kaynak yapılabilir.

Kaynak dikişinin yüksekliği, genişliği ve nüfuziyeti aynı hamlaç tutuşunda kaynak gerilimini, kaynak akım şiddetini ve kaynak hızını değiştirerek ayarlanabilir. Bu faktörlerin etkileri, tozaltı kaynağında olduğu gibidir. Kaynak sırasında kaynak hamlacı, kaynak yönüne ters istikamette en fazla 30°'lik bir eğimle tutulur. Böylece kaynakçı, kaynak banyosuna ve elektrodun erime işlemine kolayca bakabilir. Eğer meyil fazla olursa, nüfuziyet azalır ve dikiş incelikler. Aynı zamanda fazla meyil gazın koruma kabiliyetini azaltır, dikişte gözenek ve kalıntıların meydana gelmesine sebep olur. Böyle çalışma tarzı, ince sacların ve kök pasolarının kaynağında kullanılır. Eğer derin bir nüfuziyet ve kalın kaynak pasosu elde edilmek istenirse, hamlaca kaynak yönünde en fazla 30°'lik bir eğim verilir. Bu iki durum, Şekil 2.6'de görülmektedir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001, Oğuz 1985, Norrish 2001).



Şekil 2.6 MIG kaynağında hamlaca (üflece) verilen eğimler (Anık S, 1983).

2.11.2 MAG Kaynağı

Eriyen elektrodla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak usulüdür. MIG kaynağından tek farkı, kullanılan koruyucu gazın karbondioksit olmasıdır. Bu sebepten MIG kaynak donanımı, MAG kaynağında da kullanılır. MAG sembolü, "Metal Active Gas" ifadesinin kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla, teşkil edilmiştir. MAG kaynağı; alüminyum ve alaşımları gibi kolayca oksitlenen malzemelerin kaynağında kullanılmaz. Günümüzde büyük oranda, çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır.

MAG kaynağında kullanılan karbondioksit; renksiz kokusuz ve havadan ağır bir gazdır. Kullanılacak karbondioksit gazının saf ve kuru olması gerekir.

Gaz içerisinde bulunabilecek rutubet, dikişi gevrekletirir ve gözenek teşekkülüne sebep olur. Kaynak sıcaklığında karbondioksit gazı, karbonmonoksit ve oksijene ayrışır. Ayrıca CO_2 , sıvı haldeki demir ile birleşerek çeşitli demiroksitler meydana getirir. Demiroksit ise mangan ve silisyum ile birleşerek, bu elementlerin kaybına sebep olur. Bu kaybın karşılanabilmesi için, kaynak telinin bu elementlerce zengin olması gerekir. Bundan başka CO_2 , karbon ile birleşerek karbon kaybına ve karbondioksit, ayrılarak karbon teşekkülüne sebep olur. MAG kaynağında kullanılan kaynak üfleçlerinin prensibi MIG kaynağındaki üfleçlere benzemektedir. Burada da kaynak yerine tabanca içinde sürekli beslenen bir tel elektrod gelmektedir.

MAG kaynağında doğru akım ve ters kutuplama kullanılır. Sabit gerilimli kaynak makinaları ile kaynak yapılır. Erime gücü, akım şiddetine bağlıdır. MAG kaynağında, kısa ark boyu ile çalışılır. Ark boyu, 1 ile 2 mm arasındadır. Kaynak tabancası mümkün olduğu kadar, parçaya dik olarak tutulmalıdır.

Ark boyunun büyük tutulması halinde, dikiş içerisinde gaz kabarcıkları kalır. Kaynak otomatik olarak veya el ile yapılabilir. El ile yapılması durumunda, bütün pozisyonlarda kaynak yapılabilir. Otomatik MAG kaynaklarında, derin nüfuziyetli ve muntazam görünüşlü dikişler elde edilir.

Alaşımız çelik teller Bunların yalnız manganez ve silisyum miktarları biraz fazladır.

Alaşımız teller: Bunlar özel işlerde kullanılır. Zirkonyum ve titanyum gibi deoksidan maddelerle alaşımlandırılmış kaynak telleridir.

Kenetli teller: Bu teller ince bandların aralarında bir toz ile birlikte sarılmasıyla elde edilir. Sonra bunlar normal tel çapında çekilir.

Toz ilaveli çelik teller: Ark teşekkül etmeden kısa bir süre önce toz halindeki dekapan magnetik olarak çelik tele yapışır ve daha sonra oluşan arka geçer.

2.11.2.1 Kaynak Donanımı ve Telin Erimesi

MAG Kaynak donanımı, daha evvel de belirttiğimiz üzere, argon gazı ile çalışan MIG kaynak donanımının aynıdır. Bu donanım bir tel makası, tel hareket mekanizması, karbondioksit tüpü, ayar cihazı, birçok hortum ve kaynak tabancasından ibarettir. MIG usulünde kullanılan kaynak tabancalarını –MAG-kaynağında da kullanabiliriz.

Burada bilhassa gaz akışının laminer olmasına dikkat edilmelidir. Her ne kadar karbondioksitin kritik hızı, hafif olan argondan takriben yarım kat daha büyük ise de, umumiyetle argon memesinin büyüklüğü yeterlidir. MAG Kaynağında, akım şekli olarak yalnız doğru akım söz konusudur. Bu da kaynak jeneratörüne ya da kaynak redresörüne ihtiyaç gösterir. Pratikte ekseriye ters kutuplama ile kaynak yapılır. İyi bir netice almak için akım membanın çıkış geriliminin akıma bağlı olmaması gerekir. Bu şartı da sabit gerilimli kaynak makineleri yerine getirmektedir.

Erime gücü akım şiddetinin bir fonksiyonudur. Aynı akım şiddetinde ve 1.6 mm.lik tel üzerinde MIG usulü ile mukayese edildiği zaman, MAG kaynağının argon gazına nazaran daha yüksek bir erime gücüne sahip olduğu görülür. Aradaki fark takriben 1 kg/saat'a erişmektedir. Çıplak elektrotla yapılan MAG kaynağında aşağıdaki neticeler elde edilmiştir:

- a) Kaynak esnasında elektrot, sivri bir şekilde erimez. Erimeye meyilli olur.
- b) Damlalar elektrodun eğri tarafında oluşur.
- c) MAG Kaynağında, damlalar MIG kaynağına nazaran daha büyüktür.

- d) Sıçrama kaybı, MIG kaynağına göre daha azdır.
- e) Ark boyu, MIG kaynağına nazaran daha kısadır.

2.11.2.2 MIG/MAG Yöntemiyle Kaynak Edilebilen Malzemeler

2.11.2.2.1 Karbonlu Çelikler

Karbonlu çelikler doğru akım ters kutuplama MAG yöntemiyle kaynaklanabilirler. Bu yöntemle karbondioksit karışımları kullanılabilir. Karışımdaki argon miktarının artması ark kararlılığını artırır. Kalın malzemelerde bütün kaynak pozisyonlarında istenen özelliklerde kaynak yapılabilir. Tel içindeki silisyum ve manganez kaynak metalini temizleyerek kaliteli kaynaklar elde edilmesini sağlar. Malzeme kalınlığının 3mm geçmesi durumunda ana malzemeye kaynak ağzı açılmalıdır.

2.11.2.2.2 Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler doğru akım ters kutuplamada MIG yöntemiyle kaynaklanabilirler. Bu yöntemde saf argon yada argonca zengin argon-oksijen-karbondioksit karışımları kullanılır. Karışımdaki argon yüzdesi %95 altına düşemez. Malzeme kalınlığının 2.5 mm geçtiği durumlarda ana malzemeye kaynak ağzı açılmalıdır. Ana malzemeye uygun kompozisyonda kaynak teli kullanılmalıdır.

2.11.2.2.3 Alüminyum ve Alaşımları

Alüminyum ve alaşımları doğru akım ve darbeli akım ters kutuplamada MIG yöntemiyle kaynaklanabilirler. Koruyucu gaz saf argon olmalıdır. Saf helyum veya helyum-argon karışımları da kullanılabilir. Yatay kaynaklarda spreyci veya darbeli geçiş tekniği, ince malzemelerde ve köşe kaynaklarında ise kısa devre metal geçiş tekniği kullanılır.

2.11.2.2.4 Nikel ve Alaşımları

Bakır ve alaşımları gibi malzemelerde MIG yöntemiyle kaynak edilebilir. Doğru akım ters kutuplama kullanılır. Malzeme kalınlıklarına ve pozisyonlarına uygun tel çapları, akım değerleri ve uygun tel kaliteleri kullanmak gereklidir.

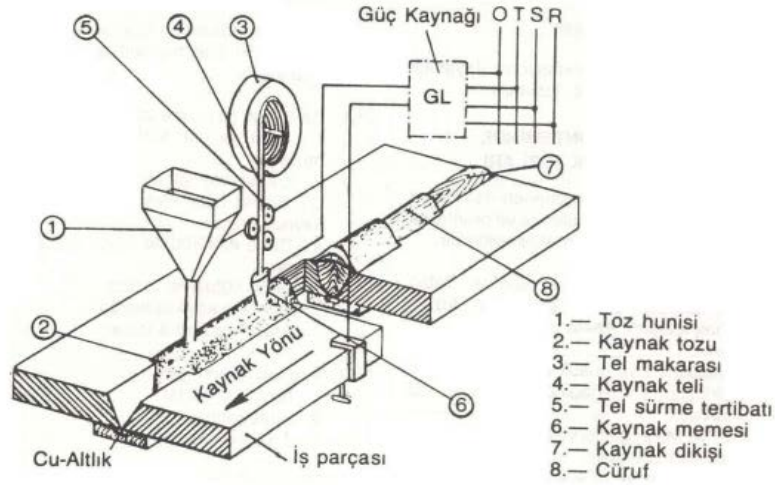
2.11.3 Tozaltı Kaynağı

Toz altı kaynak yönteminde kaynak parametreleri (kaynak akımı, ark voltajı, tel ilerleme hızı, kaynak hızı) iyi seçildiği takdirde hatasız ve çok güzel görünümlü dikişler elde edilir. Normal örtülü elektrotla yapılan kaynağa göre bu yöntemde kullanılan aynı çaplı elektrot daha yüksek kaynak akımı ile yüklendiğinden, daha büyük kaynak banyosu ve daha derin nüfuziyet elde edilir.

Yöntem, yarı otomatik ve tam otomatik kaynak uygulamalarına da müsait olduğu için, modern kaynak uygulaması olarak sanayileşmiş ülkelerde yaygın kullanım sahası bulmuştur. Sonuç olarak toz altı kaynak yöntemi sürekli olduğu için hızlı bir kaynak yöntemi olduğu için eknomikliliği ön plana çıkmakta ve otomasyona uygun olduğu içinde güvenilir ve dış görünüş itibariyle düzgün görünüş sağlamaktadır (Anık, 1972, Yiğit, 1988).

2.11.3.1 Yöntemin Prensibi ve Kaynak Donanımı

Toz altı kaynak yönetiminde de ark, otomatik olarak kaynak yerine sürülen çıplak elektrot ile is parçası arasında meydana gelir ve ayrı bir kanaldan kaynak yerine dökülen toz yığını altında işlevine devam eder. Kaynak arkının toz yığını altında teşekkül etmesinden dolayı bu yöntem tozaltı kaynak yöntemi denmiştir. Kaynak donanımının prensip şeması aşağıda görüldüğü gibidir.



Şekil 2.7 Toz altı kaynak yönteminin prensip şeması (Anık S., 1972).

Kaynak donanımı su ünitelerden meydana gelmiştir.

- Sabit gerilim tipi (c.p) kaynak makinesi
- Tel sürme motoru
- Kaynak tozu deposu
- Bakır çene
- Çıplak elektrot kangalı
- Tel sürme motoru, elektrot kangalı ve toz deposunu üzerinde taşıyan araba.

2.11.3.2 Kaynak Telleri

Alaşsız çeliklerin ve ince taneli çeliklerin kaynağında kullanılan dolu teller EN 756'da standartlaştırılmıştır. Tozaltı kaynak telleri esas olarak Mn içeriklerine göre gruplandırılır. Ancak başka alaşım elemanları da içerebilirler. Çapları 1.2 mm'den 8 mm'ye kadardır. En yaygın kullanılanları 2.5, 3, 4 ve 5 mm'dir.

Tozaltı kaynağında özlü teller ve band elektrodlar da kullanılmaktadır. Özlü teller genellikle düşük alaşımli metal tozları içerir. Band elektrodlar ise kaplama amacıyla kullanılır. Dolu band elektrodların en yaygın genişlikleri 10 ile 15 mm arasındadır.

2.11.3.3 Kaynak Tozları

Tozaltı kaynağında kullanılan kaynak tozları, eritme, sinterleme veya aglomerasyon yöntemiyle üretilen mineral karışımlarıdır. Ancak günümüzde özellikle Avrupa'da sinterleme yöntemi terkedilmiştir. Aglomere tozlar, her bir bileşenin cam suyu ile birbirine homojen şekilde karıştırılmasından sonra izafi olarak düşük sıcaklıklarda (600 ile 900°C) pişirilir; gerektiğinde ferroalaşım da eklenebilir. Aglomere tozlar küçük çaplı küresel tanecikler şeklindedir.

Erimiş tozlarda, her bir bileşen karıştırıldıktan sonra ark ocağında veya kupol ocağında birlikte eritilir. Katılaştıktan sonra kırılır ve istenen tane büyüklüğüne elenir. Bileşimi ve soğuma hızı, erimiş tozların amorf veya kristalin olmasını etkiler. Üretimi sırasında yüksek sıcaklığa maruz kaldıklarından, erimiş tozlarda metal bileşen bulunmaz.

Kaynak tozları EN 760'da standartlaştırılmıştır. Bu standarda göre tozlar türlerine göre 5, mineral yapılarına göre 10 gruba ayrılmıştır. Çizelge 2.4'de kaynak tozlarının görevleri verilmiştir.

Çizelge 2.4 Kaynak tozlarının görevleri

- | |
|--|
| <p>1-Arkın iletkenliğinin iyileştirilmesi ve bu sayede</p> <ul style="list-style-type: none">- daha iyi tutuşma- daha karartı ark <p>2 -Curuf oluşturarak</p> <ul style="list-style-type: none">- ark haznesi oluşturma- damlaların ve kaynak banyosunun atmosferden korunması- kaynak metalini metalurjik olarak etkileme- banyoya form verme-dikişin hızlı soğumasını engelleme <p>Deoksidasyon ve alaşımlama etkileri için</p> <ul style="list-style-type: none">- cüruf oksitleri içerme (metal-curuf reaksiyonları)- ferroatesimler içerme (sadece aglomere tozlarda) |
|--|

2.11.4 Tozaltı Kaynak Yönteminin Avantajları

Otomasyona uygunluğu yüksek olduğu için tozaltı yönteminin avantajları şunlardır (Gülenç, 2008, Jenkins ve Eager 2005).

2.11.4.1 Yüksek Kaynak Gücü ve Kaynak Hızı

Tozaltı kaynak tekniğinde kullanılan akım şiddeti normal olarak 200 ile 2000 Amper arasında değişir; çok telli tekniklerde bu değer 3000 Ampere kadar yükselmektedir. Bu husus çok yüksek bir erime gücü sağlamaktadır. Ayrıca kaynak hızı 6 ile 300 m/saat arasında ayarlanabilmektedir. Bu bakımlardan tozaltı kaynak usulü diğer konvansiyonel kaynak usulleri ile mukayese edilemeyecek derecede yüksek bir erime gücü ve kaynak süratine sahiptir.

2.11.4.2 Yüksek Nüfuziyet

Kaynak akım şiddetinin yüksek olması bu usulde ağız açmadan bir paso ile 18 mm ve ağız açarak da iki paso ile 150 mm kalınlığındaki parçaları rahatlıkla kaynatmak mümkündür.

2.11.4.3 Enerji Tasarrufu

Tozaltı kaynak usulünde elektrik enerjisinin büyük bir kısmı kaynak için kullanılmakta ve dolayısıyla büyük bir enerji tasarrufu sağlanmış olmaktadır, örtülü elektrot ile yapılan elektrik ark kaynağında, elektrik enerjisinin % 25'inden Tozaltı kaynağında ise % 68'inden direk kaynak için istifade edilmektedir.

2.11.4.4 Elektrot Tasarrufu

Tozaltı kaynak usulünde sıçrama kaybı yoktur; tel elektrot kullanıldığından elektrot artığı zayıyatı da yoktur.

2.11.4.5 Kaynak Dikiş Kalitesine Kaynakçı Faktörü Etki Etmemektedir

Tozaltı kaynak usulünde elektromekanik ayar ve kumanda sisteminin mevcudiyeti kaynakçı faktörünü ortadan kaldırmaktadır. Dolayısıyla kaliteli kaynakçıya ihtiyaç yoktur, ayrıca kaynakçı bedenen de az yorulmaktadır.

2.11.4.6 Yüksek Ark Stabilitesi

Ark bölgesinde buharlaşan cüruf dolayısıyla ark çok iyi bir şekilde muhafaza edilebilmektedir. Bu husus yüksek akım şiddeti ve büyük kaynak hızlarının kullanılabilmesine imkân vermektedir.

2.11.4.7 Özel Koruyucu Donanımlara İhtiyaç Yoktur

Ark tozaltından yandığından, görünen ışınlar ve ultraviole ışınları etrafa yayılmaz ve dolayısıyla gözleri korumak için özel maskeye ihtiyaç yoktur. Kaynak esnasında caz ve toz teşekkülü de çok az olduğundan özel havalandırma sistemine ihtiyaç yoktur. Kaynak kafası da kaynak esnasında ısıdan çok müteessir olduğundan özel bir soğutma tertibatına ihtiyaç göstermeden sürekli olarak kullanılabilir.

2.11.5 Tozaltı Kaynak Usulünün Dezavantajları

Pahalı makine ve teçhizata ihtiyaç gösterir, dolayısı ile ilk yatırım masrafları yüksektir.

İnce saclarının kaynağı için uygun bir usul değildir.

Kısa boylu ve karışık şekilli dikişler için otomatik tozaltı makineler geliştirilmiş ise de bunlar tozaltı kaynak usulünün bütün avantajlarını bünyelerinde toplayamamaktadırlar. Karışık şekilli kaynak dikişini haiz fakat çok sayıda yapılması gereken parçalar için özel surette geliştirilmiş makineler kullanılabilir.

Tozaltı kaynak usulü ile yatak pozisyonda iyi netice alınabilmektedir. Dik pozisyon için özel tertibatlar geliştirilmiş olmakla beraber, bu pozisyon için daha ziyade electrocüruf kaynağı tercih edilmektedir. Tavan ve korniş pozisyonlarında kaynak yapmak bu usulle mümkün değildir.

2.12. Genetik Algoritma

Genetik algoritmalar 1970'lerin başında John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Genetik algoritmalar, karmaşık düzenli problemlerin çözümünü gerçekleştirmek amacıyla, evrim yöntemlerini kullanan bir arama yöntemidir. Genetik algoritmalar, matematiksel fonksiyonların global optimizasyonunu hedeflerler. Genetik algoritmaları diğer araştırma yöntemlerinden ayıran özellik ise, bir çözüm seti ile başladıktan sonra, geliştirme için biyolojik evrimi esas alan bir prosesin kullanılmasıdır (Holland 1992).

Rastgele bir araya getirilen bu topluluk içerisindeki bireylerin istenilen amaç fonksiyonuna uygunluğu kontrol edilir, eğer bir minimizasyon arama işlemi varsa, amaç fonksiyonuna göre en minimum olan karşılaştırılabilir minimum değer olur. Bir problemin bütünsel en iyi çözümünü bulmak için garanti vermezler ancak problemlere makul bir süre içinde, kabul edilebilir, iyi çözümler bulurlar. Genetik algoritmaların asıl amacı, hiçbir çözüm tekniği bulunmayan problemlere çözüm aramaktır. Kendilerine has çözüm teknikleri olan özel problemlerin çözümü için mutlak sonucun hızı ve kesinliği açısından genetik algoritmalar kullanılmazlar (Eksin 2001, Fang 1992).

Genetik algoritmalar, ancak, arama uzayının büyük ve karmaşık olduğu, mevcut bilgiyle sınırlı arama uzayında çözümün zor olduğu, problemin belirli bir matematiksel modelle ifade edilemediği, geleneksel eniyileme yöntemlerinden istenen sonucun alınmadığı alanlarda etkili ve kullanışlıdır (Fang 1992, Cheng 1996, Kurt ve Semetay 2001).

Genetik Algoritmaları (GA) diğer metodlardan ayıran noktalar şu şekilde sıralanabilir; GA, sadece bir arama noktası değil, bir grup arama noktası (adaylar) üzerinde çalışır. Yani arama uzayında, yerel değil global arama yaparak sonuca ulaşmaya çalışır. Bir tek yerden değil bir noktalar kümesi içinden çözüm arama yapar. GA, arama uzayında bireylerin uygunluk değerini bulmak için sadece **“amaç-uygunluk fonksiyonu”** (objective-fitness function) ister. Goldberg (1989), Böylelikle sonuca ulaşmak için türev ve diferansiyel, işlemler gibi başka bilgi ve kabul kullanmaya gerek duymaz. Diğer metodlarda olduğu gibi doğrudan parametreler üzerinde çalışmaz. Genetik algoritmalar türev yerine uygunluk fonksiyonunun değerini kullanır. Genetik algoritmalar parametreler kodlanabildiği sürece çözüm üretilebilir. Bu sebeple genetik algoritmalar ne yaptığı konusunda bilgi içermez, nasıl yaptığını bilir.

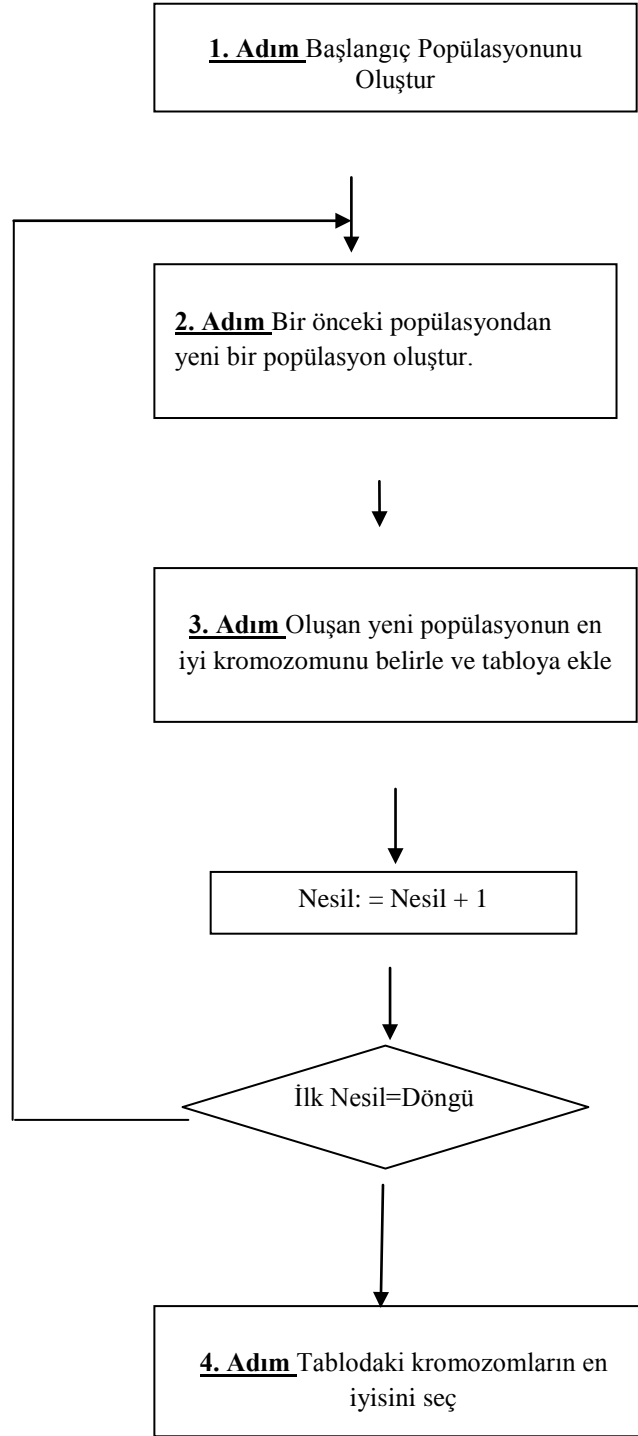
Bu nedenle çoğunlukla yerel en iyi çözümde sıkışıp kalmazlar. Bu değerin kullanılması ayrıca yardımcı bir bilginin kullanılmasını gerektirmez, olasılık kurallarını kullanır.

Genetik algoritmaları diğer algoritmalarından ayıran en önemli özelliklerden biri de seçmedir. Genetik algoritmalarda çözümün uygunluğu onun seçilme şansını artırır ancak bunu garanti etmez. Seçim de ilk grubun oluşturulması gibi rastgeledir ancak bu rastgele seçimde seçilme olasılıklarını çözümlerin uygunluğu belirler.

2.12.1 Genetik Algoritma Aşamaları

- ❖ **Başlangıç:** Problemin karar değişkenlerinin şifrelendiği (n) adet kromozom içeren bireylerle başlangıç topluluğunun oluşturulması.
- ❖ **Uyumluluk:** Her kromozom için fonksiyonun uygunluk (amaç) değerlerinin bulunması.
- ❖ **Seçim:** İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır.)
- ❖ **Çaprazlama:** Uygunluk değeri iyi olan bireyler eşleştirilerek bu bireylerden yeni bireyler oluşturulması.
- ❖ **Mutasyon:** Mutasyon olma olasılığına göre seçilen herhangi bir bireyin kromozomlarındaki bir bitin değiştirilmesi işlemi.
- ❖ **Ekleme:** Mevcut topluluktaki uygunluk değeri en iyi olan bireyin olduğu gibi yeni topluluk havuzuna aktarılması.
- ❖ **Yeni topluluk havuzu:** Yeni oluşan bireylerin bir havuza alınması, eski bireylerin (ebeveynler) öldürülerek havuzdan atılması.
- ❖ **Sonuç:** Topluluktaki bireylerden birisi istenilen sonucu veriyorsa algoritmanın sona erdirilmesi.
- ❖ **Döngü:** 2. adıma geri dönülmesi

Çizelge 2.5 Genetik Algoritmalar için genel akış şeması.



Croce'a göre GA ile çözüme gidilirken takip edilmesi gereken adımlar yukarıda belirtilmiştir (Biroğul 2005, Davis 1991).

Arama uzayındaki bütün muhtemel çözümler dizi olarak kodlanır. Bu diziyi (kromozomu) meydana getiren her bir elemana gen denir. Her bir dizi, arama uzayında belirli bir bölgeyi ifade eder.

Genellikle rastgele bir çözüm kümesi belirlenir ve bu başlangıç yığını olarak seçilir.

Her bir dizi için uygunluk değeri hesaplanır. Bulunan bu uygunluk değeri dizinin (çözümün) kalitesini gösterir. Bir grup dizi belirli bir olasılık değerine göre rastgele seçilip üreme işlemi gerçekleştirilir.

Üreme işlemlerinde, çeşitli genetik operatörler kullanılır.

Yeni bireylerin uygunluk değeri hesaplanır, ve belirlenen durumlara göre çaprazlama ve/veya değişim işlemlerine tabi tutulur.

Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca veya durdurma kriterleri sağlanıncaya kadar yukarıdaki işlemlere devam edilir.

Belirlenen döngü veya durma kriteri sağlandığında, oluşan son nesilden en iyi uygunluk değerine sahip birey çözüm olarak seçilir.

2.12.2 Uygunluk Fonksiyonu

GA'nın en önemli parametrelerinden bir tanesi uygunluk fonksiyonu seçimidir.

Bu fonksiyon ile, kromozom içerisindeki kodlanmış yada kodlanmamış bilgiler çözümlenerek sayısal bir değer elde edilir.

Bir başka ifadeye, kromozomun ya da çözümün sisteme uygulanmasıyla elde edilecek çıktıya ulaşılır. Elde edilen sonuç yeterli ise yada belirlenen değere ulaşıldı ise işlem sonlanır. Eğer sonuç yeterli değil ise yeni bir jenerasyona geçilir. Yine seçim işlemi ile güçlü bireyler seçilir, çaprazlama ve mutasyon işlemi ile işlem devam eder. Eğer araştırmacı için yetersiz olursa bu değer arttırılabilir (Mansfield 1990, Syswerda 1991, Syswerda 1989).

2.13 Taguchi Tekniği

2.13.1 Taguchi Felsefesi

Bir kalite iyileştirme ve maliyet düşürme yöntemi olarak takdim edilebilecek “Taguchi Tekniği”, Japon Mühendis ve Bilim adamı Dr.Genichi Taguchi'nin 1940'larda başladığı

çalışmalarıyla geliştirdiği ve özellikle 1980 sonrası tüm dünyada geniş yankı uyandıran bir kalite geliştirme metodudur.

Taguchi Yöntemi, parametre tasarımı, sistem tasarımı ve tolerans tasarımı üzerine kurulmuş bir deney tasarım ve optimizasyon yöntemidir. En yaygın olarak, kalite güvence sistemleri kapsamında toplanan verilerin, istatistiksel analizinde kullanılmaktadır. Taguchi'nin deney tasarım yöntemi, farklı parametrelerin, farklı seviyeleri arasından optimum kombinasyonu saptamak adına oldukça yararlı bir yöntemdir (Güral, 2003).

Taguchi, felsefesini üç temel anlayış üzerine bina etmiştir. Sonradan geliştirilen tüm teknikler bu kavramlar ışığında oluşturulmuştur. Taguchi felsefesinin temel prensipleri: Kalite, ürünün tasarımı aşamasında göz önünde bulundurulması gereken bir kriterdir, sonradan ürüne katılamaz.

Kaliteye, hedef değerden sapmaların en aza indirilmesiyle en mükemmel düzeyde ulaşılır. Böylelikle ürün kontrol edilemeyen çevre faktörlerine (gürültü faktörleri) karşı dayanıklı hale gelir.

Kalitenin maliyeti standart değerlerden sapmanın bir fonksiyonu olarak hesaplanmalı ve kayıplar da sistem çapında ölçülmelidir.

Kaliteyi iyileştirmek için atılması gereken birinci adım; ürün karakteristiklerinin hedeflenen değerleri etrafında dağılmasını sağlamaktır. Bunu gerçekleştirmek içinse Taguchi, özel olarak hazırlanmış ve Ortogonal diziler olarak adlandırılan tabloları kullanarak tasarladığı deneyleri kullanmıştır. Bu tabloların kullanımı deney tasarımını basit ve kolay anlaşılır hale getirmiştir.

İkinci olarak, ideal değerlere uyan ürünler üretebilmek için hedef değer etrafındaki sapmaları azaltmak gerekir. Bu amacı gerçekleştirmek için de Taguchi gürültü faktörlerini ele almaktadır. Onun terminolojisiyle "Gürültü Faktörleri"; prosesin kalite değişkenini (respons) etkileyen ve kontrol altına alınmaları ekonomik olarak mümkün olmayan faktörlerdir. Hava koşulları, tezgah yıpranmaları vs. sapmaların (varyasyon) başlıca sebebi olan gürültü faktörleridir.

Her bir parametrenin, her bir seviyesini içeren tüm kombinasyonlar için oldukça fazla deneysel çalışma yapılması gereken durumlarda, Taguchi Yöntemi kullanılarak, çok daha az sayıda deneysel çalışma ile sonuca ulaşmak mümkün olmaktadır. Taguchi

deneysel tasarım metodunda geliştirilen metodoloji üç temel kavramdan oluşur bunlar; sistem tasarımı, parametre tasarımı ve tolerans tasarımıdır (Güral 2003).

2.13.1.1 Sistem Tasarımı

Sistem tasarımı bu metodun ilk adımıdır. Bu adımda eldeki bütün materyaller değerlendirilir, aynı zamanda mevcut teknolojik yenilikler araştırılır ve sistemde kullanılabilirliği üzerine fizibilitesi yapılır. Bu adımda amaç en az maliyetle en iyi ürün tasarımı ve maksimum müşteri memnuniyetidir.

Taguchi'ye göre, ürünün kalitesini iyileştirmede en belirleyici çalışmaların yapılabileceği aşama hem ürün hem de proses için parametre tasarım aşamasıdır.

Ürün parametre tasarımı, ürün parametrelerinin malzeme formülasyon değerleri, çeşitli boyutlar, yüzey özellikleri gibi optimal değerlerin belirlenmesi anlamına gelmektedir.

2.13.1.2 Parametre Tasarımı

Süreç yenilemesi ve iyileştirmesinin en önemli adımı parametre tasarımıdır. Varyasyonun nedenini araştırmadan ve ortadan kaldırmadan kaliteyi geliştirmek ve kontrol edilemeyen faktörlere karşı güçlü yapmak için kullanılır.

Bu adımda üretilecek olan ürünün yada geliştirilecek olan ürünün özelliklerinin en iyi seviyeye getirilebilmesi için üretimde kullanılan parametrelerin iyileştirilmesi sağlanır. Parametrelere en iyi seviyeler seçilir. Üretim esnasında ürünün kalitesini olumsuz etkileyecek kontrol edilemeyen etkiler belirlenir. Bunlara kontrol edilemeyen parametre adı verilir bu parametrelerin etkileri minimize edilir.

Parametre tasarımında amaç üründe ortaya çıkabilecek varyasyonu asgariye indirerek, ürünün maliyetini azaltmaktır.

Bu adımda parametreler bloklanırken Taguchi nin geliştirmiş olduğu ortogonal diziler kullanılır. Taguchi, kayıp fonksiyonu olarak bilinen ve aynı zamanda gürültü oranı (S/N - Signal/Noise) fonksiyonu olarak da ifade edilen üç farklı amaca uygun fonksiyon vardır. Bunlar;

Performans karakteristiği adı verilen sonucun en düşük en iyi olduğu durumda:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right) \quad (2.7)$$

En yüksek (büyük)en iyi olduğu durumda:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (2.8)$$

Nominal en iyi olduğunda

$$S/N = 10 \log \left(\frac{y^2}{S^2} \right) \quad (2.9)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.10)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.11)$$

y_i = Performans karakteristiğinin i. gözlem değeri

n = 1 denemedeki test sayısı

\bar{y} = Gözlem değerlerinin varyansı olup S/N oranı büyüdükçe hedef etrafında ürün varyansı küçülür.

2.13.1.3 Tolerans Tasarımı

Parametre tasarımının varyasyonu azaltmada yeterli olmadığı kanıtlandığı durumlarda kullanılır. Parametre düşük maliyetli, geniş ölçüde değişen faktörler kullanılabilir. Varyasyonu istenilen değere düşürmek için bu bileşenleri kalitesinin geliştirilmesi halen gerekiyorsa, tolerans tasarımı gündeme gelir.

2.13.2 Taguchi Deneysel Tasarımının Prosedürleri

Taguchi metodu ile deney tasarımında uygulanması gereken bazı temel prosedürler belirlenmiştir.

Deneyin tam olarak Taguchi metoduna göre gerçekleştirilmesi için bu prosedürlerin uygulanması gerekmektedir (Ross, 1995).

1. Problemin tanımlanması.
2. Gürültü oranının seçimi ve ölçüm sisteminin belirlenmesi

3. Deneý parametrelerinin ve parametrelere ait seviyelerin belirlenmesi
4. Parametrelerin kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olarak ayrılması
5. Parametreler arasında etkileşimin olup olmadığının kontrol edilmesi
6. Deneye uygun ortagonal dizinin seçilmesi
7. Tüm parametrelerin ortagonal sütuna atanması
8. Kalite kayıp fonksiyonları ve performans istatistiklerinin seçilmesi
9. Deneýlerin belirli tekrarda yapılması ve sonuçların kaydedilmesi
10. Varyans analizinin yapılması ve etkin parametrenin belirlenmesi
11. İstenilen sonuca göre en iyi parametre seviye kombinasyonun belirlenmesi
12. Gerçekleme deneýinin yapılması ve deneýin sonuçlandırılması

2.13.3 Varyans Analizi

Ürün veya proses geliştirmenin amacı;müşteri beklentileri ve ihtiyaçları ile ilgili olan ürün veya prosesin performans karakteristiğini geliştirmektir. Deneýlerin amacı ise ürün veya prosesin değişimini kontrol etmek ve azaltmaktır. Sonra da performansı etkileyen parametrelerin hangileri olduğu ile ilgili bir karar verilmelidir. Kalite ile ilgili tartışmaların büyük bir bölümü varyans ile ilgili olduğundan dolayı, deneysel verilerin yorumlanmasında ve gerekli kararların verilmesinde varyans analizi (ANOVA) istatistiksel metotları kullanılmaktadır.

ANOVA test edilen parça gruplarının ortalama performansları arasındaki farklılığı ortaya koymak için kullanılan istatistiğe dayalı bir araçtır. Varyans analizi toplam varyasyonu bileşenlerine ayıran matematiksel bir tekniktir ve serbestlik derecesi, karelerin toplamı, ortalama kareler (varyans) vb. gibi niceliklerin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

3. MATERYAL VE METOD

Bu çeliklere X,U ve V kaynak ağızları açılıp MIG/MAG ve Tozaltı kaynak yöntemleri kullanılarak birleştirilmiştir. Kullanılan 18 tip numunenin hangi kaynak yöntemi ve hangi amperde birleştirildiği Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Bu çalışmada AISI standartlarında 1020,4140 ve 2738 (DIN 1.2738, AISI P20+Ni) çelikleri kullanılmıştır. Bu çeliklere MIG, MAG ve Tozaltı kaynakları yapılmıştır.

Çizelge 3.1 Numunelerin kodları ve kaynak parametreleri

Deney Sayısı	Çelik Türü	Kaynak Ağızı	Amper	Kaynak Türü	Kaynak Hızı
1	1020	V	120	MIG	Düşük
2	1020	X	150	MAG	Orta
3	1020	U	180	TOZ	Yüksek
4	2738	V	120	MAG	Orta
5	2738	X	150	TOZ	Yüksek
6	2738	U	180	MIG	Düşük
7	4140	V	150	MIG	Yüksek
8	4140	X	180	MAG	Düşük
9	4140	U	120	TOZ	Orta
10	1020	V	180	TOZ	Orta
11	1020	X	120	MIG	Yüksek
12	1020	U	150	MAG	Düşük
13	2738	V	150	TOZ	Düşük
14	2738	X	180	MIG	Orta
15	2738	U	120	MAG	Yüksek
16	4140	V	180	MAG	Yüksek
17	4140	X	120	TOZ	Düşük
18	4140	U	150	MIG	Orta

Üç farklı çelik türü:1020, 4140 ve 2738

İki farklı Kaynak türü: TOZALTI, MIG ve MAG

Üç farklı Kaynak Ağızı: X, V ve U

Üç farklı kaynak hızı: Düşük (6cm/dk), Orta (12 cm/dk) ve Yüksek (18cm/dk) kullanılmış ve her bir numuneden üç adet yapılarak deneyler tamamlanmıştır. Kullanılan çeliklerin boyutları 150x100x10mm’dir.

3.1 Hazırlık Uygulaması

Kaynağa hazırlık çalışması başlıca iki aşamadan oluşmuştur:

- a) Kaynak yerinin temizlenmesi;
- b) Kaynak ağızlarının açılması.

a) Kaynak yerinin temizlenmesi

Kaynaktan önce ve kaynaktan sonra temizlik çoğu zaman kaynak işleminin en önemli kısmıdır. Bu çalışmada kullanılan numunelerin kaynak yüzeyleri deneysel çalışmaların sonuçlarını olumsuz yönde etkilememesi amacı ile yabancı maddelerden arındırılmıştır. Bu çalışmada ki kullanılan numunelerin kaynak yüzeyleri tel fırça kullanılarak oksit tabakalarından ve yabancı malzemelerden arındırılmış.

b) Kaynak ağzının açılması

Bu çalışmada kullanılan numunelerin kaynak yüzeyleri yabancı maddelerden arındırıldıktan sonra SUNLIKE marka Kaynak Ağızı Açma Makinasında (YS-942VA) kaynak iç yüzeylerine V,X ve U kaynak ağızları açılmıştır. Kaynak işleminden sonraki aşamalarda yapılacak olan analiz işlemlerinin sonuçlarının doğruluk payını arttırmak amacıyla kaynak iç yüzeylerinin kaynaktan önce nisbeten düzgün bir yüzey elde edilmelidir. Bu amaç ile kaynak ağızı açma işleminde meydana gelen talaş parçalarının sürtünmesini azaltmak, bu talaş parçalarını kesim bölgesinden tahliye etmek ve kesim sırasında meydana gelen ısıyı minimize etmek için kesim bölgesine bor yağı takviye edilmiştir. Numunelere açılmış olan V,X ve U kaynak ağızlarının boyut ve standartları Şekil 3.3, Şekil 3.5 ve Şekil 3.7'de verilmiştir.



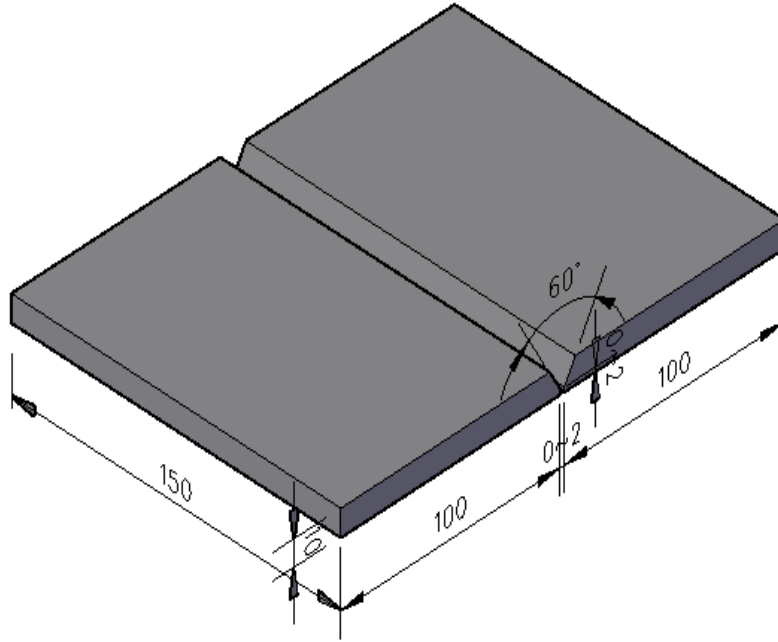
Şekil 3.1 Kaynak ağızı açma tezgahı

V kaynak ağızı

V kaynak ağızı, tek taraflı kaynakla uç uca, tamamen nüfuz etmiş bir birleştirme elde etmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.2 V kaynak ağızı açılmış numuneler



Şekil 3.3 V kaynak ağızı açılmış numunenin şekli ve boyutu

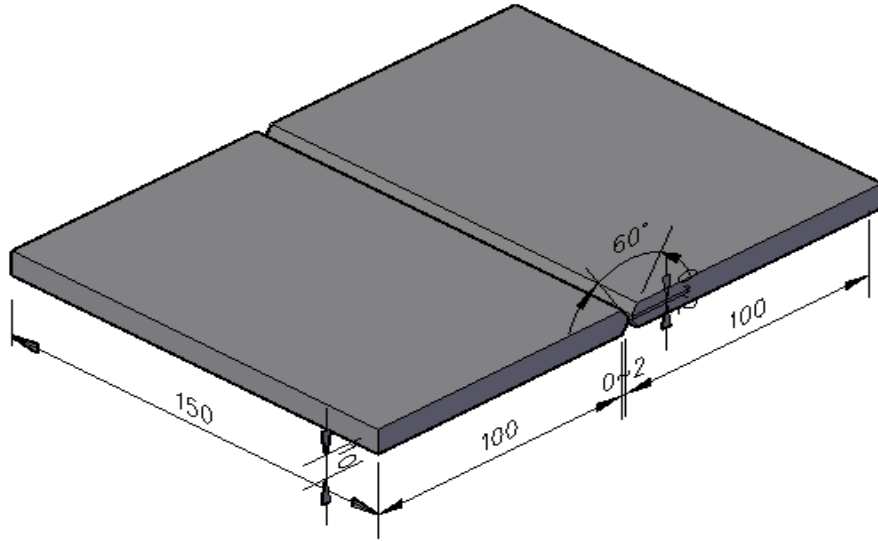
Bu çalışmada V kaynak ağızı açılmış numunelere ait temsili resmi ve boyutları Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

X kaynak ağız

Kaynak esnasında meydana gelen şekil değişiklerini ve kullanılan enerjiyi minimuma indirmek amacı ile bazı tip numunelerde X kaynak ağızı açılmıştır.



Şekil 3.4 X kaynak ağızı açılmış numuneler.



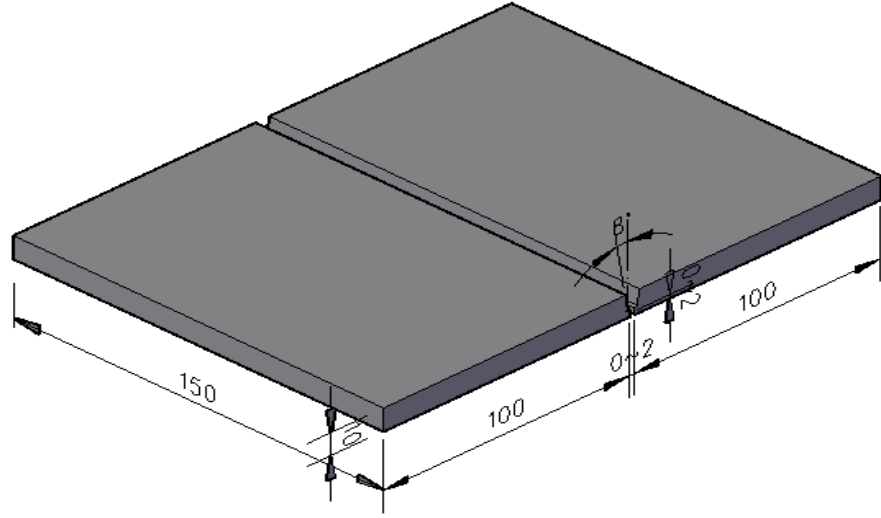
Şekil 3.5 X kaynak ağızı açılmış numunenin şekli ve boyutu

Bu çalışmada X kaynak ağızı açılmış numunelere ait temsili resmi ve boyutları Şekil 3.5’de gösterilmiştir.

U kaynak ağızı



Şekil 3.6 U kaynak ağızı açılmış numuneler.



Şekil 3.7 U kaynak ağızı açılmış numunenin şekli ve boyutu

Bu çalışmada U kaynak ağızı açılmış numunelere ait temsili resmi ve boyutları Şekil 3.7de gösterilmiştir.

3.2 Kaynak İşlemi

Kaynak ağızı açılmış olan numuneler MIG/MAG ve Tozaltı kaynak yöntemleriyle daha önceden belirlenmiş olan kaynak amperi ve kaynak hızlarında kaynak işlemine tabi

tutulmuştur. Bu kaynak işleminde kullanılmış olan OERLIKON marka Magmaweld (RS 500 MW) MIG/ MAG gazaltı kaynağı makinası (Şekil 3.8), ESAB CAB 300 S Serisi tozaltı kaynak makinası kullanılmıştır (Şekil 3.9). MIG ve MAG kaynağı sırasında kullanılan kaynak telinin çapı 1.2 mm dir. Tozaltı kaynağı sırasında kullanılan kaynak telinin çapı ise 4mm dir.



Şekil 3.8 MIG/MAG Kaynak cihazı



Şekil 3.9 Tozaltı Kaynak cihazı

Çizelge 3.2 MIG/MAG Kaynak telinin kimyasal bileşimi

Mg3 Gazaltı MIG/MAG Kaynak Telinin Kimyasal Bileşimi		
C	Si	Mn
0.08	0.90	1.70

Çizelge 3.3 Tozaltı kaynak tozu kimyasal bileşimi

Geka Eliflux Bfb Bazık Tip Tozaltı Kaynak Tozu Kimyasal Bileşimi			
	C	Si	Mn
S1	0.06	1.20	0.25
S2	0.07	1.50	0.35

Bu tez çalışmasında kaynakların bileşimi ile dayanımları ve ayrıca kaynak bileşimi ile diğer parametreler arasında ilişki kurmak için bileşim analizi yapılmasında planlanmıştır ancak özellikle C ve O miktarlarının tayinin pahalı olması nedeniyle bütçemiz yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, bileşim analizleri yapılamamıştır.

3.3 Zımparalama, Parlatma, Dağlama İşlemi

Zımparalama işlemi, 1000G nolu zımpara kağıdı ile tamamlanarak parlatma işlemine geçilmiştir (Şekil 3.10). Parlatma işlemi için 0.5 mikrometre boyutundaki alümina (Al_2O_3) kullanılmıştır. Dağlama işlemi parlatma işleminden sonra %5HNO₃ +Saf su karışımı kullanılarak kademeli olarak yapılmıştır. Dağlama işleminin ardından kaynak bölgesinden ve ITAB bölgesinden optik mikroskopla resimler çekilmiştir.



Şekil 3.10 Numune zımparalama ve parlatma cihazı

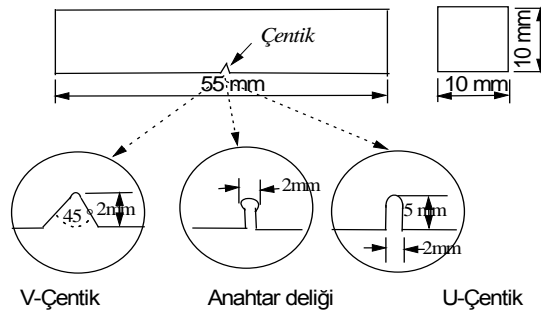
3.4 Darbe Deneyi

Malzemenin dinamik yüklere karşı kırılma enerjisini belirlemek için yaptığımız bir deneydir. Darbe deneyi cihazı Şekil 3.11’de olduğu gibidir.



Şekil 3.11 Darbe deneyi cihazı

Genellikle Charpy ve Izod olarak iki tipte darbe deney yöntemi vardır. Temel prensip aynıdır. Charpy deney numunesi yatık olarak Izod deney numunesi dik olarak darbe deney cihazına yerleştirilir. Bizim kullandığımız yöntem Charpy darbe deney yöntemidir. Tipik bir Charpy darbe deney numunesinin ölçü boyutu Şekil 3.12’de olduğu gibidir.



Şekil 3.12 Charpy Darbe deney numunesi şematik gösterimi

Bir numune üzerinde özellikle sünekliği fazla ve yüksek darbe direnci gösteren numunelerde belli ölçülerde çentik açılmalıdır. Bu entikler Şekil 3.12 de gösterildiği gibi V-entik, anahtar deliği ve U-entik gibi çeŐitlenebilir.



Şekil 3.13 Numuneler zerinde V-çentikler açılmıştır.

Genellikle bir malzemenin darbe direnci enerjisi (tokluğu) ile sünekliği arasında bir ilişki vardır. Fazla süneklik göstermeyen malzemelerin (%1-2'in altında) darbe dirençleri de düŐüktür. Bir malzemenin çekme (gerilme)-uzama eğrisi altıda kalan alan ne kadar fazla ise o malzeme o kadar çok darbeye karşı direnç gösterecektir.



Şekil 3.14 Darbe deneyi uygulanmış numuneler

4. DENEYLER SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4.1. Çekilen kaynakların makroyapısal özellikleri

Çekilen kaynaklara ait makroyapı resimleri Şekil 4.1 - 4.17 arasında verilmiştir.



Şekil 4.1 1020 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.1’de 1020 çeliğine V kaynak ağızı açılmış olup, 120 amperde, düşük kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.2 1020 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.2’de 1020 çeliğine X kaynak ağzı açılmış olup, 120 amperde, yüksek kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır. Bu kaynak işlemi sonucunda gözle yapılan inceleme doğrultusunda nüfuziyet eksikliği olduğu görülmüştür. Bu iki resmi karşılaştırırsak ve eğer aynı amperde kaynak yapıldığını da göz önünde bulundurursak kaynak hızının yüksek olması nüfuziyet eksikliğine sebep olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.3 2738 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.3’de 2738 çeliğine U kaynak ağzı açılmış olup, 180 amperde, düşük kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır. Kaynak hızının düşük olması, nüfuziyetinin daha iyi olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.4 2738 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.4'de 2738 çeliğine X kaynak ağzı açılmış olup, 180 amperde, orta kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır. Bu kaynak işlemlerini karşılaştırırsak eğer, aynı amper kullanılıp kaynak ağzlarının farklı olması ve kaynak hızlarının farklı olduğunu da göz önünde bulundurursak kaynak hızının orta olması kaynakta birleşme azlığına neden olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.5 4140 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.5'de 4140 çeliğine V kaynak ağzı açılmış olup, 150 amperde, yüksek kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır.



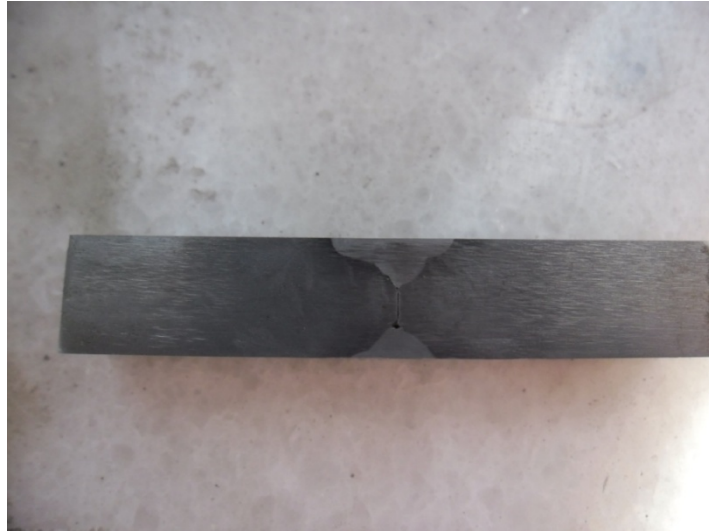
Şekil 4.6 4140 çeliği MIG kaynağı

Şekil 4.6'da 4140 çeliğine V kaynak ağzı açılmış olup, 150 amperde, yüksek kaynak hızında MIG kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.7 1020 çeliği MAG kaynağı

Şekil 4.7'de 1020 çeliğine U kaynak ağzı açılmış olup, 150 amperde, düşük kaynak hızında MAG kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.8 1020 çeliği MAG kaynağı

Şekil 4.8'de 1020 çeliğine X kaynak ağzı açılmış olup, 150 amperde, orta kaynak hızında MAG kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.9 2738 çeliği MAG kaynağı

Şekil 4.9'da 2738 çeliğine V kaynak ağızı açılmış olup, 120 amperde, orta kaynak hızında MAG kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.10 2738 çeliği MAG kaynağı

Şekil 4.10'da 2738 çeliğine U kaynak ağızı açılmış olup, 120 amperde, yüksek kaynak hızında MAG kaynağı yapılmıştır.



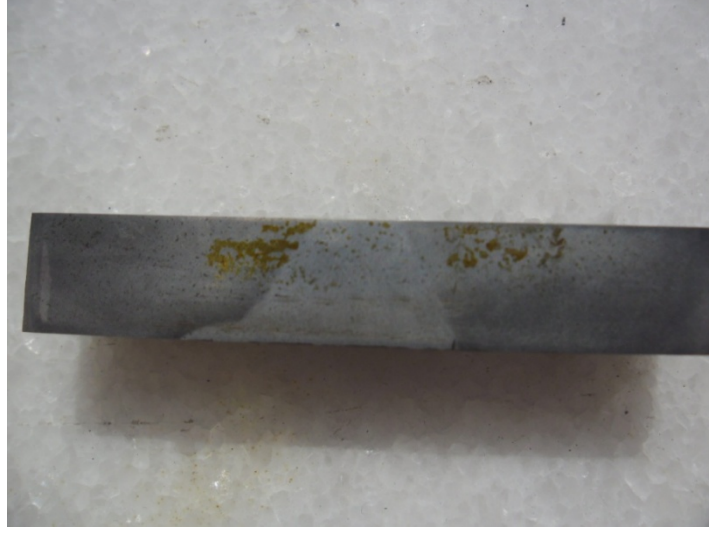
Şekil 4.11 4140 çeliği MAG kaynağı

Şekil 4.11’de 4140 çeliğine V kaynak ağızı açılmış olup, 180 amperde, yüksek kaynak hızında MAG kaynağı yapılmıştır.



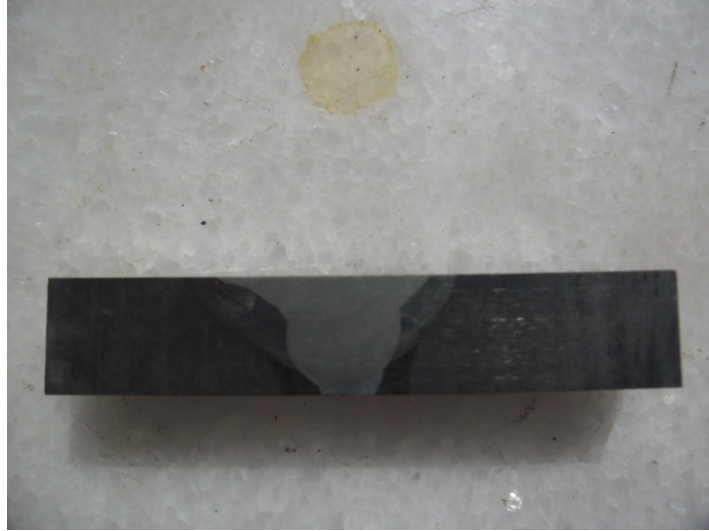
Şekil 4.12 1020 çeliği Tozaltı kaynağı

Şekil 4.12’de 1020 çeliğine U kaynak ağızı açılmış olup, 180 amperde, yüksek kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.13 1020 çeliği Tozaltı kaynağı

Şekil 4.13’de 1020 çeliğine V kaynak ağızı açılmış olup, 180 amperde, orta kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.14 2738 çeliği Tozaltı kaynağı

Şekil 4.14’de 2738 çeliğine V kaynak ağızı açılmış olup, 150 amperde, düşük kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.



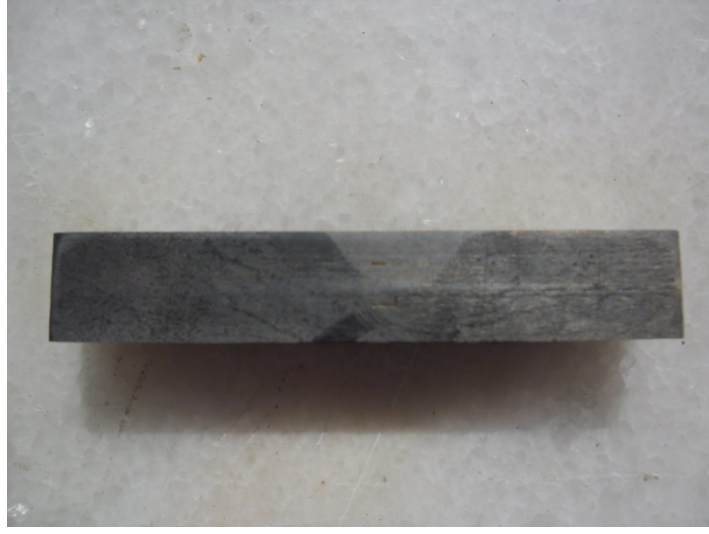
Şekil 4.15 2738 çeliği Tozaltı kaynağı

Şekil 4.15’de 2738 çeliğine X kaynak ağzı açılmış olup, 150 amperde, yüksek kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.16 4140 çeliği Tozaltı kaynağı

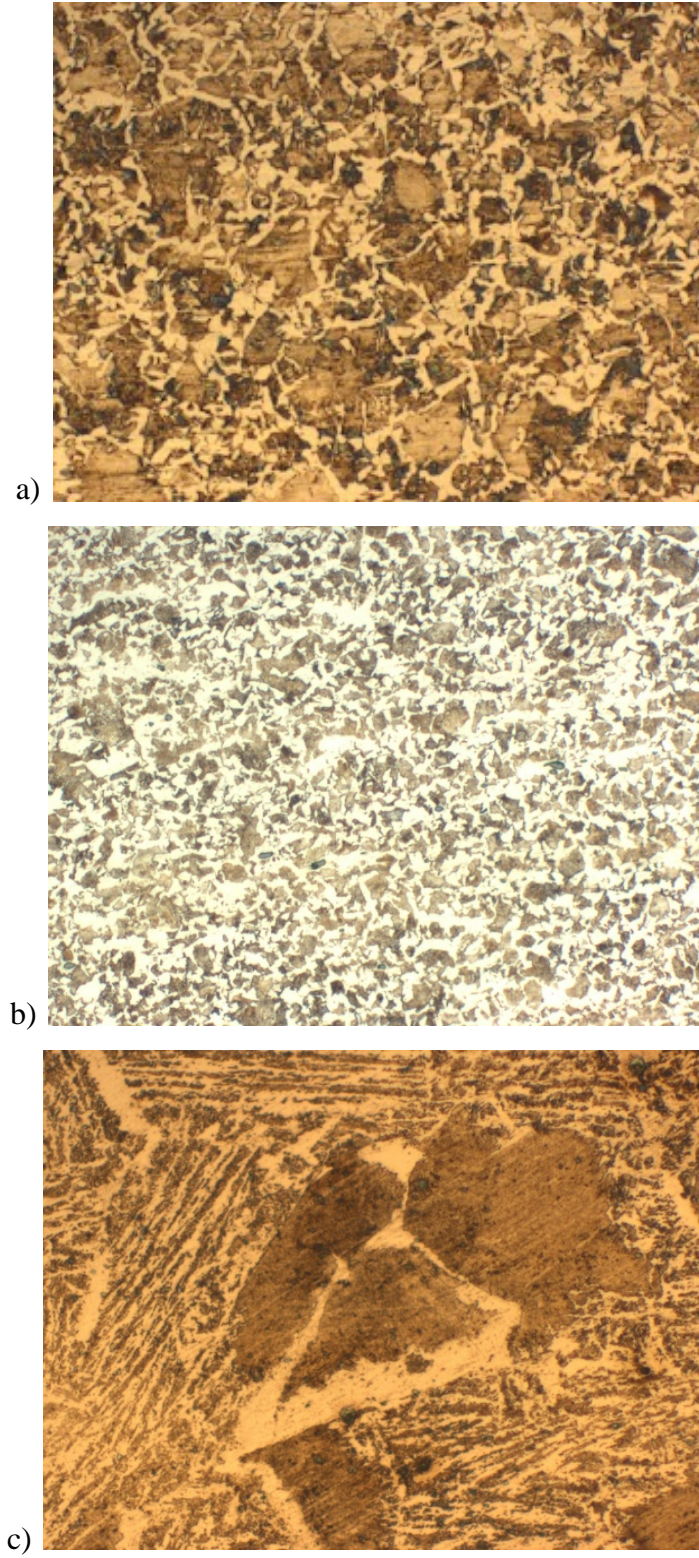
Şekil 4.16’da 4140 çeliğine U kaynak ağzı açılmış olup, 120 amperde, orta kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.



Şekil 4.17 4140 çeliği Tozaltı kaynağı

Şekil 4.17’de 4140 çeliğine X kaynak ağzı açılmış olup, 120 amperde, düşük kaynak hızında Tozaltı kaynağı yapılmıştır.

4.2 Ana Metal Mikroyapıları



Şekil 4.18 Ana metal mikroyapıları, a) AISI1020 (100X), b) 2738 (50X) ve c) AISI4140 çeliklerin ait ana metal mikroyapıları (200X)

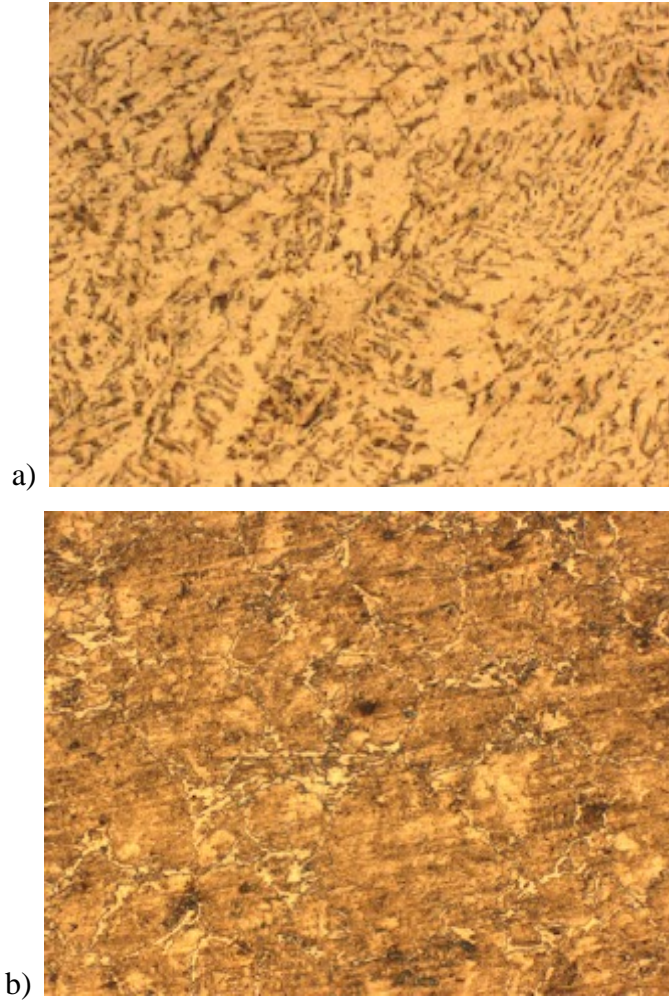
AISI 1020 çeliği standart yapısal çelik olarak birçok makine imalatında ve makine parça imalatında sıklıkla kullanılan bir çelik türüdür. Bu çeliğin haddelenmiş mikroyapısı perlit ve ferrit yapısındadır. Isıl işleme bu yapı önce ince perlit ve ferrit yapısında veya daha yüksek soğuma hızlarında ise karbür ve martenzit yapısında sonlanır. Kaynak hızlarında elde edilen yapılar kaynak türüne göre değişir. Yüksek kaynak hızı ile sonlanan işlemlerde örneğin düşük kaynak akımı ile yapılan kaynaklarda bu yapı daha sert olan martenzit ve/veya beynit ile sonlanır. Düşük soğuma hızına sebep olan soğumalarda perlit ve ferrit yapısı korunur. Yukarıda mikroyapısı verilen AISI 1020 çeliği mikroyapısı haddelenme işleminden sonra yavaş soğumaya terk edildiği için perlit ve ferrit yapısı görülmektedir. Karbon miktarı %100 perlit yapısının elde edildiği %0.79 C oranında olmadığı için tane sınırları ferritle kaplanmış ve tane içerisinde ise perlit yapının bulunduğu koyu kahverengi bölgeler bulunmaktadır.

AISI 1020 ye göre daha yüksek oranda C içeren 2738 çeliği ise; sahip olduğu alaşım elementlerinin miktarı nedeniyle alaşımli çelik sınıfına girmektedir (tipik olarak %5 den fazla alaşım elementi (0.4C, 1.9Cr, 1Ni, 0.2Mo ve 1.5Mn) içermektedir) ve sertleşme kabiliyeti oldukça yüksek olan bir çelik türü olarak görülür. Bu tür çeliklerde elde edilen mikroyapılar en son ısıl işleme tabidir. Plastik kalıpcılıkta oldukça sık kullanılan bir çelik türüdür. Aşınma değerleri düşük olan bir çelik olması, sahip olduğu Cr, Mo ve C dan kaynaklanan bir karbür yapısını içermesindedir. Su verme testleri ile elde edilen sertleşme kalınlığı AISI 1040 çeliği ile karşılaştırıldığında, daha yüksek kalınlıklarda dahi (yaklaşık 3 katı daha kalın derinlikte) benzer sertlik değerleri elde edilmektedir (Köse & Raif, Kasım 2010). Bu durum TTT diyagramlarındaki perlit burnunun daha sağ tarafa alaşım elementlerinin etkisiyle kaymasından dolayıdır. Yavaş soğutma ile elde edilen mikroyapı yukarıda verilen Şekil 4.18b de görüldüğü gibi perlit ve ferrit den oluşmaktadır. Hızlı soğutma durumunda diğer çeliklerden çok farklı mikroyapı ile sonlanması beklenmektedir. Bu çeliklerde tane sınırlarındaki karbür oranında en son yapılan ısıl işleme göre de değişmektedir.

AISI 4140 çeliği, 2738 çeliğine göre oldukça farklı bir alaşım elementi içeriğine sahip olduğu için değişik oranlarda perlit ve ferrit içeren bir mikroyapı vermesi beklenmelidir. Bu çelik sahip olduğu alaşım elementi miktarı ile alaşımli çelik sınıfında anılmaktadır. %1 Cr bu çeliğin sertleşme kabiliyetini artırma yanında karbür oluşumunu yüksek karbon miktarı ile beraber arttırması beklenir (Ş. Polat, Mayıs 2011). Yüksek dayanımlı

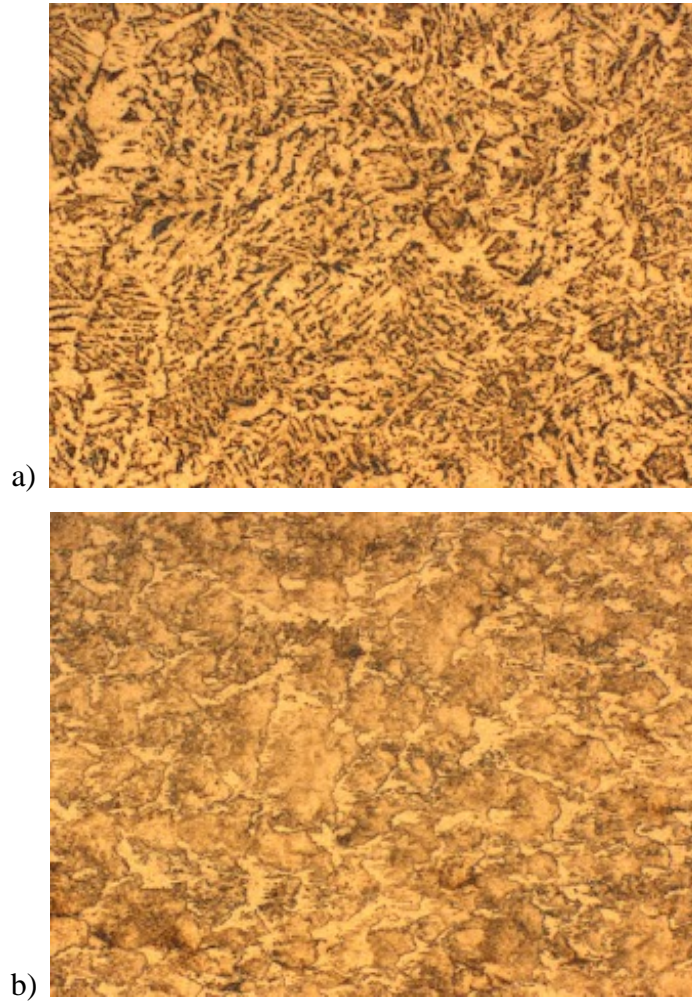
makine parçalarının yapımında kullanılan bu çeliklerin karbür yapıları tane sınırlarında masif halde veya homojen olarak ince halde dağılmış olabilirler. Yüzey sertliğini arttırmak için yapılan nitrüleme çalışmaları bu çeliklerin nitrülemeye karşı oldukça iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Sert nitrür ve karbonitrür oluşumu istenmektedir (Thelning K.E., 1984, Tekin E.,1992).Yukarıda Şekil 4.18’de verilen mikroyapıda; yüksek büyütmede görüldüğü gibi, bloklar halinde karbür yapısı yanında tane sınırları ferrit içermekte ancak tane içi morfoloji beynit yapısını işaret etmektedir.

4.3 Kaynak Metali Mikroyapıları



Şekil 4.19 1020 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında, V kaynak ağızlı 120A de çekilen MIG kaynağı sonrası elde edilen kaynak mikroyapısı (100x) b) Yüksek kaynak hızında, X kaynak ağızlı 120 amperde MIG kaynağı sonrası elde edilen kaynak mikroyapısı (100X).

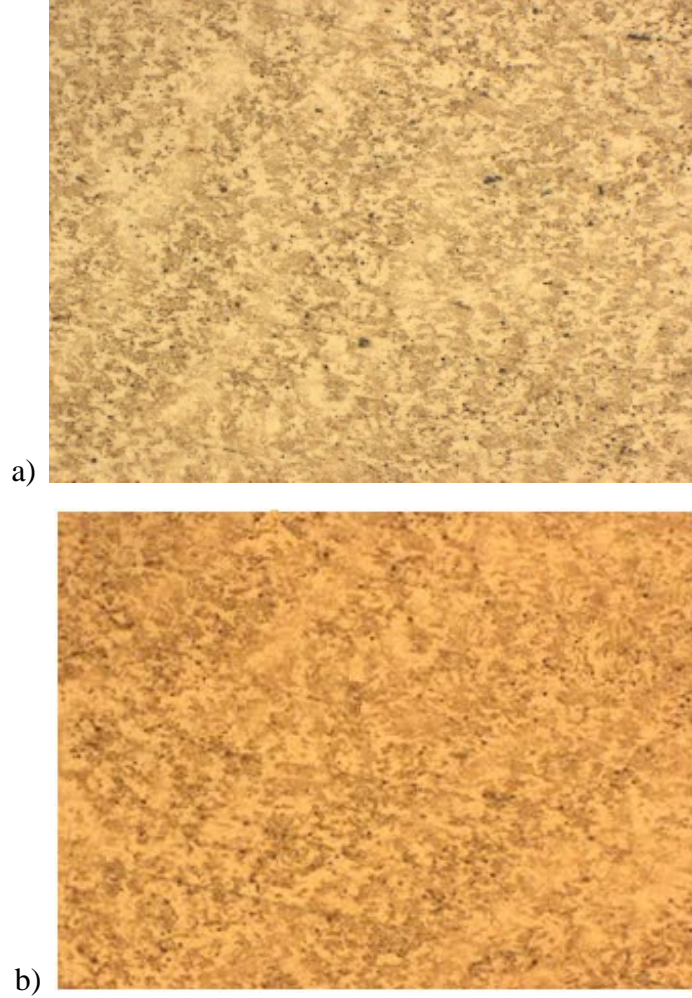
Şekil 4.19'da MIG kaynak yöntemi ile yapılan kaynaklara ait kaynak metali mikroyapısını göstermektedir. V kaynak ağzı ve X kaynak ağzı ile yapılan kaynaklarda mikroyapı değişimleri görüldüğü gibi bariz olarak ortaya çıkmaktadır. Tane içi mikroyapısı V kaynak ağzı ile yapılan kaynaklarda kaotik olarak poligonal ferrit, ferrit yan plakaları yanında çok az miktarda asiküler yapıdan oluşmaktadır. Şekil 4.19 b'de verilen X kaynak ağzılı MIG kaynak metalinde ise tane içi yapılar oldukça ince olduğu için tespit edilememektedir. Tane sınırlarındaki ferrit fazı açıkça görülmektedir.



Şekil 4.20 1020 çeliği kullanılarak a) Orta kaynak hızında, X kaynak ağzı açılarak 150A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, U kaynak ağzı açılarak 150A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X).

Şekil 4.19'da verilen mikroyapısal motif, Şekil 4.20'de kısmen tekrar edilmiştir. Şekil 4.20'de de verilen mikroyapıda X ağzı ile çekilmiş olması nedeniyle orta hızlı bir soğuma ile elde edilen ferrit+ferrit yan plakaları ve az miktarda asiküler yapı

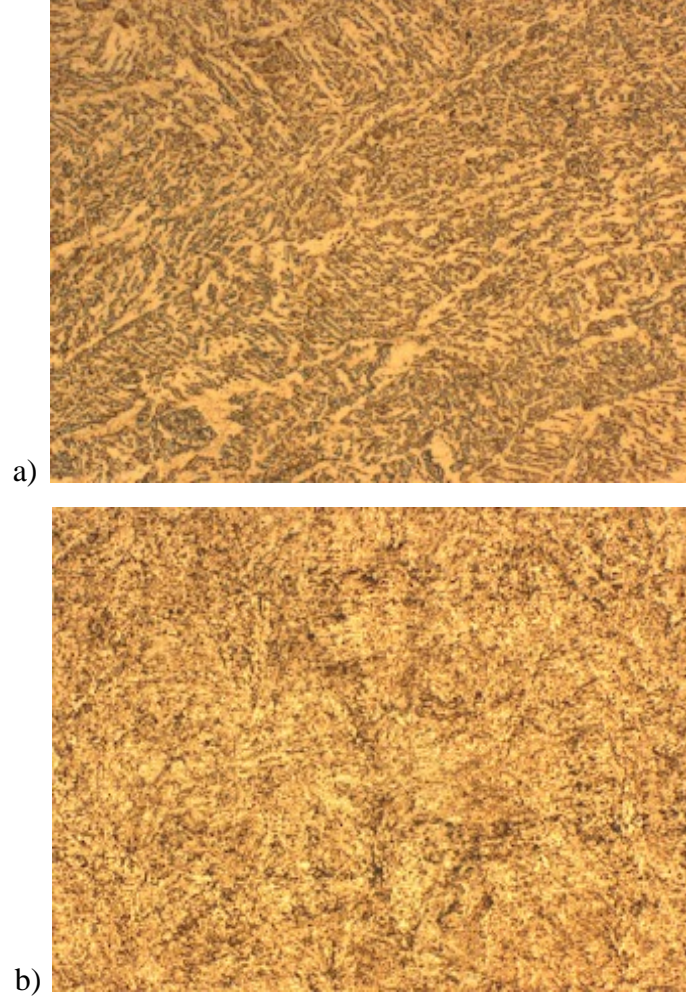
görülmektedir. Hızlı soğuma görülen Şekil 4.20 b’de verilen düşük hızda çekilmiş olan MAG kaynak metalinde ise tane sınırı ferritinin oldukça kalın olduğu görülmektedir. Ferrit miktarının arttığı tespit edilmektedir. Tane içi morfolojisi ise temel olarak düz yani aşırı yavaş soğuma ile edilen ve temperlenmiş yapıdaki mikroyapıyla sonlanmıştır.



Şekil 4.21 1020 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında V kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen kaynak metali mikroyapısı (100X).

Şekil 4.21 a ve b’de verilen U ve V kaynak ağzı ile yapılan kaynaklarda elde edilen mikroyapılar tamamıyla aynı morfoloji ile sonlanmıştır. Ferrit taneleri ile perlit içeren taneler açıkça seçilmektedir. U veya V biçimli kaynak ağzı arasında herhangi bir soğuma farkı olmayabileceği bu şekilde görülmektedir. Aynı amper değerinde yüksek ve orta hızda çekilmiş olmasına rağmen aynı olması kaynak mikroyapısının soğuma hızı ile direkt alakası olduğunu kaynak hızının sınırlı kaldığını göstermektedir.

Ayrıca, orta hızda çekilen bir kaynak ile yüksek hızda çekilen kaynak arasındaki farkın belirleyici olmadığı sonucu da çıkarılabilir.

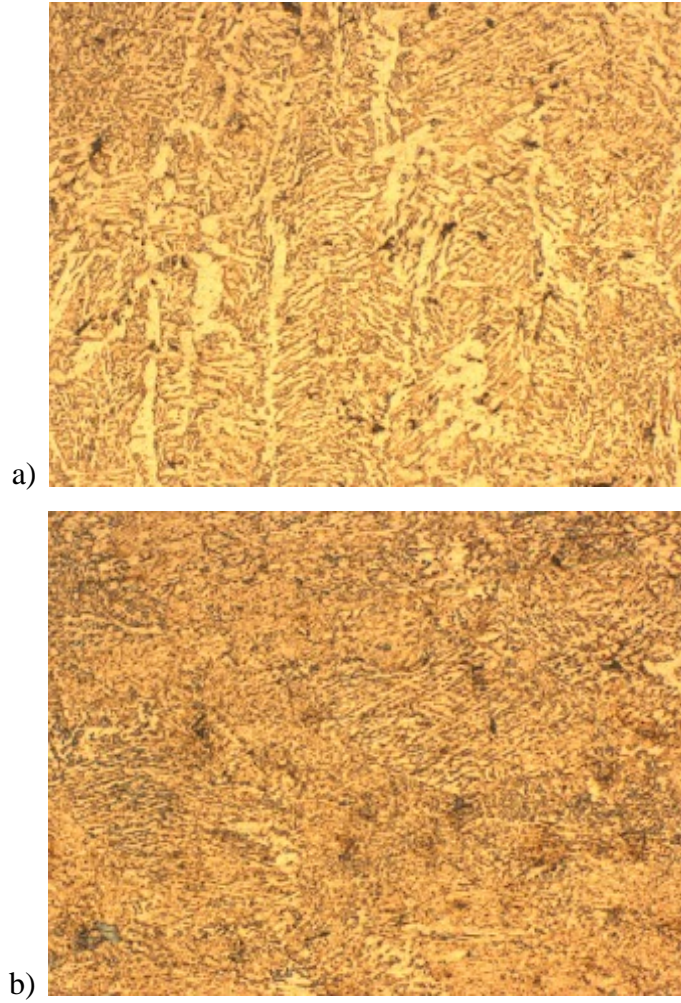


Şekil 4.22 2738 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında, U kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında X kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X).

2738 çeliği alaşımlı bir çelik olup sertleşme kabiliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle soğuma hızı ile mikroyapı arasında kuvvetli bir ilişki beklenmelidir. Düşük kaynak hızı ile yapılan kaynaklardaki soğuma hızı ile daha hızlı çekilen kaynakların mikroyapıları arasındaki bu numune grubunda açıkça görülmektedir. Düşük kaynak hızında çekilen U tipi kaynak ağız yapısına sahip kaynak metalinin mikroyapısı Şekil 4.22 a'da ferrit yan plakalarının yanısıra kolonsal yapıyla sonlanmıştır.

Kolonsal yapının tane sınırları ise ferrit plakaları ile kaplanmış ancak tane içi yapı ise çoğunlukla asiküler ferrit ile kaplanmıştır. Bu tür yapılar alaşımlı çelik kaynaklarında yavaş soğuma ile elde edilmektedir.

Buna karşın, Şekil 4.22 b’de ise daha yüksek kaynak hızı kullanımı ile, kaynak metali miroyapısı alt beynitik ve martenzitik yapıya dönüşmüştür. Yapıda ki martenzit oranı %45 den fazladır.

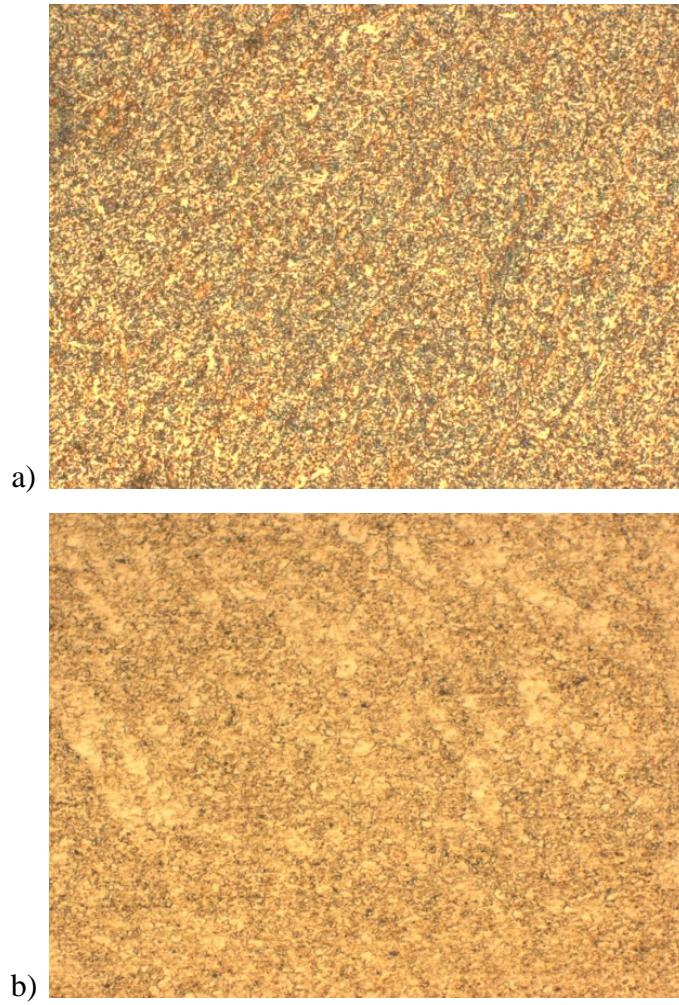


Şekil 4.23 2738 çeliği kullanılarak a) Orta kaynak hızında, V kaynak ağzı kullanılarak 120A de çekilen MAG kaynak metali miroyapısı (100X), b) Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağzı kullanılarak 120A çekilen MAG kaynak metali miroyapısı (100X).

Yukarıda verilen miroyapılardaki martenzit oranları ve beynit oranları; farklı çelik türü ile şaşırtıcı oranda değişme göstermiştir. Şekil 4.23 a ve b’de devredilen miroyapılar Şekil 4.22’de görülen miroyapılarla benzerlik göstermektedir.

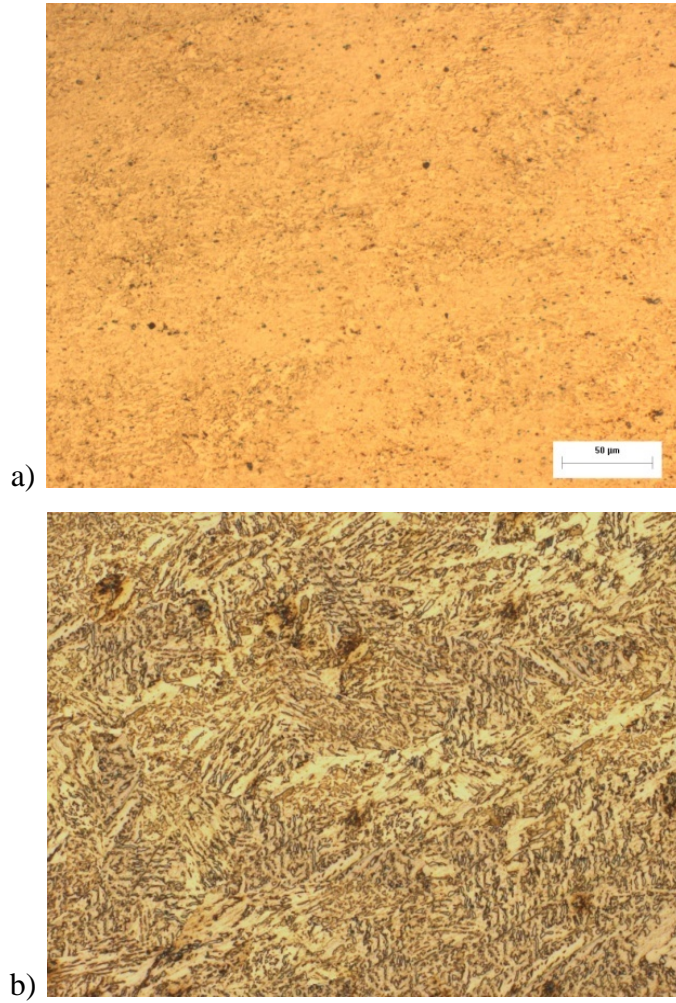
Şekil 4.23 a'da orta hızda çekilen kaynaktaki soğuma hızına göre yüksek kaynak hızında çekilen kaynak daha hızlı soğumayı birim kaynak uzunluğu başına daha az enerji girdisi ile sağlamaktadır.

Tane yapısı kolonsal şeklini korumakta ancak tane içi yapı daha homojen olarak asiküler yapıya dönüşmüştür. Kaynak mikroyapılarında arzu edilen yapılardan biri olan asiküler yapı burada rahatlıkla görülebilmektedir. Kaynak hızı arttıkça kaynak mikroyapısı incelmış ve beynit ve martenzitik yapıda sonlanmıştır. Bu yapılan araştırma sonuçlarına uymaktadır (Durgutlu A., Gülenç B., Tülbentçi K.,1999) (251-259).



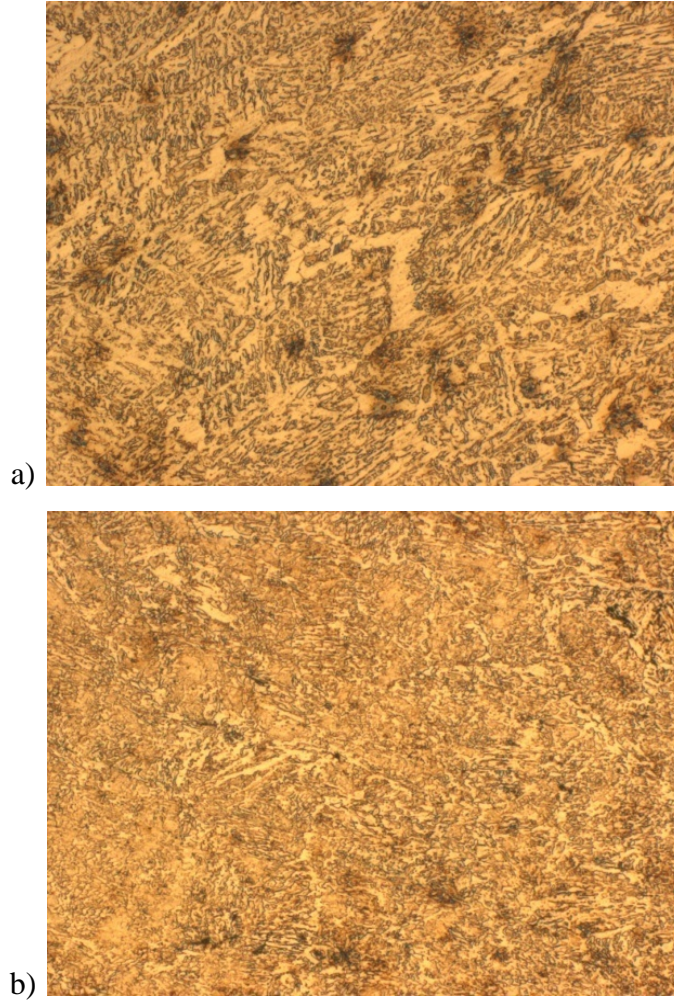
Şekil 4.24 2738 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, X kaynak ağzı kullanılarak 150A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, V kaynak ağzı kullanılarak 150A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X).

2738 çeliğine ait olan X ağzı ve V kaynak ağzı şekilli numunelerin kaynağında düşük kaynak hızı ve yüksek kaynak hızı ile elde edilen kaynak metalleri arasında mikroyapısal olarak fark, yüksek kaynak hızında yapının kolonsal taneler içinde oldukça ince yapılı ile, düşük kaynak hızında kaba taneli, beynitik bir yapı olmaktadır. Şekil 4.24'de elde edilen yapıda tane sınırlarında ferritik yapıların kabalaşması ve tane içi yapının ise daha ince olarak sonlandığı görülmektedir. Düşük büyütme olduğu için taneler içerisindeki karbür yapıları seçilememektedir.



Şekil 4.25 4140 çeliği kullanılarak a) Yüksek kaynak hızında, V kaynak ağzı kullanılarak 150A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Orta kaynak hızında, U kaynak ağzı kullanılarak 150A de çekilen MIG kaynak metali mikroyapısı (100X).

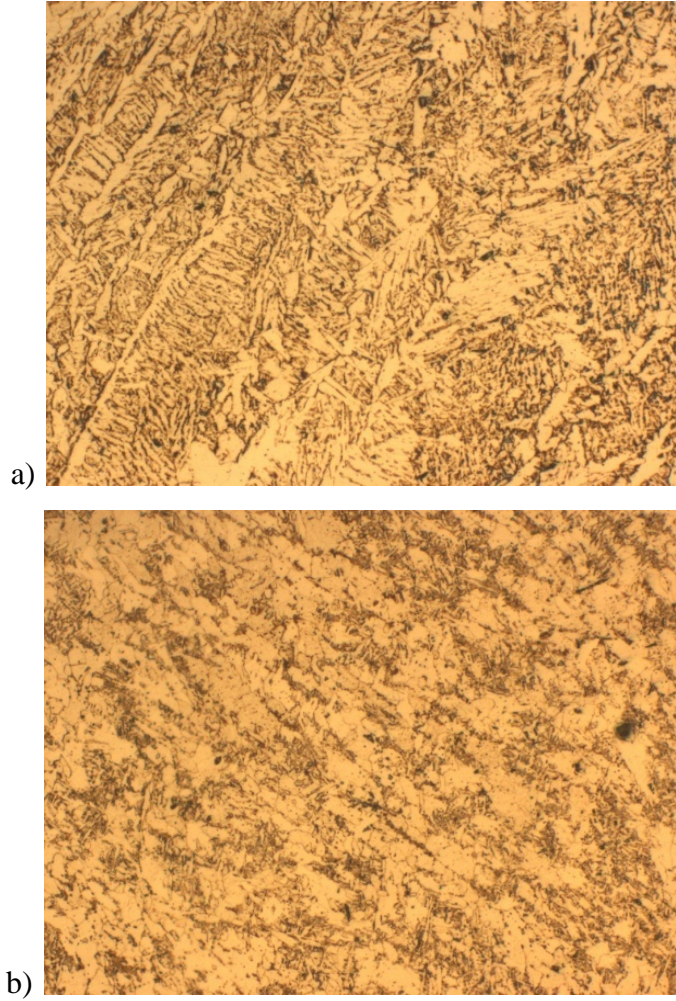
Şekil 4.25’de 4140 çeliği kullanılarak elde edilen MIG kaynak metaline ait mikroyapı resimleri verilmektedir. Yüksek kaynak hızı düşük ısı girdisi dolayısıyla yüksek soğuma hızı ile ilişkilendirildiği için daha ince bir mikroyapı ile sonlanması beklenmelidir. Şekil 4.25 a’da görüldüğü gibi oldukça ince yapılı bir mikroyapı elde edilmiştir. Daha düşük soğuma hızı ile artan ısı girdisi neticesinde soğuma hızı düşerek daha kaba bir mikroyapı elde edilmiştir.



Şekil 4.26 4140 çeliği kullanılarak a) Düşük kaynak hızında X kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen MAG kaynağı mikroyapısı (100X), b) Yüksek kaynak hızında, V kaynak ağzı kullanılarak 180A de çekilen MAG kaynak metali mikroyapısı (100X).

Gerek MIG ve gerekse MAG kaynaklarında ısı girdileri genellikle aynı kabul edilebilir (S. Kou, Welding Metallurgy, John Wiley and Sons, 2002) bu nedenle diğer çeliklerin kaynağında olduğu gibi bu çeliğin kaynağında da genel olarak benzer yapılar ve

paternler ortaya çıkmıştır. Yüksek soğuma hızı ve düşük soğuma hızı arasındaki ilişki burada kanıtlanmıştır. Şekil 4.26 a'da görülen kaynak metalinde, daha kaba bir yapı olan ve kaotik yapı olan asiküler, ferrit yan plakaları ve beynitik yapılardan oluşan yapı yavaş soğuma sonucu elde edilen kaynak metalinde hakim mikroyapı olarak ortaya çıkmıştır. Şekil 4.26 b'de ise yapı ince beynit yapıdan ve ayrıca widmanstater yapının belirtileri de görülmektedir. Martenizitik yapıya benzer yapılar karışık olarak dağılmıştır.



Şekil 4.27 4140 çeliği kullanılarak a)Yüksek kaynak hızında, U kaynak ağzı kullanılarak 120A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X), b) Düşük kaynak hızında, X kaynak ağzı kullanılarak 120A de çekilen tozaltı kaynak metali mikroyapısı (100X).

Tozaltı kaynağı genellikle, MIG ve MAG kaynaklarından daha yavaş soğumanın görüldüğü bir kaynak yöntemi olarak bilinmektedir. Şekil 4.27 a'da kolonsal yapıdaki tanelerin hızlı soğuma sonucu tane içi yapısının incelenmesi ve ayrıca beynitik yapıdan farklı olan ferritik yan plakalarla desteklenmiş bir yapıda sonlandığı görülmektedir. Tane içerisindeki kaba ferritik yapıların, eşkenar ferrit plakaları olduğu ve bu plakaların ince yapıların temperlenmesi sonucunda irileşme oluştuğu düşünülmektedir. Buna karşın, Şekil 4.27 b'de ise yavaş soğuma sonucu ferritik plakalarının irileşmesi ve kaba halini alması sonucu oluşan tane sınırlarını kaybolması ile sonuçlanan bir mikroyapı görülmektedir.

Ferritik poligonal oluşumların arasında ise ince yapılu muhtemelen karbonca ve alaşım elementi bakımından zengin bölgeler bulunmakta ve en son dönüşüm sırasında ise bu bölgeler asiküler yapıya dönüşmektedir.

4.4 Darbe deney sonuçları

Darbe deneyi sonuçları aşağıdaki Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgeye göre çıkan sonuçlar MIG kaynak yönteminin AISI1020 çeliğinin kaynaklanmasında daha iyi sonuç verdiğini göstermekte ancak Tozaltı kaynak yönteminin daha dayanıklı kaynaklar ürettiği dikkate alınır aynı başarıyı göstermediği düşünülebilir. MAG kaynak yöntemi de MIG kaynak yöntemine benzer sonuçlar vermiştir. Alaşım oranı daha fazla olan çeliklerin kaynağında ise yine MAG ve MIG in iyi sonuç verdiği görülmektedir. Tozaltı kaynak yönteminin ise yine düşük sonuçlar verdiği görülmekte bunun sebebinin ise çekilen kaynak akımlarının tozaltı kaynak yöntemine göre düşük kalması gösterilebilir.

Çizelge 4.1 Charpy darbe deneyi testi tüm ve ortalama sonuçları

Deney Sayısı	Çelik Türü	Kaynak Ağzı	Amper	Kaynak Türü	Kaynak Hızı	Sonuç 1	Sonuç 2	Sonuç 3	Ort.
1	1020	V	120	MIG	Düşük	73.4	84.6	81.4	79.8
2	1020	X	150	MAG	Orta	69.8	78.6	86.2	78.2
3	1020	U	180	TOZ	Yüksek	90.1	85.5	77.3	84.3
4	1020	V	180	TOZ	Orta	66.1	83.4	79.4	76.3
5	1020	X	120	MIG	Yüksek	182.2	167.1	140.6	163.3
6	1020	U	150	MAG	Düşük	75.6	42.9	81.6	66.7
7	2738	V	120	MAG	Orta	81.5	96.9	88.9	89.1
8	2738	X	150	TOZ	Yüksek	21.5	50.2	40.8	37.5
9	2738	U	180	MIG	Düşük	38.7	48.7	47.6	45
10	2738	V	150	TOZ	Düşük	45.9	49.3	39.2	44.8
11	2738	X	180	MIG	Orta	53.5	69.4	35.8	52.9
12	2738	U	120	MAG	Yüksek	58.5	93.8	76.3	76.2
13	4140	V	150	MIG	Yüksek	44.7	51.5	31.3	42.5
14	4140	X	180	MAG	Düşük	88.1	111.3	102.1	100.5
15	4140	U	120	TOZ	Orta	77.2	134.6	103.8	105.2
16	4140	V	180	MAG	Yüksek	70.5	57.8	51.1	59.8
17	4140	X	120	TOZ	Düşük	38.3	23.3	27.8	29.8
18	4140	U	150	MIG	Orta	134.7	134.2	117.2	128.7

4.5 Deneysel Sonuçların İstatistikleri

Varyans analizinde kullanılan denklemler;

$$SS_T = SS_A + SS_B + SS_{AxB} + SS_C$$

SS_T = Toplam Kareler Toplamı

SS_A = A Parametresine ait kareler toplamı

SS_B = B Parametresine ait kareler toplamı

SS_{AxB} = AxB Etkileşimine ait kareler toplamı

SS_C = C Parametresine ait kareler toplamı

$$SS_T = \left[\sum_{i=1}^n y_i^2 \right] - \frac{T^2}{N} \quad (4.1)$$

N= Gözlemlerin toplam sayısı

y_i =i.Gözlem

T= Tüm gözlemlerin toplamı

$$SS_A = \left[\sum_{i=1}^{K_A} \left(\frac{A_i^2}{n_{A_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} \quad (4.2)$$

K_A = A Parametresinin seviye sayısı

A_i = A_i seviyesindeki gözlemlerin toplamı

n_{A_i} = A_i seviyesi altındaki gözlem sayısı

$V_e = 5$ olarak bulunur (Hata serbestlik derecesi, ortogonal dizide atama yapılmamış olan kolonların serbestlik derecelerinin toplamıdır).

$$V_A = \frac{SS_A}{V_e} \quad (4.3)$$

$F_A = \frac{V_A}{V_e}$ (A faktörüne ait F değeridir).

$$SS'_A = SS_A - (V_e) \cdot (V_A) \quad (4.4)$$

$$P = \frac{SS'_A}{SS_T} \times 100 \quad (4.5)$$

SS'_A = A Parametresine göre kareler toplamının belenen değeri

P = Deneye katkı yüzdesi

Taguchi, kayıp fonksiyonu olarak bilinen ve zamanda gürültü oranı (S/N-

Signal/Noise)fonksiyonu olarak da ifade edilen üç farklı amaca uygun fonksiyon vardır.

Bunlar;

En yüksek (büyük) en iyi olduğu durumda:

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right) \quad (4.6)$$

Çizelge 4.2'de Charpy darbe deneyi testi ortalama sonuçları ile S/N (en yüksek en iyi)

oranına göre sonuçları verilmiştir. Burada parametrelerin altında bulunan 1,2 ve 3

rakamları parametrelerin seviyelerini göstermektedir.

Çizelge 4.2 Charpy darbe deneyi testi ortalama sonuçları ve S/N (en yüksek en iyi) oranına göre sonuçları

Deney No	Sütun 1	Çelik Türü	Kaynak Ağızı	Amper	Elektrot Türü	Kaynak Hızı	Sütun 7	Sütun 8	Y1	Y2	Y3	Ortalama	S/N
1	1	1	1	1	1	1	1	1	73,4	84,6	81,4	79,8	40,21131
2	1	1	2	2	2	2	2	2	86,2	78,6	69,8	78,2	39,98526
3	1	1	3	3	3	3	3	3	90,1	85,5	77,3	84,3	40,68204
4	1	2	1	1	2	2	3	3	81,5	96,9	88,9	89,1	41,15111
5	1	2	2	2	3	3	1	1	21,5	50,2	40,8	37,5	31,99162
6	1	2	3	3	1	1	2	2	38,7	48,7	47,6	45	35,14083
7	1	3	1	2	1	3	2	3	44,7	51,5	31,3	42,5	34,20617
8	1	3	2	3	2	1	3	1	111,3	88,1	102,1	100,5	42,13968
9	1	3	3	1	3	2	1	2	77,2	134,6	103,8	105,2	41,9956
10	2	1	1	3	3	2	2	1	66,1	83,4	79,4	76,3	39,73659
11	2	1	2	1	1	3	3	2	182,2	167,1	140,6	163,3	46,32559
12	2	1	3	2	2	1	1	3	75,6	42,9	81,6	66,7	37,60197
13	2	2	1	2	3	1	3	2	45,9	49,3	39,2	44,8	35,12335
14	2	2	2	3	1	2	1	3	53,5	69,4	35,8	52,9	35,72757
15	2	2	3	1	2	3	2	1	58,5	93,8	76,3	76,2	39,37318
16	2	3	1	3	2	3	1	2	70,5	57,8	51,1	59,8	37,5277
17	2	3	2	1	3	1	2	3	38,3	23,3	27,8	29,8	31,17175
18	2	3	3	2	1	2	3	1	134,7	134,2	117,2	128,7	44,3547

Çizelge 4.3 Deney tablosunun serbestlik dereceleri

Dizinin Serbestlik Derecesi	=	17
Deneyin Serbestlik Derecesi	=	12
Hata serbestlik derecesi =	=	5

Çizelge 4.4 Charpy Darbe deneyi sonuçları ortalamaya göre deney tablosu varyans analiz sonuçları

N (Toplam Deney Sayısı)	=	18
T (Ortalamaların Toplamı)	=	1360,6
SS _T (Toplam Kareler Toplamı)	=	19664,26
SS _e (Hata kareleri toplamı)	=	9196,879
V _e (Hata kare. Top / Hata Ser.Der)	=	1839,376

Çizelge 4.5'e göre Charpy darbe deneyinden elde edilen sonuçlar Taguchi ortogonal dizinde ortalamaya göre değerlendirildiğinde; burada ölçümden kaynaklanan hatalar sonucunda F değerlerinin 1'den küçük olması parametrelerin deneye olan etkisini belirlemede negatif değer vermiştir.

Mevcut sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında, bir numaralı parametrenin yani çelik türünün darbe deneyine bir etkisi olmadığı gözlenmiştir.

Burada elektrot malzemesi sabit olduğundan kaynak bölgesinde meydana gelen kırılmalardan ana metalin malzeme türünün bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Deneye en çok etkisi olan parametrenin kaynak ağzı olduğu görülmüştür. Bu parametrenin etkin çıkması son derece normaldir, çünkü birleşmeye etkisi olan kaynak geometrisinin farklılığı birleşmedeki farklılığın esasını oluşturmaktadır. Dolayısı ile kaynak ağzı geometrisi son derece önemlidir. Diğer en önemli parametre ise kaynak türüdür. Daha sonra akım ve kaynak hızı da darbe deneyi sonucuna etki eden önemli parametrelerdendir.

Çizelge 4.5 Charpy Darbe deneyi ortalamaya göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları

Parametre Değerleri	PARAMETRELER							
	BOŞ	A	B	C	D	E	BOŞ	BOŞ
Seviye 1	662,1	548,6	392,3	543,4	512,2	366,6	401,9	499
Seviye 2	698,5	345,5	462,2	398,4	470,5	530,4	348	496,3
Seviye 3		466,5	506,1	418,8	377,9	463,6	610,7	365,3
EtkinSeviyeler (Maks.)		1	3	1	1	2	1	
SS (Kareler Toplamı)	73,6089	3479,5	1097,98	2053,68	1575,01	2261,2	6417,44	1946,89
Par. Ser. Der.	1	2	2	2	2	2	2	2
Par. Varyans (V)	73,6089	1739,75	548,991	1026,84	787,504	1130,6	3208,72	973,444
Par. F testi	0,04002	0,94584	0,29847	0,55826	0,42814	0,61467	1,74446	0,52923
Par. Katkı Yüzdesi	-8,97958	-1,01326	-13,1242	-8,26407	-10,6983	-7,20875	13,9272	-8,80717

Çizelge 4.6 Charpy Darbe deneyi S/N oranına göre Deney tablosu varyans analiz sonuçları

N (Toplam Deney Sayısı)	=	18
T (Ortalamaların Toplamı)	=	694,446
SS _T (Toplam Kareler Toplamı)	=	286,7068
SS _e (Hata kareleri toplamı)	=	122,8918
V _e (Hata kare. Top / Hata Ser.Der)	=	24,57836

Çizelge 4.7’de Charpy Darbe deneyi S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları verilmiştir. Çizelge 4.5 ile 4.7’de F değeri ve P katkı oranı yüzdeleri karşılaştırıldığında yine malzeme türünün bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Her iki hesaplama türüne göre kaynak ağzı en önemli parametre olduğu görülmüştür. Ancak kaynak türü ortalama sonuca göre ikinci etkin parametre iken S/N oranına göre

üçüncü etkin parametre olmuştur. S/N oranına göre en etkin ikinci parametre kaynak akımı olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.7 Charpy Darbe deneyi S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları

Parametre Değerleri	PARAMETRELER							
	BOŞ	A	B	C	D	E	BOŞ	BOŞ
Seviye 1	347,504	244,543	227,956	240,229	235,966	221,389	225,056	237,807
Seviye 2	346,942	218,508	227,341	223,263	237,779	242,951	219,614	236,098
Seviye 3		231,396	239,148	230,954	220,701	230,106	249,776	220,541
Etkin Seviyeler (Maks.)		1	3	1	2	2	1	
SS (Kareler Toplamı)	0,0175	56,4874	14,7246	24,0552	29,3316	39,2162	86,1398	30,1719
Par. Ser. Der.	1	2	2	2	2	2	2	2
Par. Varyans (V)	0,0175	28,2437	7,36229	12,0276	14,6658	19,6081	43,0699	15,0859
Par. F testi	0,00071	1,14913	0,29954	0,48936	0,5967	0,79778	1,75235	0,61379
Par. Katkı Yüzdesi	-8,56654	2,55685	-12,0095	-8,75512	-6,91477	-3,46713	12,8993	-6,62169

Çizelge 4.8 Asiküler ferrit oranı ortalama sonuçları ve S/N (en yüksek en iyi) oranına göre sonuçları

Deney No	Sütun 1	Çelik Türü	Kaynak Ağızı	Amper	Kaynak Türü	Kaynak Hızı	Sütun 7	Sütun 8	Y1	Y2	Y3	Ortalama	S/N
1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	13	11	10,67	22,25
2	1	1	2	2	2	2	2	2	26	35	21	27,33	30,40
3	1	1	3	3	3	3	3	3	18	9	12	13,00	23,49
4	1	2	1	1	2	2	3	3	78	88	77	81,00	40,34
5	1	2	2	2	3	3	1	1	93	93	95	93,67	41,65
6	1	2	3	3	1	1	2	2	82	88	88	86,00	40,89
7	1	3	1	2	1	3	2	3	10	14	12	12,00	23,56
8	1	3	2	3	2	1	3	1	17	14	13	14,67	25,38
9	1	3	3	1	3	2	1	2	24	22	25	23,67	29,66
10	2	1	1	3	3	2	2	1	25	37	31	31,00	31,71
11	2	1	2	1	1	3	3	2	7	9	7	7,67	19,73
12	2	1	3	2	2	1	1	3	3	8	8	6,33	15,46
13	2	2	1	2	3	1	3	2	82	79	92	84,33	40,68
14	2	2	2	3	1	2	1	3	26	18	19	21,00	28,34
15	2	2	3	1	2	3	2	1	81	58	72	70,33	38,91
16	2	3	1	3	2	3	1	2	54	66	62	60,67	37,79
17	2	3	2	1	3	1	2	3	34	46	45	41,67	34,36
18	2	3	3	2	1	2	3	1	43	49	54	48,67	35,85

Çizelge 4.8'de asiküler ferrit oranı ortalama sonuçları ile S/N (en yüksek en iyi) oranına göre sonuçları verilmiştir.

Çizelge 4.9 Asiküler oranı ortalamasına göre deney tablosu varyans analiz sonuçları

N (Toplam Deney Sayısı)	=	18
T (Ortalamaların Toplamı)	=	733,6667
SS _T (Toplam Kareler Toplamı)	=	16120,62
SS _e (Hata kareleri toplamı)	=	4378,154
V _e (Hata kare. Top / Hata Ser.Der)	=	875,6309

Çizelge 4.10'a göre asiküler ferrit oranı sonuçları Taguchi ortogonal dizinde ortalama göre değerlendirildiğinde; burada ölçümden kaynaklanan hatalar sonucunda bazı parametrelerin F değerlerinin 1'den küçük olması parametrelerin deneye olan etkisini belirlemede negatif değer vermiştir. Mevcut sonuçlara göre değerlendirme yapıldığında, bir numaralı parametrenin yani çelik türünün darbe deneyine bir etkisinin %51 ile maksimum oranda olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda bu malzemeler içinde alaşımlı çelik olan 2738 çeliğinin en çok asiküler ferrit oluşumunu sağladığı görülmüştür. Charpy darbe deneyi sonucunda önemli bir parametre olduğu görülen kaynak ağzı parametresinin asiküler ferrit oluşumunda çok fazla bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Diğer parametrelerin etki oranları birbirlerine yakın çıkmış sadece kaynak türünün etkisi diğer parametrelerden biraz düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10 Asikülerferrit oranı ortalamasına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları

Parametre Değerleri	PARAMETRELER							
	BOŞ	A	B	C	D	E	BOŞ	BOŞ
Seviye 1	362	96	279,667	235	186	243,667	216	269
Seviye 2	371,667	436,333	206	272,333	260,333	232,667	268,333	289,667
Seviye 3		201,333	248	226,333	287,333	257,333	249,333	175
Etkin Seviyeler (Maks.)		2	1	2	3	3	2	
SS (Kareler Toplamı)	5,19136	10119,3	455,198	199,16	917,938	50,9012	233,938	1245,09
Par. Ser. Der.	1	2	2	2	2	2	2	2
Par. Varyans (V)	5,19136	5059,64	227,599	99,5802	458,969	25,4506	116,969	622,543
Par. F testi	0,00593	5,77827	0,25993	0,11372	0,52416	0,02907	0,13358	0,71097
Par. Katkı Yüzdesi	-5,39954	51,9087	-8,03979	-9,62805	-5,1693	-10,5477	-9,41231	-3,13992

Çizelge 4.11 Asiküler oranının, S/N oranına göre deney tablosu varyans analiz sonuçları

N (Toplam Deney Sayısı)	=	18
T (Ortalamaların Toplamı)	=	560,4502
SS _T (Toplam Kareler Toplamı)	=	1133,714
SS _e (Hata kareleri toplamı)	=	360,8658
V _e (Hata kare. Top / Hata Ser.Der)	=	72,17316

Çizelge 4.12’de Asiküler ferrit oranı S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları görülmektedir. Çizelge 4.10 ile 4.12’de F değeri ve P katkı oranı yüzdeleri karşılaştırıldığında yine malzeme türünün %43 ile en etkin parametre olduğu görülmüştür. S/N oranına göre kaynak akımının ise ikinci en önemli parametre olduğu görülmektedir.

Her iki hesaplama türünde de kaynak ağzı ve kaynak hızının eşit oranda deneye etkisi olduğu ve ancak kaynak türü her iki hesaplama türünde de etkisi en düşük parametre olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.12 Asikülerferrit oranı S/N oranına göre parametrelerin varyans, F, P ve etkin seviye analiz sonuçları

Parametre Değerleri	PARAMETRELER							
	BOŞ	A	B	C	D	E	BOŞ	BOŞ
Seviye 1	277,622	143,037	196,326	185,258	170,615	179,025	175,136	195,75
Seviye 2	282,828	230,815	179,859	187,592	188,272	196,299	199,831	199,158
Seviye 3		186,599	184,265	187,6	201,563	185,126	185,483	165,543
Etkin Seviyeler (Maks.)		2	1	3	3	2	2	
SS (Kareler Toplamı)	1,50532	642,089	24,2257	0,60731	80,343	25,5829	51,2685	114,116
Par. Ser. Der.	1	2	2	2	2	2	2	2
Par. Varyans (V)	1,50532	321,045	12,1128	0,30366	40,1715	12,7915	25,6342	57,0578
Par. F testi	0,02086	4,44826	0,16783	0,00421	0,5566	0,17723	0,35518	0,79057
Par. Katkı Yüzdesi	-6,2333	43,9038	-10,5953	-12,6786	-5,64546	-10,4756	-8,20999	-2,66653

5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada elde edilen sonuçların analizi çok farklı sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yapılan kaynakların tek paso olması, amperin yüksek ve kaynak hızının yüksek olması darbeye karşı direncin düşük olmasına sebep olmuştur. Yapılan analiz sonuçlarına göre çıkan sonuçlar amperle kaynak hızının arasında doğru orantı olduğu görülmektedir. Sonuçlarda yüksek amper ve yüksek kaynak hızında çekilen kaynakların darbe direnci daha iyi olduğu, düşük amper ve düşük kaynak hızında çekilmiş olan kaynakların darbe direncinin düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Yüksek amper ve düşük kaynak hızı, darbe direncinin daha kötü olmasına sebep olduğu çizelge 4.1'de görülmektedir.

Düşük amper yüksek kaynak hızında çekilmiş olan kaynakların da darbe direnci, yüksek amperde ve düşük kaynak hızında çekilmiş olan kaynaklara göre nisbeten darbe direncinin daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada ilave edilemeyen kaynak bileşimi gibi diğer parametrelerinde kullanılarak çalışmanın kapsamının daha da genişletilmesi elde edilecek verilerin etkisini daha da arttıracak ve daha anlamlı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

6.KAYNAKLAR

- Anık, S. (1972). Kaynak Tekniği -Tozaltı ve Koruyucu Gaz Kaynak Usulleri-Cilt2. İstanbul: İTÜ Yayını.
- Anık, S. (1983). Kaynak Teknolojisi El Kitabı. Ergör Matbaası.
- ASM Handbook 1990, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys 10th ed. Materials Park, OH, USA: ASM International,1990.
- Bain, E.C., Alloying Elements in Steels, ASM, Cleveland, Ohio, USA (1939).
- Baydur, G. (1979). Malzeme Bilgisi. ANKARA: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Berns, H., Theisen, W., 2008, Ferrous Materials: steel and cast iron, Springer-Verlag, Berlin.
- Bhadeshia, H.K.D.H and Honeycombe, R.W.K. 2006 Steels: Microstructure and Properties. 3rd ed. Oxford, UK: Elsevier Ltd.
- Bhadeshia, H.K.D.H, Design of Ferritic Creep-resistant Steel, ISIJ International, Vol. 41 (2001), No. 6, 626-640.
- Biroğul, S. (2005). Genetik algoritma yaklaşımıyla atölye çizelgeleme. 20.
- Cahn, R. W., Haasen, P., Kramer, E. J. and Pickering, F. Br. (ed.) Materials Science and Technology: A Comprehensive Treatment, Vol. 7: Constitution and Properties of Steels 1st ed. Weinheim; New York; Basel, Cambridge: VCH 1992.
- Cheng, R. G. (1996). A Tutorial Survey of Job Shop Scheduling Problems Using Genetic Algorithms-I, Representation, Computers and Industrial Engineering. 30 (4:983-997).
- Clark S. D., 1961, Metallurgy for Engineers, D. Van Nostran Comp., N.York
- Davis, L., 1991 Handbook of Genetic Algorithms. Van Nostrand Reinhold. New York
- Durand Charre, Madeleine Microstructure of Steels and Cast Iron 1st ed. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag 2004. ISBN 3-540-20963-8
- Durgutlu, A., Gülenç., Tülbentci, K., Ark Kaynağında Kaynak Hızının Nüfuziyete ve Mikroyapıya Etkisi, Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 23 (1999), 251 – 259).
- Eker, B.,Taşeri, L. Günaydın, L.1994 Makine Tasarımı El Kitabı, Trakya Üniversitesi Yayınları-214 Tekirdağ
- Eksin, I., Erol, O.K., Evolutionary Algorithm with Modifications in the Reproduction

- Phase IEE Proceedings-Software, 148 (2), 75-80, 2001.
- Erdoğan, D. 1999. Makine Malzeme Bilgisi. Ankara Üniversitesi- Ziraat Fakültesi Yayınları-1507, Ankara.
- Fang, H. (1992). Genetic algorithms for scheduling. MSc Dissertation, Department of Artificial Intelligence University of Edinburg4: 7-11, 21-27.
- Gladman, T., The Physical Metallurgy of Microalloyed Steels, The Institute of Materials, UK (1997).
- Goldberg. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Learning. 1989.
- Gourd, L.M., Kaynak Teknolojisinin Esasları, çevirenler, Eryürek, İ.B., Bodur, O., Dikicioğlu, A Birsen, İstanbul, 1996
- Gülenç, B., Kahraman, N., Gazaltı Kaynak Yöntemleri Gazi Üniversitesi Kütüphanesi, Ankara, 2008.
- Güral, Z. (2003, Eylül). Gazaltı Kaynağında Proses Parametrelerinin Optimizasyonu. İZMİR.
- Holland, J. H., 1992 Adaptation in Natural and Artificial Systems (2nd Edition) MIT. Press, Massachusetts
- Jenkins, N. T. and Eagar, T. W. (2005) Fume formation from spatter oxidation during arc welding Sci. Technol. Weld. Join. 10 537-43
- Karagöz, S., 2008 Malzeme Bilgisi, AYYMYO Yayınları, Aydın,
- Kaya, M., (1999) Yüksek Lisans Tezi, Genetik Algoritma ve Gezgin Satıcı Probleminin Çözümü, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Kou, S., 2003, Welding Metallurgy, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Köse, S., & Raif, S. (Kasım 2010). AISI 1040 Ve AISI-P20 Çeliklerde Alaşım Oranları Ve Mikroyapının Sertleşme Kabiliyetine Etkisi, 2. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi. Balıkesir.
- Kurt, M., Semetay, C., Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları, Mühendis ve Makina, 42 (501), 19-24, 2001.
- Llewellyn, D.T. and Hudd, R.C. Steels: Metallurgy and Applications 3rd ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann 2000.
- Mansfield, R. A., 1990 Genetic Algorithms MSc Thesis, University of Wales, College of Cardiff.
- Messler, R. W. 1999, Principles of welding, John Wiley & Sons, New Jersey

- Murphy A B, Tanaka M, Tashiro S, Sato T and Lowke J J 2009 A computational investigation of the effectiveness of different shielding gas mixtures for arc welding J. Phys. D:Appl. Phys. 42 115205
- Murphy, A. B., The effects of metal vapour in arc welding, J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 434001 (31pp)
- Norrish, J 1992 Advanced Welding Processes (Bristol: Institute of Physics Publishing)
- Oğuz, B., 1985, Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı, Burhan Oğuz, OERLIKON Yayını,
- Odqvist, J., Hillert, M., Agren, J., Effect of alloying elements on the γ to α transformation in steel I, Acta Materialia 50 (2002) 3211–3225
- Özdemirel, N., Dökümhanelerde endüksiyon ocağı pratiği, T.Demir ve Çelik İşletmeleri Döküm Fabrikaları, 1981.
- Polat, Ş. H., (Mayıs 2011). Gaz Nitrasyon ile Yüzeyleri Sertleştirilmiş AISI 4140 ve DIN 1.2344 Çeliklerinde Mikroyapısal Karakterizasyon, 6th International Advanced Technologies Symposium. Elazığ.
- Porter, D.A., Easterling, K.E., Phase Transformations in Metals and Alloys, CRC Press, Taylor & Francis Group, Finland (2004).
- Ross, 1995. Taguchi Techniques for Quality Engineering McGraw-Hill Professional; 2 edition.
- Serfiçeli, Y. S., Elektrik Ark ve Oksi Gaz Kaynağı, Tekağaç Eylül Kitap ve Yayınevi, 2004
- Sinha, A.K., Ferrous Physical Metallurgy, Butterworth Publishers, USA (1989).
- Smars E A, Acinger K and Sipek L 1970 Temperature in argon shielded welding arc with iron electrodes Document No 212-191-70, International Institute of Welding
- Subaşı, M., Karabaş, Ç., AISI 4140 Çeliğinde Sertlik, Yorulma Dayanımı İlişkisi, KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13 (1), 2010
- Syswerda, G., 1991 Schedule Optimisation using Genetic Algorithms in L. Davis,1991 Handbook of Generic Algorithms. Van Nostrand Reinhold. New York
- Syswerda, G. 1989 Uniform Crossover in Genetic Algorithms in D.J, Schaffer, (ed) 1989 Proceedings of the 3th International Conference on Genetic Algorithms. June 4-7 at George Mason University. Morgan Kaufman Publishers, Inc. California

- Talaş, Ş., 2010, The Assessment of Carbon Equivalent Formulas in Predicting the Properties of Steel Weld Metals, *Materials& Design*, 31/5, 2649-2653
- Thelning, K.E., Çelik ve ısıt işlemleri, Çeviri: A. Tekin, Hakan Ofset, İstanbul, 1984, E. Tekin, Mühendisler için çelik seçimi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayını, Yayın No: 119, Ankara, 1992.
- Totten G.E. 2007 *Steel Heat Treatment Handbook, Metallurgy and Technologies, Equipment and Process Design*, Taylor & Francis, Boca Raton
- Tülbentçi, K., Kaluç, E., Gaz Ergitme Kaynağı ve Oksijen İle Kesme TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara, 2001.
- Yalçın, H., Gürü, M. 2002. *Malzeme Bilgisi*. Palme Yayıncılık, Ankara
- Yiğit, Ş., *Tozaltı Ark Kaynakları Uygulamaları* T.C. Devlet Bakanlığı, Ankara, 1988
- Yopbaş, A., *Çelik ve ısıt işlem*, İTÜ Yayınları, 1998.
- İnternet Kaynak 1: <http://www.chasealloys.co.uk/steel/alloying-elements-in-steel/>
Effects of Alloying Elements in Steel, (09.09.2012)
- İnternet Kaynak 2: www.substech.com, (08.04.2012)

ÖZGEÇMİŞ

- Adı Soyadı** : Günseni Günhan ERDEN
- Doğum Yeri ve Tarihi** : Darende/MALATYA-30/09/1986
- Yabancı Dili** : İngilizce
- İletişim (Telefon/e-posta)** : 0 555 473 07 27
: gundannn@hotmail.com
- Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**
- Lise** : Ramazan Atıl Lisesi-Adana
- Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi T.E.F. Metal
Eğitimi Bölümü-2008
- Yüksek Lisans** : Afyon Kocatepe Üniversitesi F.B.E. Metal
Eğitimi Bölümü-2012
- Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl** : Hidroproje Denetim Müşavirlik Müh. İnş. ve
Tic. Ltd. Şti. 2010-Adana (devam ediyor)
: Meksa Eğitim Vakfı 2009-2010 Adana