

154450

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİKLERİN GAZ ERGİTME VE PLAZMA İLE
KESİLMESİNDE KESME KALİTESİNİ ETKİLEYEN
PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Makina Mühendisi Bener KARADENİZ

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Selahattin YUMURTACI

Doç. Dr. Selahattin YUMURTACI
Prof. Nurullah Gültekin
Prof. Dr. Nisan Sırmaz

İSTANBUL, 2004

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	xi
ÖNSÖZ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
2 GAZ ERGİTME İLE KESME.....	3
2.1 Gaz Ergitme ile Kesme İşlemi	3
2.1.1 Kesme İşleminin Tanımlanması	4
2.1.2 Çeliklerin Kesilebilme Kabiliyeti	6
2.1.3 Kesme Yüzeyi Kalitesini Etkileyen Unsurlar	12
2.1.4 Kesme İşleminin Uygulanması	14
2.1.5 Kesme Donanımları	16
2.1.5.1 Kesme Üfleçleri	16
2.1.5.2 Kesme Memeleri.....	17
2.1.5.2.1 Kesme Oksijeni Kanalı	21
2.1.6 Yanıcı Gazlar ve Oksijen'in Özellikleri	27
2.1.6.1 Oksijen	28
2.1.6.2 Propan	29
2.1.6.3 LPG	30
2.1.6.4 Doğalgaz	31
2.1.6.5 Propilen.....	32
2.1.6.6 Asetilen	33
2.1.6.7 MAPP.....	34
2.1.7 Oksijenle Kesmede, Kesme Yüzeylerinin Kalitesi ve Ölçü Toleransları	34
2.1.7.1 Diklik ve Eğiklik Toleransı.....	34
2.1.7.2 Ortalama Pürüzlülük Derinliği.....	36
2.1.7.3 Kesme Yivinin Geriye Sürüklenmesi	37
2.1.7.4 Kenarların Erimesiyle Oluşan Yarıçap	37
2.1.7.5 Doğrusal ve Eğrisel Kesimlerde Boyut Toleransları	38
2.1.8 Kesme Hataları ve Sınıflandırılması.....	43
2.2 Deneysel Çalışma.....	49
2.2.1 Deneysel Çalışma, 1. Grup	49
2.2.1.1 Parça No 151	52
2.2.1.2 Parça No 152.....	52
2.2.1.3 Parça No 153.....	53
2.2.1.4 Parça No 154.....	53
2.2.1.5 Parça No 155.....	54
2.2.1.6 Parça No 156.....	54
2.2.1.7 Parça No 157.....	55

2.2.1.8	Parça No 158.....	55
2.2.1.9	Parça No 159.....	56
2.2.2	Deneysel Çalışma, 2. Grup	57
2.2.2.1	Parça No 301.....	59
2.2.2.2	Parça No 302.....	60
2.2.2.3	Parça No 303.....	60
2.2.2.4	Parça No 304.....	61
2.2.2.5	Parça No 305.....	62
2.2.2.6	Parça No 306.....	62
2.2.2.7	Parça No 307.....	63
2.2.2.8	Parça No 308.....	64
2.2.2.9	Parça No 309.....	65
2.2.3	Deneysel Çalışma, 3. Grup	66
2.2.3.1	Parça No 501.....	68
2.2.3.2	Parça No 502.....	69
2.2.3.3	Parça No 503.....	69
2.2.3.4	Parça No 504.....	70
2.2.3.5	Parça No 505.....	71
2.2.3.6	Parça No 506.....	71
2.2.3.7	Parça No 507.....	72
2.2.3.8	Parça No 508.....	73
2.2.3.9	Parça No 509.....	74
2.2.4	Deneysel Çalışma, 3. Grup	74
2.2.4.1	Parça No 1510.....	75
2.2.4.2	Parça No 1511.....	76
2.2.4.3	Parça No 3010.....	77
2.2.4.4	Parça No 3011.....	78
3	PLAZMA İLE KESME	79
3.1	Plazma Nedir.....	79
3.2	Plazma Ark Tekniği	79
3.3	Plazma Arkı ile Kesme	79
3.3.1	Kesme Yüzeyi Kalitesini Etkileyen Unsurlar	87
3.3.2	Plazma Arkı ile Kesme Tekniğinin Tarihsel Gelişimi	88
3.3.2.1	Konvansiyonel Plazma Arkı ile Kesme	89
3.3.2.2	İkili Gaz Akışına Sahip Plazma Arkı ile Kesme.....	91
3.3.2.3	Hava ile Plazma Kesme	92
3.3.2.4	Su Korumalı Plazma Kesme	93
3.3.2.5	Su Püskürtme (Enjeksiyon) ile Plazma Kesme, Sualtında Plazma Kesme.....	94
3.3.2.6	Düşük Kapasiteli, Havalı Plazma Kesme	101
3.3.2.7	Oksijen ile Plazma Kesme	101
3.3.2.8	Oksi-Enjeksiyon Plazma Kesme.....	101
3.3.2.9	Farklı Torç ve Sistem Uygulamaları.....	102
3.3.3	Kesme Donanımları	105
3.3.3.1	Akım Kaynağı.....	105
3.3.3.2	Torç	107
3.3.3.3	Meme	110
3.3.3.4	Elektrod.....	112
3.3.4	Plazma Yapıcı Ortamlar.....	114

3.3.4.1	Argon	115
3.3.4.2	Hidrojen	116
3.3.4.3	Azot.....	116
3.3.4.4	Hava	117
3.3.4.5	Su	117
3.3.5	Plazma ile Kesmede, Kesme Yüzeylerinin Kalitesi ve Ölçü Toleransları.....	118
3.3.5.1	Diklik ve Eğiklik Toleransı.....	118
3.3.5.2	Ortalama Pürüzlülük Derinliği.....	119
3.3.5.3	Kenarların Erimesiyle Oluşan Yarıçap	121
3.3.5.4	Kesme Yivlerinin Geriye Sürüklenmesi	121
3.3.5.5	Tek Taraflı Isı Etkisi Altında Doğrusal ve Eğrisel Kesmede Boyut Toleransları.....	121
3.4	Deneysel Çalışma	122
3.4.1	Deneysel Çalışma, 1. Grup	123
3.4.1.1	Parça No 15.01	126
3.4.1.2	Parça No 15.02.....	127
3.4.1.3	Parça No 15.03.....	128
3.4.1.4	Parça No 15.04.....	129
3.4.1.5	Parça No 15.05.....	129
3.4.1.6	Parça No 15.06.....	130
3.4.1.7	Parça No 15.07.....	131
3.4.1.8	Parça No 15.08.....	131
3.4.1.9	Parça No 15.09.....	132
3.4.1.10	Parça No 15.10.....	132
3.4.1.11	Parça No 15.11.....	133
3.4.1.12	Parça No 6.01.....	134
3.4.1.13	Parça No 6.02.....	134
3.4.2	Deneysel Çalışma, 2. Grup	136
3.4.2.1	Parça No 12.01	138
3.4.2.2	Parça No 12.02.....	139
3.4.2.3	Parça No 12.03	140
3.4.2.4	Parça No 12.04.....	141
3.4.2.5	Parça No 25.01.....	142
3.4.2.6	Parça No 25.02.....	143
3.4.2.1	Parça No 40.01.....	143
3.4.3	Deneysel Çalışmanın Sonuçlarının Standart ile Karşılaştırılması	144
4	GAZ ERGİTMEYLE KESME, ve PLAZMA İLE KESME İŞLEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	148
5	SONUÇLAR.....	159
	KAYNAKLAR.....	164
	ÖZGEÇMİŞ.....	165

SİMGE LİSTESİ

a	Parça kalınlığı
b	Kesme yarığı genişliği
R_m	Çekme dayanımı
R_z	Ortalama pürüzlülük derinliği
r	Kenarların erimesiyle oluşan yarıçap
u	Diklik ve eğiklik toleransı
u_l	Sol kesme yüzeyinde ölçülen eğim değeri
u_r	Sağ kesme yüzeyinde ölçülen eğim değeri
λ	Isı iletim katsayısı

KISALTIMA LİSTESİ

AISI	American Iron and Steel Institute
CNC	Computer Numerical Control
DIN	Deutsches Institut für Normung
TSE	Türk Standartları Enstitüsü



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Kesme işlemi kesiti.....	4
Şekil 2.2 El üfleci ile kesim	5
Şekil 2.3 Dik kesmenin şematik gösterimi	6
Şekil 2.4 Eğik kesmenin şematik gösterimi.....	6
Şekil 2.5 Çeliğin tutuşma sıcaklığının karbon içeriğiyle değişimi	9
Şekil 2.6 Kesme ağzındaki, ısı tesiri altındaki bölgenin dik ve eğri kesmedeki değişimi.....	10
Şekil 2.7 Oksijen ile iş parçasına delik delinmesi	15
Şekil 2.8 Kaynak ağzı hazırlığı.....	16
Şekil 2.9 Kafa karışıklı kesme hamlacı, alttan tetikli	17
Şekil 2.10 Lüle karışıklı kesme hamlacı, alttan tetikli.....	17
Şekil 2.11 Çift-V kaynak ağzı açma ünitesi	17
Şekil 2.12 Kesme memesi, karışım yeri üfleç	18
Şekil 2.13 Kesme, memesi, karışım yeri memede	18
Şekil 2.14 Kesme üfleçleri.....	19
Şekil 2.15 Muhtelif kesme memeleri, el şalumosu ve makine için,	20
Şekil 2.16 Tek parçalı meme konstrüksiyonu.....	20
Şekil 2.17 Çift parçalı meme konstrüksiyonunun şematik gösterimi	21
Şekil 2.18 Dış karışıklı meme konstrüksiyonu	21
Şekil 2.19a Kesme oksijeni için çıkış kanalı profilleri	21
Şekil 2.19b Kesme oksijeni için çıkış kanalı profilleri	21
Şekil 2.19c Kesme oksijeni için çıkış kanalı profilleri	21
Şekil 2.19d Kesme oksijeni için çıkış kanalı profilleri	21
Şekil 2.20 Seyyar kesme arabası.....	22
Şekil 2.21 H-putrel kesme makinesi	22
Şekil 2.22 Boru kesme makinesi.....	22
Şekil 2.23a Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş flanş resmi	23
Şekil 2.23b Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş flanş resmi	23
Şekil 2.23c Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş flanş resmi	23
Şekil 2.24a Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif pres parçaları	24
Şekil 2.24b Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif pres parçaları.....	24
Şekil 2.24c Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif pres parçaları	24
Şekil 2.25 Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş dişli	25
Şekil 2.26a Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif parçalar	25
Şekil 2.26b Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif parçalar	25
Şekil 2.26c Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş muhtelif parçalar	25
Şekil 2.27a Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş merdane yatakları	26
Şekil 2.27b Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş merdane yatakları	26
Şekil 2.27c Oksijen ile CNC tezgahta kesilmiş merdane yatakları	26
Şekil 2.28 Diklik toleransı	35
Şekil 2.29 Eğiklik toleransı.....	35
Şekil 2.30 Nominal ölçüler	35
Şekil 2.31 Diklik ve eğiklik tolerans alanları	35
Şekil 2.32 Pürüzlülük ölçümü.....	36
Şekil 2.33 Ortalama pürüzlülük derinliği için tolerans alanları.....	36
Şekil 2.34 Sürüklenme	37
Şekil 2.35 Kenar yuvarlanması	38
Şekil 2.36 Kesme yüzeyi hataları, TS-7227	40

Şekil 2.37 Deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği CNC kesim tezgahı.....	49
Şekil 2.38 Deney parçası 151	52
Şekil 2.39 Deney parçası 152	52
Şekil 2.40 Deney parçası 153	53
Şekil 2.41 Deney parçası 154	53
Şekil 2.42 Deney parçası 155	54
Şekil 2.43 Deney parçası 156	54
Şekil 2.44 Deney parçası 157	55
Şekil 2.45 Deney parçası 158	55
Şekil 2.46 Deney parçası 159	56
Şekil 2.47 Deney parçası 301	59
Şekil 2.48 Deney parçası 302	59
Şekil 2.49 Deney parçası 303	60
Şekil 2.50 Deney parçası 304	61
Şekil 2.51 Deney parçası 305	61
Şekil 2.52 Deney parçası 306	62
Şekil 2.53 Deney parçası 307,üst yüzey	63
Şekil 2.54 Deney parçası 307,alt yüzey	63
Şekil 2.55 Deney parçası 308,üst yüzey	64
Şekil 2.56 Deney parçası 308,alt yüzey	64
Şekil 2.57 Deney parçası 309 üst yüzey	65
Şekil 2.58 Deney parçası 309,alt yüzey	65
Şekil 2.59 Deney parçası 501	68
Şekil 2.60 Deney parçası 502	68
Şekil 2.61 Deney parçası 503	69
Şekil 2.62 Deney parçası 504	70
Şekil 2.63 Deney parçası 505	70
Şekil 2.64 Deney parçası 506	71
Şekil 2.65 Deney parçası 507	72
Şekil 2.66 Deney parçası 508	73
Şekil 2.67 Deney parçası 509	74
Şekil 2.68 Deney parçası 1510, ön görünüş.....	75
Şekil 2.69 Deney parçası 1510, çapraz görünüş	75
Şekil 2.70 Deney parçası 1511, ön görünüş.....	75
Şekil 2.71 Deney parçası 1511, yan görünüş.....	75
Şekil 2.72 Deney parçası 3010, yan görünüş.....	76
Şekil 2.73 Deney parçası 3010, ön görünüş.....	76
Şekil 2.74 Deney parçası 3010 arkadan görünüş.....	77
Şekil 2.75 Deney parçası 3011, ön görünüş.....	77
Şekil 2.76 Deney parçası 3011, çapraz görünüş	77
Şekil 3.1 Taşıyıcı ark, taşıyıcı olmayan ark.....	80
Şekil 3.2 Taşıyıcı olan ve olmayan plazma arkının birleşimi.....	80
Şekil 3.3 Plazma arkının büzülmesinin, ark sıcaklığına ve ark gerilimine etkisi	81
Şekil 3.4 Plazma arkı ile dik kesme	82
Şekil 3.5 Plazma arkı ile eğri kesme.....	82
Şekil 3.6 Plazma ile kesmenin şeması	83
Şekil 3.7 Kesme yüzeyi eğimi	85
Şekil 3.8 Plazma ile kesme, ilk adım	85
Şekil 3.9 Plazma ile kesme, ikinci adım	86
Şekil 3.10 Plazma ile kesme, üçüncü adım	86
Şekil 3.11 Plazma ile kesme, dördüncü adım	87

Şekil 3.12 Torç hızı ve işlem gazı bileşimine göre yarık açısındaki değişim.....	88
Şekil 3.13 Konvansiyonel plazma ile kesme	90
Şekil 3.14 Koruyucu işlem gazının kullanılma şekli	91
Şekil 3.15 Sekonder gaz akımı ile kullanılan torç	92
Şekil 3.16 Hava ile plazma kesme	93
Şekil 3.17 Su muhafazasıyla plazma kesme	94
Şekil 3.18 Su yatağı üzerinde,konvansiyonel plazma kesme	94
Şekil 3.19 Su yatağı üzerinde, su enjektisi ile plazma kesme	95
Şekil 3.20 Plazmaya su enjekte şekilleri.....	95
Şekil 3.21 Su enjektisinin, arka teğet gaz tatbik edildiği plazma torcunun yapısı.....	96
Şekil 3.22 Torcun ilerleme yönünün, kesme ağzına etkisi	97
Şekil 3.23 Arkı çevreleyen sınır buhar tabakası	97
Şekil 3.24 Alt yüzü suya yatırılmış iş parçasının, su püskürtülmesiyle plazma kesimi	98
Şekil 3.25 Sualtında kesmenin şematik gösterimi	98
Şekil 3.26 Sualtında kesme	99
Şekil 3.27 Su enjektisi ve su çanı ile plazma kesim yapan torç konstrüksiyonu	99
Şekil 3.28 Su enjektisi ve su çanı ile plazma kesim yapan torç	100
Şekil 3.29 Eşdeğer akımda farklı yöntemlerle yapılan kesimlerde, parça kalınlıkları	100
Şekil 3.30 Sualtı plazma kesim tezgahı	101
Şekil 3.31 Oksi-enjeksiyon plazma kesme	102
Şekil 3.32 Parazit arkın şematik gösterimi	102
Şekil 3.33 Çift ark oluşumunu engelleyen torç konstrüksiyonu.....	103
Şekil 3.34 Helezonal şekilde artan enerji yoğunluğu sağlayan torç	103
Şekil 3.35 Karışım gazla çalışan torç kesiti.....	104
Şekil 3.36 Karışım gazla plazma kesim yapılan bir sistemin uygulama şeması.....	104
Şekil 3.37 Seyyar taşınabilir inverter akım kaynağı.....	106
Şekil 3.38 Yüksek kapasiteli akım üretici.....	106
Şekil 3.39 El ile plazma kesme torcu.	107
Şekil 3.40 Makine torcunu oluşturan elemanlar.	108
Şekil 3.41 Torç donanımı.....	108
Şekil 3.42 Çalışma ve yardımcı gaz verilme şekline göre plazma torcu çeşitleri.....	109
Şekil 3.43 Plazma arki ile kaynak ağzı açma.	110
Şekil 3.44a Meme soğutma sistemleri dolaylı soğutma	111
Şekil 3.44b Meme soğutma sistemleri doğrudan soğutma	111
Şekil 3.45 Farklı elektrod şekilleri.....	113
Şekil 3.46 Elektrod ucunun formu.....	113
Şekil 3.47 Elektrod merkezlenmesinin master ile kontrolü.	113
Şekil 3.48 Alaşım ve alaşımsız tungsten elektrodların ömürlerinin karşılaştırılması	114
Şekil 3.49 Plazma gazlarının ısı iletkenliklerinin sıcaklıkla değişimi.....	114
Şekil 3.50 Plazma yapıcı gazların entalpileri.....	115
Şekil 3.51 Diklik ve eğiklik tolerans alanı.....	118
Şekil 3.52 Plazma kesmede diklik ölçümünün yapılması.....	118
Şekil 3.53 Bir halka örneğinde nominal boyutlar.	118
Şekil 3.54 Plazma ile kesmede diklik ve eğiklik toleransları	119
Şekil 3.55 Yiv derinliği.....	119
Şekil 3.56 Ortalama pürüzlülük derinliği	119
Şekil 3.57 Ortalama pürüzlülük derinliğinin ölçülmesi.....	119
Şekil 3.58 Plazma kesmede müsaade edilen ortalama pürüzlülük derinlikleri.....	121
Şekil 3.59 Birinci grup deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği akım kaynağı.....	124
Şekil 3.60 Deneysel çalışmanın yapıldığı plazmanın, koruyucu gazlı torcunun kesiti	125
Şekil 3.61 Deney parçası 15.01	126

Şekil 3.62a Deney parçası 15.02 üst yüzey	127
Şekil 3.62b Deney parçası 15.02 alt yüzey	127
Şekil 3.63 Deney parçası 15.03	128
Şekil 3.64 Deney parçası 15.04	128
Şekil 3.65 Deney parçası 15.04	128
Şekil 3.66 Deney parçası 15.05	129
Şekil 3.67 Deney parçası 15.05	129
Şekil 3.68 Deney parçası 15.06	130
Şekil 3.69a Deney parçası 15.07 üst yüzey	130
Şekil 3.69b Deney parçası 15.07 alt yüzey	130
Şekil 3.70 Deney parçası 15.08	131
Şekil 3.71 Deney parçası 15.09	131
Şekil 3.72 Deney parçası 15.10	132
Şekil 3.73 Deney parçası 15.11 Yan görünüş	133
Şekil 3.74 Deney parçası 15.11 Ön görünüş	133
Şekil 3.75 Deney parçası 6.01	134
Şekil 3.76 Deney parçası 6.02	134
Şekil 3.77 Deney parçası 6.02	134
Şekil 3.78 Elle plazma kesme deneysel çalışmasının uygulanması	135
Şekil 3.79 Elle plazma kesme çalışmasının gerçekleştirildiği akım kaynağı	135
Şekil 3.80 İkinci grup deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği akım kaynağı	137
Şekil 3.81 Deney parçası 12.01	138
Şekil 3.82 Deney parçası 12.01	138
Şekil 3.83 Deney parçası 12.02	139
Şekil 3.84 Deney parçası 12.02	139
Şekil 3.85 Deney parçası 12.03	140
Şekil 3.86 Deney parçası 12.03	140
Şekil 3.87 Deney parçası 12.04	141
Şekil 3.88 Deney parçası 12.04	141
Şekil 3.89 Deney parçası 25.01	142
Şekil 3.90 Deney parçası 25.02 Ön görünüş	142
Şekil 3.91 Deney parçası 25.02 Çapraz görünüş	143
Şekil 3.92a Deney parçası 40.01	144
Şekil 3.92b Deney parçası 40.01	144
Şekil 3.93 Yüzey kesitlerinde görülen kesme hataları	144
Şekil 4.1 Farklı tekniklerle kesilen 15mm St-37 malzemedeki numunelerin karşılaştırılması	149
Şekil 4.2 Termik kesme yöntemleriyle ulaşılabilen kesme kalınlıkları	150
Şekil 4.3 Farklı yöntemlerde ulaşılabilen en yüksek kesme hızları	150
Şekil 4.4 Farklı kalınlıktaki parçaların değişik yöntemlerle kesilmesinde harcanan enerji ile işlem hızı arasındaki ilişki	151
Şekil 4.5 Oksi-asetilen yanıcı gaz alevi ile kesme neticesinde, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi	154
Şekil 4.6 Azot gazının kullanıldığı su enjekteli plazma yöntemiyle kesme sonucunda, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi	155
Şekil 4.7 Oksijen gazının kullanıldığı su enjekteli plazma yöntemiyle kesme sonucunda, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi	156
Şekil 4.8 Basıncılı havanın işlem gazı olarak kullanıldığı düşük kapasiteli konvansiyonel plazma yöntemiyle kesim sonucunda, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi	156
Şekil 4.9 Oksijen ve plazma ile kesmede, kesme ağız oluşumu	158

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Çeliğin içeriğindeki alaşım elementlerinin oksijen ile kesmeye etkileri.....	7
Çizelge 2.2 Bazı metaller ve oksitlerinin ergime sıcaklıkları.....	8
Çizelge 2.3 Oksijen ile kesmede değişikliğe uğrayan bölgenin genişliği.....	10
Çizelge 2.4 Bazı çeliklere kesme öncesinde uygulanan öntav sıcaklıkları.....	11
Çizelge 2.5 Çeşitli çeliklerin kesime yatkınlıkları.....	12
Çizelge 2.6 Kesme işleminin unsurları.....	12
Çizelge 2.7 Yanıcı gazların özellikleri.....	27
Çizelge 2.8 Oksijenin fiziksel özellikleri.....	29
Çizelge 2.9 Propanın fiziksel özellikleri.....	30
Çizelge 2.10 Metanın fiziksel özellikleri.....	31
Çizelge 2.11 İthal doğalgazın bileşimi.....	32
Çizelge 2.12 Propilenin fiziksel özellikleri.....	32
Çizelge 2.13 Asetilenin fiziksel özellikleri.....	33
Çizelge 2.14 Oksijenle kesmede geçerli boyut toleransları.....	38
Çizelge 2.15 Aynı anda paralel doğrusal kesmeler için sınır değerler.....	39
Çizelge 2.16 Kesme yüzeyi hatalarının nedenleri.....	41
Çizelge 2.17 Kesme hataları ve sınıflandırılması, TS 7227.....	43
Çizelge 2.18 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 1.grup.....	49
Çizelge 2.19 Deneysel çalışma parametreleri, 1.grup.....	51
Çizelge 2.20 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 2.grup.....	57
Çizelge 2.21 Deneysel çalışma parametreleri, 2.grup.....	58
Çizelge 2.22 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 3.grup.....	66
Çizelge 2.23 Deneysel çalışma parametreleri, 3.grup.....	67
Çizelge 3.1 Bazı metal ve oksitlerinin ergime sıcaklığı.....	83
Çizelge 3.2 Kesme işlemi parametreleri.....	87
Çizelge 3.3 Plazma ile kesmede parça kalınlığı meme çapı ilişkisi.....	112
Çizelge 3.4 Plazma yapıcı gazların dissosiasyon ve iyonizasyon enerjileri.....	115
Çizelge 3.5 Plazma kesmede nominal ölçüler için verilen sınır değerler.....	122
Çizelge 3.6 Plazma ile kesme işleminin unsurları.....	122
Çizelge 3.7 Deneysel çalışmaya ait ayrıntılar, birinci grup.....	123
Çizelge 3.8 Deneysel çalışma parametreleri, ilk grup.....	125
Çizelge 3.9 Deneysel çalışmaya ait ayrıntılar, ikinci grup.....	136
Çizelge 3.10 Deneysel çalışma parametreleri, ikinci grup.....	137
Çizelge 3.11 15mm kalınlıktaki iş parçasının diklik toleransı.....	144
Çizelge 3.12 15mm kalınlıkta St-37'den deney parçalarında ölçülen eğim değerleri.....	146
Çizelge 3.13 12mm kalınlığa sahip parçanın diklik toleransı.....	146
Çizelge 3.14 İkinci grup numunelerde ölçülen eğim değerleri.....	146
Çizelge 3.15 25mm kalınlığa sahip parçanın diklik toleransı.....	146
Çizelge 3.16 25mm kalınlığa sahip parçalarda ölçülen eğim değerleri.....	146
Çizelge 3.17 40mm kalınlığa sahip parçanın diklik toleransı.....	147
Çizelge 3.18 40.01 nolu parçada ölçülen eğim değeri.....	147
Çizelge 4.1 Plazma ile kesmede, diklik toleransları.....	151
Çizelge 4.2 Oksijen ile kesmede, diklik toleransları.....	152
Çizelge 4.3 Plazma ile kesmede, ortalama pürüzlülük değerleri.....	152
Çizelge 4.4 Oksijen ile kesmede, ortalama pürüzlülük değerleri.....	152
Çizelge 4.5 Oksi-asetilen alevi ile kesme de, kesme ağız genişlik değerleri.....	157
Çizelge 4.6 Plazma ile kesmede akım şiddeti ve nozul çapının, yarı genişliğine etkisi.....	158
Çizelge 4.7 İşlem gazları karışım oranı ile torç hızının, yarı genişliğine etkisi.....	158

ÖNSÖZ

İmalatta iş parçalarının hazırlanmasında ilk adım kesme işlemidir. Kesme işlemi çeşitli şekillerde uygulanmakla beraber en çok termik kesme yöntemleri tercih edilmektedir.

Gaz ergitme ile kesme, elektrik enerjisine bağlı olmadan, seyyar olarak taşınabilme avantajı, düşük ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri ile alaşimsız çeliklerin kesilmesinde en yaygın yöntemdir. El üfleci ile elde edilen düşük kesme yüzeyi kalitelerine karşın, günümüzde otomatik kontrollü tezgahlarda yüksek kesme yüzeyi kalitelerine ulaşılabilir.

Plazma arkı ile ergiterek kesmede, yüksek kesme hızlarına ve işlem sıcaklıklarına ulaşılabilir. Alaşimsız çelikler yüksek hızda, çapaksız olarak bu sayede kesilmektedir. Bu yöntem Cr-Ni çelikleri gibi oksijenle kesilemeyen çeliklerin kullanıldığı çalışmalarda ihtiyaç duyulmaktadır. Gıda, kimya gibi alaşımli çeliklerin kullanımı zorunlu olan sektörler geliştikçe, bu tesislerin makine ihtiyacını karşılayan imalatçıların sayı ve kapasitesi artacaktır. Bu suretle plazma ile kesme tekniğinin kullanım oranı da artacaktır.

Bu çalışmada, çelik malzemelerde istenilen kesme yüzeyi kalitesine ulaşmada işlem parametrelerinin etkisi incelenmiş ve pratikte kesme yüzeyi kalitesi ile işlem maliyeti arasında ideal dengeyi sağlayacak işlem unsurları açıklanmıştır.

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli görüşleri ile yol gösteren hocam Sayın Doç. Dr. Selahattin Yumurtacı'ya teşekkür ederim.

ÖZET

Bu çalışmada; gaz ergitme ve plazma ile kesme yöntemleri açıklanmış, kesme hatalarıyla kesme yüzeyi kalitesini tanımlayan DIN ve TS standartlarına yer verilerek, işlem parametreleri ile ortaya çıkabilecek kesme hatalarının, yüzey kalitesine olan etkileri farklı kalınlıklardaki değişik malzemelerden hazırlanmış parçalarda deneysel olarak gösterilmiş ve daha sonra da örnek deney parçalarının kesit yüzeylerinin fotoğrafı çekilerek incelenmiştir.

Kesme yüzeyi kalitesini etkileyen parametreler aşağıda verilmektedir;

İşletme gazı: Basınç, debi, sıcaklık, tür, safiyet, karışım oranı, akış özellikleri.

Kesme memesi: Konstrüksiyon, yaş, durum, sacdan uzaklık, kesme açısı.

Makine: Konstrüksiyon, yaş, ilerleme hızı, güç, akım şiddeti.

Malzeme: Kimyasal bileşim, kalınlık, sıcaklık.

Uygulamada sadece oksijenle kesme olarak da adlandırılan ilk yöntemde, kesilecek olan malzeme önce yerel olarak, tutuşma sıcaklığına kadar tavlana ve tavlı halde bulunan bölgeye basınçlı oksijen gönderilip malzeme oksitlenerek kesilmektedir. Bu tekniğin daha çok alaşımsız ve düşük alaşımlı çeliklere uygulanmasının nedeni, demirin oksijen ile olan kuvvetli egzotermik reaksiyonuna dayanmaktadır, ancak çelikte ki alaşım oranı arttıkça kesme işlemi zorlaşmaktadır.

Plazma ile kesmede, işlem gazı elektrik arkıyla iyonize olmaktadır. Parça ile elektrod arasında oluşan plazmanın enerji yoğunluğu arkın sıkıştırılmasıyla artırılmıştır. Arkın parçayı temas noktasından ergitmesiyle kesme işlemi gerçekleşmektedir. İlk yöntemde göre çok daha yüksek kesme hızlarına ulaşılmakta, ancak sadece dış enerji sevk edilmesi suretiyle kesim yapıldığından dolayı kesme ağı konik şekil almaktadır.

Kesme yöntemi seçilirken, malzemeye uygulanabilirliği, toplam maliyet, işlem süresi, hedeflenen kesme yüzeyi kalitesi göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuçta, her iki ısıl kesme yönteminde işlem parametrelerinin kesme yüzeyi kalitesine olan etkileri ifade edilerek, uygulayıcıya kesme yöntemi ve değişkenlerinin seçiminde yol gösterilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Termik kesme, oksijen gaz alevi, plazma arkı, yüzey kalitesi, kesme hataları.

ABSTRACT

In this research work, oxygen and plasma cutting methods have been explained. DIN and TS standards which define cutting failures and quality of cutting surface are given. Effects of cutting parameters and cutting failures to the surface quality have been shown by experimental results with the different materials in different thickness, section surface of the samples have been photographed and examined.

Parameters that affect cutting quality

Working gas: Pressure, flow, heat, type, purity, mixing ratio, flow specifications.

Nozzle: Construction, age, situation, distance from sheet, cutting angle.

Machine: Construction, age, situation, cutting feed rate, power, cutting current.

Material: Chemical composition, thickness, heat.

In applications, in the first method which is called oxygen cutting, cutting material is heated locally until the burning temperature and then pressured oxygen have transmitted this area, material is oxidized and cut. This method is usually used for non-alloyed or low alloyed steels because of exothermic reaction of the Fe with oxygen.

In Plasma cutting method, all the metals including alloyed and non-alloyed can be cut. Higher cutting speed than the first method can be procured. Although cutting surface quality is enough, cutting surface perpendicularity is lower than oxygen cutting method because of the supplying only external energy for cutting.

As a result, operation cost and effect of operation parameters to cutting quality in both thermal cutting method have been shown clearly and guided the user who wants to chose cutting parameters for required cutting surface quality. While choosing cutting method, feasibility of the material , cutting cost, cutting time, required cutting surface quality must be taken into consideration.

Keywords: Thermal cutting, oxygen flame, plasma arc, surface quality, cutting failures.

1. GİRİŞ

İmalatta iş parçalarının hazırlanmasında ilk adım kesme işlemidir. Kesme işlemi çeşitli şekillerde uygulanmakla beraber, en çok termik kesme yöntemleri tercih edilmektedir.

1900'lü yılların başında kullanılmaya başlanılan oksii-asetilen alevi, I.Dünya Savaşı yıllarında, savaş araç ve teçhizatlarının yapımında, kaynak ve kesme uygulamalarında kullanılmıştır.

Zaman içerisinde birçok alternatif kaynak yöntemi geliştirilerek endüstrinin hizmetine sunulduğundan, günümüzde gaz ergitme kaynağı bir üretim yönteminden daha çok tamir yöntemi olarak geniş bir uygulama alanına sahiptir, çünkü seri üretime yatkın olamayacak derecede yavaştır ve sadece el ile kaynak uygulamalarına yatkındır. Fakat günümüzde gaz ergitme kaynağının alevi ile yapılan kesme işlemlerinin, atölye yada şantiye gibi seygar uygulama alanlarında kolaylıkla yapılabilmesi yöntemi vazgeçilmez kılmıştır (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Tutuşma sıcaklığına (~900°C) kadar bir yanıcı gaz aleviyle tavlınılan iş parçasına kesme oksijeni hüzmelerini gönderilir. Oksijenin sıcak iş parçasını oksitleyerek gerçekleştirdiği kesme işleminde, oksitlenme sonucu demir oksit cürufu oluşur ve ısı ortaya çıkar. Fe ile O₂ arasındaki egzotermik reaksiyonlar sonucu oluşan bu ısı kesme yüzeyinin altındaki metalin de ergimesine neden olur, eriyen metal oksijenle tepkimeye girmeden demiroksit cürufu ile karışarak basınçlı kesme jetinin de etkisiyle kesme ağzından uzaklaşır. Bu olayın etkinliği kesilen parçanın kalınlığı arttıkça artmaktadır (Gourd, 1995). İşte bu yüzden dolayı, gaz ergitme alevi ile kesme diye de nitelendirilen yöntem, bugün oksii-yanıcı gaz ile kesme, alev ile kesme, yada sadece oksijen ile kesme diye de adlandırılmaktadır. Günümüzde yalnız karbonlu yada düşük alaşımlı kaynaklanabilir çeliklerin oksijen ile kolaylıkla ve ekonomik olarak kesilebilmesi, bu yöntemi parça hazırlama, kaynak ağzı açma, kaynak sonrası çarpılmış parçaların alev ile düzeltilmesi işlerinde rakipsiz yapmaktadır (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Plazma ile kesme işlemine esas olarak, oksii-yanıcı gaz aleviyle kesilemeyen veya çok sınırlı kesme kabiliyetine ulaşılan malzemelerin kesilmesi için başvurulmaktadır. Bu malzemeler arasında yüksek alaşımlı çeliklerin tümü ve hafif metaller bulunmaktadır. Plazma arkı ile ergiterek kesmede alaşımsız yada düşük alaşımlı çeliklerin oksijenle kesilmelerine göre çok daha yüksek kesme hızlarına ulaşılmaktadır. Yalnız dış enerji sevk edilmesi suretiyle kesim yapıldığından dolayı kesit boyunca yukarıdan aşağı enerji yoğunluğu azaldığından, kesme yüzeyinin dikliği, oksijen kesimi sonucunda elde edilen yüzeylerin dikliğinden geri kalmaktadır (Böhme vd., 1992). Taşıyıcı olmayan arklı plazma ile elektriği iletmeyen malzemelerin kesilmesi de mümkün olmaktadır. Ancak plazma ile kesme, taşıyıcı arklı teknik

kullanılmak suretiyle genel olarak elektriği ileten malzemelere uygulanmaktadır (Anık vd., 1996).

Termik kesme DIN 2310 standardında tanımlanmıştır. Bu standardın 1. kısmı genel kavramları, 2. kısmı kesme yüzeyi kalitesinin belirlenmesi, 3. kısmı oksijenle kesme, yöntemin esasları, kavramlar, boyut toleransları, 4. kısmı plazma ile kesme, yöntemin esasları, kavramlar, boyut toleransları, 5. kısmı lazerle kesme, yöntemin esasları, kavramlar, boyut toleransları, 6. kısmı yöntemlerin sınıflandırılmasını içermektedir (Böhme vd., 1992). TS 7227'de ise kesme yüzeyi hataları tanımlanmıştır.

Bu çalışmada her iki yöntemde işlem parametrelerinin kesme yüzeyine olan etkileri incelenmiş, yüzey kalitesi ve kesme hatalarını tanımlayan standartlar verilmiştir. Yapılan deneysel çalışmada farklı işlem koşullarında uygulamalar yapılarak, TS-7227'de tanımlanan kesme hatalarına sahip çeşitli kalınlık ve kimyasal bileşime sahip deney parçaları elde edilmiş, yanı sıra ideal yüzey kalitesine sahip deney parçasının kesme işlemi parametreleri tespit edilmiştir. Deneysel çalışma sonuçları ile standart karşılaştırılmıştır.

Kesme yöntemi seçilirken, malzemeye uygulanabilirliği, maliyeti, işlem süresi, hedeflenen kesme yüzeyi kalitesi, göz önünde bulundurulmalıdır.

2 GAZ ERGİTME İLE KESME

2.1 Gaz Ergitme ile Kesme İşlemi

Bu yöntemde malzeme, enerji taşıyıcı bir yanıcı gaz- oksijen aleviyle tutuşma sıcaklığına kadar tavlınır, ısıtılmış iş parçasına kesme oksijeni hüzmelerinin hızla sevk edilmesi sonucu, oksijen jetinin temas ettiği bölgedeki çelik malzeme oksitlenerek kesilir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001). Bu olay egzotermik karakterde gerçekleşmektedir. Tavlama alevinden gelen ısı ve demirin demiroksit oluşturmak üzere oksijenle reaksiyona girmesi sonucu açığa çıkan ısının toplamı, kesme işleminin sürekliliğini sağlamaktadır. Kesme işlemi, iş parçasının kalınlığı boyunca, üfleç hareket doğrultusunda devam ederek kesme yarığını meydana getirmektedir (Böhme vd., 1992).

Yöntemin avantajlarını sıralarsak;

Çelikler oksijen ile çok hızlı ve kolay bir biçimde kesilebilmektedir. İşlemin ön hazırlıkları takım tezgahları ile yapılacak kesme işlemine nazaran çok daha kısa sürede gerçekleşmektedir. Kesme kenarının biçimi, giyotin veya testere ile kesme halinde olduğu gibi düz bir çizgi halinde veya kesme kalıbı halinde olduğu gibi sabit bir eğrisellikte olmamakta, kesme doğrultusu işlem sırasında dahi her an değiştirilebilmekte, çok küçük çaplarda ani dönüşler ve yön değiştirmeleri yapılabilmektedir. Elle kesme donanımlarının fiyatları takım tezgahları ile hesaplanamayacak derecede ucuzdur, ayrıca bu tür donanımlar kesme işlemi sırasında elektrik gibi ek enerji kaynağına gereksinme göstermediğinden, şantiye uygulamalarında büyük bir kolaylık sağlamaktadırlar. Kesme kenarı düzgünsüzlüğü ve boyut toleranslarının kabul edilebilir sınırlar içinde kalması halinde, gerek yatırım ve gerekse de işçilik ve malzeme giderleri açısından diğer yöntemler ile kıyaslanamayacak derecede ekonomik olmaktadır. Özel makineler yardımı ile metal levhadan biçimleri aynı olan çok sayıda parça kısa sürede kesilmektedir.

Yöntemin beraberinde getirdiği problemleri sıralarsak;

Takım tezgahları ile yapılan kesmeye nazaran boyut toleransları daha büyük, kesme kenarı düzgünsüzlüğü daha fazla olmaktadır. İşlem sadece yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklere kolaylıkla ve önlem almadan uygulanmakta, ancak alaşımlı çeliklerde alaşım elementlerinin oluşturduğu oksitler oksijen ile kesilmeyi zorlaştırmaktadır. İşlem sırasında kesme bölgesinde yerel olarak yüksek sıcaklıklara çıkıldığından, bu sıcaklık bazı malzeme türlerinde metalurjik özelliklerin değişimine neden olabilmektedir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

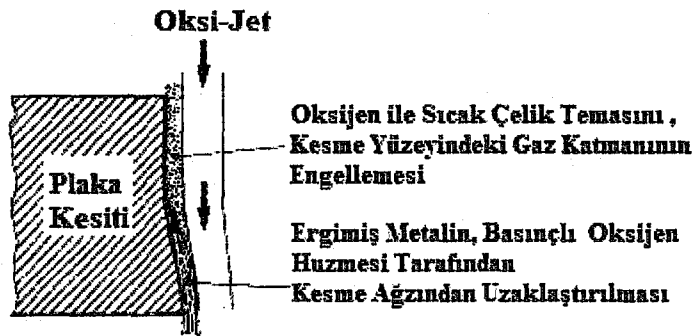
2.1.1 Kesme İşleminin Tanımlanması

Oksijen ile kesme yönteminde, parça enerji taşıyıcı bir yanıcı gaz- oksijen aleviyle tutuşma sıcaklığına kadar tavllanır. Isıtılmış iş parçasına kesme oksijeni hüzmesinin hızla sevk edilmesi sonucu, oksijen jetinin temas ettiği bölgedeki parça kesilmektedir. Oksijenin, demir ile girdiği reaksiyonlar, egzotermik karakterdedir.

Çeliğin kesilmesi esnasında oluşan kimyasal reaksiyonlar:

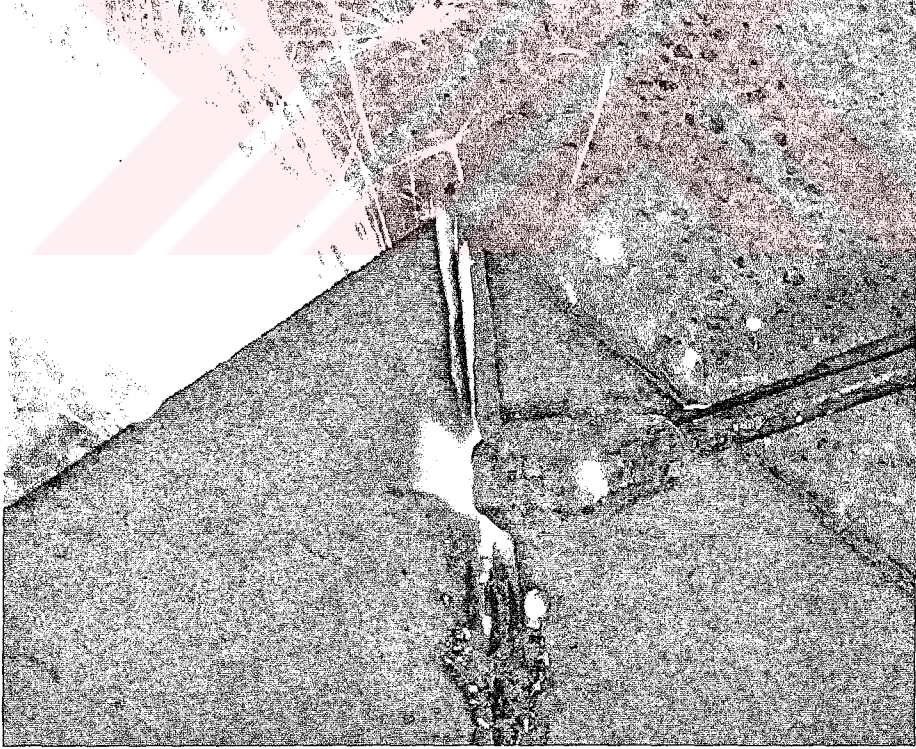
1. $1 \text{ Fe} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 \rightarrow \text{FeO} + \text{Isı (267 kJ)}$
2. $3 \text{ Fe} + 2 \text{ O}_2 \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{Isı (1120 kJ)}$
3. $2 \text{ Fe} + \frac{1}{2} \text{ O}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Isı (825 kJ)}$

İkinci reaksiyon sonucu ortaya çıkan ısı enerjisi, yardımcı nitelikteki ilk oluşan bir numaralı reaksiyonu perdelemektedir. Üç numaralı reaksiyon daha çok kalın kesitlerin kesilmesinde ortaya çıkar. Kesme amacıyla kızgın haldeki noktasal bölge üzerine yüksek saflıktaki oksijen hüzmesi püskürtülür, sırasıyla bir ve iki numaralı reaksiyonlar oluşmaktadır, açığa çıkan enerji diğer kısımların hızla tavlanaşına yardımcı olur, egzotermik olan ilk iki reaksiyon sonucu oluşan yüksek ısı, parça kesitinde ki henüz oksitlenmemiş kısmı ergitip, oluşmuş mevcut kesme cürufuna karıştırıp kesme ağzından uzaklaşmasını sağlamaktadır (Tülbentçi ve Kaluç, 2001). Kesme yüzeyinden ergitilerek uzaklaştırılan malzeme miktarı, kesilecek parçanın kalınlığı arttıkça artar ve kesme oksijeni ihtiyacı stokiometrik gereksinmenin altına iner, fakat ergimiş kısmın da kesme ağzından uzaklaştırılması oksijen jetinin basınç kuvvetiyle sağlandığından oksijen tüketiminde belirgin bir düşüş gözlenmemektedir. Kesme işlemi parçanın üst yüzeyinin ön tavlama aleviyle ısıtılması sonucu başlar. Kesme ağzının tepesinde açığa çıkan ısının dibe doğru taşınması sayesinde, sürekli kesme jeti etkisi altında ki metal malzeme daimi kesme işlemi sıcaklığında kalmaktadır. Levha yüzeyinde üretilen ısı, kesit boyunca aşağı doğru taşındığından, bu şekilde ısınmayan tek bölge levha üst yüzeyidir, işte bu nedenle levha yüzeyini yanma sıcaklığında tutmak için bir tavlama alevine gerek vardır, aksi halde kesme işlemi parça boyunca ilerleyemez, durur (Gourd, 1995).

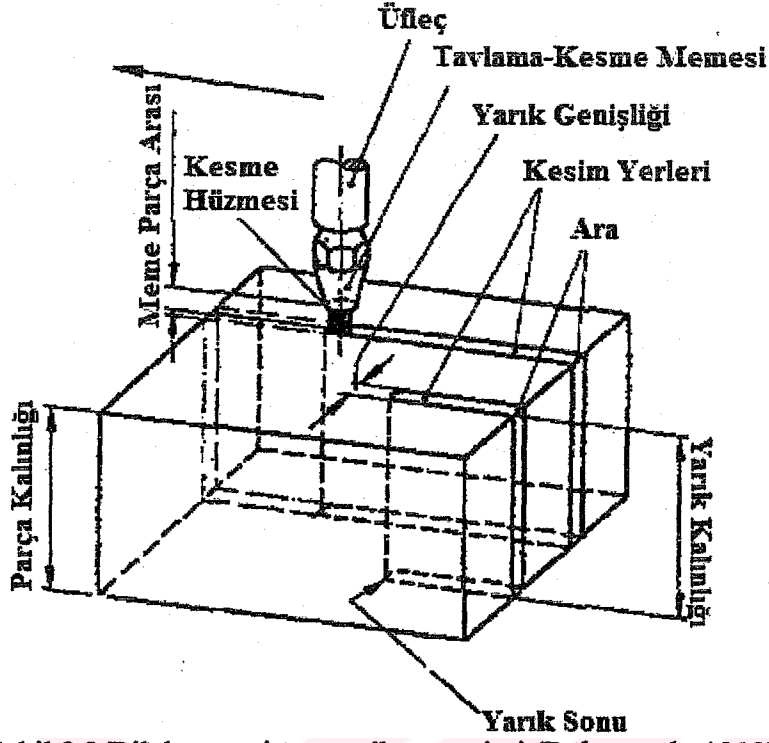


Şekil 2.1 Kesme işlemi kesiti (Gourd, 1995).

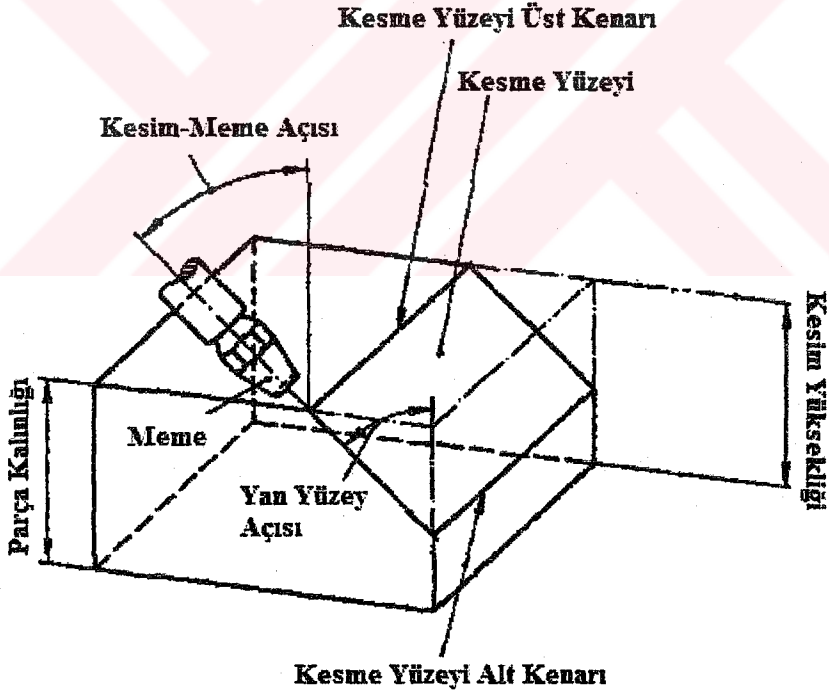
Demir ile oksijen arasında ki egzotermik reaksiyonların gerçekleşmesini sağlayacak, uygun, donanım, yeterli kesme oksijeni basıncı, gaz safiyeti gibi optimum işlem koşulları sağlanmış olsa bile üfleç hızı, işlem basıncı ve kesilecek malzeme dikkate alınarak, doğru ayarlanmamış ise, kesme yüzeyi kalitesi istenilen sonucu vermeyebilmektedir. Çünkü malzemede ki demir elementinin oksijenle yeterli derecede temas sağlamasına engel olacak alaşım elementleri çelik malzeme içerisinde her zaman mevcuttur. Çelikte ki, karbon, karbon monoksit ve karbondioksit karışımı oluşturur, kükürt, kükürtdioksit şeklinde okside olmaktadır. Bu gazlar kesme oksijeni ve çelik arasındaki ara yüzeyde üretilmektedirler ve oksijen jetinin hızıyla bu bölgeden süpürülüp uzaklaştırılmaları gerekmektedir. Eğer bunların toplanmasına izin verilirse, oksijenin hiç yayınamayacağı veya sadece yavaş bir şekilde yayımlanabileceği bir durgun sınır tabakası oluşmaktadır. Böylece çeliğin yüzeyinde kullanılabilir oksijen miktarı azalmış olur ve metali yanma sıcaklığının üzerinde tutmaya yeterli ısı üretilemez. Bu nedenle üfleç hızı kabul edilebilir kalitede kesme yüzeyi elde etmede kritik bir faktördür (Gourd, 1995).



Şekil 2.2 El üfleci ile kesim



Şekil 2.3 Dik kesmenin şematik gösterimi (Böhme vd., 1992).



Şekil 2.4 Eğik kesmenin şematik gösterimi (Böhme vd., 1992).

2.1.2 Çeliklerin Kesilebilme Kabiliyeti

Çelikteki alaşım elementlerinin, ve bunların oksitlenmeleri nedeniyle oluşan metal oksitlerin, yani cürufunun erime sıcaklığını veya viskozitesini arttırmaması koşuluyla, kesme işlemine bir etkisi yoktur.

Kesme işlemi anındaki oluşumlarda, kesilecek malzemenin;

-Oksitlenme sıcaklığı, erime sıcaklığından daha düşük olmalıdır.

-Kesme sırasında oluşan oksitlerinin erime sıcaklığı, malzemenin erime sıcaklığından daha düşük olmalıdır (Böhme vd., 1992).

Çizelge 2.1 Çeliğin içeriğindeki alaşım elementlerinin oksijen ile kesmeye etkileri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

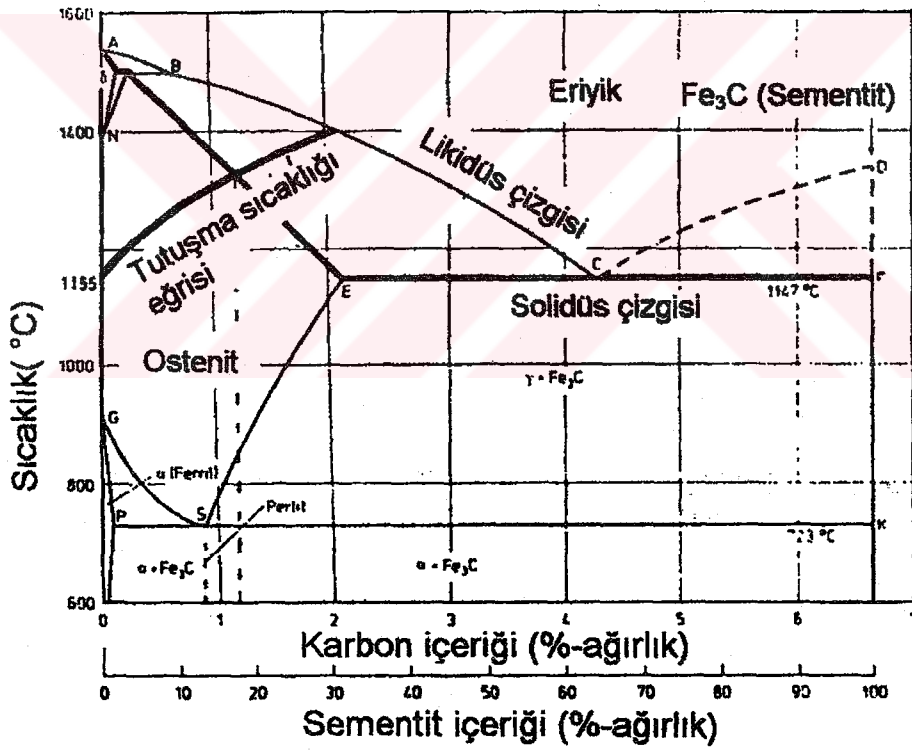
Alaşım Elementi	Oksijen ile Kesmeye Etkisi
Alüminyum	Alüminyum çelik üretiminde dezoksidan olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır; Al içeriği %8 ila %10'u almadığı sürece oksijen ile kesme işlemine önemli bir etkisi yoktur.
Bakır	%3'e kadar Cu içeren çelik hiçbir zorluk göstermeden oksijen ile kesilebilmektedir.
Kükürt	Çeliğin içeriğinde normal sınırlar arasında bulunduğu sürece oksijen ile kesmeye bir etkisi yoktur, yalnız otomat çeliği gibi yüksek kükürt içerikli çeliklerde kesme hızı yavaşlamakta ve SO ₂ emisyonu görülmektedir.
Karbon	Artan karbon içeriğiyle malzemenin tutuşma sıcaklığı yükselmekte, erime sıcaklığı düşmektedir. %0.25'e kadar karbon içeren çelikler oksijen ile çok kolay bir biçimde kesilmekte, daha yüksek karbon içeriğine sahip çelikler, kesme kenarında sertleşme ve çatlak oluşumu önlemek bakımından öntav uygulanarak kesilmektedirler. Dökme demirlerdeki serbest grafit oksijen ile kesilmeyi zorlaştırır. % 4 karbon içeren dökme demirler ancak özel yöntemler uygulanarak (toz, dekapan veya çubuk halinde ek oksitleyici maddeler kullanarak oksijen ile kesilebilmektedirler.
Kobalt	Çelikte normal sınırlar içinde bulunduğu zaman oksijen ile kesmeye olumsuz bir davranış göstermemektedirler.
Krom	Malzemenin krom içeriğinin artması, oksidinin erime sıcaklığını yükseltmekte, viskozitesini arttırmaktadır. Bu da istenmemektedir. Kesme cürufu reaksiyon alanından kolaylıkla uzaklaştırılmamakta ve başarılı kesmeyi engelleyen geçirgen olmayan bir sınır tabaka oluşmaktadır. %5'e kadar Cr içeren çelikler büyük bir zorluk göstermeden oksijen ile kesilebilmektedir. %10 veya daha fazla Cr içeren çelikler, ergime sıcaklığını ve cüruf viskozitesini azaltmak için, metal tozları veya kimyasal maddeleri katkı olarak kullanarak oksijen ile kesilebilmekte, ancak kesilen yüzeyler de oldukça kaba bir görünüme sahip olmaktadır.
Fosfor	Çeliğin içeriğinde normal sınırlar arasında bulunduğu sürece oksijen ile kesmeye bir etkisi yoktur.

Mangan	Normal olarak çeliklerde bulunma sınırları içinde oksijen ile kesmeye bir etkisi yoktur; yalnız %14 Mn ve %1.5 C içeren ostenitik sert Mn çeliği ancak öntav ile kesilebilmektedir.
Nikel	%3'e kadar Ni ve %0.250 içeren çelikler normal yöntemlerle, %7'e kadar Ni içeren çelikler dekapan kullanılarak oksijen ile kesilmektedir. Ostenitik paslanmaz çelikler ise ek olarak demir tozlu veya özel dekapanlar kullanılarak kesilmektedir.
Tungsten	%14'e kadar Tungsten içeren çelikler normal koşullar altında oksijen ile kesilmektedir.
Molibden	%5'e kadar Mo içeren çelikler oksijen ile özel bir önleme başvurmadan kesilmektedir. Daha yüksek miktarda Mo içeren çelikler için özel yöntemlere gereksinme vardır.
Vanadyum	Çelikte alaşım element olarak bulunduğu sınırlar içinde oksijen ile kesmeye bir etkisi yoktur.

Çizelge 2.2 Bazı metaller,ve oksitlerinin ergime sıcaklıkları (Anık vd., 1996).

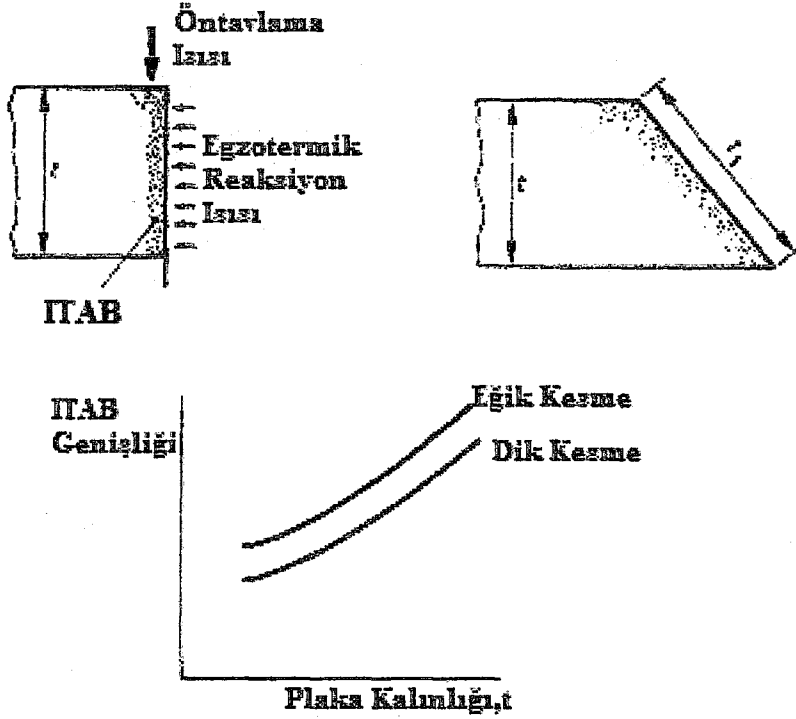
Metal	Ergime Sıcaklığı (°C)	Metaloksit	Oksidinin Ergime Sıcaklığı (°C)
Al	658	Al ₂ O ₃	2050
Co	1490	CoO	1810
Cr	1150	Cr ₂ O ₃	1990
Cu	1084	Cu ₂ O	1230
		CuO	1336
Fe	1533	FeO	1370
		Fe ₃ O ₄	1527
		Fe ₂ O ₃	1565
Mn	1250	MnO	1785
		Mn ₃ O ₄	1560
Mo	2655	MoO ₃	795
Ni	1452	NiO	1990
Si	1414	SiO ₂	1710
W	3370	WO ₂	1277
		WO ₃	1473
Ti	1727	TiO ₂	1775
V	1750	V ₂ O ₃	1970
		V ₂ O ₄	1277
		V ₂ O ₅	650

Bir çelik içerisindeki alaşım miktarı, sadece malzemenin kesilmeye uygunluğunu belirlemekle kalmamakta, aynı zamanda kesme yarığında sertlik, iç gerilme ve çatlak oluşumu gibi istenmeyen problemlere de yol açabilmektedir (Anık vd., 1996). Termik kesme yöntemlerinde, parçada kesme ağzına komşu bölgede oluşan ısı tesiri altındaki bölgenin tane yapısının çok düşük karbon içeren çelikler için önemi yoktur. Çünkü mevcut serbest soğuma hızlarıyla çeliğin aşırı sertleşmesi mümkün değildir. Daha yüksek karbon içeren çeliklerde beyritik ve martenzitik yapılar oluşarak kesme ağzı sertleşmektedir (Gourd, 1995). Kesme yarığında sertleşme, esas olarak malzemenin karbon içeriğine, soğuma hızına ve malzemenin kalınlığına bağlı olmaktadır. Genel yapı çeliklerinde, kesme yarığında sertlik artışı oluşturan ve çok ince bir martenzite yol açan bir karbon zenginleşmesi meydana gelmektedir (Anık vd., 1996). Martenzitik yapı, kaynak kabiliyetini düşürmekte, ancak bu bölgenin 0,5mm. taşlanarak temizlenmesi ile problem giderilebilmektedir.



Şekil 2.5 Çeliğin tutuşma sıcaklığının karbon içeriğiyle değişimi (Anık vd., 1996).

Termik kesmede, ısı tesiri altındaki bölgenin uzunluğu temelde levha kalınlığına ve belli ölçüye kadar da kesme tipine (dik veya açılı kesme) bağlı olmaktadır. Eğik kesme de, hem kesme süresi arttığından, hem de kesme yüzeyi alanı arttığından dolayı, dik kesmeye oranla, aynı plaka kalınlığı için ITAB genişliği daha fazla çıkmaktadır (Gourd, 1995).



Şekil 2.6 Kesme ağzındaki, ısı tesiri altındaki bölgenin dik ve eğik kesmede ki değişimi (Gourd, 1995).

Çizelge 2.3 Oksijen ile kesmede değişikliğe uğrayan bölgenin genişliği (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Sac Kalınlığı (mm)	C içeriği %0-0.3 (mm)	C içeriği %0.3-1.0 (mm)	Cr- Ni 'li çelik Ni içeriği %1.0- 5.0 (mm)	Ostenitik çelikler mm)
5	0.1-0.3	0.3-0.6	1.0-1.5	-
10	0.5-0.5	0.5-1.0	1.5-2.5	0-0.1
25	0.4-0.7	0.8-1.5	2.0-3.0	0.1-2.0
50	0.6-1.0	1.0-2.0	3.0-4.0	0.2-0.3
100	0.8-1.5	1.5-2.5	4.0-5.0	0.3-0.5
250	1.5-3.0	3.0-5.0	5.0-8.0	-
500	3.0-5.0	5.0-8.0	-	-

Sertleşmeye eğilimli çeliklerin alevle kesilmesinde, ilave bir ısı girdisine ihtiyaç vardır. Bu durumda kesme üfleci, bir ön veya sonradan tavlama üfleci gibi ayarlanır yada ayrı bir tav üfleci kullanılmaktadır. Üfleç, parçaya yaklaşık 70 mm mesafede, tercihen hafif bir eğimle tutularak, iş parçası tavllanır (Anık vd., 1996). Çeliği hızlı şekilde tutuşturma sıcaklığına

yükselten bir ön tavlama yoğunluğu, yüksek işlem hızlarında kesme kalitesini sürdürmek için genellikle yeterli olmaktadır. Ancak kesme kalitesi en yüksek seviyede olmaz. Yüksek kaliteli kesme, normal olarak hızlı ön tavlama için gereken yoğunluğa göre önemli oranda düşük ön tavlama yoğunluklarında yapılabilmektedir. Çoğu büyük kesme makinelerinde, çift kademeli gaz kontrolleri mevcuttur. Bunlar, başlama işlemine göre yüksek yoğunluklu ön tavlama sınırlamakta, daha sonra ön tavlama alevleri, yanıcı gaz ve oksijenden tasarruf sağlamak ve daha iyi bir kesme yüzeyi oluşturmak üzere düşük yoğunluğa indirilmektedir (Böhme vd., 1992)..

Çizelge 2.4 Bazı Çeliklere Kesme Öncesinde Uygulanan Öntav Sıcaklıkları (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Çeliğin Bileşimi							Öntav Sıcaklığı (°C)
C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	
<0.25	<0.8	<0.5	-	-	-	-	100-250
0.25-0.4	<0.8	<0.5	-	-	-	-	
0.4-1.5	<0.8	<0.5	-	-	-	-	250-400
<0.2	1.5	<0.5	-	-	-	-	-
<0.2	<0.6	2.8	-	-	-	-	-
0.4	<0.6	4.0	-	-	-	-	100-250
<0.2	<0.8	<0.35	<	-	-	-	-
<0.2	<0.8	<0.35	1.5-3.5	-	-	-	200-400
<0.2	<0.8	<0.5	3.5-7	-	-	-	400-500
<0.2	<0.4	<0.25	-	<7	-	-	
<0.2	-	-	-	<30	-	-	-
0.4	<0.4	<0.25	-	>10	-	-	250-400
<0.2	<0.5	<0.25	0.5-1.5	1-4.5	-	-	100-250
>0.2	<0.6	<0.3	0.5-1.5	1-4.5	-	-	250-400
<0.2	<0.6	<0.3	<1.0	-	<0.7	-	-
<0.2	<0.8	<0.5	-	-	-	<2.0	-

Çizelge 2.5 Çeşitli çeliklerin kesilebilme kabiliyeti (Böhme vd., 1992).

Çelik	Kimyasal bileşim (% ağırlık)								
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Cu	Co	
St37	0,2								+
St 52	0,2	0,3	0,6						+
St 70	0,5	0,2	0,4						+
15 Mo 3	0,2	0,25	0,6			0,3			+
13 CrMo 4 4	0,15	0,25	0,55	0,85		0,45			+
10 CrMo 9 10	0,15	0,32	0,5	2,2		1,0			+
St 35.8	0,18	0,29	0,89	0,57	0,87	0,48			+
StE 70	0,20	0,35	1,5		0,56				+
WTSt 37	0,12	0,5	0,3	0,8	0,65		0,4		+
StE 36	0,2	0,3	1,3						+
17MnMoV 6 4	0,19	0,3	1,5		1,0	0,3			+
17 MnCrMo 3 3	0,2	0,71	0,91	0,9	0,07	0,33			+
Düşük perlitli çelik	0,09	0,4	1,3						+
22 NiMoCr 3 7	0,2	0,3	0,8	0,4	0,8	0,7			+
20 MnMoNi 5 5	0,2	0,2	1,2	0,5	0,5	0,5			+
GS-C 25	0,2	0,41	0,69	0,05	0,04		0,08		+
Beton çeliği	0,2	0,6							+
X 8 Ni 9	0,06	0,24	0,64		9,08				+
X 10 Cr 13	0,09	1,0	1,0	13					-
X 20 Cr 13	0,2			13					-
X 4 CrNiMoNb 25 7	0,04			25	7				-
X 10CrNiTi 18 9	0,1	1,0	2,0	18	9				-
X 8 CrNiNb 19 9	0,08			19	9				-
X 45 NiCrMo 4	0,45	0,25	0,4	1,3	4				-

2.1.3 Kesme Yüzeyi Kalitesini Etkileyen Unsurlar

Çizelge 2.6 Kesme işleminin unsurları (Böhme vd., 1992).

İşletme gazı	Kesme memesi	Makina	Malzeme
Basınç-Debi	Konstrüksiyon	Konstrüksiyon	Kimyasal bileşim
Sıcaklık	Yaş	Yaş	Kalınlık
Tür	Durum	Durum	Durum
Safiyet-Karışım oranı	Saçtan uzaklık	İlerleme	Sıcaklık
Akış özellikleri	Kesme açısı	Kesme hızı	FeO ₂ reaksiyonu

Kesme işlemi metalin homojenliğinden, iç ve dış hatalarından etkilenir. İç hatalar olarak, malzeme içindeki gaz kabarcıkları, yabancı maddeler, katılaşma hataları (segregasyonlar), iç gerilmeler ve çatlaklar sayılmaktadır. Dış hatalar olarak da, parça yüzeyindeki düzgünsüzlükler, yağ, pas ve kirlere sayılmakta, dış hataların sonucunda özellikle kesme yüzeyi üst kenarında sıra sıra zincir halinde katılaşmış tanecikler gözlenmektedir. Eğer parça üzerindeki oksitlenme, önemli derecede çok ise, kesme hızı düşebilmektedir, aynı zamanda parçaya daha yüksek bir ön tavlama uygulanması da gerekmektedir.

Parça kalınlığının etkisi; kesilecek olan metalin kalınlığı, kesme işleminin ayar parametrelerini büyük ölçüde etkilemektedir. Elle kesmede yüksek kalınlıklara ulaşmak zordur, oksijenle kesme makinelerinde ise daha büyük ve yüksek kapasiteli su soğutmalı üfleçler yardımıyla 800 mm gibi kesim kalınlıklarına çıkılabilir de, genelde endüstriyel üfleçler ile 300 en çok 400mm kalınlığında plakalar kesilmektedir, piyasadan bu kesme kalınlıkları için özel ,meme ve üfleç temin edilebilse de, zaten uygulamada 100mm.den daha kalın parça kesimleri için pek talep gelmez ki, 100mm'nin altı kalınlıklardaki parçalarda uygun meme ve standart el üfleciyle kesilebilmektedir.

Sürüklenme; yüzeye dik olarak etkiyen oksijen hüzmesinin parçaya girişi ve çıkışı arasında kesme yönünde meydana gelen sapmaya denmektedir. Yüzeyden parça kalınlığı yönünde ilerledikçe, oksijenin saflığı ve miktarı azalmakta, malzemenin oksitlenme hızı düşmekte ve alt kısımda sürüklenme meydana gelmektedir. Kaliteli ve hassas bir kesme yüzeyi elde etmek için, üflecin ilerleme hızının kesme oksijeni basıncına uygun seçilerek, sürüklenmenin minimum seviyede tutulması gerekmektedir.

Kesme hızı; kesme üflecinin hızı, işlem basıncı ve kesilecek malzeme dikkate alınarak, doğru ayarlanmamış ise, kesme yüzeyi kalitesi istenilen sonucu vermeyebilmektedir. Çünkü yüksek kesme hızında oksijen hüzmesinin basınç kuvveti, kesme yüzeyindeki gereksiz oksitleri, cürufu ve ergiyen metali kesme ağzından uzaklaştırıp, demir elementi ile temas edecek süreye sahip olamamaktadır. Bütün bunların sonucunda kesit yüzeyinde sürüklenme, kesme olukları, alt yüzeyde kalıcı cüruf, dalgalı kesme yüzeyi gibi kesme hataları oluşmaktadır. Kesme işlemi süresince oluşan deformasyonlar sıcaklığın bir fonksiyonudur, tavlama işlemi ne kadar uzun sürerse sıcaklık dağılımı o kadar geniş olmaktadır. Kesme hızının yüksek olması sıcaklık dağılımının daha dar alana yayınmasını sağlayacaktır. En iyi kesme yüzeyi kalitesi, genellikle en yüksek kesme hızlarında elde edilememektedir. Kesme yüzeyinin düzgünlüğü, genellikle düşük hızlarda çalışmada artmaktadır. Daha yüksek kalitede yüzey düzgünlüğü elde etmek için kesme hızı düşürüldüğünde, üst kenarların erimemesi için ön tavlama alevlerinin azaltılması gerekmektedir.

Oksijen basıncının kesme hızına etkisi; kesme oksijeni basıncı artırıldığı zaman, kesme ağzındaki reaksiyon hızlanmakta ve oluşan oksitlerle karışan kesitteki mevcut ergiyen metal, kesme ağzından yüksek kesme oksijeni basıncı ile uzaklaştırılmaktadır. Burada asıl problem eğer kesme hızı doğru ayarlanmaz ve uygun bek kullanılmaz ise kesme yüzeyinde görülen hatalardır. Bunlar; sürüklenme çizgileri, alt kenarda ve kesme yüzeyinde kalabilen cüruf, dalgalı kesme yüzeyi gibi istenmeyen kesme hatalarıdır.

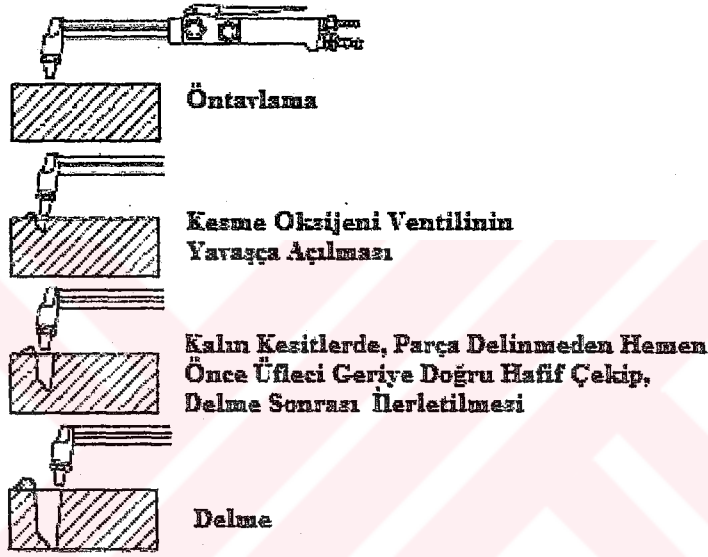
Kesme doğrultusunda eğimli kesme; parçaların kesme yönünde eğimli kesilmesi, dik kesmeye göre sürüklenmenin azalmasını, dolayısıyla cürufun dışarı atılmasını kolaylaştırdığından kesme hızı artmaktadır. Sürüklenme değerinin çok düşük olması, sürüklenme kuvvetinin büyük olmasına neden olduğu için eğimli kesmede eğim oranı belli bir değerin üzerine(45^0) çıkmamalıdır. Eğim açısı, malzemenin kalınlığına, alaşım elementlerine ve kesme hızına bağlıdır.

Oksijen Saflığı; verimli ve ekonomik bir kesme yüzeyinin elde edilebilmesinde, oksijenin saflığının en az % 99.5 gibi yüksek bir oranda olması gerekmektedir. Oksijenin içinde, azot veya argon gibi safiyetsizlik elemanlarının artması, kesme hızını büyük oranda düşürür. Safiyetsizlik elemanlarının artışıyla oksijenin sadece % 99luk bir saflık derecesine düşmesi, kesme hızının yaklaşık % 10 azalmasına yol açmaktadır. % 98.5 saflıkta oksijen kullanılması halinde, hız yaklaşık % 20 oranında düşmektedir. Ayrıca oksijen saflığı düştükçe, işlem süresi arttığından dolayı, ısı tesiri altında kalan bölge genişler. Oksijenin saflığındaki daha yüksek azalmalar, kesme yarığının genişlemesine yol açtığından cürufkların uzaklaştırılması da zorlaşmaktadır. Normal şartlar altında, kesme jeti tarafından oluşturulan aralık 50mm. kalınlığa kadar saclarda, $\pm 0,5\text{mm.}$ 'lik bir sapmayla üfleç ilerleme doğrultusunda sabittir. Gaz akışındaki düzensizlikler, debi ve basınçtaki dalgalanmalar, kesme yüzeyi kalitesini olumsuz etkilemektedir.

2.1.4 Kesme İşleminin Uygulanması

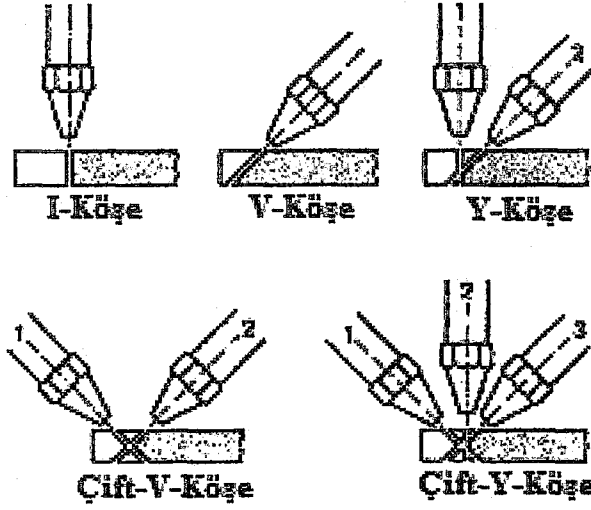
Parça kalınlığına uygun meme kesme üfleçine takılıp, üfleç kataloğunun öngördüğü gaz basınçları basınç ayar tertibatından ayarlandıktan sonra, el üfleci ile kesim için, önce üfleç üzerindeki ana valf açılır, sonra yanıcı gaz valfi açılarak, gaz yakılır, bu esnada tavlama oksijeni ayar valfi ya tamamen kapalı, yada az miktar da açıktır, yanıcı gaz alevlendikten sonra, yanıcı gaz ve tavlama oksijeni ventilleri istenilen oranda açılır, kesme oksijeni mandalına basılarak alev hüzmesi göz ile kontrol edilir, kesme oksijeni miktarı ana valften ayarlanır, kesme oksijeni hüzmesi istenilen formda ise ki, nötr alev genelde tercih edilir, alev memeden boydan boya ve silindirik olarak çıkmalı, türbülans oluşturmamalıdır. Tavlama alevi kesme oksijeni hüzmesini konsantre etmelidir ki, bu durumda üfleç kesmeye hazırdır,

kesme işlemi için ön tavlama başlanabilir. Parça kenarından başlanıyorsa, bu bölge tavlama aleviyle tutuşma sıcaklığına kadar tavllanır, daha sonra kesme oksijeni sevk edilir ve üfleç sabit meme-parça mesafesiyle, mümkün olduğu kadar sabit bir hızla kesme yönünde hareket ettirilir. Parça ortasından başlanıyorsa, önce malzeme tutuşma sıcaklığına kadar tavllanır, üfleçteki kesme oksijeni ventili yavaşça açılırken, aynı anda üfleç kafası parçadan hafifçe yukarı kaldırılır, böylece deliğin ilk patlatılması anında memenin zarar görmesi önlenir, sonra üflecin yavaşça aşağı hareketiyle parçadan gerekli kesme uzaklığı sağlanır, kesme hızı malzeme içinden geçerek delik oluşturur ve kesme hızı normal seviyesine çıkarılır (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).



Şekil 2.7 Oksijen ile iş parçasına delik delinmesi (Böhme vd., 1992).

Elle kesmede, özel kesme kalitelerine ulaşılamaz. Yardımcı donanımlar olarak “sürme arabaları”nın kullanımıyla, meme ile saç yüzeyi arasında sabit bir meme aralığı ve hızlı bir ilerleme sağlanması mümkün hale gelmektedir. Elle kesme üfleçleri için diğer yardımcı donanımlar olarak, örneğin yuvarlak kesmelerde kullanılacak pergeller mevcuttur. El üfleciyle kesmede, özel kesme kalitelerine ulaşılamaz. Yardımcı donanım olarak sürme arabasının kullanımıyla, meme ile saç yüzeyi arasında sabit aralık sağlanmakta ve üfleç hızla ilerletilmektedir. Elle kesme üfleçleri için diğer yardımcı donanımlar olarak, örneğin yuvarlak kesmelerde kullanılacak pergeller mevcuttur (Tülbentçi ve Kaluç, 2001). Makinayla kesme işleminde farklı yardımcı ve özel donanımların kullanımıyla, yüksek kalitede kesme yüzeylerine ulaşılabilmektedir. Modern kesme makineleri, otomatik olarak delik açan bir sistemle donatılmıştır. Böyle makinelerde, aynı anda birden fazla üfleçle çalışabilmek ve her üfleç ile delik açabilmek mümkündür (Anık vd., 1996).



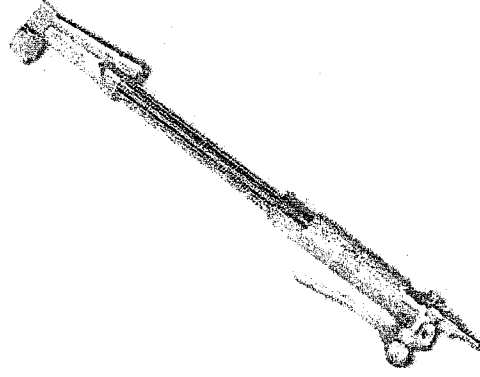
Şekil 2.8 Kaynak ağız hazırlığı (Böhme vd., 1992).

2.1.5 Kesme Donanımları

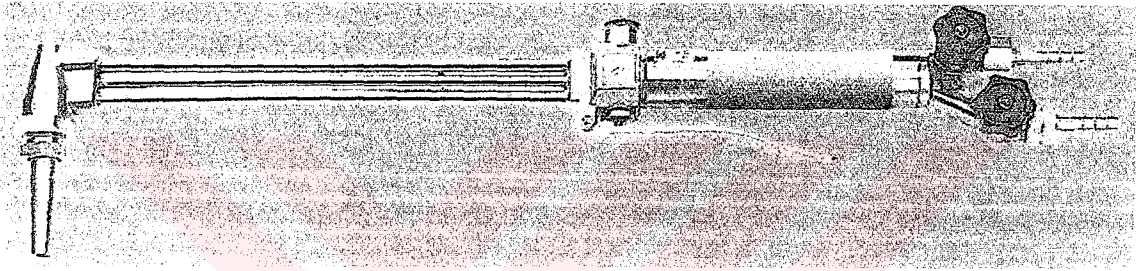
2.1.5.1 Kesme Üfleçleri

Hamlaç, Şalumo diye de adlandırılan üfleç, gaz kaynağından gelen yanıcı gazı, tavlama oksijenini ve kesme oksijenini memeye ileten ana parçadır. Kesme üfleçleri ile ilgili bilgi, DIN 8543 numaralı standartta verilmiştir. TS 3579 standardı elle kesme üfleçlerini tarif etmektedir. Bu standart aynı zamanda DIN 8543-I ile aynıdır, aynı DIN standardının V. kısmı makine ile kesme üfleçlerini açıklar. Kesme üfleçleri, yapıları ve tavlama alevi ile yanıcı gazın karışım yerleri bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır, karışım yeri kesme memesi de, üflecin kendisi de olabilmektedir. Kesme üfleçleri, yapım şekli olarak standartlaştırılmamıştır. Elle kesme uygulamalarında pratik kullanım amacıyla üflece oksijen ve yanıcı gaz için iki hortum gitmektedir. Tek hattan üflece iletilen oksijen tavlama ve kesme oksijeni olarak üfleç içerisinde ikiye bölünmektedir. Kesme işleminde, önce tavlama yapılmakta, parçada yeterli süre ön ısıtma yapıldıktan sonra hamlaç mandalının hareketiyle kesme oksijeni tavlama bölgesine sevk edilmektedir. Makine ile otomatik olarak mekanize kesim yapılan uygulamalarda tavlama oksijeni için üflece ayrıca bir giriş yapılmaktadır.

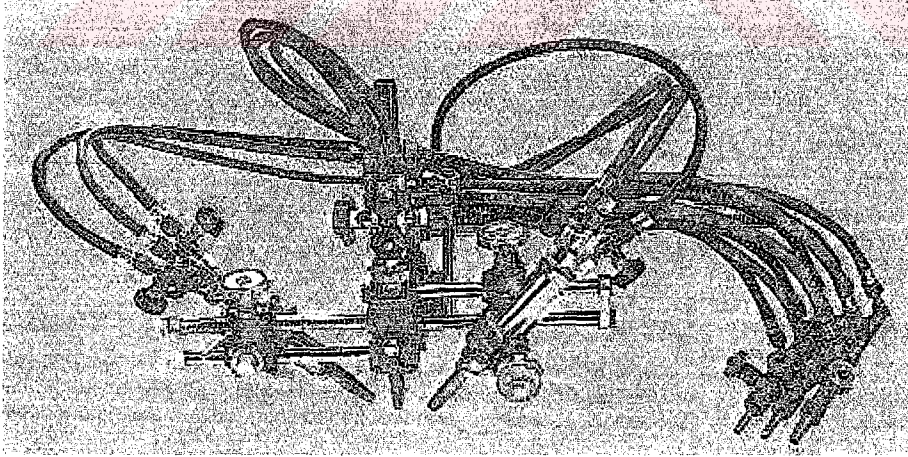
Genelde kullanılan tip olan emmeli üfleçler oksijen veya yanıcı gazın karışım noktasının hemen önünde ölçülen akış basıncının, karıştırıcı ile meme arasında ölçülen karışım gaz basıncından daha yüksek olduğu üfleç tipidir ve aynı zamanda yüksek basınçlı üfleçler olarak nitelendirilmektedirler. Düşük basınçlı üfleçler ise oksijen veya yanıcı gazın karışım noktasının hemen önünde ölçülen akış basıncının, karıştırıcı ile meme arasında ölçülen karışım gaz basıncından daha düşük olduğu üfleç tipidir (Anık vd., 1996).



Şekil 2.9 Kafa karışımı kesme hamlacı, alttan tetikli [9].



Şekil 2.10 Lüle karışımı kesme hamlacı, alttan tetikli [8].

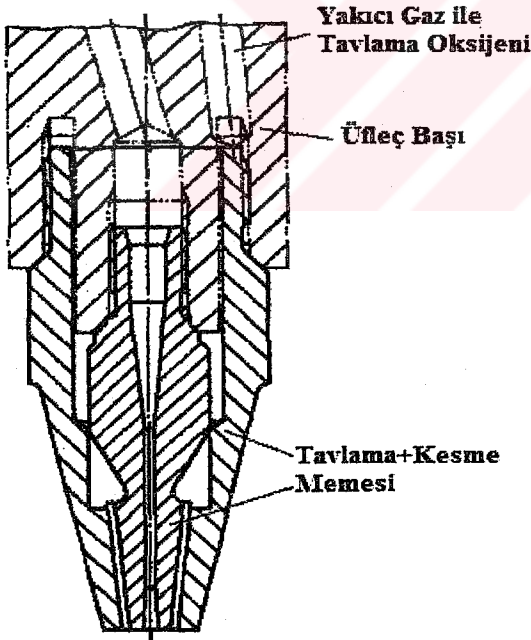


Şekil 2.11 Çift-V kaynak ağzı açma ünitesi [8].

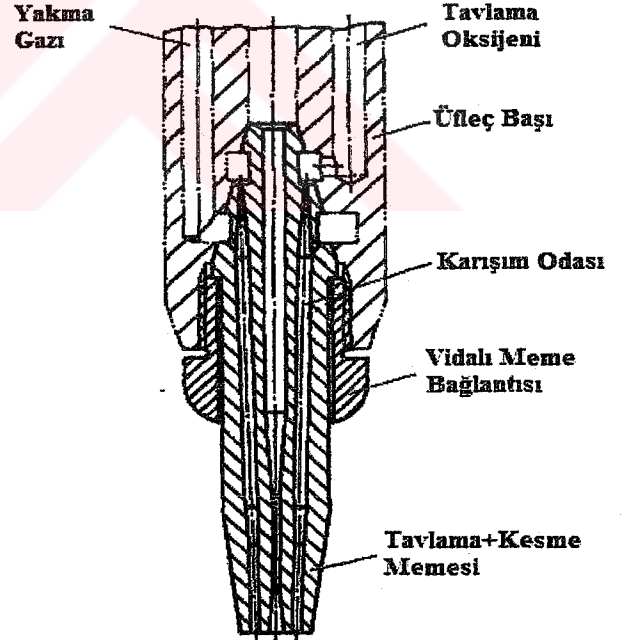
2.1.5.2 Kesme Memeleri

Kesme memelerini, kesme oksijeninin çalışma basıncına göre standart (6 bar), hızlı kesme (9 bar) ve yüksek güçlü (12 bar) olarak gruplandırılmaktadır. Bek olarak da adlandırılan kesme memelerinin, çeşitli yapıları mevcuttur. Tek parçadan oluşan blok meme, iç parçası kesme memesi, dış parçası tavlama memesi olarak görev yapan iki parçalı bek gibi uygulamalarda,

memeden yanıcı gaz ve tavlama oksijeninden oluşan karışım çıkmaktadır, oysa gaz karışımı tip beklerde yanıcı gaz, tavlama oksijeni ve kesme oksijeni, memeden ayrı ayrı çıkmaktadırlar, böylece karışım mesafesi kısa olduğundan dolayı geri tepme oluşmamaktadır. Blok beklerde ise, uygulamada kesme işlemi sırasında iş parçası ile meme arasındaki mesafe 7 mm kadardır, bu yüzden bu yapıdaki memeler sıçramalar ve sıcaklıktan etkilenmemektedirler. Yanıcı gaz ve tavlama oksijenin, ilk olarak meme çıkış yüzeyinde birbirine karıştığı dış karışimli memeler, son derece yüksek ısıl dayanım gerektiren, sıcak malzemelerin, kalın kesitlerin kesilmesi gibi uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Bu tip memeler, geri tepme olayına hassas değildir. Gazların karışımı kötü şartlarda gerçekleştiğinden eş debili diğer memeler kadar verimli değildirler. İki ayrı ağız halkası bulunduğundan, meme içinde karışım olmamasına rağmen titiz bir imalat gerektirirler. Memeler tek bir yanıcı gaz türü için imal edilmekte, bir yanıcı gaz için imal edilen bir meme diğer bir yanıcı gaz için kullanılmamaktadır. Propan ve doğalgaz memeleri genellikle iki parçadan oluşmaktadırlar. İçteki pirinç kısım, merkezi kesme oksijeni deliği oluşturmak üzere delinmiştir. Dış yüzeyi boyunca bulunan yarıklar, ön tavlama alevi için oksijen-yanıcı gaz karışımının geçeceği kanalları oluşturmaktadır (Anık vd., 1996).

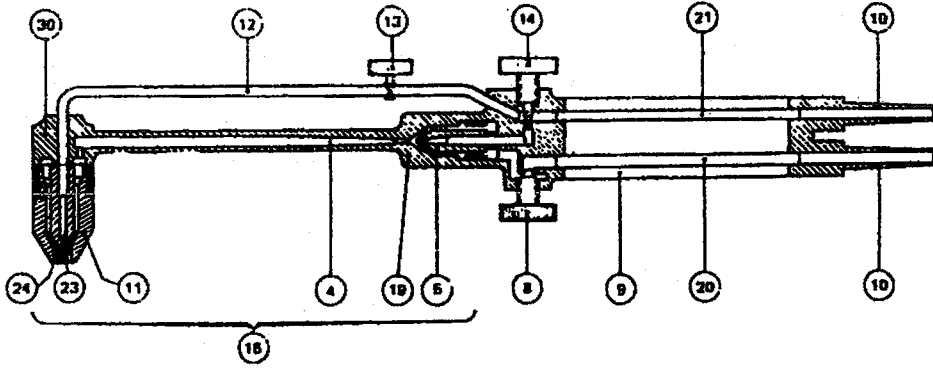


Şekil 2.12 Kesme memesi,
karışım yeri üfleç, TS 3579, DIN8543-5,
(Böhme vd., 1992).

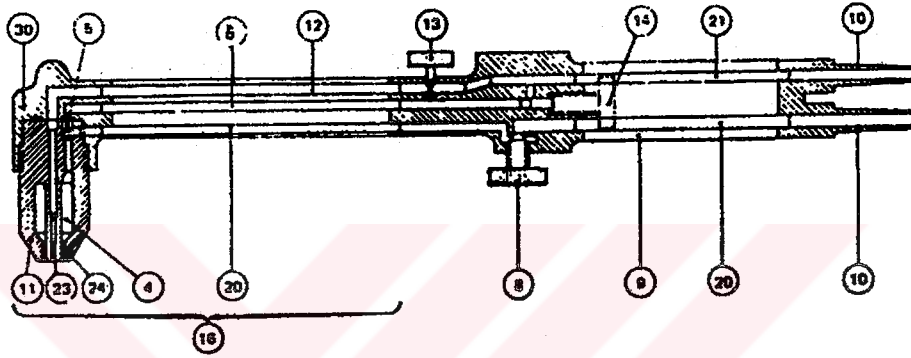


Şekil 2.13 Kesme memesi,
karışım yeri meme, TS 3579, DIN8543-5,
(Böhme vd., 1992).

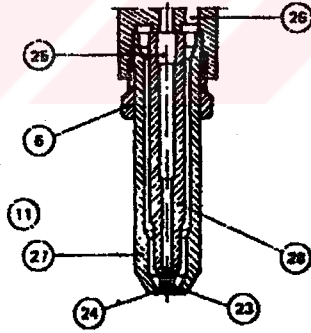
1- Karıştırıcı, bağlantı borusunda



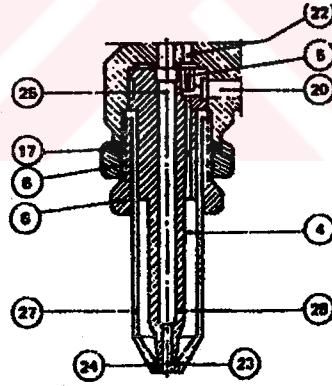
2- Karıştırıcı, kesme bekinde



1'e ait karıştırıcı detayı



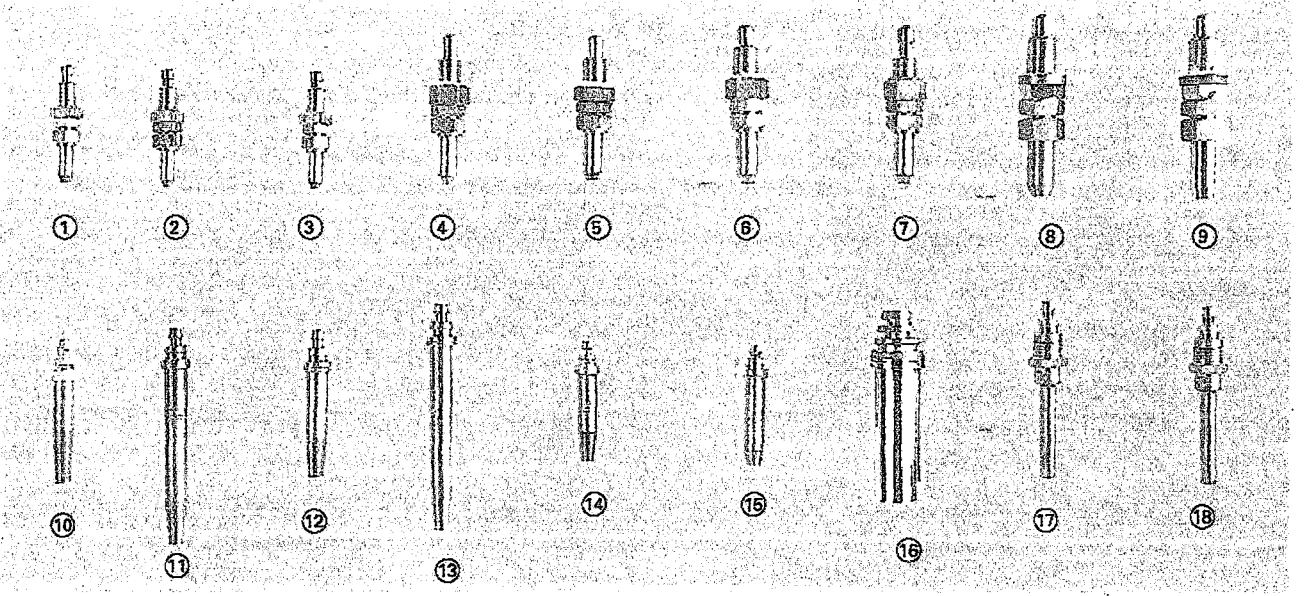
2'ye ait karıştırıcı detayı



Kesme beki

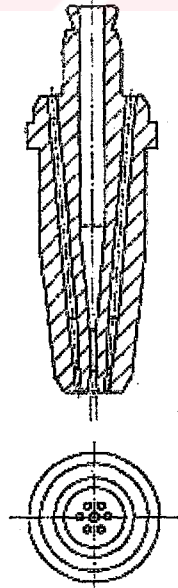
- | | | |
|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Kaynak beki (memesi) | 2. Bek (meme) borusu | 3. Bek bağlantısı |
| 4. Karışım hücresi | 5. Enjektör | 6. Bek somunu |
| 7. Oksijen valfi | 8. Yanıcı gaz valfi | 9. Gövde (tutamak) |
| 10. Hortum bağlantı nipeli | 11. Kesme beki | 12. Kesme oksijeni borusu |
| 13. Kesme oksijeni valfi | 14. Tavlama oksijeni valfi | 15. Kaynak bölümü |
| 16. Kesme bölümü | 17. Conta | 18. iğne |
| 19. Karıştırıcı (karışım yeri) | 20. Yanıcı gaz yolu | 21. Oksijen yolu |
| 22. Tavlama oksijeni yolu | 23. Kesme oksijeni deliği | 24. Öntavlama alev deliği |
| 25. Kesme oksijeni yolu | 26. Karışım yolu | 27. Bek dış parçası |
| 28. Bek iç parçası | 29. Bağlantı somunu | 30. Bek bağlama başı |

Şekil 2.14 Kesme üfleçleri, TS 3579, (Amık vd., 1996).



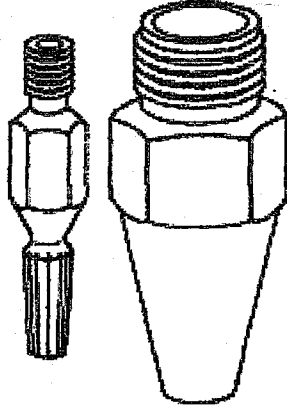
- | | | |
|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 Asetilen-50mm | 7 Propan -200mm | 13 Propan-400mm |
| 2 Propan-50mm | 8 Asetilen-500mm | 14 Asetilen-200mm |
| 3 Etilen - | 9 Propan-500mm | 15 Propan- 150mm |
| 4 Asetilen-80mm | 10 Asetilen-300mm | 16 Propan-500mm |
| 5 Propan-80mm | 11 Asetilen-300mm | 17 Asetilen-150mm |
| 6 Asetilen-200mm | 12 Propan-400 | 18 Propan-150mm |

Şekil 2.15 Muhtelif kesme memeleri, el şalumosu ve makine ile kesim kullanımı için [8].



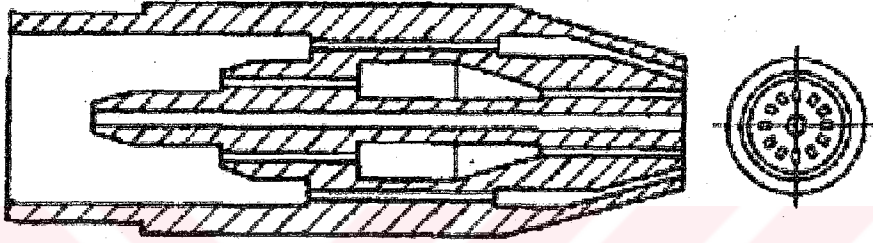
Tek Parçalı Meme

Şekil 2.16 Tek parçalı meme konstrüksiyonu (Böhme vd., 1992).



Çift Parçalı Meme

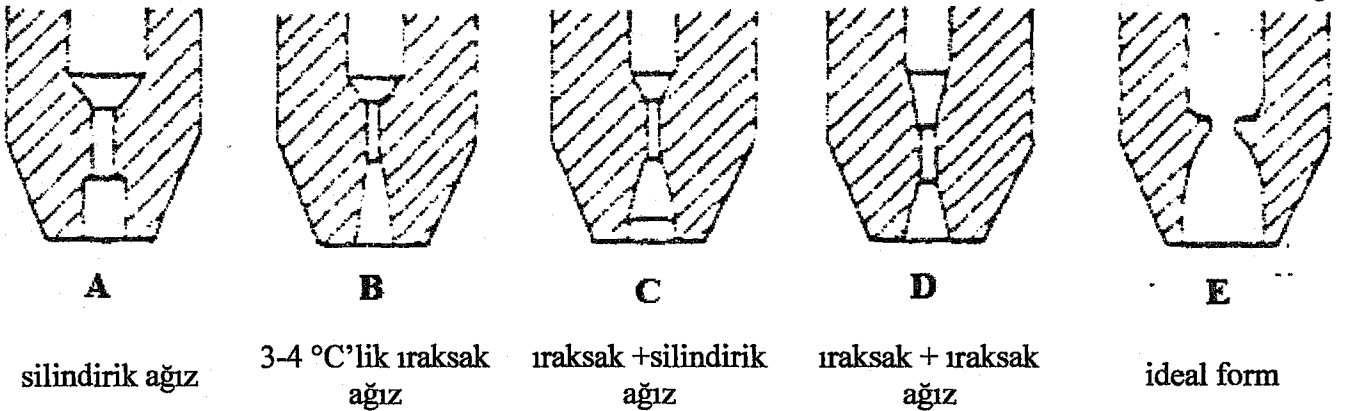
Şekil 2.17 Çift parçalı meme konstrüksiyonunun şematik gösterimi (Böhme vd., 1992).



Şekil 2.18 Dış karışımli meme konstrüksiyonu (Böhme vd., 1992).

2.1.5.2.1 Kesme Oksijeni Kanalı

Oksijen kesme kanalından yaklaşık 2 bar'lık bir basınç farkı ile geçer ve ses hızında çıkar. Burada sıkıştırılmaz akışkan kanunları geçerli değildir. Belirli bir mesafe boyunca, kararlı ve türbülanssız bir gaz huzmesi elde etmek için, çıkış kanalının yakınsak-ıraksak bir lüle şeklinde olması gerekmektedir. Bu nedenle imalat, maliyet ve bakım problemleri söz konusudur. Günümüzde kullanılan memelerde, ideal formu sağlamak çok pahalıya mal olduğundan konstrüktörler, imalatı kolay ve ideale yakın formları tercih etmektedir (Anık vd., 1996).



silindirik ağız

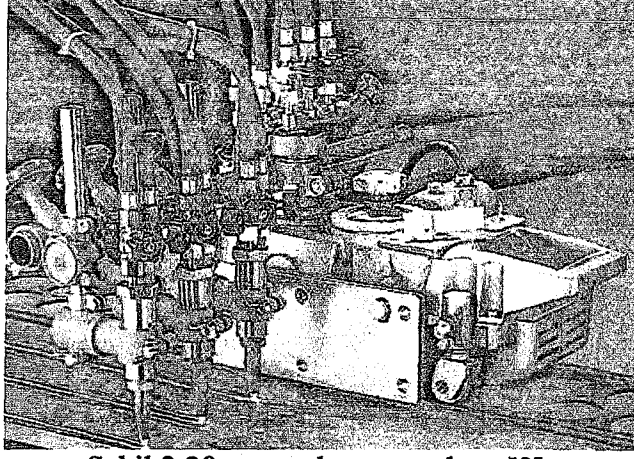
3-4 °C'lik ıraksak ağız

ıraksak + silindirik ağız

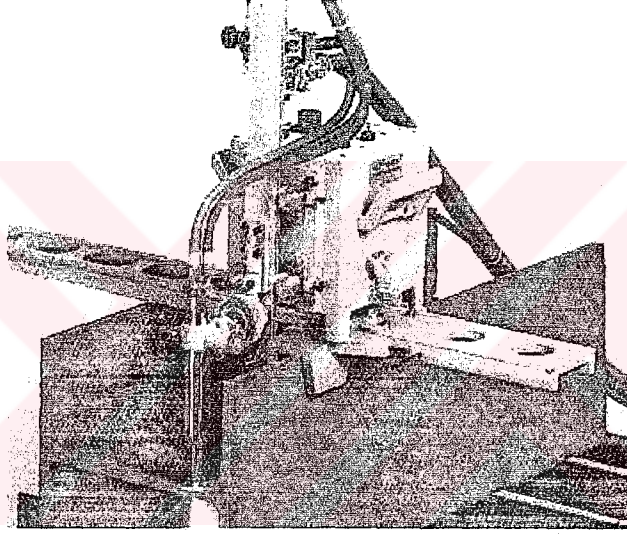
ıraksak + ıraksak ağız

ideal form

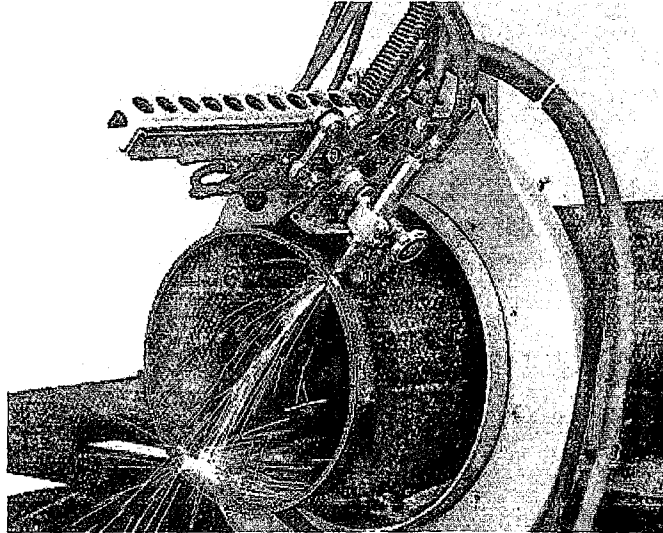
Şekil 2.19 Kesme oksijeni için çıkış kanalı profilleri (Anık vd., 1996).



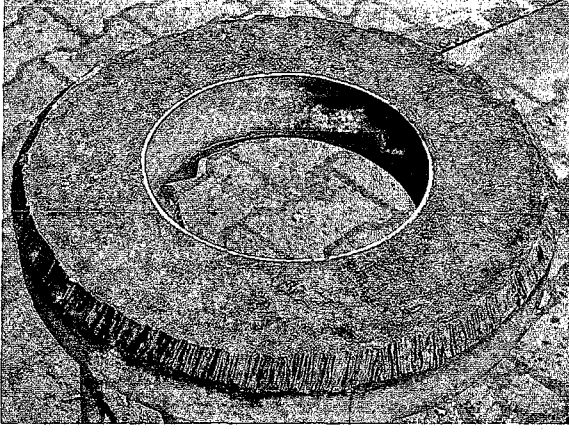
Şekil 2.20 seyyar kesme arabası [8].



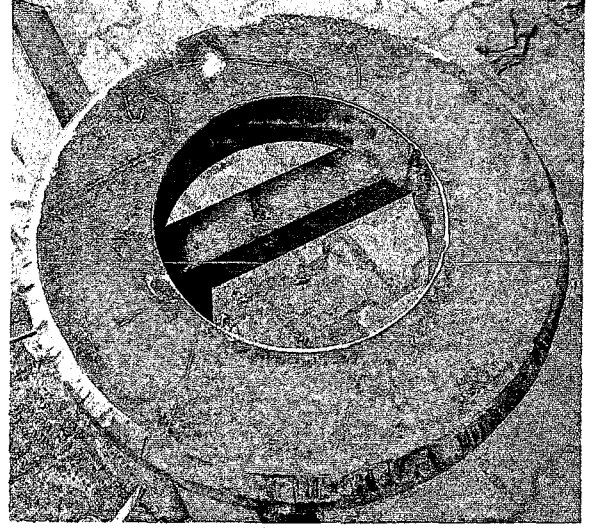
Şekil 2.21 H-putrel kesme makinesi [8].



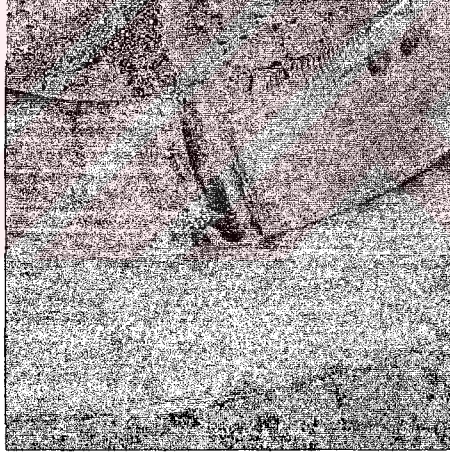
Şekil 2.22 boru kesme makinesi [8].



A-El t fleci ile dış yüzeye kaynak ağzı a ılması.

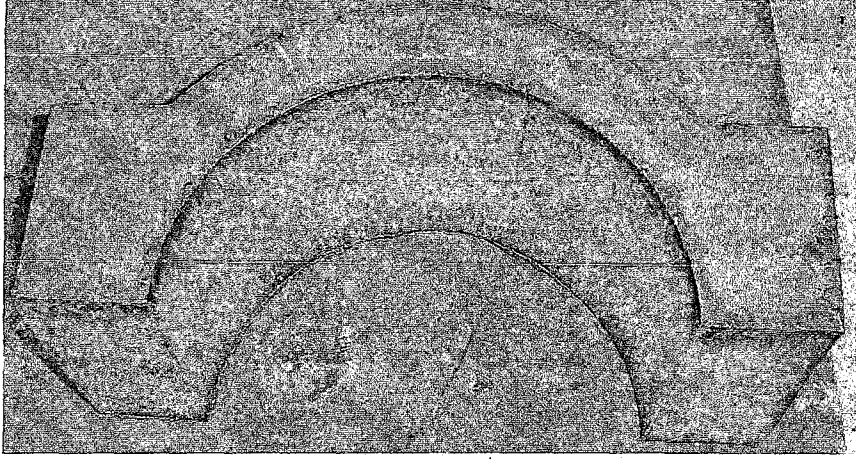


B-Kaynak ağzı açılmış yüzeyin, taşlanarak temizlenmesi.

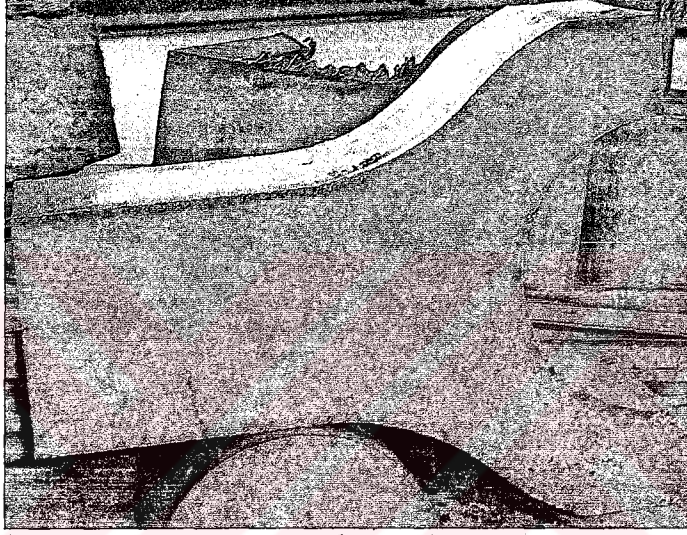


C-İlk olarak CNC tezgahta kesilen i  yüzeyin kesiti, kesim başlangıcında ilk deliğin açıldığı kanal, kesit boyunca belirgindir.

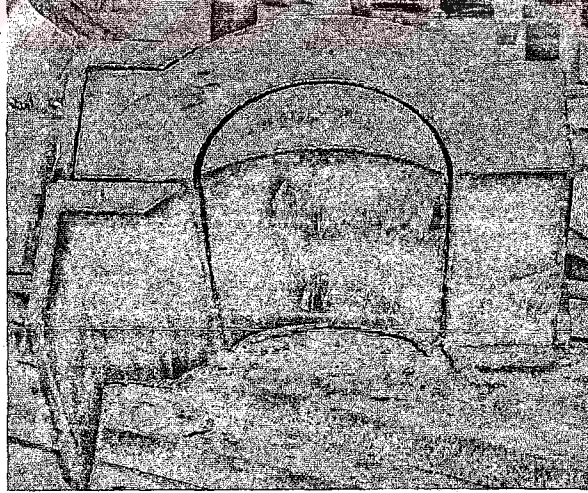
Şekil 2.23 Oksijen ile CNC kesim tezgahında kesilmiş, $\text{\O}600\text{mm}$, 50mm kalınlığa sahip St-42 malzemededen flanşın dış yüzeyine, el şalumosuyla eğri kesim yapılarak kaynak ağzı açılması, üst yüzeyinin ilk, son-taşlanmış hali, ile delik yüzeyinin kesiti



a

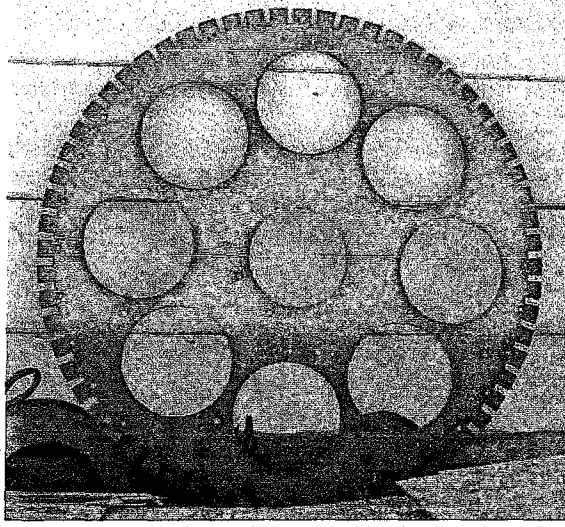


b

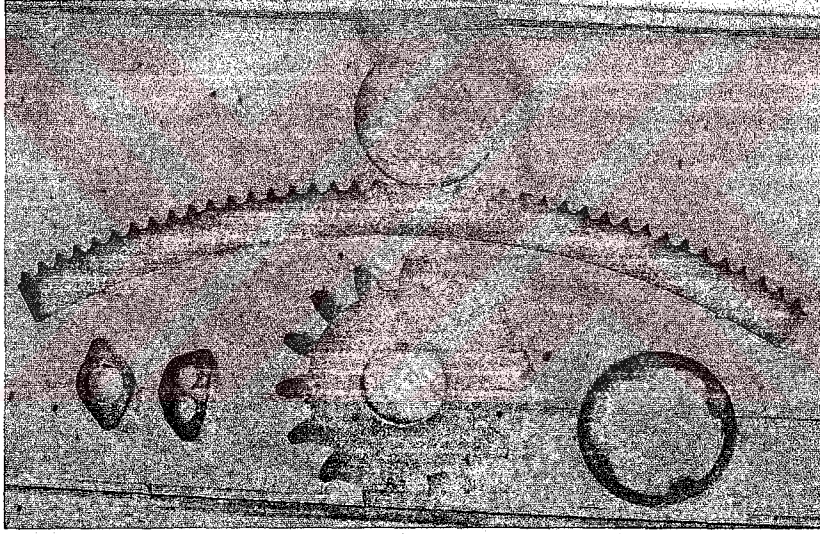


c

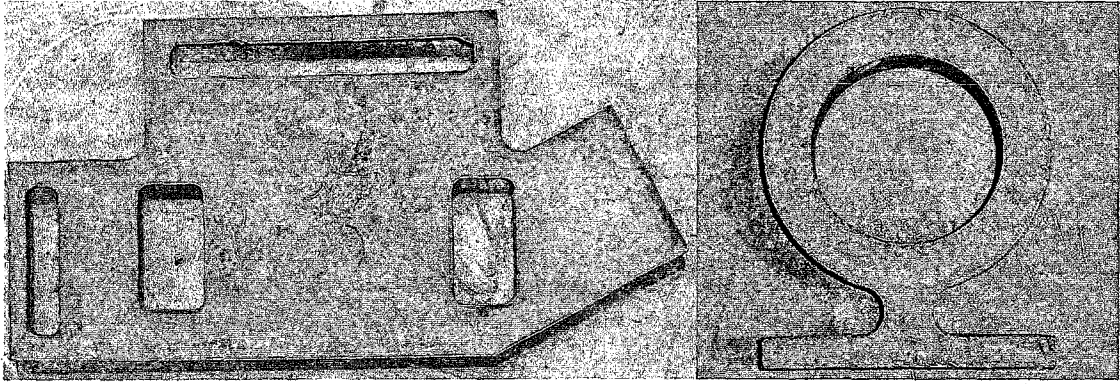
Şekil 2.24 160 mm. kalınlıkta muhtelif pres parçaları, üfleç ilerleme hızı 200mm./dakika, kesme oksijeni basıncı 7.5 bar, öntavlama süresi ~8 saniye, tavlama oksijeni basıncı 3 bar, oksijen ile CNC tezgah kesimi



Şekil 2.25 Ø1900 çapında flaş, oksijen ile CNC tezgah kesimi



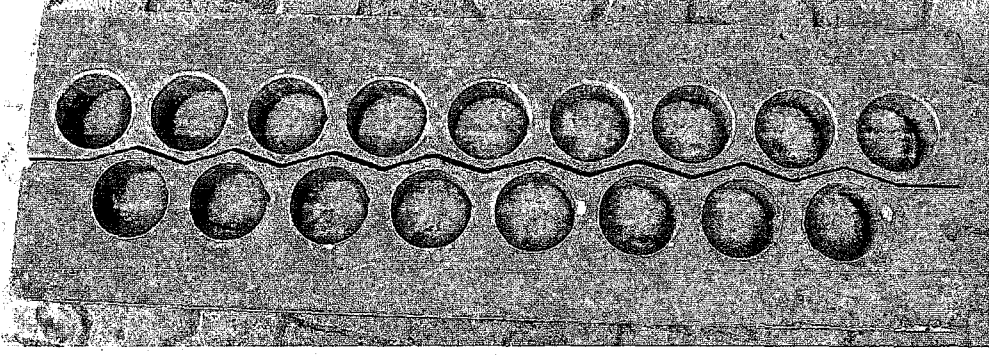
a



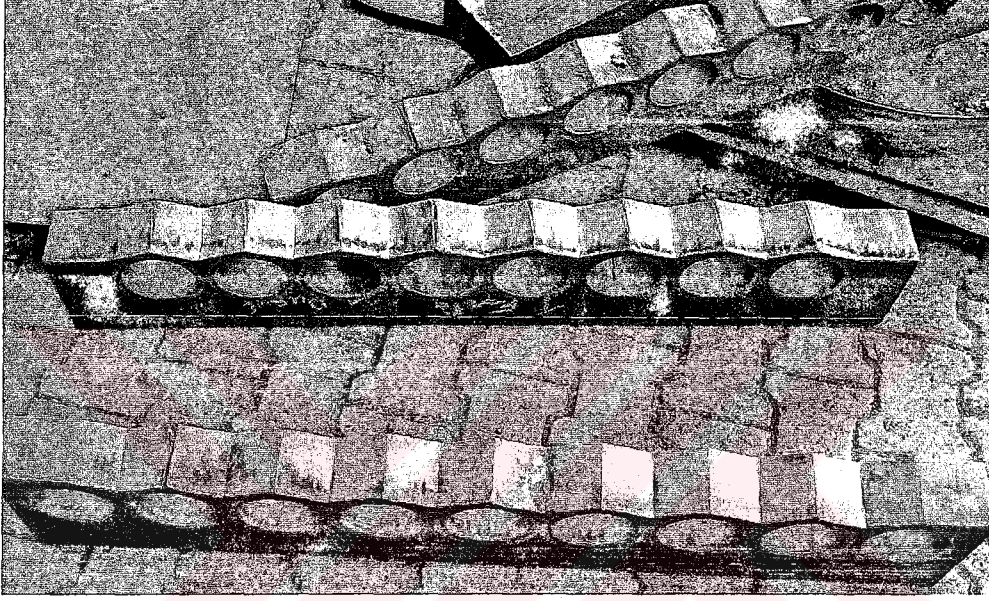
b

c

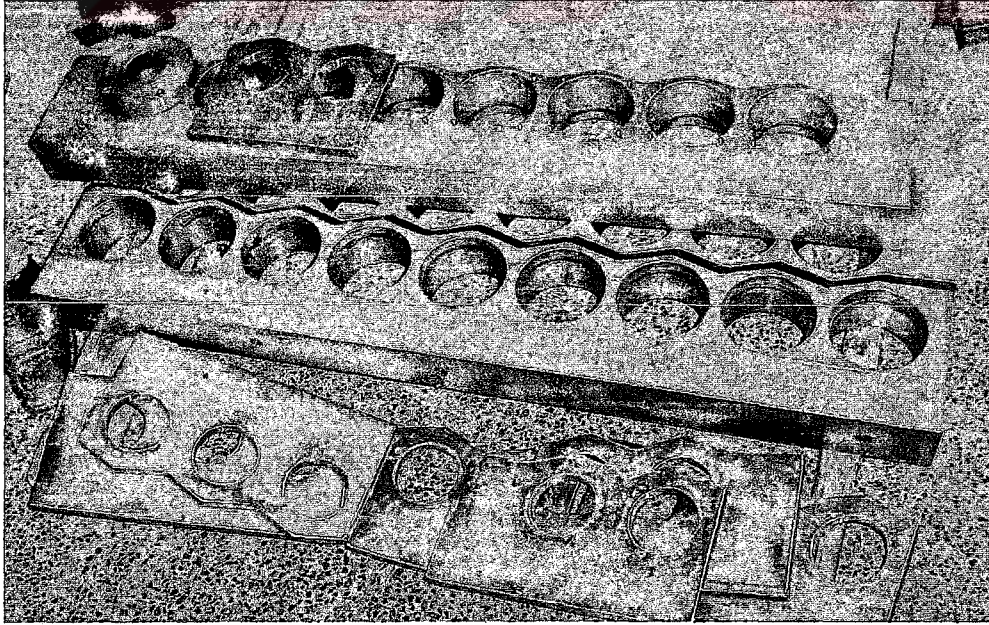
Şekil 2.26 Muhtelif parçalar, oksijen ile CNC tezgah kesimi



a



b



c

Şekil 2.27 Merdane yatakları oksijen ile CNC tezgahla kesilmiş ilk (a,b), ve talaşlı imalatı yapılmış son hali (c), 90 mm kalınlık, St-37malzeme

2.1.6 Yanıcı Gazlar ve Oksijen Gazının Özellikleri

Yanıcı gazın görevleri;

- Kesilecek metal veya alaşımın sıcaklığını oksijen karşısında yanma sıcaklığına kadar yükseltmek, tavlama.
- Kesme işleminin sürekliliğini sağlamak ve hızını arttırmak için enerji sağlamak.
- Kesme oksijen jeti ile atmosfer arasında koruyucu bir perde oluşturmak.
- Parça yüzeyinde bulunan ve kesme işlemini geciktiren, boya, yağ, pas gibi bütün yabancı maddelerin uzaklaşmasını sağlamak (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Yanıcı gaz seçiminde dikkate alınacaklar;

- Keskin kenarlarda ve yuvarlak köşelerde kesmeyi başlatırken, ayrıca parça ortasından kesme uygulamalarında delik oluştururken ön tavlama için gereken süre.
- Doğrusal çizgi, şekil halinde veya kaynak ağzı kesme işlemleri için kesme hızlarına etkisi, ilk iki etkenin parçanın işlenmesinde birlikte etkisi.
- Basıncı kap, tüp veya boru hatları içindeki hacimde depolanabilirliği ve bunun maliyeti.
- Yanıcı gazı verimli şekilde yakabilmek için gerekli ön tavlama oksijeninin maliyeti.
- Gerektiğinde kaynak, tavlama ve lehimleme gibi diğer işlemler için yanıcı gazın verimli şekilde kullanılabilirliği.
- Yanıcı gaz tanklarında depolama ve taşımadaki emniyetliliği (Anık vd., 1996).

Çizelge 2.7 Yanıcı gazların özellikleri (Anık vd., 1996).

Gaz	Asetilen	Propan	Propilen	MPS	Doğalgaz
Simgesi	C ₂ H ₂	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₃ H ₄	CH ₄
Nötr alev sıcaklığı, °C	3100	2520	2870	2870	2540
Primer alev ısı çıktısı, MJ/m ³	19	10	16	20	0,4
Sekonder alev ısı çıktısı, MJ/m ³	36	94	72	70	37
Toplam ısı değeri, MJ / m ³ (buharlaştırmadan sonra)	55	104	88	90	37
Toplam ısı değeri, KJ/kg (buharlaştırmadan sonra)	50 000	51 000	49000	49 000	56 000
Nötr alev için gerekli toplam oksijen miktarı hacim O ₂ / hacim yanıcı gaz	2,5	5	4,5	4	2

Nötr alev için üfleçten sağlanan oksijen miktarı, 15.6°C	1,1	3,5	2,6	2,5	1,5
hacim O ₂ / hacim yanıcı gaz	1	1,9	1,4	1,4	2,2
m ³ O ₂ / kg					
Maksimum manometre basıncı	1,03 bar	10,30 bar	10,30 bar	10,30 bar	Hat Basıncı
Hava içinde patlama sınırı yüzdesi	2,5-80	2,3-9,5	2,0-10	3,4-10,8	5,3-14
Hacim / ağırlık oranı, m ³ /kg, 15.6 °C	0,91	0,54	0,55	0,55	1,4
Özgül ağırlığı, 15,6 °C, (Hava=>1)	0,906	1,52	1,48	1,48	0,62

2.1.6.1 Oksijen

Yaşamın destekçisi olan oksijen, reaktif özelliğinden dolayı yüzyılın başından beri endüstride çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Tıpta, medikal oksijen, anestezi sırasında yaşam destekleyicisi olarak kullanılır. Oksijenin ticari amaçlı ilk kullanımı sahne aydınlatmasıdır. 1950'li yıllardan sonra çelik üretiminde yoğun miktarlarda tüketilir hale gelen, oksijen, demir ve çelik üretiminde ergitmenin hızlandırılmasında, enerji optimizasyonunda kullanılmıştır. Ayrıca diğer birçok endüstri uygulamasında oksidasyon işlemlerinde de kullanılmaktadır. Yanıcı gazlar ile karıştırıldığında, kaynak, kesme ve metal işlemek için gerekli ısı kaynağını sağlar. Demir-dışı metal üretim tesislerinde, döner fırınlarda, roket yakıtı karışımlarında, kağıt fabrikalarında kağıt beyazlatma da, cam üretiminde, fırın veya oksijen yakıt brülörlerinde, atık su arıtımında, fermantasyon, gibi çok çeşitli endüstriyel alanlarda kullanımı sayesinde, üretim ve verim artışının yanı sıra, çevreyi kirletici yanma yan ürünlerinde de önemli azalmalar sağlamaktadır [7].

Tüm yanıcı gazların en önemli ortak özellikleri ancak oksijen ile beraber oldukları zaman yanabilmeleridir. Normal atmosfer koşullarında oksijen renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır ve havayı oluşturan ana bileşenlerden bir tanesidir, havanın içinde %21 oranında bulunur ve anaerobik bakteriler dışında canlıların oksijensiz bir ortamda yaşamlarını devam ettirmeleri söz konusu değildir. Havanın içindeki oksijen miktarı normal olarak yanıcı gazların ve maddelerin yanabilmeleri için yeterli miktarda olup, yanma işleminin saf oksijen içinde gerçekleşmesi halinde reaksiyon hızlanmakta ve yanma sıcaklığı yükselmektedir.

Atom ağırlığı 16 olan oksijen, normal atmosfer basıncında -183°C'de sıvılaşır ve -218°C'de donarak katılaşır. Günümüz endüstrisinde oksijen, en ekonomik olarak havadan ayrıştırılarak elde edilmektedir; bu yöntemde içinde bulunan katı partiküllerden filtre edilerek arındırılan hava, çok kademeli bir kompresörde kademe aralarında soğutularak sıkıştırılıp

sıvılaştırılmaktadır. Sıvılaştırılmış haldeki havadan oksijen kademeli destilasyon ile ayrıştırılır. Uygulamada oksijen, kullanma yerine genelde basınçlı tüpler ile taşınır, tüketimin çok olduğu yerde sıvı oksijenin gazlaştırılıp kullanılması daha da ekonomik olmaktadır (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Termik kesmede kullanılan oksijen;

- yanıcı gazla karışarak tavlama alevini oluşturur,
- malzemeyi oksitler,
- oluşan cürufu kesme yarığında uzaklaştırır.

Verimli ve ekonomik bir kesme yüzeyinin elde edilebilmesinde, oksijenin saflığının en az % 99.5 olması gerekir. Oksijenin içinde azot veya argon gibi safiyetsizlik elemanlarının artması, kesme hızını büyük oranda düşürür. Kesme oksijenin saflığındaki azalma ayrıca malzemenin yanma davranışını kötüleştirir. Safiyetsizlik elemanlarının artışıyla oksijenin sadece % 99luk bir saflık derecesine düşmesi, kesme hızının yaklaşık % 10 azalmasına yolaçar. % 98.5 saflıktaki bir oksijen kullanılması halinde, bu hız yaklaşık % 20 oranında düşmektedir (Anık vd., 1996). Ayrıca oksijen saflığı düştükçe, işlem süresi arttığından dolayı, ısı tesiri altında kalan bölge genişler. Oksijenin saflığındaki daha yüksek azalmalar, kesme yarığının genişlemesine yol açtığından cürufların uzaklaştırılması da zorlaşmaktadır. Gaz akışındaki düzgünsüzlükler, debi ve basınçtaki dalgalanmalar, kesme kalitesini olumsuz etkiler.

Çizelge 2.8 Oksijenin fiziksel özellikleri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Moleküler Ağırlık	31.9988
Kaynama Noktası (1 atm)	-182.962 °C
Yoğunluk (likit, -183 °C, 1 atm)	1.14 kg/l
Spesifik Isı	0.219 J/gm °C
Buharlaşma Isısı	50.9 cal/g
Yoğunluk (gaz, 15 °C, 1 atm)	1.355 kg/m ³
Hacimsel Genleşme (sıvıdan gaza, 1 atm)	860
Özgül ağırlık (gaz, hava=>1)	1.11
Kritik Sıcaklık	-118.574 °C
Kritik Basınç	49.77 atm

2.1.6.2 Propan

Propan, doğalgaza göre daha rahat bulunabildiğinden ve çok daha yüksek toplam ısı değerine (MJ/m³) sahip olduğundan, çok sayıda şantiyede oksijenle kesme için düzenli olarak kullanılmaktadır. Kesme sırasında uygun yanma reaksiyonu için birim hacim oksijen başına 4

ila 4,5 hacim propan gerekmektedir. Bu gereklilik, propanın yüksek ısı değeri sayesinde kısmen göze alınabilmektedir. Propan sıvı halde depolanmakta ve çalışma sahasına kolaylıkla nakledilebilmektedir (Anık vd., 1996).

Çizelge 2.9 Propanın (C_3H_8) fiziksel özellikleri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Depolama yöntemi	Basınç altında yoğuşturulmuş olarak,
1 atm' de kaynama noktası, °C	-42
Kritik sıcaklık, °C	+97
Buharlaşma basıncı, bar	
0 (°C)	4.7
15 (°C)	7.5
50 (°C)	17.0
Yoğunluk, kg/m^3 , 1 bar 15°C	1.88
Nisbi yoğunluk, Hava=>1, 1 bar 15 °C	1.55
1 bar, 15 °C'de 1 litre gazın buharlaşma miktarı	311
Normal alev için karışım oranı, $m^3O_2/m^3C_3H_8$	4.0
Normal alev için, alev sıcaklığı, °C	2810
Oluşum ısısı, MJ/kg yanıcı gaz	-2.4
Isıl değeri, MJ/kg	46.4
Isıl Değeri, MJ/m ³	93.2
Hava'daki patlama sınırı, %Hacim, 1 Atm, 20 °C	2.2- 9.5

2.1.6.3 LPG (Propan ve Bütan Karışımı)

En kolay tedarik edilebilen gaz, mutfak tipi tüplerde temin edilen LPG'dir, bu sebeple uygulamada el tüfleci ile oksijenle kesim yapılan atölyelerde tercih edilmektedir. Bu gazların ısı değerlerinin yüksek olmasına karşın, tutuşma hızları ve alev sıcaklıkları düşüktür. Ancak ekonomik olup, kolay tedarik edilip, depolanabilen LPG daha çok tavlama, lehimleme ve kesme gibi uygulamalar için işletmelerce tercih edilmektedir (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

2.1.6.4 Doğalgaz

Doğal gazın ana bileşeni metandır (CH_4). Nötr alev için üfleçten sağlanan oksijen/doğalgaz oranı; 1,5 : 1 'dir. Doğalgazlı alev sıcaklığı, asetilenli aleve göre daha düşüktür. Ayrıca daha yayıngan ve daha az yoğundur. Alevin karbürleyici, oksitleyici veya nötr karakteristikleri asetilendeki kadar belirgin değildir. Düşük alev sıcaklığı ve bundan kaynaklanan düşük ısı verimi nedeniyle, asetilen ve oksijen kullanımıyla elde edilen aynı ısı miktarına ulaşmak için önemli oranda daha fazla doğalgaz ve oksijen tüketmek gerekmektedir. Asetilen yerine doğalgazın kullanılması düşünüldüğünde, doğalgazın ve oksijenin maliyeti ve bulunabilme kolaylığının, daha yüksek miktarda gaz tüketileceğinin ve daha uzun süre ön tavlama alevi uygulanması gerekeceğinin göz önünde bulundurulması gerekir. Daha büyük bir ön tavlama alevi oluşturmak üzere tasarlanan memelerin veya daha düşük ön tavlama ayarıyla çalışmayı mümkün kılan kesme makinelerinin kullanımı, doğalgazın düşük ısı çıktısının yol açtığı dezavantajları dengeleyebilmektedir. Doğalgaz için kullanılan üfleç ve memelerin tasarımları, asetileninkine göre daha farklıdır. Doğalgazın teslim basıncı genellikle daha düşüktür ve yanma oranları da daha farklıdır. Doğalgaz, boru şebekeleri ile tüketim yerlerine kadar taşınması, depolama ve yatırım giderleri olmamasına karşın, ısı kesme işlemlerinde pek kullanılmamaktadır (Anık vd., 1996).

Çizelge 2.10 Metanın, CH_4 , fiziksel özellikleri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Depolama yöntemi	Tüp içinde, boru içinde yoğunlaşmış olarak
1 atm'de kaynama noktası, °C	-162
Kritik sıcaklık, °C	-82
Buharlaşma basıncı, bar	
0 (°C)	-
15(°C)	-
50 (°C)	-
Yoğunluk, kg/m^3 , 1 bar 15°C'de	0.67
Nisbi yoğunluk, Hava=>1, 1 bar 15°C'de	0.56
1 bar, 15°C'de 1 litre gazın buharlaşma miktarı	630
Normal alev için karışım oranı, $\text{m}^3\text{O}_2/\text{m}^3\text{CH}_4$	1.8
Normal alev için alev sıcaklığı, °C	2770
Oluşum ısısı, MJ/kg yanıcı gaz	-4.7
Etkili ısı değeri, MJ/kg	50.0
Etkili ısı değeri, MJ/m^3	35.9
Havadaki patlama sınırı, %Hacim, 1Atm, 20 °C	5-15

Çizelge 2.11 İthal doğalgazın bileşimi (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Bileşen	Simge	Danimarka Doğal Gazı (%)	Hollanda Doğal Gazı (%)	Rusya Doğal Gazı (%)
Metan	CH ₄	91.1	81.3	98.9
Etilen	C ₂ H ₄	4.7	2.9	0.15
Propan	C ₃ H ₈	1.7	0.4	0.02
Bütan	C ₄ H ₁₀	1.4	0.1	0.017
Azot	N ₂	0.6	14.4	0.9
Karbondioksit	CO ₂	0.5	0.9	0.02
Oksijen	O ₂	-	0.01	0.01

2.1.6.5 Propilen

Propilen, oksijenle kesme için yanıcı gaz olarak kullanılmaktadır. Nötr alev için birim hacim oksijen başına 2,5 hacim propilen tüketilmektedir. Maksimum alev sıcaklığına ulaşabilmek için bu miktarın, 3.6 hacme kadar yükseltilmesi gerekmektedir. Propilen için kullanılan kesme memeleri, MPS için kullanılanlara benzemektedir (Anık vd., 1996).

Çizelge 2.12 Propilenin fiziksel özellikleri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Simgesi	C ₃ H ₆
Depolama yöntemi	Basınç altında oda sıcaklığında yoğunlaştırılmış
1 atm de kaynama noktası, °C	-48
Kritik sıcaklık, °C	+92
Buharlaşma basıncı, bar	
0 (°C)	5.9
15(°C)	9.0
50 (°C)	21.0
Yoğunluk, kg/m ³ , 1bar 15 °C'de	1.78
Bağıl yoğunluk, Hava=>1, 1bar 15°C 'de	1.48
1 bar,15°C 'de 1 litre gazın buharlaşma miktarı	388
Normal alev için karışım oranı, m ³ O ₂ /m ³ C ₃ H ₆	3.1
Normal alev de alev sıcaklığı, °C	2872
Oluşum ısısı, MJ/kg yanıcı gaz	+0.5
Isıl değeri, MJ/kg	45.8
Isıl değeri, MJ/m ³	87.6
Hava'daki patlama sınırı,%Hacim,1Atm,20 °C	2-10.5

2.1.6.6 Asetilen

Asetilen, alevle kesme işlemleri için en yaygın kullanılan yanıcı gazdır. En önemli özellikleri, kolay üretilmesi, yüksek alev sıcaklığıdır.

Asetilenin oksijenle yanması, kesme üflecindeki her bir ön tavlama deliğinde, parlak bir alev konisine sahip, sıcak ve kısa bir alev oluşturmaktadır. Meme çıkışında iki alev arasındaki keskin sınır, istenen alev karakteristiklerine uygun oksijen/asetilen oranının ayarlanmasını sağlar. Bu orana bağlı olarak alev, nötr, oksitleyici veya redükleyici olarak ayarlanabilmektedir. Yaklaşık olarak bir hacim oksijenin, bir hacim asetilenle karışımıyla elde edilen nötr alev, elle kesmede kullanılmaktadır. Oksijen debisi azaldıkça parlak bir akış görülmeye başlar. Oksijen miktarı arttırıldığında iç alev konisi keskinleşir ve daha yoğun hale gelir. Alev sıcaklığı; 1,5 : 1 değerindeki oksijen / asetilen oranında maksimuma ulaşır. Oksitleyici alev, kısa ön tavlama süreleri için ve çok kalın parçaların kesilmesi için kullanılmaktadır. Oksi-asetilen alevinin yüksek alev sıcaklığı ve ısı transfer karakteristikleri kaynak ağzı açmak için özellikle önem kazanmaktadır. Ayrıca bu karakteristikler, kısa kesimler gibi ön tavlama süresinin toplam kesme süresinin küçük bir kısmı olması istenilen durumlarda üstünlük sağlamaktadır (Anık vd., 1996).

Çizelge 2.13 Asetilenin fiziksel özellikleri (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

Simgesi	C ₂ H ₂
Depolama yöntemi	Basınç altında, aseton içinde çözülmüş olarak
1 atm'de kaynama noktası, °C	-84
Kritik sıcaklık, °C	+35
Buharlaşma basıncı (bar)	
0 (°C)	26.7
15(°C)	39.5
50 (°C)	-
Yoğunluk, kg/m ³ , 1bar 15°C 'de	1.09
Bağıl yoğunluk, Hava=>1, 1 bar 15°C 'de	0.91
1 bar,15°C 'de 1litre gazın buharlaşma miktarı	
Normal alev için karışım oranı, m ³ O ₂ /m ³ C ₂ H ₂	1.1
Normal alev için alev sıcaklığı, °C	3106
Oluşum ısısı, MJ/kg yanıcı gaz	+8.7
Isıl değeri, MJ/kg	48.2
Isıl değeri, MJ/m ³	56.5
Havadaki patlama sınırı,%Hacim, 1Atm,20°C	2.2-85

2.1.6.7 Stabilize Metil asetilen-Propadien (MPS yada MAPP)

MPS, sıvı propan gibi depolanabilen ve taşınabilen kararlı asetilen benzeri bir sıvılaştırılmış yakıttır. MPS, propadien (allen), propan, bütan, bütadien ve metil asetilen gibi çeşitli hidrokarbonların bir karışımıdır. Tıpkı asetilen gibi metil asetilen de kararsız, yüksek enerjili, üçlü bağlı bir bileşiktir. MPS içindeki diğer bileşikler emniyetle taşınmaya uygun karışım oluşturmak amacıyla metil asetileni çözer. Karışım, hem propandan, hem de doğalgazdan daha sıcak yanmaktadır. Ayrıca asetilende olduğu gibi, primer alev bölgesindeki enerjinin yüksek oranda açığa çıkmasını sağlar. Alevdeki ortalama ısı dağılımı diğer gazlardaki gibidir. Nötr alev üfleçten gelen 2,5 hacim oksijenin 1 hacim MPS ile karışması halinde ulaşılmaktadır. Bunun maksimum alev sıcaklığı 3.5 hacim oksijenle, 1 hacim MPS 'nin karışması halinde meydana gelmektedir. Bu oranlar asetilen aleviyle aynı uygulamalar için kullanılmaktadır.

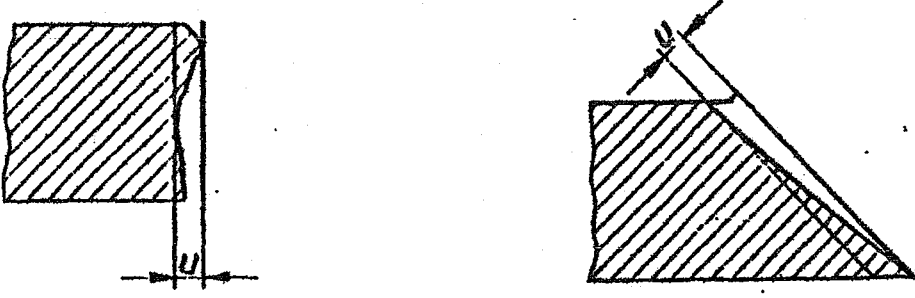
MPS gazı pek çok karakteristiği bakımından asetilene benzemesine rağmen, nötr ön tavlama alevi için birim yanıcı gaz hacmi başına yaklaşık iki kat oksijen gerektirir. Bu nedenle MPS gazının özel bir uygulama için asetilen gazı yerine kullanılması halinde oksijen maliyeti daha yüksek olmaktadır. MPS 'nin asetilene rekabet edebilmesi için kullanılacağı durumda asetilenden daha düşük maliyette olması gerekmektedir.

MPS gazı derin sulardaki sualtı kesme uygulamalarında asetilene göre bir üstünlüğe sahiptir. Patlama tehlikesi nedeniyle asetilenin çıkış basıncı 2 bar ile sınırlı olduğundan, asetilen genellikle 6 metreden daha derin sularda kullanılamaz. Ancak MPS tıpkı hidrojen gibi, daha derin sularda kullanılabilir. Özel bir sualtı uygulaması için ön tavlama alevinin yanıcı gazı olarak MPS, asetilen ve hidrojenin birbiriyle karşılaştırması gerekir (Anık vd., 1996).

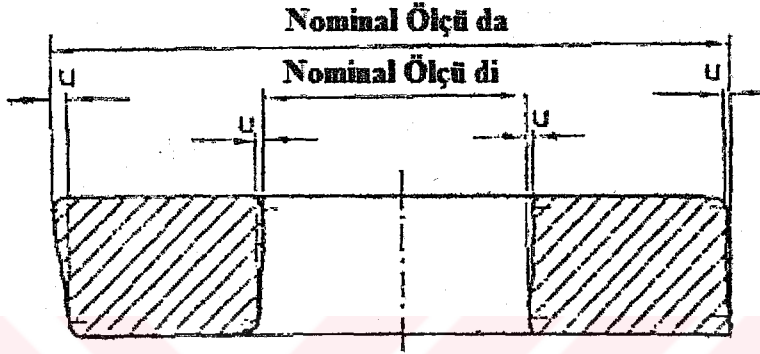
2.1.7 Oksijenle Kesmede, Kesme Yüzeylerinin Kalitesi ve Ölçü Toleransları

2.1.7.1 Diklik ve Eğiklik Toleransı

Kesme yüzeyinin en üst ve en alt noktalarından, kesme açısı doğrultusuna çizilen paralel çizgi arasındaki mesafe, diklik ve eğiklik toleransı olarak tanımlanmaktadır. Oksijenle yapılan kesimlerde, diklik ve eğiklik değerlerinin ölçümünde kesit üst ve alt kenarlarında, parça kalınlığına bağlı olarak değişen bir Δa bölgesi dikkate alınmamaktadır. Oksijenle kesmede diklik ve eğiklik toleransı "u" nedeniyle ortaya çıkan boyut farklılıkları, boyut için verilen sınır değerleri aşmamalıdır. Bu nedenle bu farklılıkların, kesilecek parçanın boyut toleranslarının belirlenmesinde dikkate alınması gerekmektedir (Böhme vd., 1992).

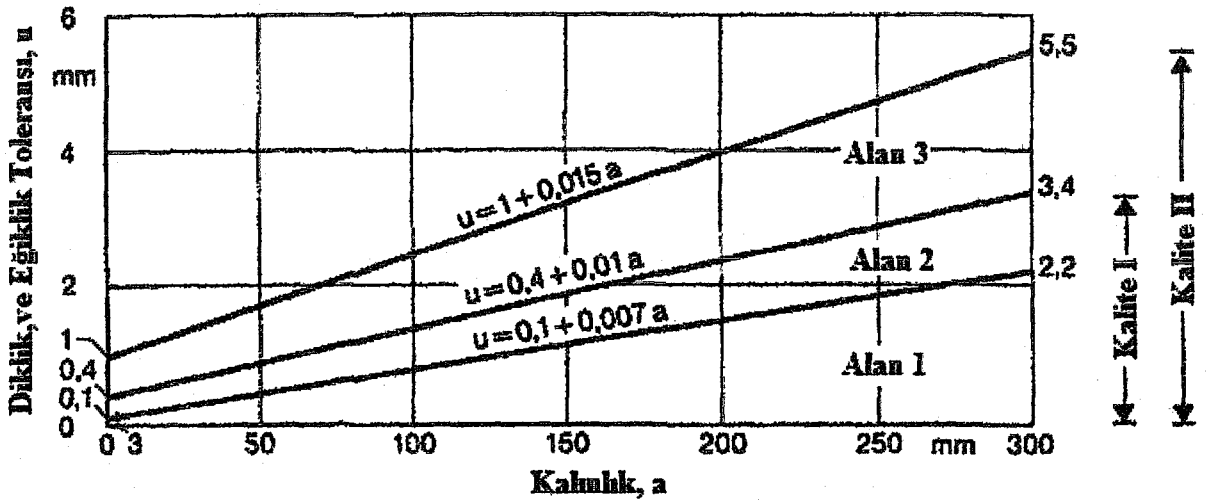


Şekil 2.28 Diklik toleransı (Anık vd., 1996). Şekil 2.29 Eğiklik toleransı (Anık vd., 1996).



Şekil 2.30 Nominal ölçüler (Anık vd., 1996).

Diklik ve eğiklik toleransı için DIN 2310 Kısım III'te belirtilen tolerans alanları şekil 2.31'de verilmiştir. Hangi kalite sınıfının seçileceği, kullanım amacına göre saptanmalıdır. Kalite I, Alan 1, sadece çok özel taleplerin söz konusu olduğu kesme yüzeyleri için seçilmelidir (Böhme vd., 1992).

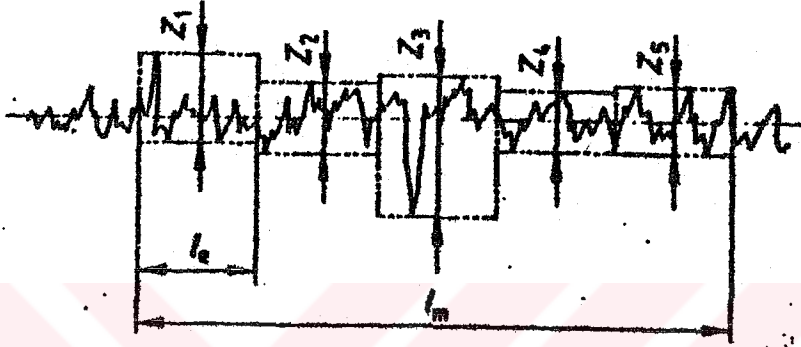


Şekil 2.31 Diklik ve eğiklik tolerans alanları, (Böhme vd., 1992).

Kesme hızının azaltılması, kesme tüflecinin parça yüzeyine tam dik olarak ayarlanması ve kesme oksijeni ile yanıcı gaz basıncının uygun tespitiyle, istenilen kalitede kesme yüzeyleri elde edilmektedir.

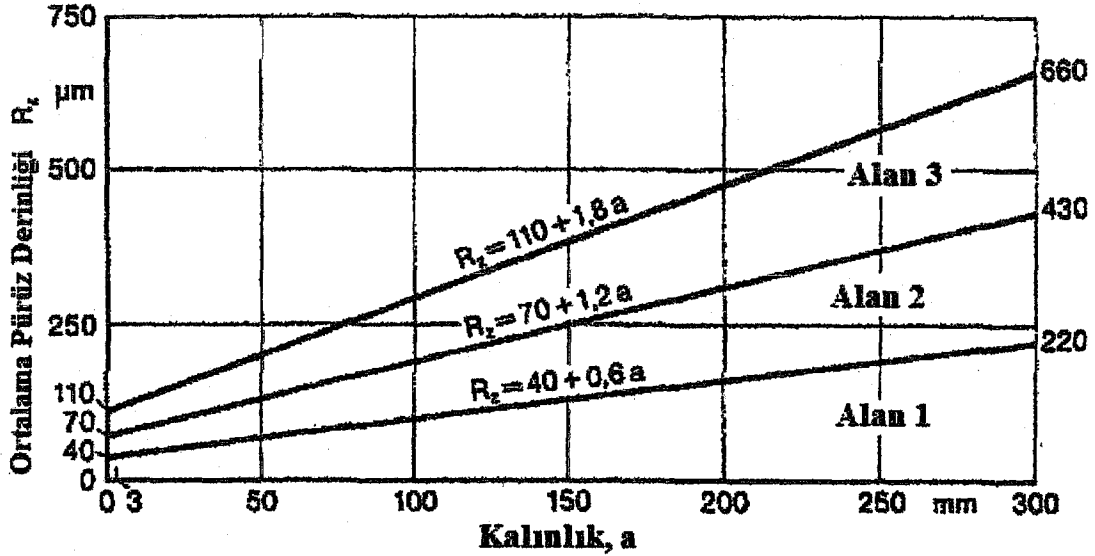
2.1.7.2 Ortalama Pürüzlülük Derinliği

Kesme yönünde oluk profillerinin en çukur noktası ile ana profildeki en üst nokta arasındaki mesafeye, ortalama yüzey pürüzlülüğü denmektedir, R_z (Böhme vd., 1992). Ortalama pürüzlülük değerinin belirlenmesi için, oksijen ve plazma ile kesmede, parça üst yüzeyinden itibaren sac kalınlığının $2/3$ 'ü mesafede, kesit boyunca birkaç yerden ölçüm yapılarak, aritmetik ortası alınmaktadır (Anık vd., 1996). Ortalama pürüzlülük derinliği için DIN 2310 Kısım III'te belirtilen tolerans alanları şekil 2.33'de gösterilmiştir.



Şekil 2.32 Pürüzlülük ölçümü (Anık vd., 1996).

Diklik ve eğiklik toleransında olduğu gibi burada da gerekli kalite sınıfı, kullanım amacına göre seçilmeli, ve aşırı taleplerden kaçınılmalıdır. Kaynak ağzı hazırlığında Alan-2 yeterlidir, Alan-1 ise ancak çok özel durumlarda hedeflenmelidir (Böhme vd., 1992).

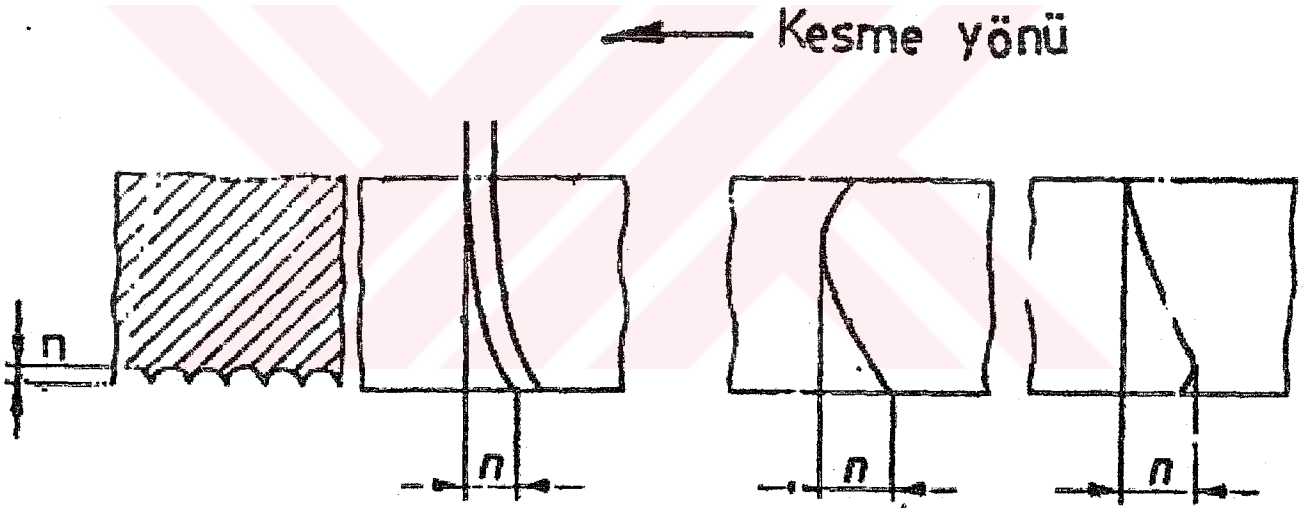


Şekil 2.33 Ortalama pürüzlülük derinliği için tolerans alanları (Böhme vd., 1992).

Pürüzlülük derinliği, büyük oranda kesme makinasının dinamik davranışı ile ilgilidir, özellikle eski, bakımı iyi yapılmamış makinaların uygun olmayan titreşim davranışı pürüzlülük derinliğinin artmasına neden olmaktadır.

2.1.7.3 Kesme Yivinin Geriye Sürüklenmesi

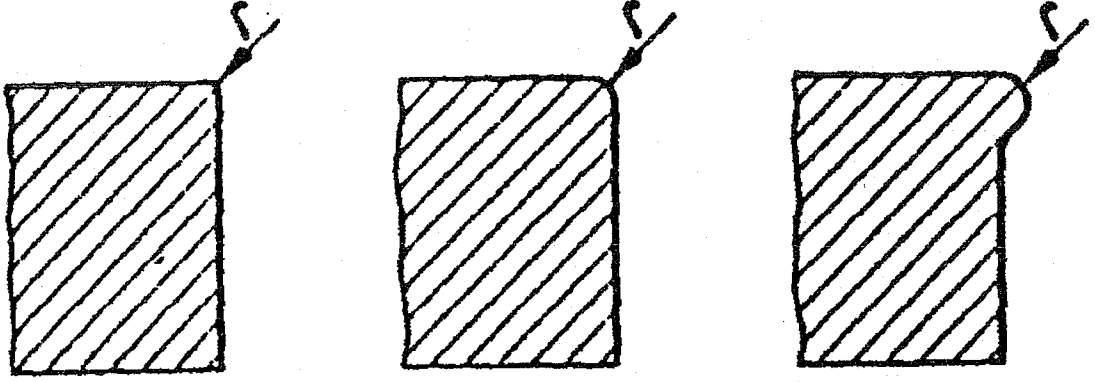
Kesme doğrultusundaki bir kesme yivi üzerinde bulunan en büyük mesafeli iki nokta arası oluk akıntısı, 'n' olarak adlandırılmaktadır. Yivlerin (oluk) geriye doğru sürüklenmesi, kesme yüzeyinin gözle kontrolüyle değerlendirilmektedir. Kesme oksijeni basıncının doğru ayarlanmasına rağmen sürüklenmenin az ve yivlerin kaba olması, ilerleme hızının düşük olduğunu göstermektedir. Yivlerin kaba ve geriye sürüklenmenin büyük olması ise, kesme hızının yüksek veya kesme basıncının düşük olduğunu göstermektedir. Geriye sürüklenme büyük olsa dahi, düzgün ve kabul edilebilir pürüzlülüğe sahip kesme yüzeyleri elde edilebilmektedir. Orta kalınlıklardaki saçlarda ve normal üfleçlerle kesmede ekonomik nedenlerle (ideal kesme hızında) % 10 ila 15'lik bir geriye sürüklenme ile çalışmak uygun olmaktadır (Anık vd., 1996).



Şekil 2.34 Sürüklenme (Anık vd., 1996).

2.1.7.4 Kenarların Ergimesiyle Oluşan Yarıçap

Kesme yüzeyinin üst kenarında bir miktar ergimenin oluşması genellikle önlenememektedir. Bu nedenle DIN 2310 Kısım III'te, diklik ve eğiklik toleranslarının ölçülmesinde, kesme yüzeyi alt ve üst kenarlarından Δa kalınlığındaki bölgeler dikkate alınmamaktadır. (Anık vd., 1996).



Şekil 2.35 Kenar yuvarlanması (Anık vd., 1996).

2.1.7.5 Doğrusal ve Eğrisel Kesimlerde Boyut Toleransları

Modern CNC kontrollü oksijenle kesme makinaları vasıtasıyla boyut hassasiyeti yüksek parçalar elde edilebilmektedir. Optik kontrollü makinalarda, çizim toleransları da dikkate alınmak zorunda olduğundan, boyut hassasiyeti daha düşüktür (Anık vd., 1996).

DIN 2310 Kısım III'te verilen sınır değerler çizelgede verilmiştir. Boyut toleransları iki sınıfa ayrılmıştır. Tolerans Sınıfı A, çok hassas kesmeler için, Tolerans Sınıfı B ise normal üretim için geçerlidir. Tolerans sınıfı A, ancak teknik olarak zorunluluk varsa talep edilmelidir. Tolerans sınıfı A'nın talep edildiği durumlarda, diklik ve eğiklik toleransları da Alan I'de bulunmalıdır (Böhme vd., 1992).

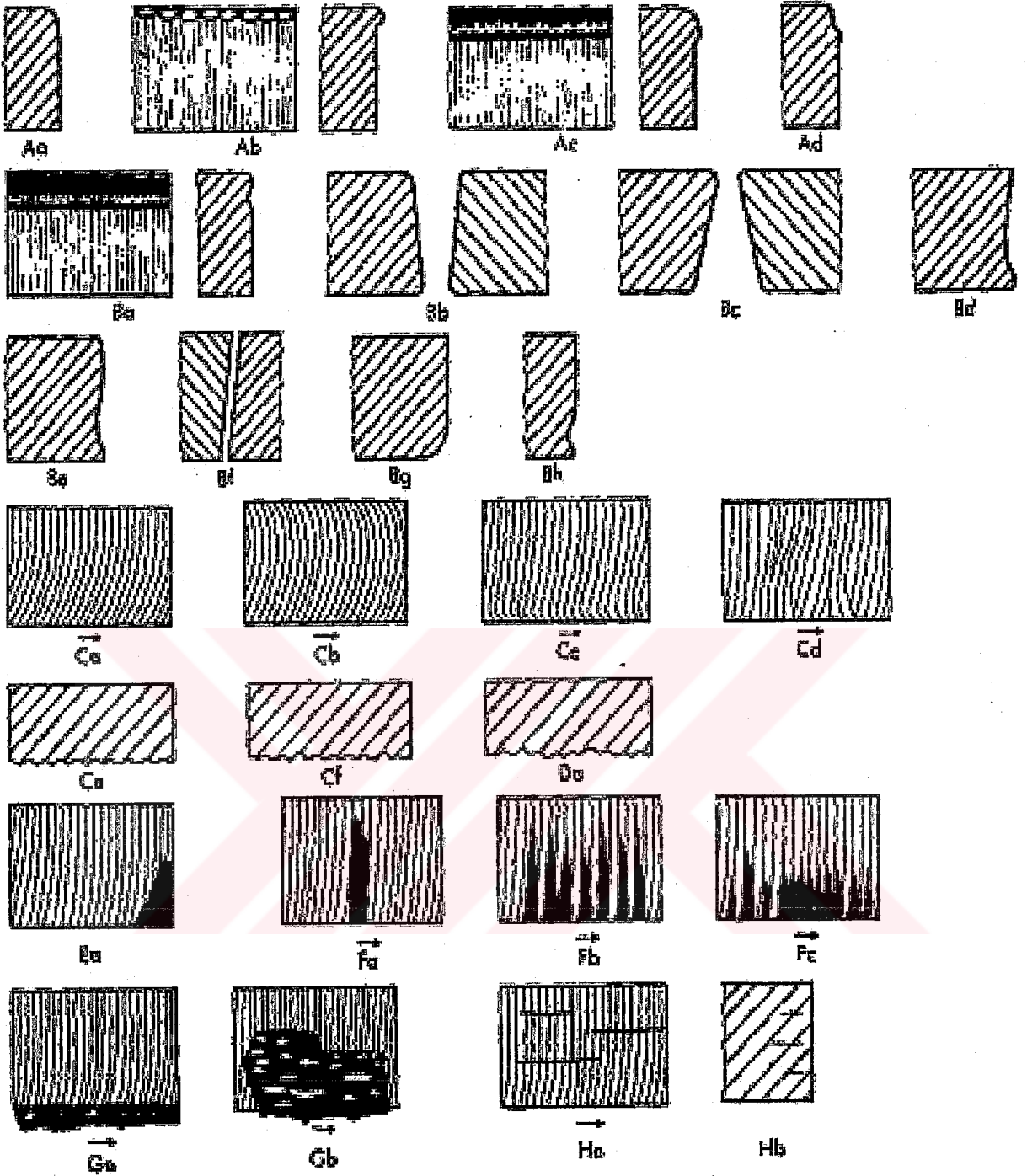
Çizelge 2.14 Oksijenle kesmede geçerli boyut toleransları, DIN 2310-III, (Böhme vd., 1992).

Tolerans Sınıfı	Parça Kalınlığı	Nominal Boyutlar İçin Toleranslar			
		35 - <315	315 - <1000	1000 - <2000	2000 - <4000
A	3-12	±1,0	± 1,5	± 2,0	± 3,0
	>12-50	±0,5	± 1,0	± 1,5	± 2,0
	>50-100	± 1,0	± 2,0	± 2,5	± 3,0
	>100-150	± 2,0	± 2,5	± 3,0	± 4,0
	>150-200	± 2,5	± 3,0	± 3,5	± 4,5
	>200- 250	-	± 3,0	± 3,5	± 4,5
	>250-300	-	± 4,0	± 5,0	± 6,0
	B	3-12	± 2,0	± 3,5	± 4,5
>12-50		± 2,5	± 2,5	± 3,0	± 3,5
>50-100		± 2,5	± 3,5	± 4,0	± 4,5
>100-150		± 3,0	± 4,0	± 5,0	± 6,0
>150-200		± 3,0	± 4,5	± 6,0	± 7,0
>200-250		-	± 4,5	± 6,0	± 7,0
>250-300		-	± 5,0	± 7,0	± 8,0

Çizelge 2.14’de nominal boyutlar için verilen sınır değerler, kesme kenarlarının oranı 4:1 olan parçalar ve 350 mm’den büyük kesme uzunlukları (dairesel kesmede çevre uzunluğu) için geçerlidir. Aynı anda gerçekleştirilen paralel doğrusal kesme işlemleriyle,yani iki üfleçle birden yapılan kesimlerde daha dar tolerans sınırları olan parçalar üretilebilir. DIN 2310 Kısım III’e göre 6-100 mm kalınlıklar ve 1000 mm’ye kadar nominal ölçüler için gerekli sınır değerler çizelge 2.15’de verilmiştir. Boyut toleransları F, G ve H olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır. Tolerans sınıfı F, ancak kızakların doğrusallığı çok hassas olan kesme makinaları ile elde edilebilir. $\pm 0,2$ gibi hassas bir tolerans değeri elde etmek için, kesme işlemi boyunca kesme oksijeni basıncı ve kesme hızı sabit tutulmalıdır (Böhme vd., 1992).

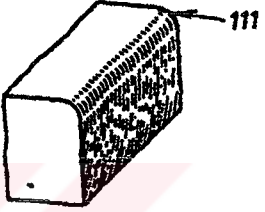
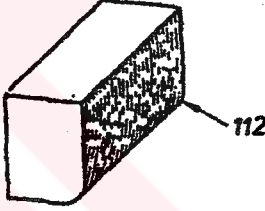
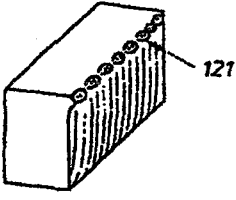
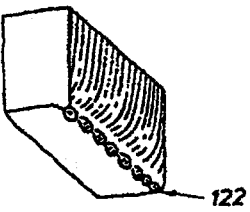
Çizelge 2.15 Aynı anda paralel ve doğrusal iki üfleç ile yapılan kesimler için sınır değerler (Böhme vd., 1992).

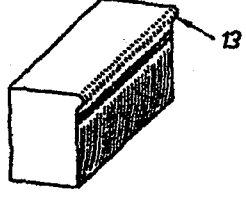
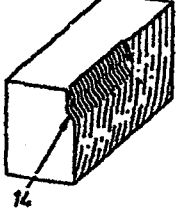
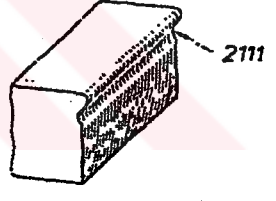
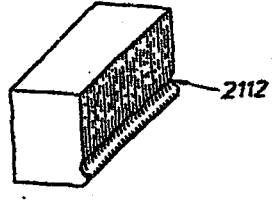
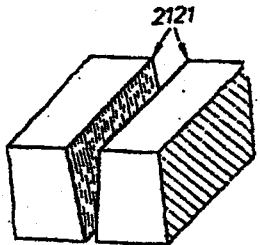
Tolerans Sınıfı	Parça Kalınlığı	10000’e kadar nominal ölçüler için sınır değerler
F	10-100	$\pm 0,2$
G	6-100	$\pm 0,5$
H	6-100	$\pm 1,5$

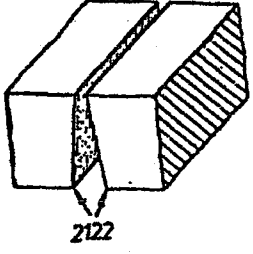
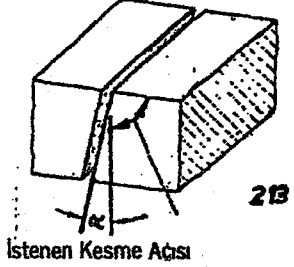
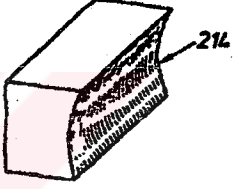
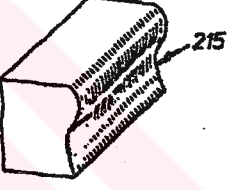
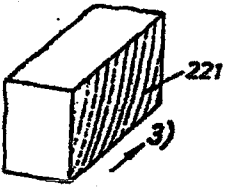
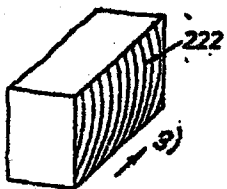
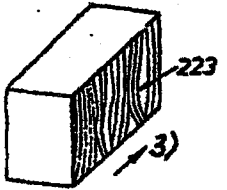


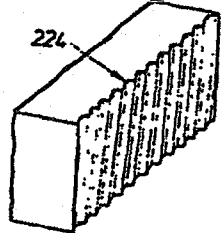
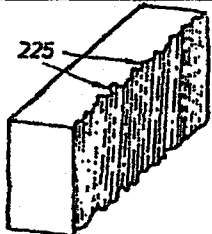
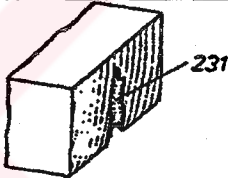
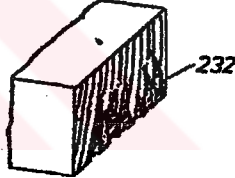
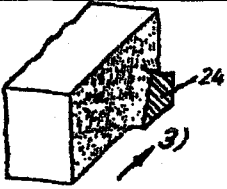
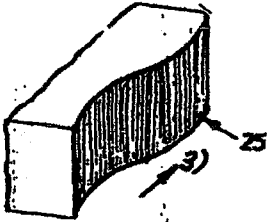
Şekil 2.36 Kesme yüzeyi hataları, A-kesme kenarı hataları B-kesit yüzeyinde kusurlar,diklik ve eğim hataları yüzey pürüzlülüğü, C-kesit yüzeyinde oluk akıntısı ve yivler, D- kesit yüzeyinde kesme doğrultusunda kusurlar, E- kesit yüzeyinde kusurlar,tamamen ayrılmamış kesit, F- kesit yüzeyinde oyulma kusurları, G-cürufklar, H-çatlaklar (Böhme vd., 1992).

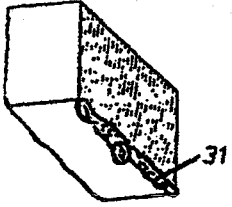
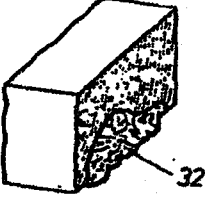
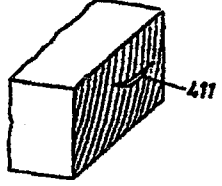
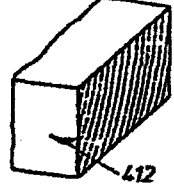
Çizelge 2.17 Kesme Hataları ve Sınıflandırılması, TS-7227, (Tülbentçi ve Kaluç, 2001).

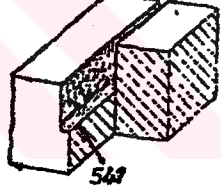
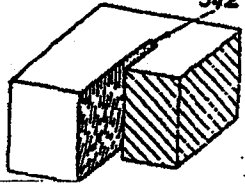
Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
HATA GRUBU 1 KESME KENARI HATALARI			
1	Kesme kenarı hatası	Kesme kenar bölgesinde, ergime veya aşınma vasıtasıyla meydana gelen kesme yüzeyi hasarıdır,	
11	Kesme kenarı ergimesi	Kesme kenarının çok fazla yuvarlanmasıdır.	
111		Üst kesme kenarındaki ergime	
112		Alt kesme kenarındaki ergime	
12	Sıra halinde katılmış damlacıklar	Katılmış malzeme damlacıklarının kesme kenarları boyunca zincir şeklinde ardı ardına dizilmesi	
121		Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılmış damlacıklar	
122		Kesme kenarının alt kısmında meydana gelen zincirleme katılmış damlacıklar	

Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
13	Kesme kenarı sarkması	Üst kesme kenarında meydana gelen malzeme sarkması	
14	Üst kesme kenarının aşağı doğru ergimesi	Üst kesme kenarının aşağı doğru ergiyerek oyulması	
HATA GRUBU 2 KESME YÜZEYİ HATALARI			
2	Kesme Yüzeyi hatası	İdeal kesme yüzeyinden sapma	
21	Düz olma	Kesme yüzeyinin düz olmaması ¹⁾	
211	İç bükey kesme yüzeyi	Kesme yüzeyinin kesme kenarına yakın olarak oyuklaşması	
2111		Oyuklaşmanın üst kesme kenarı altında olması	
2112		Oyuklaşmanın alt kesme kenarı altında olması	
212	Yarık Genişlemesi	Yarık genişler	
2121		Yarık genişlemesinin iş parçasının üzerinde olması	

Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
2122		Yarık genişlemesinin iş parçasının alt kenarında olması	
213	Kesme açısı sapması	Muntazam yarık genişliğindeki kesme açısının istenen değerleri sağlamaması	
214	Kesme yüzeyi iç bükey profili	Kesme yüzeyinin, tüm kesme kalınlığı boyunca özellikle orta bölgede oyuklaşması	
215	Dalgalı kesme yüzeyi profili	Kesme yüzeyinin, kesme kalınlığı yönünde dalgalı olması	
22	Sürüklenme hattı hatası	Sürüklenme normal şekliinden sapar	
221	Aşırı sürüklenme	Sürüklenme hatlarının kesme yönünün tersi istikamette müsaade edilenden fazla sapması	
222	Sürüklenme hatlarının aralarının açılması	Üst kesme kenarının altındaki sürüklenme hatları arasının belirgin olarak genişlemesidir.	
223	Sürüklenme hatlarının yerel sapması	Sürüklenme hatlarının muntazam sürüklenme hattı şekliinden kesme yönünde ve/veya ters yönde sapması	

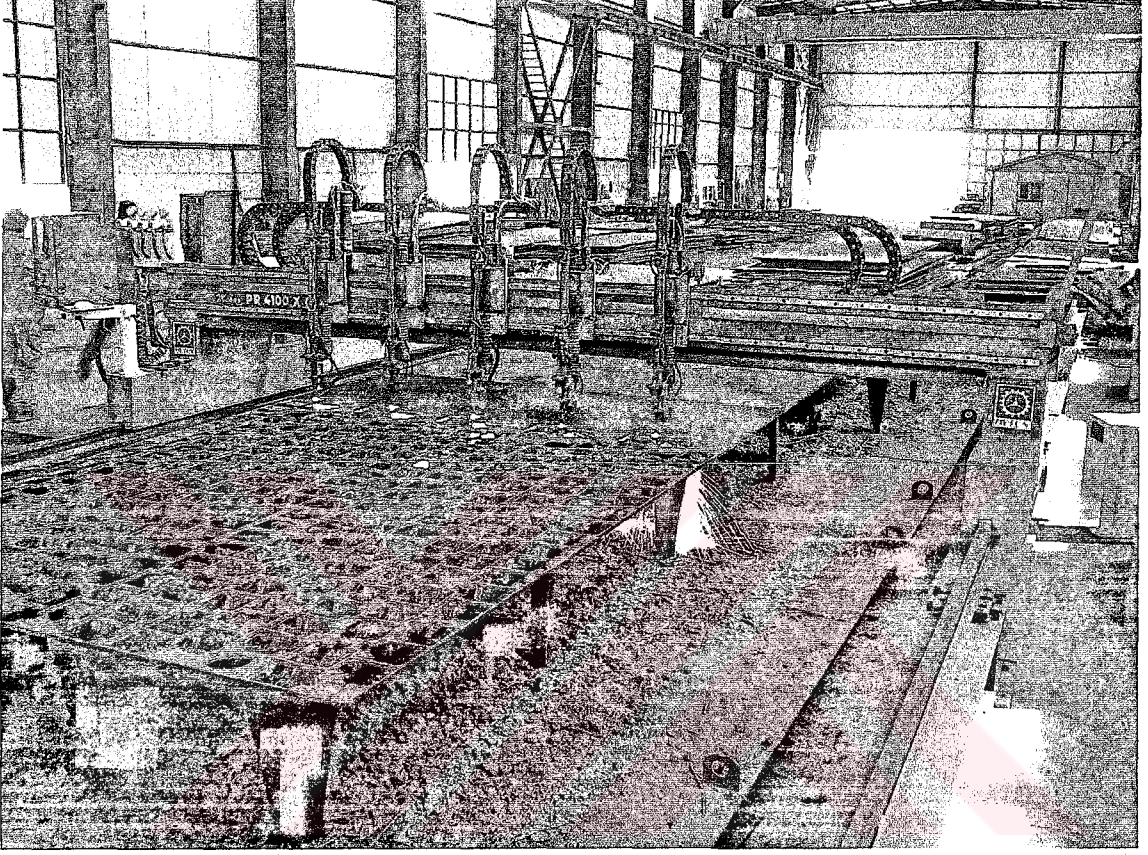
Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
224	Aşırı sürüklenme hattı derinliği ⁴⁾	Sürüklenme hatlarının oluklar şeklini alması	
225	Düzensiz sürüklenme hattı derinliği	Kabul edilemeyecek düzensizlikte sürüklenme hattı derinliği	
23	Oyulma	Kesme yüzeyinde özellikle kesme kalınlığı yönünde sınırlanmış aşınma derinliğidir. Bu sürüklenme hattının genişlik ve derinliği aşınmasından fazladır.	
231	Tek tek oyulma	Oyulmanın birbirinden ayrı yerlerde olması	
232	Toplu oyulma	Oyulmanın gruplar halinde olması	
24	Kesme yüzeyi sonunun tamamıyla ayrılmaması	Kesme sonunda kalan üçgen şeklinde kısım	
25	Kesme yüzeyi dalgalanması	Kesme yüzeyinin kesme yönünde dalgalanması	
HATA GRUBU 3 CÜRUF KALINTILARI			
3	Cüruf yapışması	Kaldırılması zor olan cüruflar	

Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
31	Kesme kenarı altında cüruf yapışması	Kesme kenarının alt tarafında meydana gelen kaldırılması zor olan cüruf	
32	Kesme yüzeyinde cüruf parçası	Özellikle kesme yüzeyinin alt kısmındaki kaldırılması zor olan cüruf parçası	
HATA GRUBU 4 ÇATLAKLAR			
4	Çatlak	iki boyutlu uzanan sınırlı malzeme ayrılması	
401	Mikro çatlak	Sadece altı kattan fazla büyütmelelerde görülebilen çatlak	
402	Makro çatlak	Normal olarak gözle bakıldığında veya altı defa büyütme kadar görülebilen çatlak	
41	Uzunlamasına çatlak	Kesme yönünde ilerleyen çatlak	
411		Kesme yüzeyi üzerindeki gözle görülebilir çatlak	
412		Kesme yüzeyinin hemen altında ıtab'da sadece dik veya enine kesitte metalografik incelemede gözle görülebilen çatlak	

Sınıflandırma No	Adlandırma	Tanım	Resimli Açıklama
HATA GRUBU 5 DİĞER HATALAR			
5	Diğer hatalar	1 ve 4 hata gruplarına girmeyen hatalar	
51	Başlangıcındaki hata	Kesme başındaki hata	
52	Delinme hatası	Bir delik şeklinde hata	
53	Aşırı yarık genişliği	Yarık fazla genişlemiş	
54	Kesme kaybı	Kesilmemiş malzemedeki kesme sonları	
541		Kesme derinliği yönündeki	
542		Kesme yönünde	
55	Üst yüzey yanığı	Isı tesiriyle iş parçası yüzeyinin hasara uğraması	
56	Boyut hatası	istenen boyuttan sapma	

2.2 Deneysel Çalışma

Deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği CNC kontrollü işlem tezgahında aynı anda 5 ayrı üfleçle aynı kesim işlemi yapılabilmektedir. 4100mm. çalışma genişliğine sahip bu makinenin ray boyunca hareket kabiliyeti 6 metredir.



Şekil 2.37 Deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği CNC kesim tezgahı

2.2.1 Deneysel Çalışma, 1. Grup

Birinci grup deneysel çalışma için St-37 malzemeden 15mm kalınlığında 9 adet parça hazırlanmıştır. Deneysel parçaları ve uygulama ile ilgili ayrıntılar çizelge 2.18'de verilmiştir.

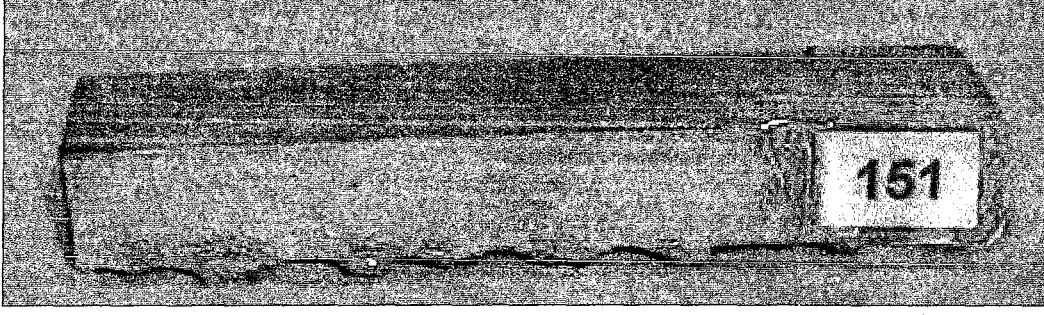
Çizelge 2.18 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 1.grup

Numune sayısı	9 Adet
Malzeme	St-37, %C<0,015, $R_m < 370 \text{ N/mm}^2$
Parça Boyutları	100mm x 50mm x 15mm
	Gerçekte, kesimi yapılan saclar yada muhtelif parçalar, depo, atölye, yada çalışma ortamlarında genelde hadde cürufu, yanı sıra pasla kaplıdır. Bu durum, deneysel

	<p>çalışma için hazırlanan numunelerde de aynı kabul edilmiştir. Ancak bu tabaka ön tavlama alevleri ile eritildiği takdirde, kesme oksijeni hızının, temiz metal yüzey ile doğrudan teması sağlanır ki, böylece en kaliteli kesme yüzeyi elde edilmektedir. Bütün deneysel çalışmalar da kesilen numuneler, daha önceden aynı plakadan kesilerek hazırlanmış ayrı ayrı soğuk sac parçalardan elde edilmiştir, böylece tek plakanın kesim esnasında ısınıp, ön tavlama yapılmışçasına kaliteli kesim yüzeyi vermesi engellenmiştir, uygulama da işletmecinin avantajına olan bu durumun (iş parçasının aşırı ısınma sonucu genişlemesinin, çalışma toleransları içerisinde olduğunu varsayarak), deneysel çalışmanın sonuçlarını etkilemesi engellenmektedir.</p>
Yanıcı Gaz, Basıncı	Propan, 0.5 bar
Kesme Gazı, Basıncı	Oksijen, 1.75bar , 2.5bar , 3.5 bar.
Üfleç İş Parçası Arası Mesafe	Sabit, 5mm, sensör kontrollü
Üfleç Hızı	550 mm/dak, 450 mm/dak, 400 mm/dak, 350 mm/dak, 300mm/dak.
Kesme Memesi (Bek)	10-30mm sac kalınlığına uygun, yeni bek takıldı. Her kesme işleminden sonra tel fırça ile meme olası cüruflardan temizlendi.
Kesim Tezgahı	Oytun Mekor PR-4100 CNC
Tezgah Yaşı	~1 Sene
Deneysel Çalışmanın Yapıldığı İşletme	Erman Sac Ticaret, Küçük Sanayi Sitesi, Gebze, Kocaeli

Çizelge 2.19 Deneysel çalışma parametreleri, 1.grup

Kesme Oksijeni Basıncı (bar)	Kesme Hızı (mm/dak)	Parça No	Açıklamalar
Düşük Basınç: 1,75 bar	Yüksek Hız 451 mm/dak	156	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 402 mm/dak	155	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 339 mm/dak	154	St-37 100mm x 50mm x 15mm
Normal Basınç: 2,5 bar	Yüksek Hız 547mm/dak	151	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 460 mm/dak	152	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 339 mm/dak	153	St-37 100mm x 50mm x 15mm
Yüksek Basınç: 3,5 bar	Yüksek Hız 547 mm/dak	158	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 449 mm/dak	157	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 314 mm/dak	159	St-37 100mm x 50mm x 15mm

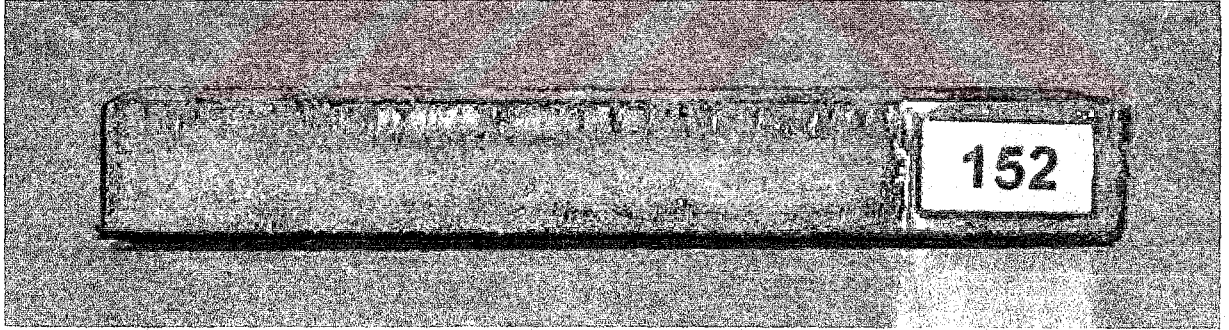


Şekil 2.38 Deney parçası 151.

2.2.1.1 Parça No 151

Kesme üflecinin ilerlemesinin hızlı, kesme oksijeni basıncının ise normal olduğu bu kesme işleminde; parçada kesme kenarı altında cüruf birikmesi görülmektedir. Bu hata, kesme işlemi esnasında cürufun kesit dışına atılabilmesi için yeterli zamanın olmamasından ileri gelmektedir.

Kesme üfleci hızı:	547 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	2,5 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme kenarı altında cüruf yapışması.
Hataların sınıflandırılması:	31 (TS 7227)



Şekil 2.39 Deney parçası 152.

2.2.1.2 Parça No 152

En uygun kesme parametrelerinin uygulandığı bu parçada diğer deney parçalarına kıyasla en iyi yüzey kalitesine ulaşılmıştır. Bununla beraber, kesme kenarının üst kısmında görülen bir miktar katılaşmış zincirleme damlacıklar, genelde numune yüzeyinin temiz olmaması, cüruf, pas kaplı olmasından kaynaklanmaktadır.

Kesme üfleci hızı:	460 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	2,5 bar

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -



Şekil 2.40 Deney parçası 153.

2.2.1.3 Parça No 153

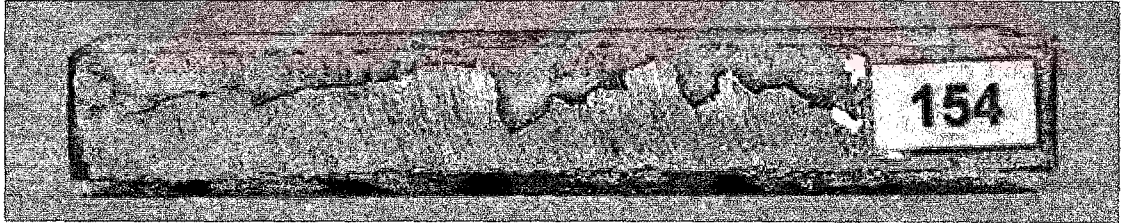
Kesme oksijeni basıncının normal, kesme üflecinin ilerlemesinin ise yavaş olduğu bu parçada, kesme kenarının üst kısmında bir miktar erime, kesme yüzeyinde kolayca kazılabilen kabuk görülmektedir.

Kesme üfleci hızı: 339 mm/dakika

Kesme oksijeni basıncı: 2,5 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarı hatası.

Hataların sınıflandırılması: 111 (TS 7227)



Şekil 2.41 Deney parçası 154.

2.2.1.4 Parça No 154

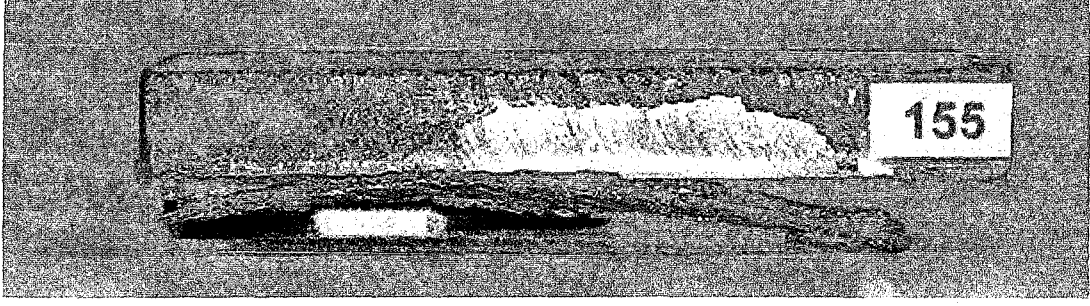
Hem kesme üflecinin ilerlemesinin yavaş, hem de kesme oksijeni basıncının düşük olduğu bu parçada, oksijen basıncının düşük olması nedeniyle, kesme oksijenin yetersiz basınç kuvveti, cürufu kesme alt yüzeyinden atamamıştır, yüzey de oluşan kabuk, kesme yüzeyi alt kenarında ergime, yuvarlanma görülmektedir.

Kesme üfleci hızı: 330 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 1,75 bar

Hataların adlandırılması: Kesme kenarı altında cüruf yapışması.

Hataların sınıflandırılması: 31 (TS 7227)

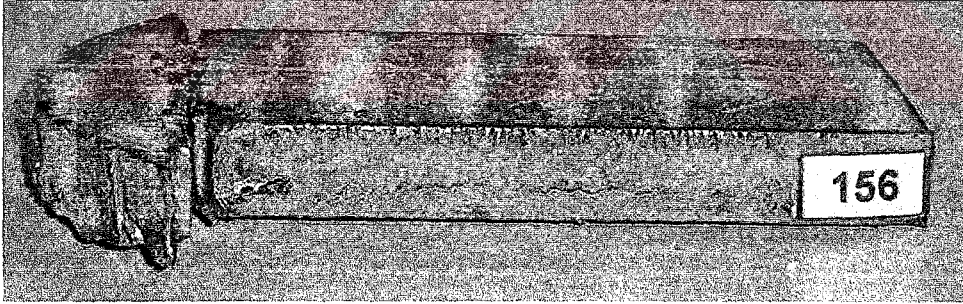


Şekil 2.42 Deney parçası 155.

2.2.1.5 Parça No 155

Bu parçada, kesme oksijeni basıncının yetersizliğinden dolayı, kesme kenarı altında cüruf yapışması, kesme yüzeyinde kabuk oluşumu meydana gelmektedir. Kesme üfleci ilerleme hızının normal olduğu bu kesme işleminde sürüklenme hatlarında bir miktar düzensizlik görülse de, bu ancak üfleç hareketi esnasında ki olası titreşimlere bağlanılabilir.

Kesme üfleci hızı:	402 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	1,75 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme yüzeyi hatası, Kesme kenarı altında cüruf yapışması.
Hataların sınıflandırılması:	2, 31 (TS 7227)



Şekil 2.43 Deney parçası 156.

2.2.1.6 Parça No 156

Düşük kesme basıncında, yüksek hızla ilerletilen kesme üfleci, iş parçası çevresini bütünüyle dolaşmakla beraber kesme işlemini tamamen gerçekleştirememiştir, ayrılan yüzeylerde ise üst kenardan aşağıya doğru inildikçe kesme yüzeyi kalitesi bozulmaktadır.

Kesme üfleci hızı:	451 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	1,75 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme yüzeyi hatası, cüruf yapışması.
Hataların sınıflandırılması:	2, 3 (TS 7227)



Şekil 2.44 Deney parçası 157.

2.2.1.7 Parça No 157

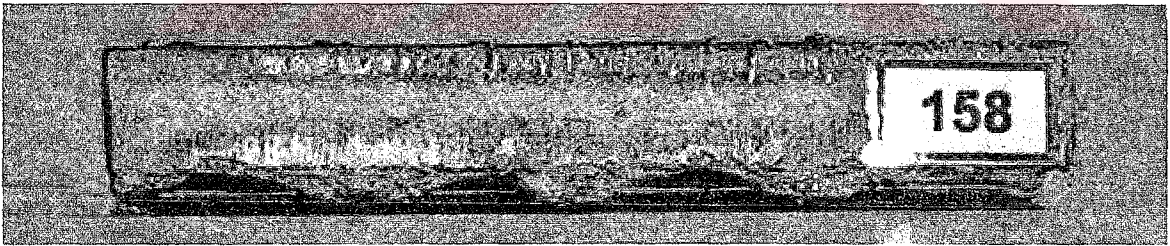
Üflecin normal hızla ilerlediği, fakat kesme oksijeni basıncının yüksek olduğu, bu uygulamada, elde edilen kesme yüzeyinin üst yarısında düşük seviyede oyuklaşma, üst ve özellikle alt kenarda düzensiz cüruf birikmeleri görülmektedir.

Kesme üfleci hızı: 449 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,5 bar

Hataların adlandırılması: Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılaşmış damlacıklar,
Kesme yüzeyi dalgalanması,
Kesme yüzeyinde cüruf yapışması.

Hataların sınıflandırılması: 121, 25, 31 (TS 7227)



Şekil 2.45 Deney parçası 158.

2.2.1.8 Parça No 158

Yüksek kesme basıncında, hızla ilerleyen üflecin kestiği parçanın özellikle alt kenarında cüruf birikmesi, üst kenarında yüzey ergimesi ve yuvarlaklaşması oluşmaktadır. Bu parçanın kesme yüzeyinde, tüm kesit boyunca özellikle orta bölgelerde oyuklaşma görülmektedir.

Kesme üfleci hızı: 547 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,5 bar

Hataların adlandırılması: Kesme kenarı sarkması,
Oyuklaşmanın kesme kenarı altında olması,
Kesme kenarının alt tarafında meydana gelen kaldırılması zor olan cüruf.

Hataların sınıflandırılması: 13, 2112, 31 (TS 7227)



Şekil 2.46 Deney parçası 159.

2.2.1.9 Parça No 159

Bu parçanın alt kenarında görülen gözenekli yapıda ki cürufun oluşma sebebi üflecin yavaş ilerletilmesidir, gözenekli yapının nedeni ise kesme oksijeni basıncının yüksek olması sonucu oluşan yoğun oksidasyondur, aşırı miktarda olduğu gözlenen bu cüruf katmanını iş parçasından ayırmak ise son derece kolaydır. Kesme üst yüzeyinde ki ergime ile kesme yüzeyinde oluşan kabuk da, kesme hızının düşüklüğünden kaynaklanmaktadır.

Kesme üfleci hızı: 314 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,5 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime,
Kesme kenarı altında cüruf yapışması.
Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılmış damlacıklar.

Hataların sınıflandırılması: 111,31, 121 (TS 7227)

2.2.2 Deneysel Çalışma, 2. Grup

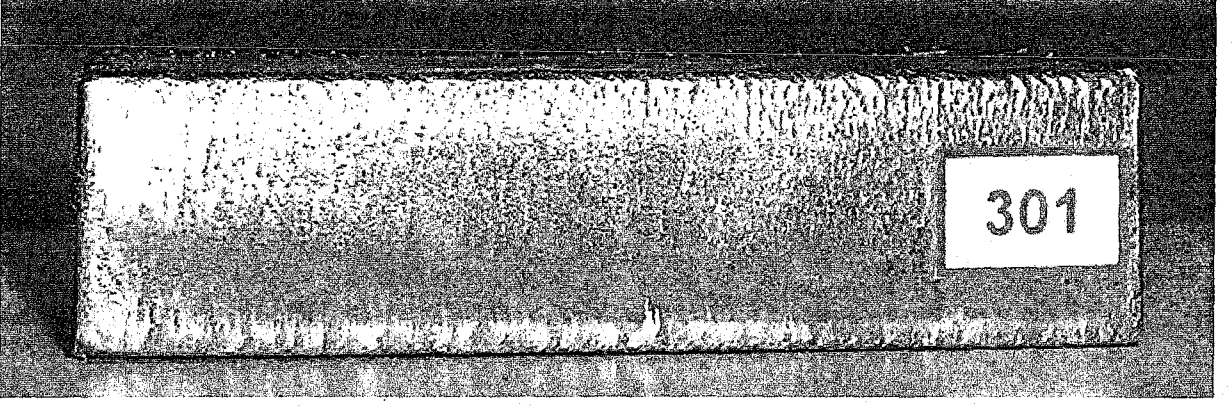
İkinci grup deneysel çalışma için St-52 malzemeden 30mm kalınlığında 9 adet parça hazırlanmıştır. Deneysel parçaları ve uygulama ile ilgili ayrıntılar çizelge 2.20'de verilmiştir.

Çizelge 2.20 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 2.grup

Numune sayısı	9 Adet
Malzeme	St-52, %C<0.20, $R_m < 52 \text{ daN/mm}^2$
Parça Boyutları	100mm x 50mm x 30mm
<p>Gerçekte, kesimi yapılan saclar yada muhtelif parçalar, depo, atölye, yada çalışma ortamlarında genelde hadde cürufu, yanı sıra pasla kaplıdır. Bu durum, deneysel çalışma için hazırlanan numunelerde de aynı kabul edilmiştir. Ancak bu tabaka ön tavlama alevleri ile eritildiği takdirde, kesme oksijeni hüzmelerinin, temiz metal yüzey ile doğrudan teması sağlanır ki, böylece en kaliteli kesme yüzeyi elde edilebilmektedir. Bütün deneysel çalışmalar da kesilen numuneler, daha önceden aynı plakadan kesilerek hazırlanmış ayrı ayrı soğuk sac parçalardan elde edilmiştir, böylece tek plakanın kesim esnasında ısınıp, ön tavlama yapılmışçasına kaliteli kesim yüzeyi vermesi engellenmiştir, uygulama da işletmecinin avantajına olan bu durumun (iş parçasının aşırı ısınma sonucu genişlemesinin, çalışma toleransları içerisinde olduğunu varsayarak), deneysel çalışmanın sonuçlarını etkilemesi engellenmektedir.</p>	
Yanıcı Gaz, Basıncı	Propan, 0.5 bar,
Kesme Gazı, Basıncı	Oksijen, 2.25 bar , 3.0 bar , 4.5 bar
Üfleç İş Parçası Arası Mesafe	Sabit, 5mm, sensör kontrollü
Üfleç Hızı	500 mm/dakika, 400 mm/dakika, 300mm/dakika,
Kesme Memesi (Bek)	30-50mm sac kalınlığına uygun 3numara yeni bek takıldı. Her kesme işleminden sonra tel fırça ile meme, olası cüruflardan temizlendi
Kesim Tezgahı	Oytun Mekor PR-4100 CNC
Tezgah Yaşı	~1 Sene
Deneysel Çalışmanın Yapıldığı İşletme	Erman Sac Ticaret, Küçük Sanayi Sitesi, Gebze, Kocaeli

Çizelge 2.21 Deneysel çalışma parametreleri, 2.grup

Kesme Oksijeni Basıncı (bar)	Kesme Hızı (mm/dak)	Parça No	Açıklamalar
Düşük Basınç: 2,25 bar	Yüksek Hız 497 mm/dak	307	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Normal Hız 404 mm/dak	308	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Düşük Hız 298 mm/dak	309	St-52 100mm x 50mm x 30mm
Normal Basınç: 3,0 bar	Yüksek Hız 497 mm/dak	302	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Normal Hız 404 mm/dak	301	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Düşük Hız 298 mm/dak	303	St-52 100mm x 50mm x 30mm
Yüksek Basınç: 4,5 bar	Yüksek Hız 497 mm/dak	306	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Normal Hız 404 mm/dak	305	St-52 100mm x 50mm x 30mm
	Düşük Hız 298 mm/dak	304	St-52 100mm x 50mm x 30mm



Şekil 2.47 Deney parçası 301.

2.2.2.1 Parça No 301

Normal kesme basıncı, normal üfleç ilerleme hızı gibi, optimum işlem parametrelerinin kullanıldığı bu parçada, kesme yüzeyinde en yüksek kaliteye ulaşılmıştır. Bu uygulamada belirlenen parametreler ideal olarak kabul edilmiştir.

Kesme Üfleci Hızı: 404 mm/dak

Kesme Oksijeni Basıncı: 3 bar

Hataların Adlandırılması: Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılaştırmış damlacıklar.

Hataların Sınıflandırılması: 121 (TS 7227)

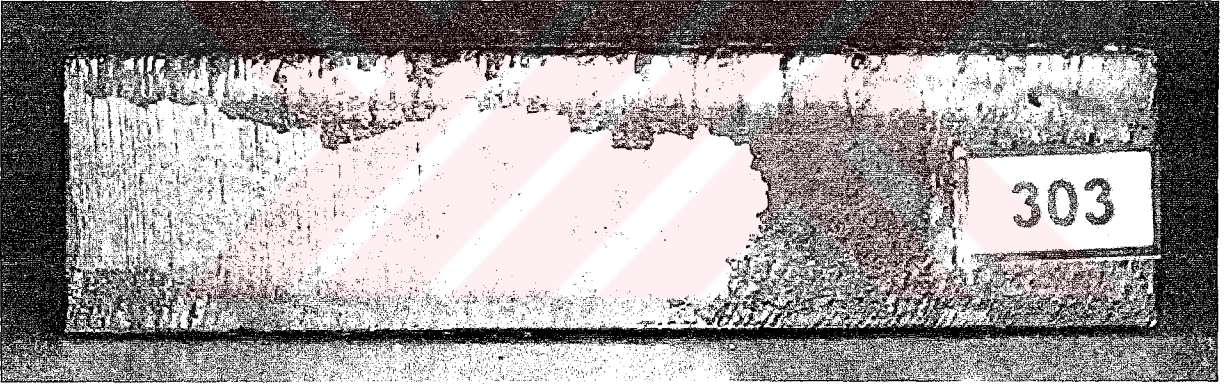


Şekil 2.48 Deney parçası 302.

2.2.2.2 Parça No 302

Hızla ilerleyen üflecin normal basınçta ortaya çıkardığı kesme yüzeyinde, sürüklenme hatlarının kesme yönünün tersinde istenilenden fazla sapması, aşırı sürüklenme hatası, kesme yüzeyi altında cüruf oluşumları görülmektedir. Yanı sıra sürüklenme hatlarının kısmen oluklar şeklini alıp derinleşmeleri ve oluşan oyulmalar da üflecin hızla ilerlemesinden dolayıdır ki, istenilmeyen kesme hatalarının arasında yer almaktadırlar.

Kesme üfleci hızı:	497 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	3 bar
Hataların adlandırılması:	Aşırı sürüklenme, Aşırı sürüklenme hattı derinliği, Toplu oyulma.
Hataların sınıflandırılması:	221, 224, 232 (TS 7227)

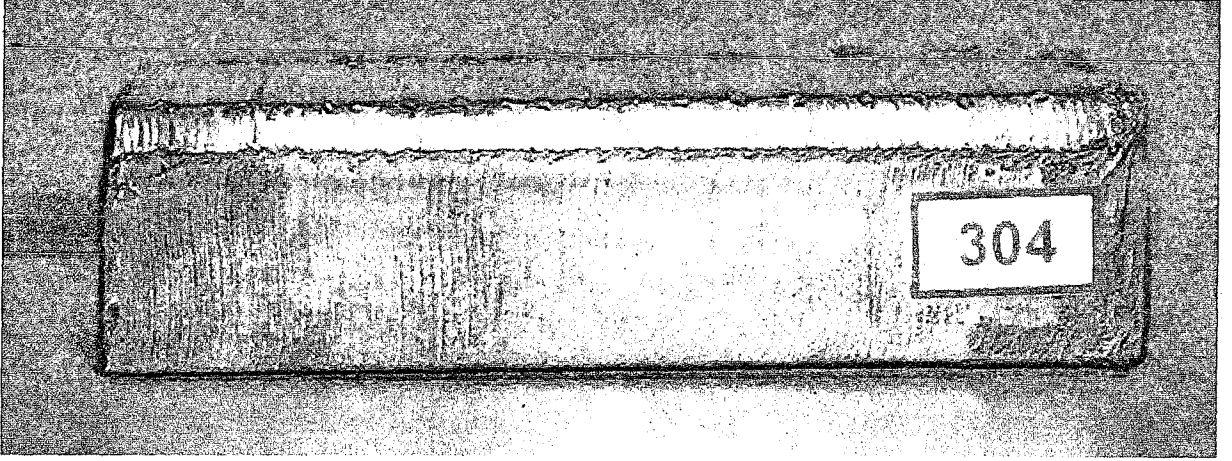


Şekil 2.49 Deney parçası 303.

2.2.2.3 Parça No 303

Bu parçada, kesme üst yüzeyinde bir miktar sarkma, kesme yüzeyinde kabuk gözlenmektedir, çünkü kesme hızı yavaş, kesme oksijeni ise normal basınç değerindedir. Kabul edilebilir bu kusurların dışında, kesme yüzeyi düzgün çıkmıştır.

Kesme üfleci hızı:	298 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	3 bar
Hataların adlandırılması:	Üst kesme kenarında ergime.
Hataların sınıflandırılması:	111 (TS 7227)

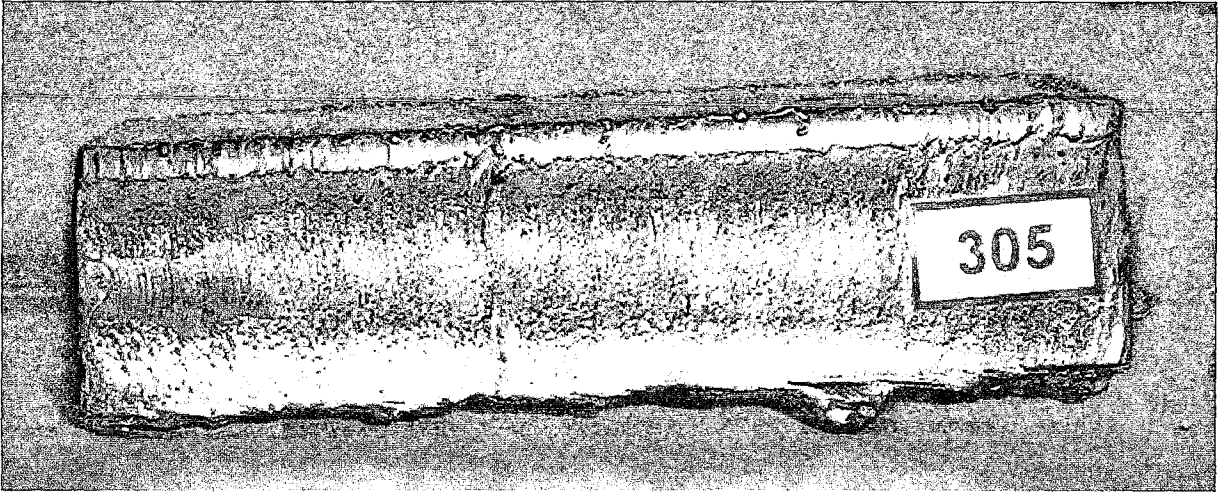


Şekil 2.50 Deney parçası 304.

2.2.2.4 Parça No 304

Yüksek kesme basıncında, üflecin yavaş ilerletilmesi sonucunda bu parçada, kesme üst yüzeyinde ergime ve yuvarlaklaşma belirgin şekilde fazlalaşmış, aşırı miktarda oksijen tüketiminin neden olduğu gözenekli yapıda ki cüruf ise kolayca döküldüğünden gözlenememektedir.

Kesme üfleci hızı: 298 mm/dak
 Kesme oksijeni basıncı: 4,5 bar
 Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ki ergime,
 Kesme kenarı sarkması.
 Hataların sınıflandırılması: 111, 13 (TS 7227)

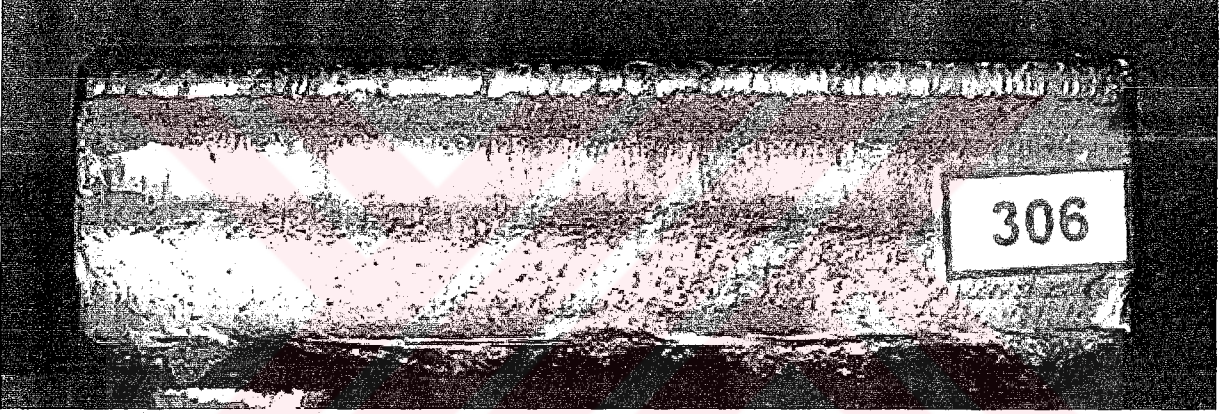


Şekil 2.51 Deney parçası 305.

2.2.2.5 Parça No 305

Bu parçada, her ne kadar üfleç ilerleme hızı ideal değerinde olsa da, yüksek kesme oksijeni basıncından dolayı kesme yüzeyi üst kenarında yuvarlaklaşma, yüzeyin üst yarısında az miktarda yerel çukurlaşmalar, alt kenarda ise çapak oluşumu gözlenmektedir.

Kesme üfleci hızı:	404 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	4,5 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme kenarı sarkması, Kesme kenarı altında cüruf yapışması.
Hataların sınıflandırılması:	13, 31 (TS 7227)

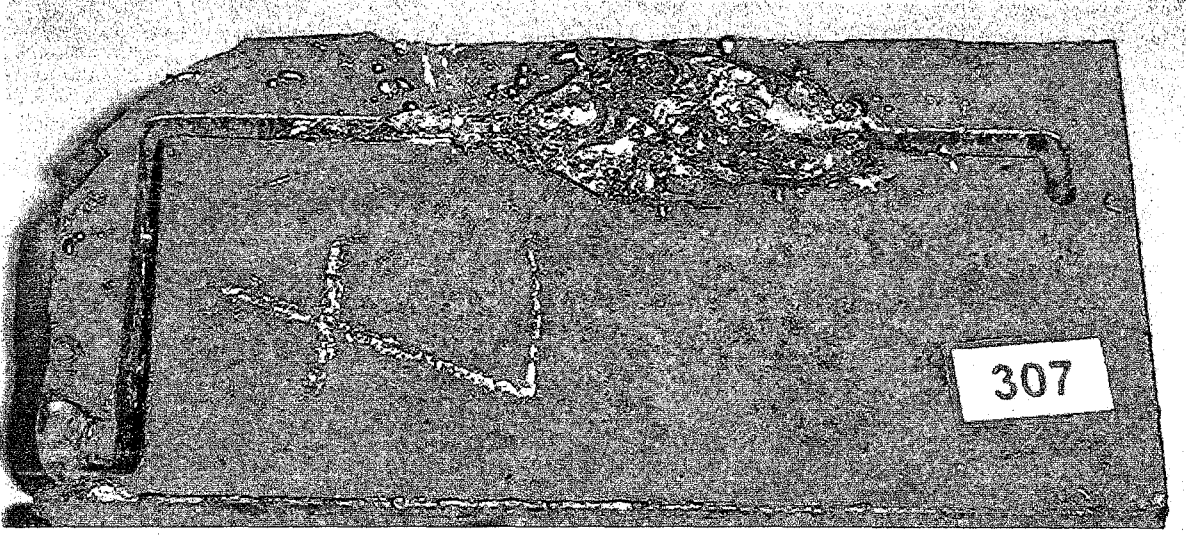


Şekil 2.52 Deney parçası 306.

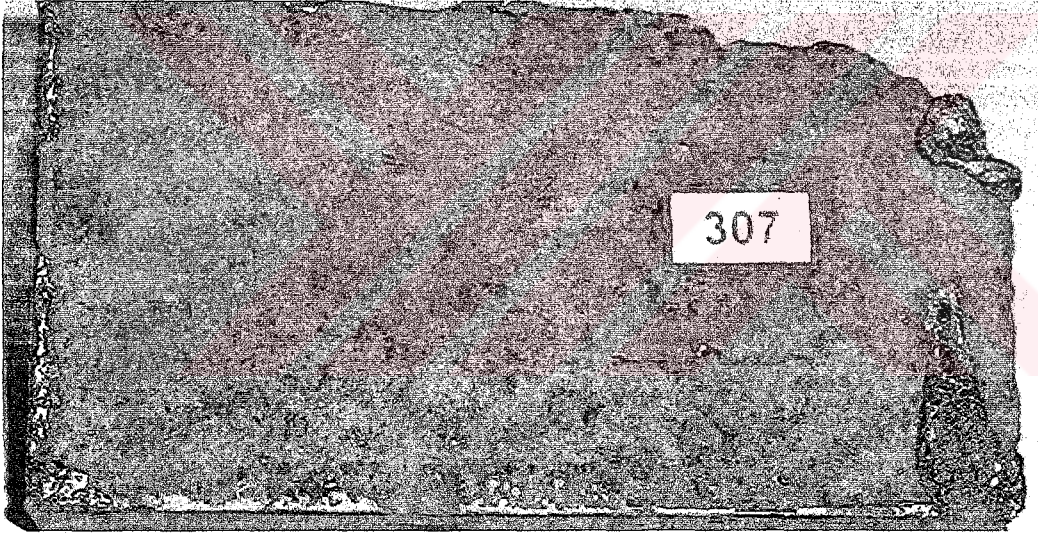
2.2.2.6 Parça No 306

Yüksek kesme hızı ve oksijeninde yapılan uygulama sonucu elde edilen yüzeyde, kesit boyunca özellikle orta bölgede boyunca oyuklar, kesme kenarında ki aşırı ergime ve yuvarlaklaşma görülmektedir. Bunun sebebi, kesme basıncının yüksekliğidir. Alt kesme kenarında oluşan cürufun nedeni ise üflecin ilerleme hızının yüksekliğinden dolayı kesme ağzından cürufun atılamamasıdır.

Kesme üfleci hızı:	497 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	4,5 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme kenarı sarkması, Dalgalı kesme yüzeyi profili, Kesme kenarı altında cüruf yapışması,
Hataların sınıflandırılması:	13, 215, 31 (TS 7227)



Şekil 2.53 Deney parçası 307, üst yüzey.



Şekil 2.54 Deney parçası 307, alt yüzey.

2.2.2.7 Parça No 307

Parçanın alt ve üst yüzeylerinin fotoğrafları incelendiğinde, başarısızlıkla sonuçlanmış kesme işleminin nedenleri fark görülmektedir, çünkü bu kesme denemesinde, düşük oksijen basıncında yüksek bir kesme hızı ile kesim yapmak istenmiş ise de, üfleç bir miktar ilerletilmiş, fakat ayırma amaçlı dahi olsa da kesme işlemi tamamlanamamıştır.

Kesme üfleci hızı: 497 mm/dak

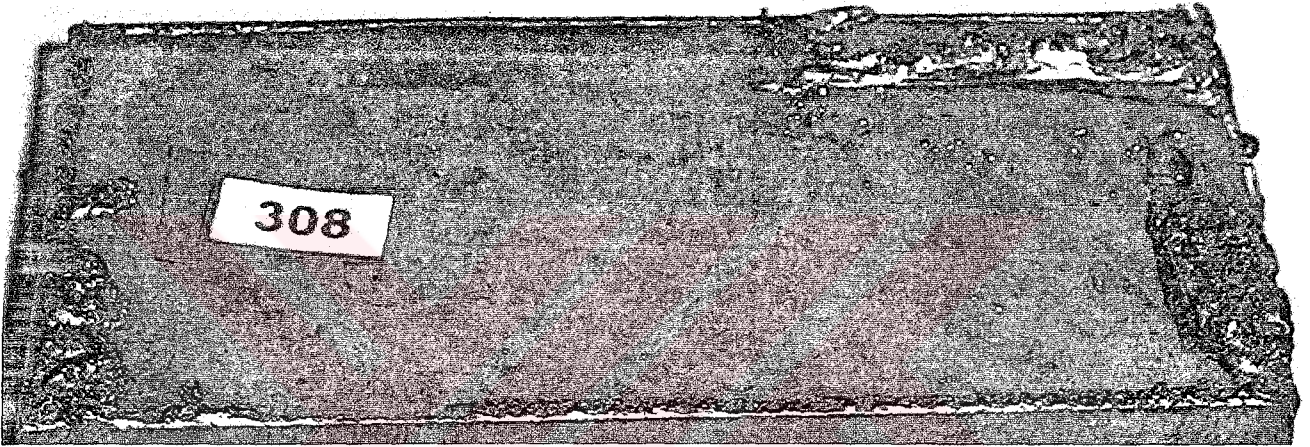
Kesme oksijeni basıncı: 2,25 bar

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -



Şekil 2.55 Deney parçası 308, üst yüzey.



Şekil 2.56 Deney parçası 308, alt yüzey.

2.2.2.8 Parça No 308

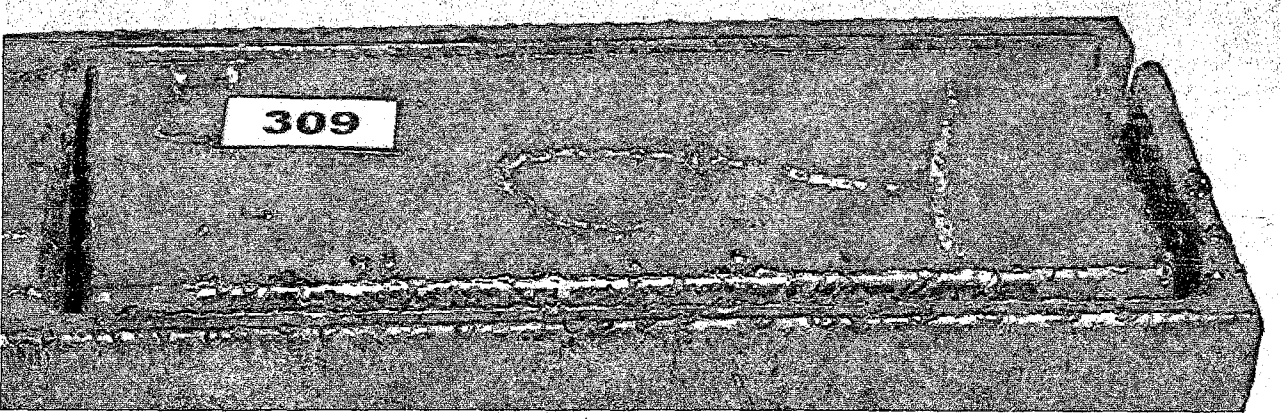
Düşük kesme oksijeni basıncında, üflecin normal hızla ilerletildiği uygulamada, 308 numaralı deney parçası kesilememiştir.

Kesme üfleci hızı: 404 mm/dak

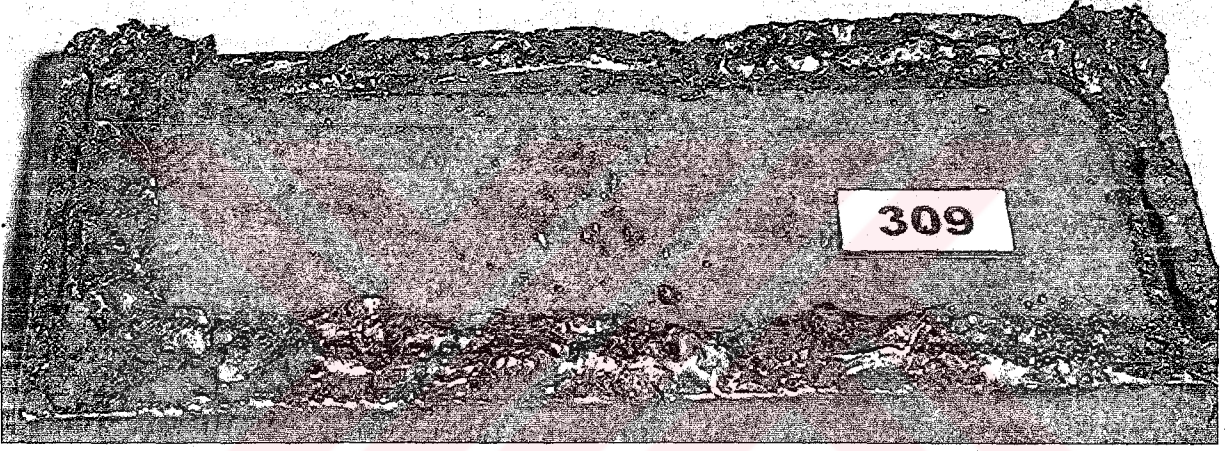
Kesme oksijeni basıncı: 2,25 bar

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -



Şekil 2.57 Deney parçası 309, üst yüzey.



Şekil 2.58 Deney parçası 309, alt yüzey.

2.2.2.9 Parça No 309

Bu parçada, 307 ve 308 numaralı parçalar gibi düşük basınçta kesilmek istenmiştir. Kesme üfleci en yavaş hızında tüm parça çevresinde dolaştırıldıysa da, kesme işlemi tüm kesit boyunca gerçekleşmediğinden dolayı kesilen parçanın sacdan çıkarılması mümkün olmamıştır.

Kesme üfleci hızı:	298 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	2,25 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme yüzeyinde cüruf parçası.
Hataların sınıflandırılması:	32 (TS 7227)

2.2.3 Deneysel Çalışma, 3. Grup

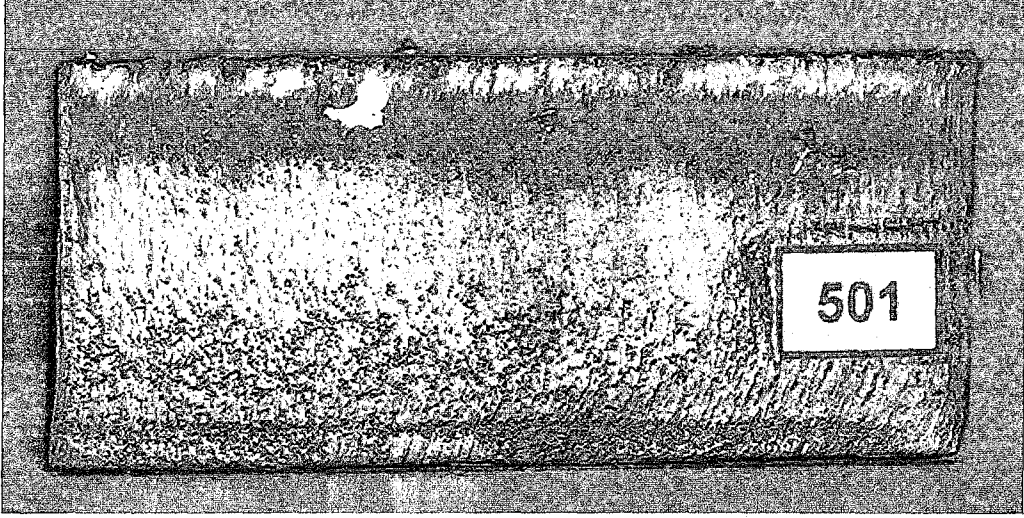
Üçüncü grup deneysel çalışma için St-37 malzemeden 50mm kalınlığında 9 adet parça hazırlanmıştır. Deneysel parçaları ve uygulama ile ilgili ayrıntılar çizelge 2.22’de verilmiştir.

Çizelge 2.22 Kesme işlemi ile ilgili ayrıntılar, 3.grup

Numune sayısı	9 Adet
Malzeme	St-37, %C<0,015, $R_m < 370 \text{ N/mm}^2$
Parça Boyutları	100mm x 50mm x 50mm
<p>Gerçekte, kesimi yapılan saclar yada muhtelif parçalar, depo, atölye, yada çalışma ortamlarında genelde hadde cürufu, yanı sıra pasla kaplıdır. Bu durum, deneysel çalışma için hazırlanan numunelerde de aynı kabul edildi. Ancak bu tabaka ön tavlama alevleri ile eritildiği takdirde, kesme oksijeni hüzmelerinin, temiz metal yüzey ile doğrudan teması sağlanır ki, böylece en kaliteli kesme yüzeyi elde edilebilir. Deneysel çalışma da kesilen numuneler, daha önceden aynı plakadan kesilerek hazırlanmış ayrı ayrı soğuk sac parçalardan elde edilmiştir, böylece tek plakanın kesim esnasında ısınıp, ön tavlama yapılmışçasına kaliteli kesim yüzeyi vermesi engellenmiştir, uygulama da işletmecinin avantajına olan bu durumun (iş parçasının aşırı ısınma sonucu genişlemesinin ve ısıl deformasyonların, çalışma toleransları içerisinde olduğunu varsayarak), deneysel çalışmanın sonuçlarını etkilemesi engellenir.</p>	
Yanıcı Gaz, Basıncı	Propan, 0.5 bar
Kesme Gazı, Basıncı	Oksijen, 3.75 bar , 5.0 bar , 6.0 bar
Üfleç İş Parçası Arası Mesafe	Sabit, 5mm, sensör kontrollü
Üfleç Hızı	500 mm/dakika, 425mm/dakika, 375 mm/dakika, 350mm/dakika, 200mm/dakika.
Kesme Memesi (Bek)	50-100mm sac kalınlığına uygun 5numara yeni bek takıldı. Her kesme işleminden sonra tel fırça ile meme, olası cüruflardan temizlendi
Kesim Tezgahı	Oytun Mekor PR-4100 CNC
Tezgah Yaşı	~1 Sene
Deneysel Çalışmanın Yapıldığı İşletme	Erman Sac Ticaret, Küçük Sanayi Sitesi, Gebze, Kocaeli

Çizelge 2.23 Deneysel çalışma parametreleri, 3.grup

Kesme Oksijeni Basıncı (bar)	Kesme Hızı (mm/dak)	Parça No	Açıklamalar
Düşük Basıncı: 3,75 bar	Yüksek Hız 426 mm/dak	506	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Normal Hız 347 mm/dak	505	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Düşük Hız 198 mm/dak	504	St-37 100mm x 50mm x 50mm
Normal Basıncı: 5 bar	Yüksek Hız 497 mm/dak	502	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Normal Hız 351 mm/dak	501	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Düşük Hız 198 mm/dak	503	St-37 100mm x 50mm x 50mm
Yüksek Basıncı: 6 bar	Yüksek Hız 497 mm/dak	507	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Normal Hız 375 mm/dak	508	St-37 100mm x 50mm x 50mm
	Düşük Hız 197 mm/dak	509	St-37 100mm x 50mm x 50mm



Şekil 2.59 Deneş parçası 501.

2.2.3.1 Parça No 501

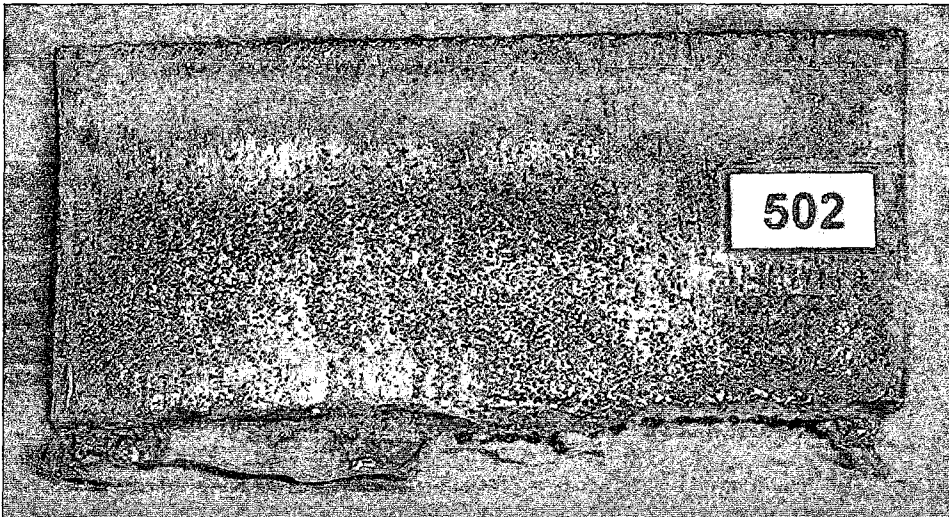
Optimum kesme parametrelerinin uygulandığı 501 numaralı parçada yeterli, temiz, üst ile alt kesme kenarlarında nispeten cürufsuz bir görünüm elde edilmiştir, kesme yüzeyinin üst yarısında bir miktar soyulabilir kabuk oluşumu görölmekle beraber, 50mm. et kalınlığına sahip diğer numuneler arasında bu parça en uygun şartlar altında kesilen bu parça kaliteli bir kesme yüzeyine sahiptir.

Kesme üfleci hızı: 351 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 5 bar

Hataların adlandırılması: Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılaşmış damlacıklar.

Hataların sınıflandırılması: 121 (TS 7227)



Şekil 2.60 Deneş parçası 502.

2.2.3.2 Parça No 502

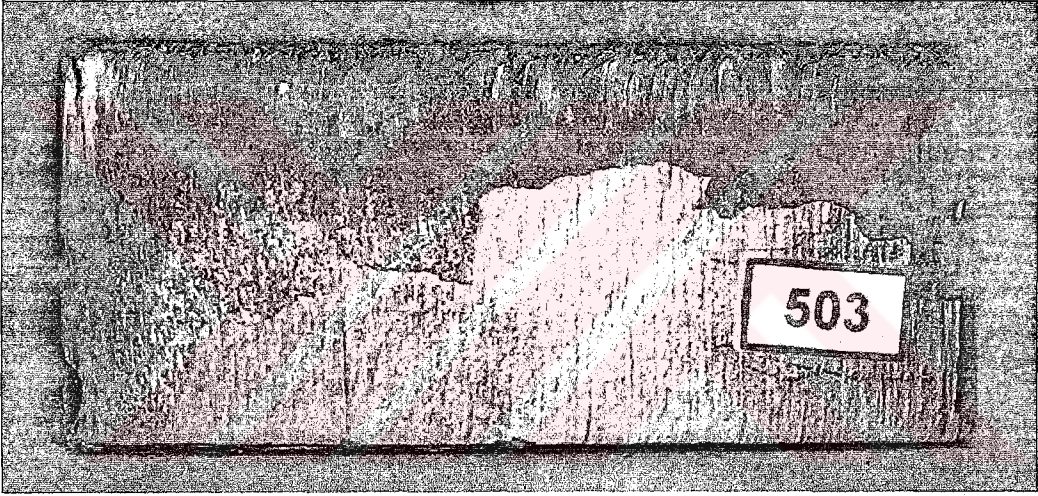
Kesme oksijeni basıncının normal tutulduğu bu kesimde, üfleç hızla ilerletilmiştir. Bunun sonucunda, kesme kenarı altında cüruf birikmesi, ve düzensizlikler oluşmaktadır, çünkü kesim işlemi sırasında hızla ilerletilen kesme oksijeni hüzmesinin cürufu kesit dışına atıp, düzgün bir kesim alt yüzeyi ortaya çıkarması için yeterli zaman sağlanmamıştır. Kesme hızının yüksekliğinden dolayı kalın kesitte yukarıdan aşağıya doğru inildikçe düzgünsüzlükler, pürütlü yüzey oluşumu gözlenmektedir.

Kesme üfleci hızı: 497 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 5 bar

Hataların adlandırılması: Kesme kenarı altında cüruf yapışması.

Hataların sınıflandırılması: 31 (TS 7227)



Şekil 2.61 Deney parçası 503.

2.2.3.3 Parça No 503

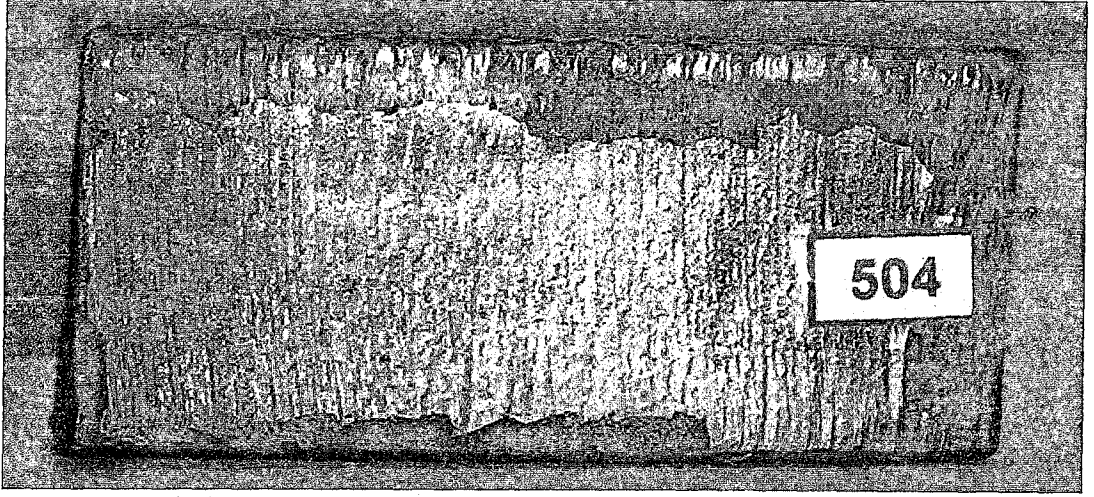
Normal oksijen basıncında kesilen bu parça incelendiğinde, üst kısımda az miktarda yuvarlaklaşma, yüzeyde ise soyulabilir kabuk, cüruf oluşumu ile nispeten düzgün oluşan sürüklenme izleri gözlenmektedir. Tüm bunlar üflecin yavaş ilerlemesinden kaynaklanmaktadır. Kesme alt kenarında ki cüruf oluşumunun azlığı, düzgün ayrılma yüzeyi, 50mm. gibi kalın kesitli parçaların normal basınçta, düşük hızda kesilmesinin de olumlu sonuç verdiğini göstermektedir.

Kesme üfleci hızı: 198 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 5 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarındaki ergime.

Hataların sınıflandırılması: 111 (TS 7227)



Şekil 2.62 Numune504.

2.2.3.4 Parça No 504

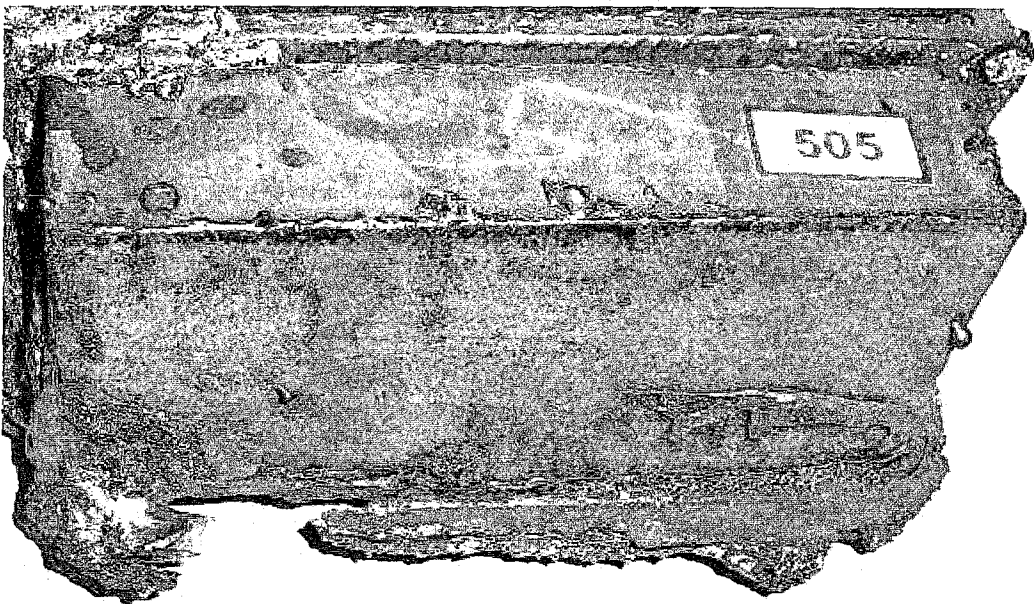
Parçada, üst kesme kenarında yuvarlaklaşma, yüzeyinde kesim cürufları görülmektedir, kesme oksijeni basıncı düşük tutulmuşsa da, üfleç hızının düşüklüğü, cürufların alt kenardan atılabilmesini sağlamış, çok düzgün olmasa da nispeten temiz bir kesme yüzeyi elde edilmiştir.

Kesme üfleci hızı: 198 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,75 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarındaki ergime.

Hataların sınıflandırılması: 111 (TS 7227)



Şekil 2.63 Deney parçası 505.

2.2.3.5 Parça No 505

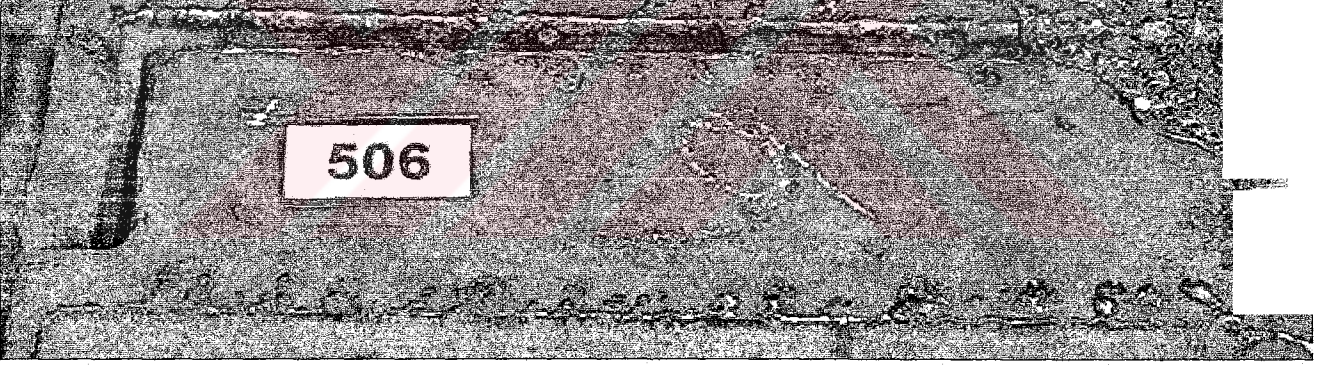
505 numaralı parça incelendiğinde, kesme kenarının üst kısmında ki zincirleme katılaşmış damlacıklar, genelde numune yüzeyinin temiz olmamasından dolayı meydana gelmektedir, fakat alt kenarda görülen cüruf yapışması, düşük kesme basıncına rağmen kesme hızının normal tutulmasından kaynaklanmaktadır. Normal hızda ilerleyen üfleç, parçanın tüm çevresini dolaşsa da, fotoğraftan da görüldüğü gibi köşe kısmında kesme işlemini tamamlayamamış, ve parçanın tam olarak sac plakadan ayrılması gerçekleşmemiştir.

Kesme üfleci hızı: 347 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,75 bar

Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyinde cüruf parçası,
Kesme yüzeyi sonunun tamamıyla ayrılmaması,
Kesme kenarının üst kısmında meydana gelen zincirleme katılaşmış damlacıklar.

Hataların sınıflandırılması: 32, 24, 121 (TS 7227)



Şekil 2.64 Deneysel parçası 506.

2.2.3.6 Parça No 506

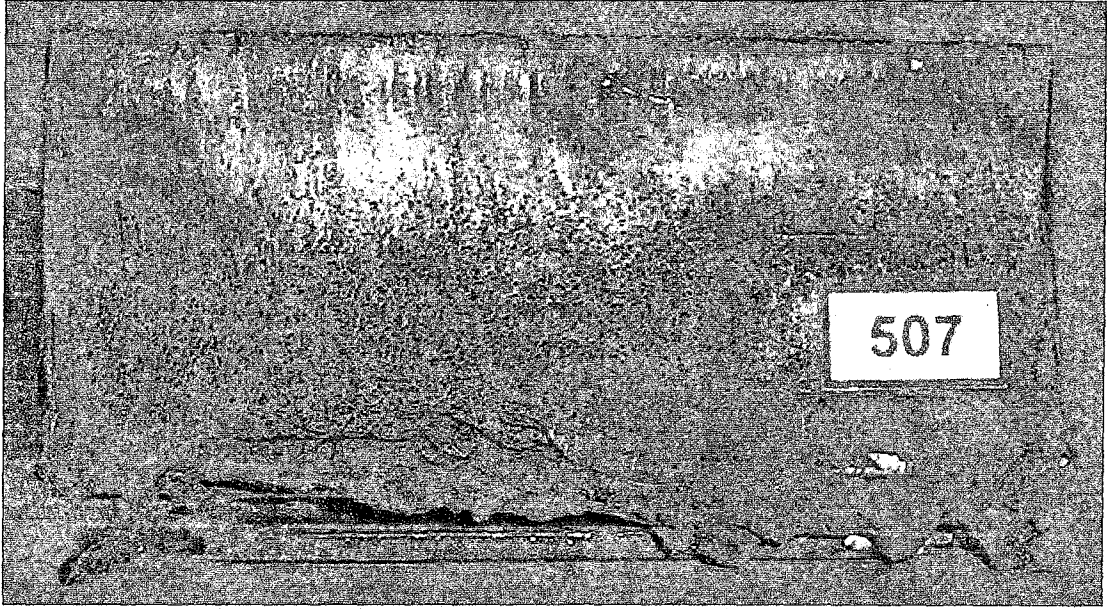
Bu parçanın tamamen kesilmesi başılamamıştır, çünkü zaten 50 mm. gibi kalın bir kesite sahip parçanın kesilmesi amacıyla düşük kesme oksijeni basıncına rağmen, üfleç yüksek hızda ilerletilerek kısa sürede kesme işlemi gerçekleştirilmek istenmiş, fakat ayrılma işlemi gerçekleşmemiştir.

Kesme üfleci hızı: 497 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 3,75 bar

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -

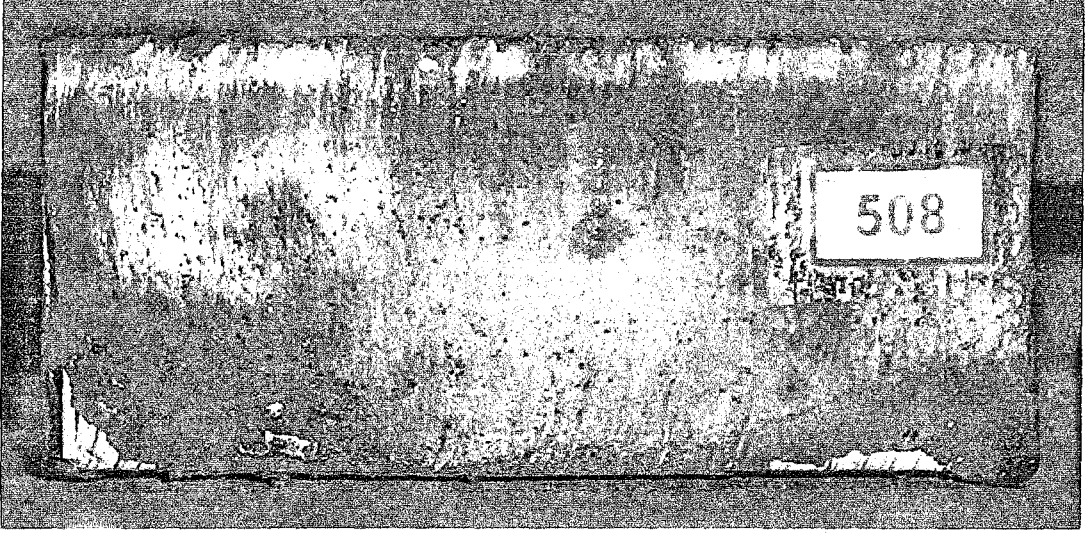


Şekil 2.65 Deney parçası 507.

2.2.3.7 Parça No 507

Fotoğraftan da görüldüğü gibi, 507 numaralı numunenin kesme yüzeyinin alt kısmında kaldırılması zor olan cüruf parçaları, kesme yüzeyinde pürtüklenme, düzgünsüzlükler belirgindir. Oksijen basıncı yüksek tutularak, yüksek hızda yapılan bu işlemde, aşırı oksidasyon sonucu alt kenardaki düzensizlik ile cürufun aldığı şekil belirgin olmaktadır. Cürufun alt yüzeyden atılamamasının bir diğer sebebi de, üflecin hızla ilerlemesidir. Yüksek basınca sahip kesme oksijeni hüzmeleri ile hızla yapılan kesimlerde ki kronik hatalardan olan, aşırı sapmış, düzensiz sürüklenme ile toplu oyulmalar, 50mm. kalınlığa sahip kesitte gözlenmemektedir, bu da bize 50mm.lik bu numunenin kesiminde, uygulanan kesme basıncındaki kesme hızının optimum değerden çok da yukarıda olmadığını göstermektedir.

Kesme üfleci hızı:	497 mm/dak
Kesme oksijeni basıncı:	6 bar
Hataların adlandırılması:	Kesme kenarı altında cüruf yapışması.
Hataların sınıflandırılması:	31 (TS 7227)



Şekil 2.66 Deney parçası 508.

2.2.3.8 Parça No 508

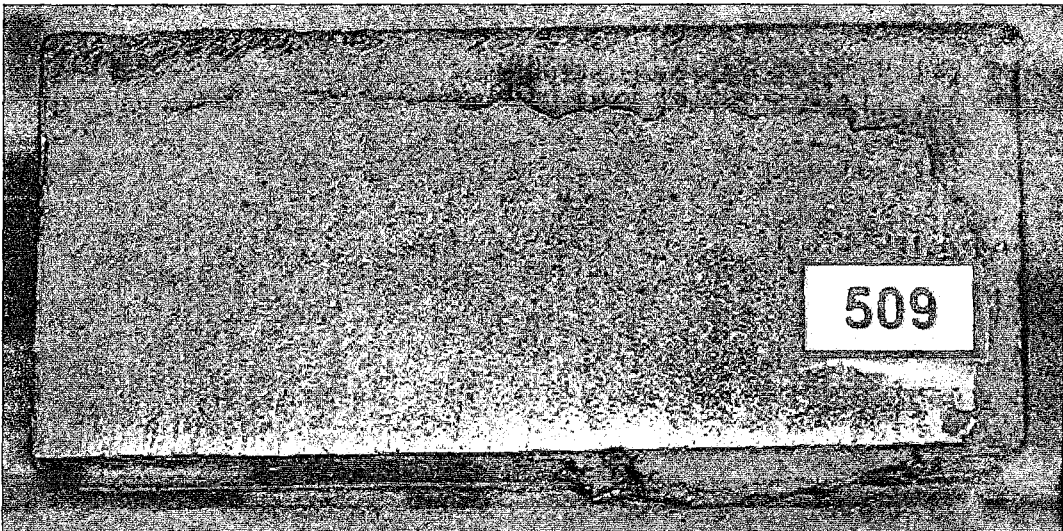
508 numaralı parça, yüksek kesme oksijeni basıncında, ideal sürede kesilmiştir. Yüksek basınçta normal hızda ilerletilen üfleç oluşan cürufu kesme alt kenarından atmakla beraber, üst kesme kenarında bir miktar ergime ve sarkmaya sebep olmuştur. Kesme yüzeyinde görülen soyulabilir cüruf oluşumu ile pürtüklenme belirdir.

Kesme üfleci hızı: 375 mm/dak

Kesme oksijeni basıncı: 6 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime,
Kesme kenarı sarkması.

Hataların sınıflandırılması: 111, 13 (TS 7227)



Şekil 2.67 Deney parçası 509.

2.2.3.9 Parça No 509

Bu parça incelendiğinde kesme üst kenarında ise bir miktar ergime, yuvarlaklaşma ile kesme cürufu, yüksek basınçta düşük hızda kesim yapılmasından dolayı görülse de, bu değişkenlerden dolayı meydana gelebilen belirgin derinliğe sahip yerel sürüklenme çizgileri ortaya çıkmamış, kesme yüzeyinde yüksek kaliteye ulaşılmıştır.

Kesme üfleci hızı: 197 mm/dak

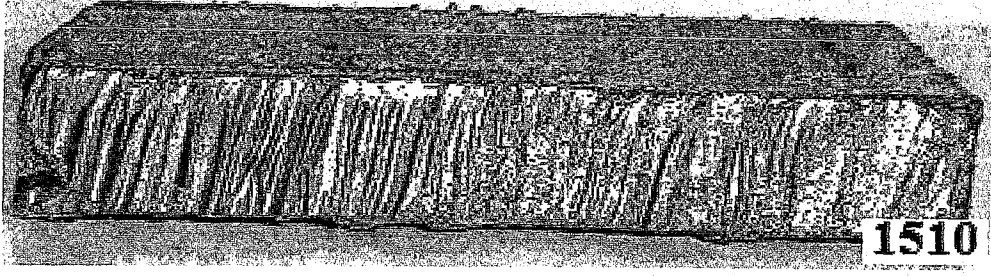
Kesme oksijeni basıncı: 6 bar

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime,
Kesme kenarı altında cüruf yapışması.

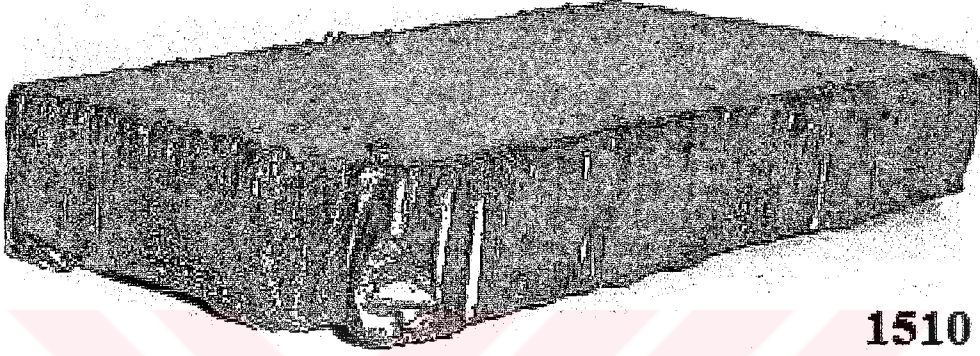
Hataların sınıflandırılması: 111, 31 (TS 7227)

2.2.4 Deneysel Çalışma, 4. Grup

Elle yapılan kesim işlemlerinde istenilen yüzey kalitesine ulaşmada donanımın yeterliliği kadar, kesim yapan elemanın ustalık derecesi de önem kazanır. Çünkü üfleç ne kadar düzgün, ve doğrusal olarak titretilmeden, sabit hızda ilerletilirse o kadar tatminkar sonuç alınır, fakat hiçbir zaman otomatik tezgahlarda ki kadar kaliteli kesim yapılamaz, bunda el ile oksijenle kesmede yanıcı gaz olarak LPG kullanılması, otomatik tezgahta işlem ayarlarının çok daha hassas yapılabilmesi büyük rol oynar. El üfleci ile 15mm ve 30mm kalınlıktaki St-37 sac plakadan kesilen 100mm x 50mm boyutlarında ki parçalar şekillerde verilmiştir (Şekil 2.68,69,70,71,72,73,74,75,76). Yanıcı gaz olarak LPG kullanılmıştır, kesme oksijeni basıncı ise 5.5 bar'dır. Oksijen basıncının yüksek tutulması sonucu oluşan derin sürüklenme çizgileri ve oyulmalar belirgindir. Her iki deney parçası da aynı malzemedden, aynı kesme donanımı ile aynı işlem koşullarında kesilmiştir, fakat 1510 ile 3010 numaralı parçaları bir kesim ustası, oysa 1511 ve 3011 numaralı parçaları ise başka bir kesim ustası kesmiştir. Elle manuel olarak yapılan kesimlerde, insan faktörünün ne kadar önemli olduğu bu şekiller incelenerek de anlaşılabilir. Özellikle 30 mm'lik parçalar incelendiğinde, 3011 numaralı deney parçasının 3010 numaralı parçaya kıyasla kesim yüzeyinin belirgin şekilde düzgün olduğu, oluk akıntılarının çok daha az olduğu, yalnızca sürüklenme çizgilerinin belirgin şekilde göze çarptığı fark edilir.



Şekil 2.68 Deneş parçası 1510, ön görünüş



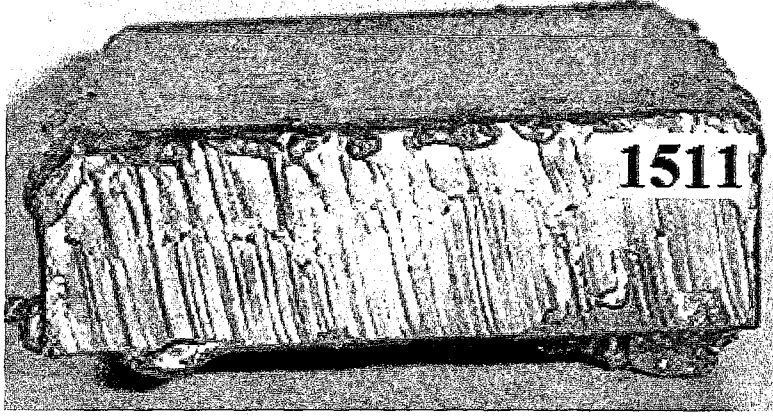
Şekil 2.69 Deneş parçası 1510, çapraz görünüş

2.2.4.1 Parça No 1510

Yanıcı gaz:	LPG
Malzeme:	St-37
Boyut:	100mm x 50mm x15mm
Kesme oksijeni basıncı:	5.5bar



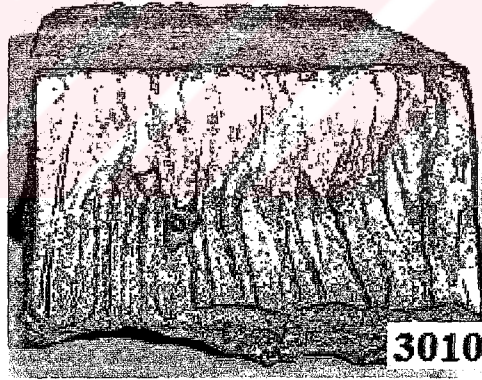
Şekil 2.70 Deneş parçası 1511, ön görünüş



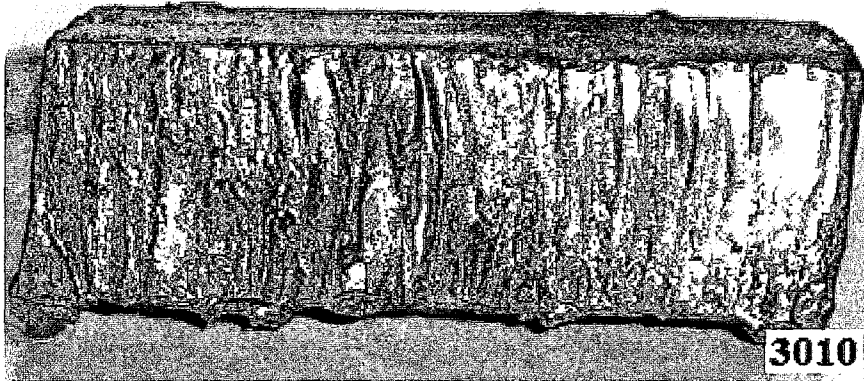
Şekil 2.71 Deney parçası 1511, yan görünüş

2.2.4.2 Parça No 1511

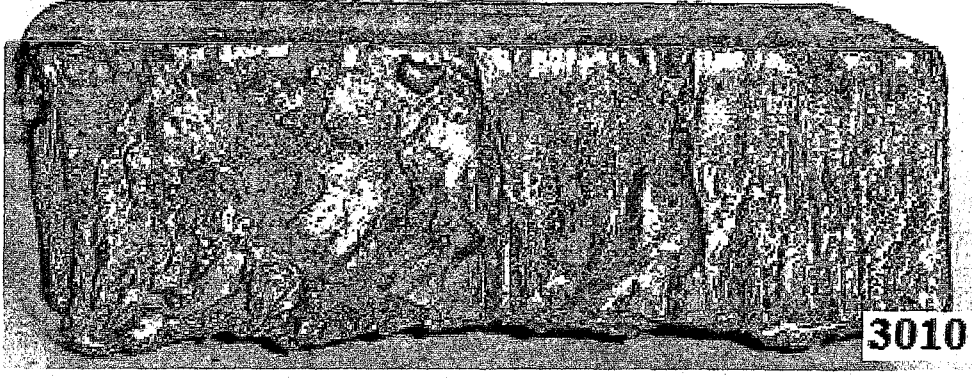
Yanıcı gaz:	LPG
Malzeme:	St-37
Boyut:	100mm x 50mm x15mm
Kesme oksijeni basıncı:	5.5bar



Şekil 2.72 Deney parçası 3010, yan görünüş



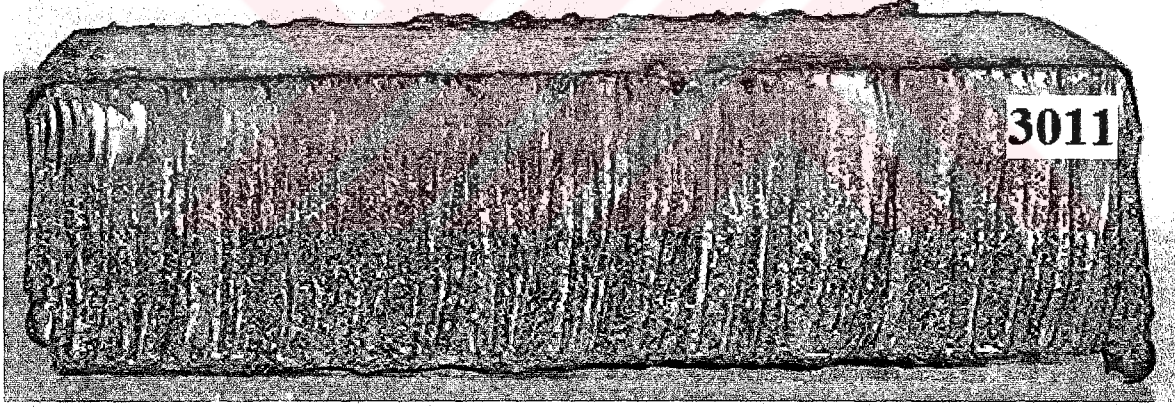
Şekil 2.73 Deney parçası 3010, ön görünüş



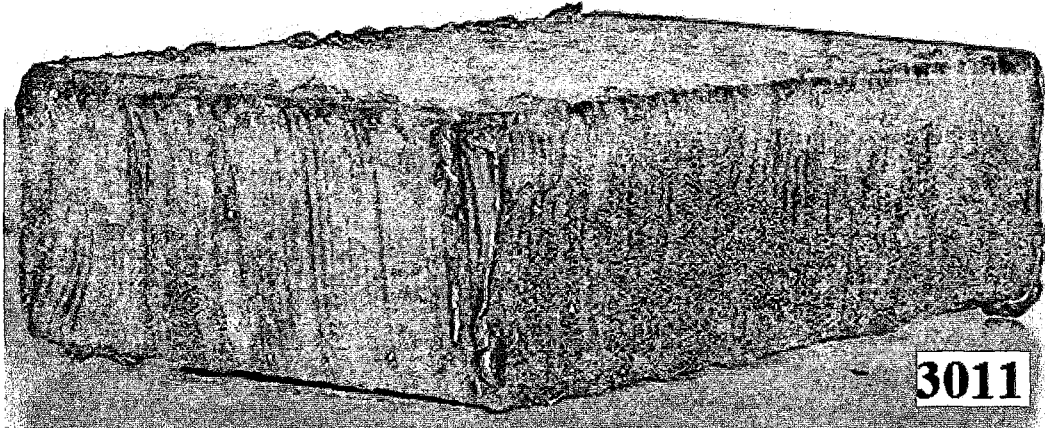
Şekil 2.74 Deneş parçası 3010 arkadan görünüş

2.2.4.3 Parça No 3010

Yanıcı gaz:	LPG
Malzeme:	St-37
Boyut:	100mm x 50mm x 30mm
Kesme oksijeni basıncı:	5.5bar



Şekil 2.75 Deneş parçası 3011, ön görünüş



Şekil 2.76 Deneş parçası 3011, çapraz görünüş

2.2.4.4 Parça No 3011

Yanıcı gaz:	LPG
Malzeme:	St-37
Boyut:	100mm x 50mm x30mm
Kesme oksijeni basıncı:	5.5bar



3. PLAZMA İLE KESME

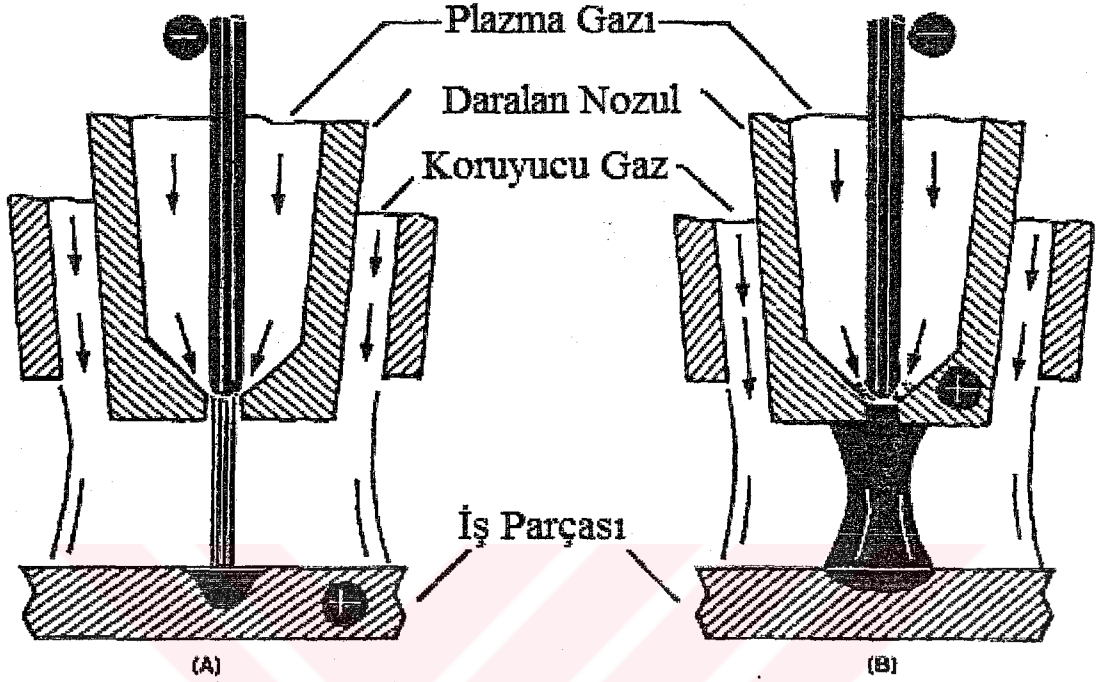
3.1 Plazma Nedir?

20.Yüzyılın başlarında varlığı görülebilen ancak elle tutulamayan, gaz formundaki malzemelere Grekçe bir kelime olan "PLAZMA" denmiştir. Plazmanın anlamı, mevcut olan veya "oluşturulan" dır.Evrende güneş, yıldızlar, kozmik ışınlar, yıldırım ve elektrik boşalmalarında görülen plazma hali, özellikleri bakımından maddenin katı, sıvı ve gaz olarak bilinen üç halinin dışında kaldığından, maddenin sıcaklık ölçeğinde ki dördüncü hali olarak tanımlanmaktadır. Madde gaz fazında iken, türüne, özeliğine ve doğasına bağlı olarak değişen bir sıcaklığa kadar ısıtıldığında, moleküllerindeki hareketlenme nedeni ile atomlar dış kabuk elektronlarını yitirerek pozitif yüklü iyonlar haline dönüşmektedirler. Tek atomlu gazlar doğrudan doğruya iyonize olurken, çok atomlu gazlar önce dissosiyeye daha sonra da iyonize olurlar. Sıcaklık yükseldikçe, iyonlaşma derecesi yani iyonlaşmış atomların toplam atom sayısına yüzde oranı artar, sıcaklığın birkaç on bin derece gibi maddeye bağlı olarak değişen bir eşik değeri geçmesinden sonra ortamda yalnız eşit miktarda, pozitif yüklü iyonlar ve negatif yüklü serbest elektronlardan oluşmuş, elektriği iletebilen bir karışım ortaya çıkar, işte bu karışıma plazma adı verilmektedir. Gaz halindeki bir madde, radyasyon, elektron bombardımanı veya ısıtma ile (örneğin:elektrik arkıyla ısıtma) iyonize hale getirilebilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda kullanılan plazma tanımlaması ile, çeşitli teknikler uygulanarak radyal doğrultuda sıkıştırılıp, büzülerek enerji yoğunluğu, dolayısıyla sıcaklığı yükseltilmiş elektrik arkı belirtilmektedir (Anık vd., 1996).

3.2 Plazma Ark Tekniği

Kaynak ve kesme uygulamalarında kullanılan plazmada, gaz elektrik arkı yardımıyla ısıtılarak iyonize olmaktadır. Isıl kesme ve kaynak işlemlerinde plazma arkının enerji yoğunluğu, ark radyal doğrultuda sıkıştırılıp, büzülerek artırılmıştır. Uygulamada plazma arkı çeşitli yollarla oluşturulabilir. Elektrik devresi, tungsten elektrod, katod(-) ile iş parçası, anod(+) arasında tamamlanarak, ark akımı iş parçası üzerinden akar. Bu transfer olmuş, taşıyıcı ark veya direkt ark olarak adlandırılır. Elektrik devresi, meme ve tungsten elektrod arasında tamamlanır ark; elektrodla, katod(-), su ile soğutulan bakır meme, anod(+) arasında yanarak, memeden bir gaz akımıyla zorlanarak dışarı sürülür (Böhme vd., 1992). Transfer olmamış ark, taşıyıcı olmayan ark veya endirekt ark olarak adlandırılan bu düzenlemede iş parçası ark devresi içinde değildir. Her iki arkın kombinasyonunu kullanan bir diğer yöntem de mevcut olup, bu daha çok metal tozu püskürtmede kullanılır, her iki ark da iki ayrı ayar akım üreticinden beslenir. Burada minimum nüfuziyet derinliği ve buna bağlı olarak esas malzeme ile ilave malzemenin

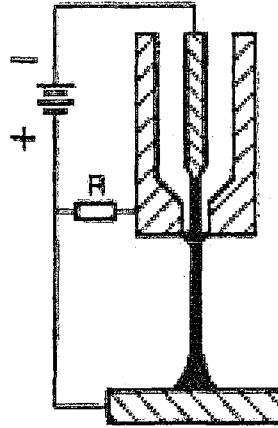
karışım oranı elde edilmekte, bu şekilde doldurma malzemesinin güvenli bir erime şekline ulaşılmaktadır (Anık vd., 1996).



A-Taşıyıcı Ark, derin nüfuziyet

B-Taşıyıcı Olmayan Ark, sığ nüfuziyet

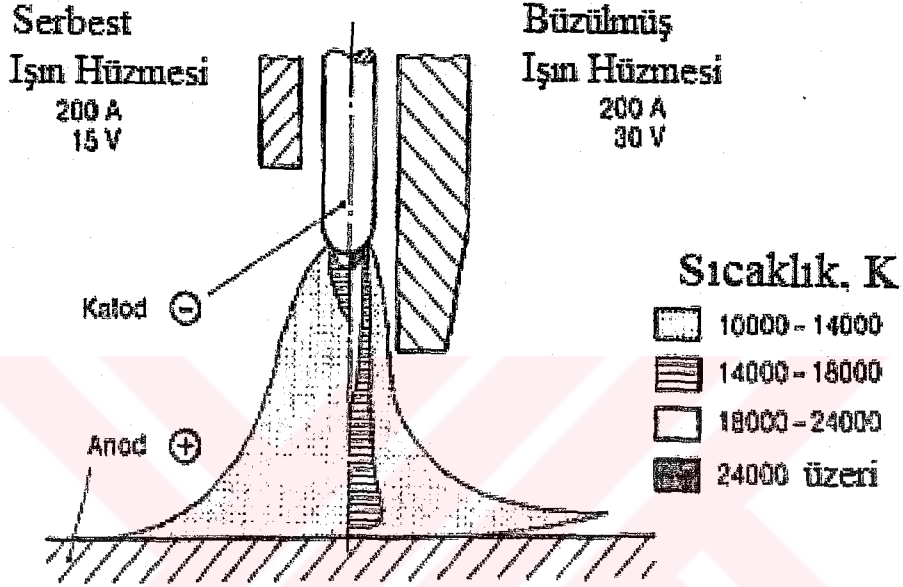
Şekil 3.1 Taşıyıcı ark, taşıyıcı olmayan ark (Smith., 1989).



Şekil 3.2 Taşıyıcı olan ve olmayan plazma arkının birleşimi (Böhme vd., 1992).

Standard bir plazma ark torcu, ucunda küçük bir deliği bulunan meme ile bu memenin merkezindeki tungsten bir elektrottan ibarettir. Plazma gazı, bu iç içe geçmiş dairesel meme ile elektrod arasından geçerek delikten dışarı çıkar. Elektrod ile meme veya iş parçası arasında

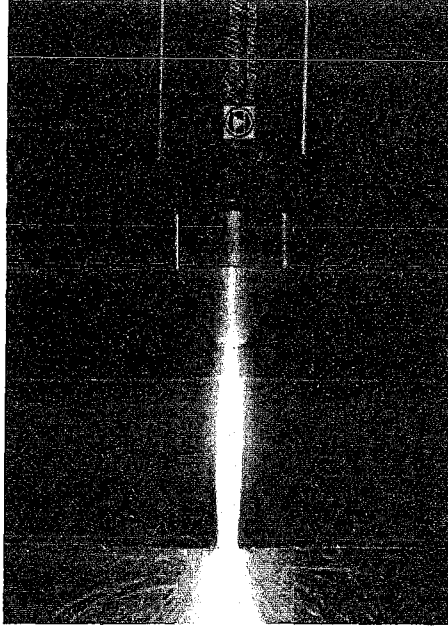
ark sütunu meydana geldikten sonra, basınçlı plazma jetinin oluşturulması için iyonize olan gaz delikten dışarı püskürtülür. Ark sütununun dış yüzeyi soğutulduğundan sütun yoğunlaşmış olur, dolayısıyla içe doğru büzülür. Böylece bu sütun içinde sıcaklık birden bire 10.000 - 30.000 °K arasında bir dereceye yükselir. Dairesel bir alandan geçen gaz, yüksek bir iyonlaşma düzeyine ve göreceli olarak yüksek bir enerjiye sahip olup bu enerji, kaynak, kesme, kaplama, gibi ısı işlemlerde kullanılır (Böhme vd., 1992).



Şekil 3.3 Plazma arkının büzülmesinin, ark sıcaklığına ve ark gerilimine etkisi (Böhme vd., 1992).

3.3 Plazma Arkı ile Kesme

Günümüzde plazma arkı, metallerin kesilmesinde geniş uygulama alanı bulmaktadır, Oksijen ile kesilemeyen seramikler, alüminyum, bakır, ve alaşımları, paslanmaz çelikler gibi malzemelerin kesilmesinde tercih edilmektedir. Transfer olmamış plazma arkı, dielektrik malzemelerin ve ince saçların kesilmesinde kullanılır. Transfer olmuş plazma arkı, alüminyum ve alaşımlarının 120 mm ve daha yukarı kalınlıklarının kesilmesinde kullanılır. Plazma arkı ile istif halindeki levhalarda kolaylıkla kesilebilir. Plazma arkı ile, metallerin su altında kesme işlemleri de yapılabilmektedir. Bu amaçla, özel su altı kesme torçları geliştirilmiştir.

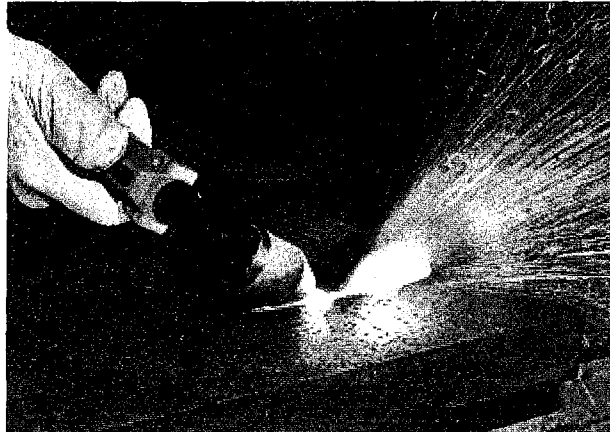


Şekil 3.4 Plazma ile dik kesme [5].

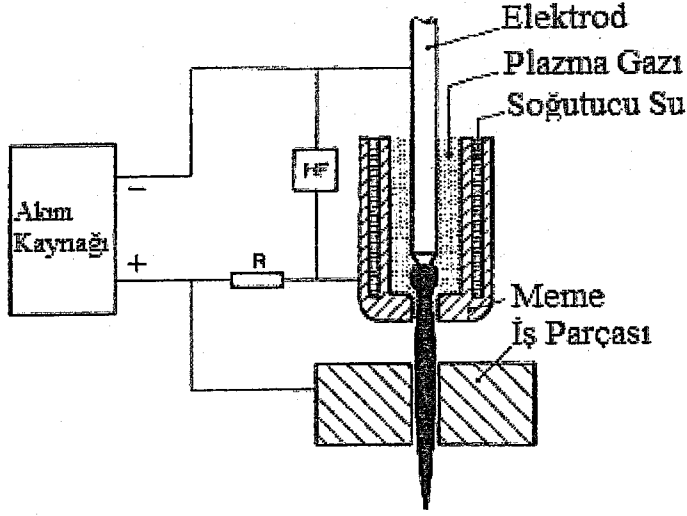
Oksijenle kesmede gerekli enerji, parçanın egzotermik oksidasyonu ile elde edilmektedir. İşlem, kendi kendine devam etmektedir. Plazma kesmede ise kesme için gerekli enerji dışarıdan verilmektedir. Kesme işlemi, kesilecek malzemenin özelliklerinden bağımsızdır. Taşıyıcı arkli kesme işlemi, elektrik iletkenliğine sahip ve anod olarak kutuplanan parçalara uygulanmaktadır. Bunun anlamı, plazma kesme ile prensip olarak akım ileten tüm malzemelerin yani tüm metallerin kesilebileceğidir. Bu kesme yöntemiyle yüksek kaliteli ekonomik kesmelerin yapılabilmesi için aşağıdaki üç koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir;

- Malzeme, hem kendi ve hem de oksidinin ergime sıcaklığına kadar ısıtılmalıdır,
- Isı kaynağı enerjisini yoğunlaştırabilmelidir,
- Isının yanında, enerji kaynağı, erimiş malzemenin kesme yarığında uzaklaştırılmasını sağlayacak bir kinetik enerjiye de sahip olmalıdır (Anık vd., 1996).

Açık ark, örneğin TIG'ler birinci koşulu yerine getirmelerine rağmen diğer koşullar sadece plazma, elektron ve laser ışını gibi ışın yöntemleri tarafından yerine getirilmektedir.



Şekil 3.5 Plazma ile eğri kesme [5].



Şekil 3.6 Plazma ile kesmenin şeması (Böhme vd., 1992).

Çizelge 3.1 Bazı metal ve oksitlerinin ergime sıcaklıkları (Böhme vd., 1992).

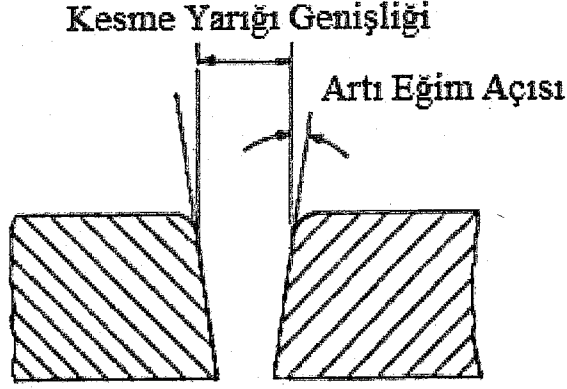
Metal	Ergime Sıcaklığı, °C	Metaloksit	Ergime Sıcaklığı, °C
Fe	1536	FeO	1377
		Fe ₃ O ₄	1597
		Fe ₂ O ₃	1462'den sonra stabil değil
Cr	1903	Cr ₂ O ₃	2310
Mn	1244	MnO	1785
Si	1412	SiO ₂	1723
Al	659	Al ₂ O ₃	2030
Mg	650	MgO	2825
Ti	1660	TiO	1750
		TiO ₂	1870
		Ti ₂ O ₃	1839
		Ti ₃ O ₅	1774
V	1917	VO ₂	1360
		V ₂ O ₅	670
Ta	2996	Ta ₂ O ₅	1877
Zr	1852	ZrO ₂	2677

Elektrod,meme akım devresinde yüksek gerilimli bir pilot ark yanmaktadır. Çok düşük enerjiye sahip bu pilot ark etkin bir biçimde soğutulan bir direnç üzerinden esas akım üreticine bağlanabildiği gibi, bir ikinci yardımcı akım üretici vasıtası ile de oluşturulabilir. Pilot ark, torcun içindeki elektrod ile iş parçası yüzeyi arasındaki gaz sütununu iyonize ederek arkın başlamasına yardımcı olmaktadır. Torç iş parçasına yaklaştırıldığında pilot ark iş parçasına değer değmez, esas kesme arki hemen devreye girer. Bu yöntem ile arkın oluşturulması % 100 emniyetlidir. Plazma oluşturucu ortam, meme iç cidarını soğuturken kendisi yüksek sıcaklığa çıkar ve az yada çok kuvvetli şekilde dissosiyeye ve iyonize olur. Plazma ile kaynak sırasında sadece birkaç lt/dakika'lık bir plazma gazı debisine ulaşılırken, plazma ile kesmede bu miktar 2 ila 100 lt/dakika ve üstüne çıkmaktadır. Plazma oluşturucu gazda 10000 ila 50000 K'lik sıcaklıklara ve bu nedenle 500 ila 1500 m/sn. 'lik büyük genişleme hızlarına ulaşılmaktadır. Bu ulaşılan termik ve kinetik enerjinin yüksekliği elektrik verilerinin yanı sıra, kullanılan plazma oluşturucu gazın fiziksel özelliklerine ve büzülmenin kuvvetliliğine de bağlıdır. Büzülmenin şiddeti, memenin geometrisine ve özellikle de çapına bağlıdır. Meme çapının küçülmesi, plazma huzmesinin güç yoğunluğunun yüksekliğini etkilemektedir. Ancak bu çap küçülmesi memenin elektrik ve termik direncini düşürmekte, ayrıca içinden geçebilecek gaz debisini de sınırlamaktadır. Çapın belirli bir sınır değerinin altına inmesi, çift ark veya parazit ark oluşumuna yol açmaktadır (Anık vd., 1996).

Plazma kesmede enerji dağılımı ile ilgili olarak, plazma huzmesi ve bunun kesme ağzındaki etkisi üç etki bölgesine ayrılmaktadır; pozitif huzme, anodik krater ve plazma alevi. Kesmede malzeme, plazma huzmesinin yüksek sıcaklığının etkisiyle çok kısa sürede ergiyerek, sürekli ince taneli parçacıklar (tanecik çapı yaklaşık 0.1 mm) halinde kesme yarığında püskürtülmektedir. Yüksek sıcaklıklarda ilave oksitler oluşmaz yani metal cürufleşmez. Ayrıca gaz akımının darbesi sayesinde, sıvı metal huzmesi kesme yarığında üflenmektedir. Pozitif huzme bölgesinde sürekli oluşan ısı malzeme yüzeyinden kesme yarığının yüzeye yakın üst iç bölgesine taşınmaktadır. Anodik kraterde ise yüksek frekanslı ve düşük genlikli titreşimler oluşmaktadır. Kesme parametreleri uygun ayarlanırsa bu durum sınırlanabilmekte ve yoğun bir ısı birikimi sağlanmaktadır (Anık vd., 1996).

Sadece dış enerjiyle kesme yapılması, plazma ısısının parça derinliklerinde azalmasına yol açmaktadır. Bu da kesme ağzının bir miktar konikleşmesine sebebiyet vermektedir.

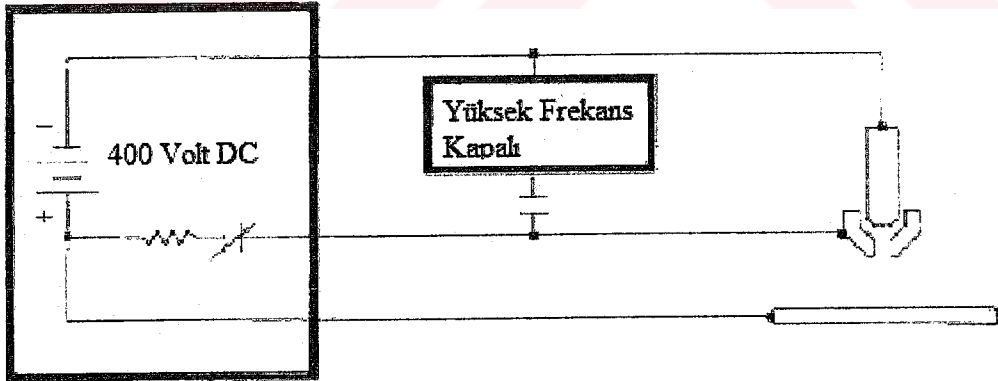
Kesilecek sac kalınlığı arttıkça plazma arki için gerekli olan gerilimin de arttığı anlaşılmaktadır. Eğer gerilim arttırılmazsa kesme hızı çok düşer. En yüksek kesme hızına, plazma huzmesinin parçaya tam dik olarak etki ettiği durumda ulaşılmaktadır.



Şekil 3.7 Kesme yüzeyi eğimi (Böhme vd., 1992).

Kesme ağzında yüksek kalitelere veya tam paralel kesme yüzeylerine ulaşabilmek için kesme hızının büyük miktarda azaltılması gerekmektedir. Ancak düşük kesme hızlarında da kesme ağızlarında ısıdan etkilenen bölgenin büyüyeceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Isıdan etkilenen bölgenin oluşumu birçok faktöre bağlı olduğundan önceden tahmini çok zordur (Böhme vd., 1992).

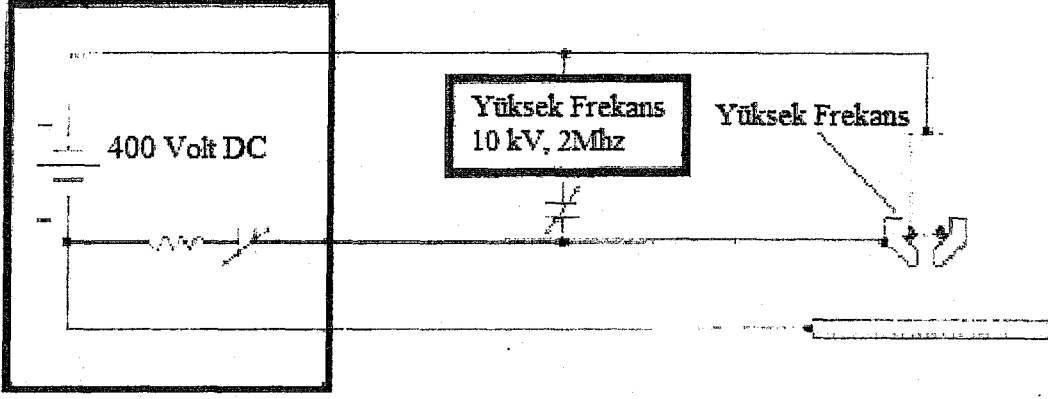
Kesme işlemini adım adım incelenirse, akım kaynağı ve arkı başlatacak yaklaşık 2Mhz'de 5000 ile 10000 alternatif akım voltajına sahip yüksek frekanslı jeneratör devresi, torca kablolar aracılığıyla bağlıdır (Şekil 3.8). Bu bağlantı, plazma gazını, kesme akımını, ve yüksek frekanslı başlangıç gerilimini torca iletmektedir. Akım kaynağına başlangıç sinyalinin ulaşmasından sonra, açık devre gerilimi aktifleşmekte ve plazma gazı torca gitmektedir [3].



Şekil 3.8 Plazma ile kesme, ilk adım [3].

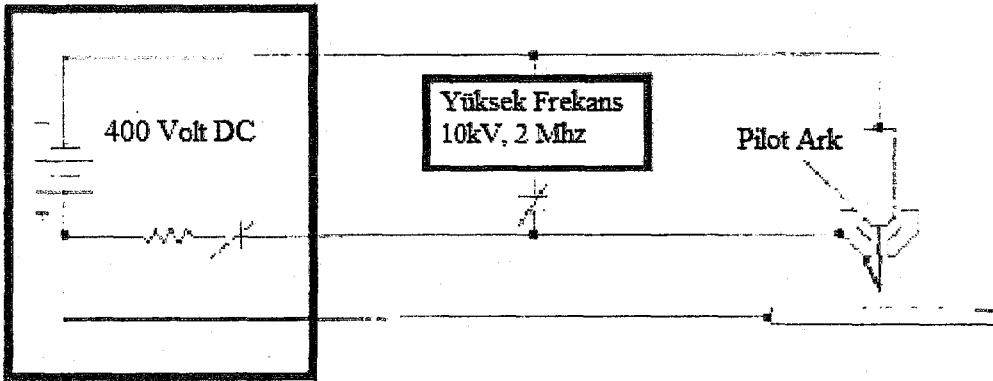
Açık devre gerilimi, elektrottan eksi işaretli, nozuldan ise artı işaretli olarak ölçülebilmektedir. İş parçasının direkt olarak artıya, nozulun ise bir direnç ve röle vasıtasıyla akım kaynağına bağlanmasına dikkat edilmelidir. Pilot arkın akım kaynağı ayrı olabilmektedir. Torca giren gaz, ağızdan çıkmaktadır. Doğru akım gerilimi için henüz ilerleme yolu bulunmadığından, kesim plazması arkı henüz oluşmamıştır. Ağızlıktan geçen plazma gazı debisi belli bir değere ulaştıktan sonra, yüksek frekanslı devre aktif hale

gelmektedir. Torcun içinde, elektrod ile meme arasında, yüksek frekanslı gerilimin etkisiyle plazma gazı iyonlaşmakta, elektrik iletken plazma haline gelmektedir(Şekil 3.9). Oluşan bu ark, gaz akımının etkisiyle, torcun ucuna doğru sürüklenmektedir. Böylece pilot ark oluşmaktadır [3].



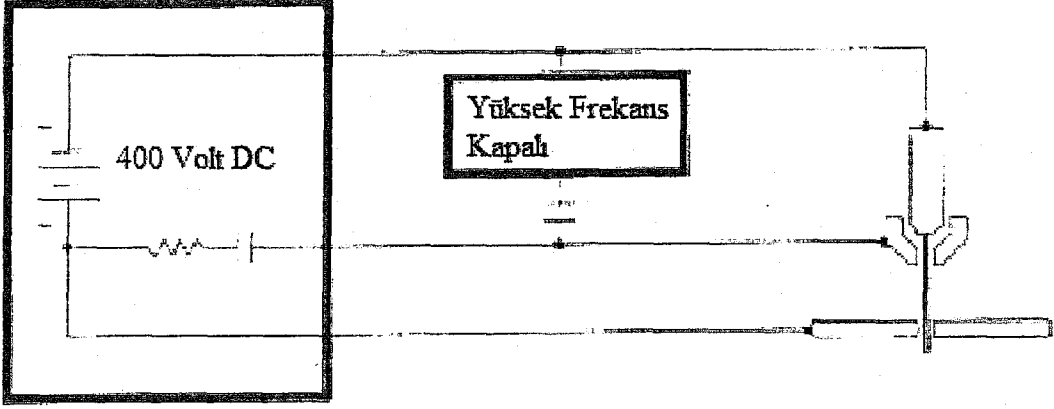
Şekil 3.9 Plazma ile kesme, ikinci adım [3].

Nozulun akım kaynağının artı kutbuna olan bağlantısı bir dirençle sınırlandırılmazsa, torç iş parçasına yaklaştırıldığında yüksek akımdan dolayı, pilot ark dolayısıyla torç iş parçasına yapışacaktır. İş parçasına giden akım, güç kaynağında elektronik olarak algılanmaktadır. Bu akım algılandığında, yüksek frekans kaynağı devre dışıdır ve pilot ark rölesi açılır (Şekil 3.10). İşlem gazının iyonlaşması, ana akım kaynağından gelen enerji ile devam ettirilmektedir [3].



Şekil 3.10 Plazma ile kesme, üçüncü adım [3].

Plazma arkının sıcaklığı, metali ergiterek çalışma parçasını delmektedir. Yüksek hızdaki gaz akışı, erimiş malzemeyi kesme yüzeyinin alt kısmından püskürtür (Şekil 3.11). Bu andan itibaren torç ilerleyerek kesme işlemini devam ettirmektedir [3].



Şekil 3.11 Plazma ile kesme, dördüncü adım [3].

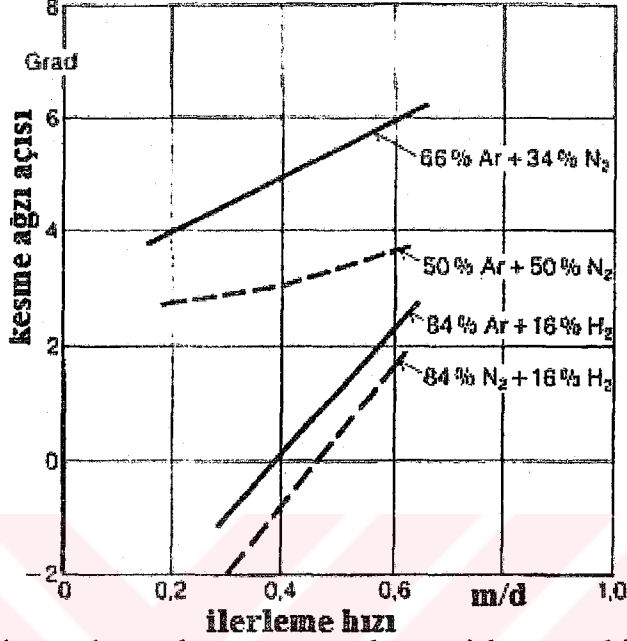
3.3.1 Kesme Yüzeyi Kalitesini Etkileyen Unsurlar

Çizelge 3.2 Kesme işlemi parametreleri (Böhme vd., 1992).

İşletme gazı	Torç	Makina	Malzeme
Basınç-Debi	Konstrüksiyon	Konstrüksiyon	Kimyasal bileşim
Sıcaklık	Yaş	Yaş	Kalınlık
Tür	Durum	Akım şiddeti	Durum
Safiyet-Karışım oranı	Saçtan uzaklık	Kesme hızı	Sıcaklık
Akış özellikleri	Kesme açısı	Güç	

Kesme işlemi metalin homojenliğinden, iç ve dış hatalarından etkilenmektedir. İç hatalar olarak, malzeme içindeki gaz kabarcıkları, yabancı maddeler, katılaşma hataları (segregasyonlar), iç gerilmeler ve çatlakları sayılabilir. Malzemenin alaşım oranına bağlı olarak ergime sıcaklığı da arttığından dolayı, akım şiddeti değeri yükseltilerek kesme gücü artırılmaktadır. Dış hatalar olarak da, parça yüzeyindeki düzgünsüzlükler, yağ, pas ve kirler sayılır, dış hataların sonucunda özellikle kesme yüzeyi üst kenarında sıra sıra zincir halinde katılaşmış tanecikler gözlenmektedir. Kesilecek olan metalin kalınlığı, kesme işleminin ayar parametrelerini büyük ölçüde etkilemektedir, kalınlık arttıkça kesme hızının düşürülüp, akım şiddetinin artırılması gerekmektedir.

Sürüklenme, yüzeye dik olarak etkiyen arkın parçaya girişi ve çıkışı arasında kesme yönünde meydana gelen sapmaya denir. Yüzeyden parça kalınlığı yönünde ilerledikçe, enerji yoğunluğu azalmakta, bu da kesme ağzında konikleşme ile alt kısımda sürüklenmeye neden olmaktadır.



Şekil 3.12 Plazma ile kesmede, yarık açısının torç hızı ve işlem gazı bileşimine göre değişimi (Böhme vd., 1992).

Kaliteli ve hassas bir kesme yüzeyi elde etmek için torç ilerleme hızının kesme akımı şiddetine uygun seçilerek, kesme yüzeyinin dik, sürüklenmenin minimum olması hedeflenmelidir. Akım şiddeti eğer doğru ayarlanmaz ise ve seçilen akıma uygun torç ilerleme hızı uygulanmaz ise, akım şiddetinin yüksek, torç hızının yavaş olduğu durumlarda, üst kenarda aşırı ergime, torcun hızının yavaş olduğu uygulamalarda ise alt kenarda cüruf birikmesi gibi hatalar ortaya çıkmaktadır.

Parçaların kesme yönünde eğimli kesilmesi, dik kesmeye göre sürüklenmenin azalmasını, dolayısıyla ergiyen parçaların dışarı atılmasını kolaylaştırdığından kesme hızı artmaktadır. Sürüklenme değerinin çok düşük olması, sürüklenme kuvvetinin büyük olmasına neden olduğu için eğimli kesmede eğim oranı belli bir değer üzerine (45°) çıkmamalıdır. Eğim açısı, malzemenin kalınlığına, alaşım elementlerine ve kesme hızına bağlıdır.

3.3.2 Plazma Arkı ile Kesme Tekniğinin Tarihsel Gelişimi

Plazma ark tekniğinden ilk olarak 1900'lü yılların başlarında demir cevherinin işlenmesi ve yüksek yoğunluklarda ark geliştirilmesi çalışmalarında söz edilmeye başlanmıştır.

Bu konudaki çalışmalar 1909 yılında Schonherr' in, bir gazın dönel hareketinin basıncından yararlanarak arkı dengeleyen bir cihazı geliştirmesiyle başlamıştır. Bu sistemde, içinde ark

oluşturulmuş bir tüpe teğetsel bir doğrultuda bir gaz üflenmektedir, bu gazın hareketinin oluşturduğu merkezkaç kuvveti nedeni ile aksenel doğrultuda düşük bir basınç yaratılarak tüpün akseninde bulunan ark dengelenmiş ve bu sistem sayesinde bir kaç metre uzunluklara varan ark oluşturabilmek olanağı doğmuştur. Schonherr' in geliştirdiği bu cihaz, ark üzerine yapılan çalışmalara öncülük etmiştir. Plazmanın bir ısı kaynağı gibi kullanımının ortaya çıkması, 1911 'de E. Mathers in patenti ile olmuştur. Ark sıcaklığının daha da yükseltilmesi amacıyla yönelik araştırmalar sonucu 1922 yılında Gardien ve Lotz, su yardımı ile arkı dengeleyen bir cihaz geliştirdiler. Bu cihazda tüpün iç cidarında teğetsel olarak hareket eden su, bir uçtan enjekte edilmekte ve diğer uçtan dışarı atılmaktadır. Tüpün içinde iki karbon elektrod arasında oluşturulan ark, bu su ile soğutulurak büzüldüğünden Schonherr' in cihazına nazaran daha yüksek bir akım yoğunluğuna ve sıcaklığına ulaşmıştır. Bu cihaz içinde arkın tüpte bir teması bulunmamakta ve tüp cidarı ile ark arasında bir su zarfı bulunmaktadır, Bu olay arkın su ile soğutulurak büzülmesi prensibinin temelini oluşturmuştur. Bu cihaz yardımı ile Gardien ve Lotz, 30.000 A/cm^2 'lik bir akım yoğunluğuna erişebilmişlerdir. Daha sonra bu konu üzerine çatışan Burnhorn, Meacker ve Peters aynı prensipten hareket ederek ark akseninde 50.000 K ' lik bir sıcaklık oluşturdular. Ancak Gardien ve Lotz'un yönteminin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalar sırasında araştırmacılar gaz memesi ve tungsten elektrod arasındaki aralığın daraltılması sonucunda soy gazın hızının artmasının ark sıcaklığını yükselttiğini fark ettiler. Bu yüksek sıcaklıktaki arkın ısıttığı hızlı soy gaz akımının parça üzerine doğru yönlendirildiğinde metali kestiği görülmüştür.

1953' de Dr. Robert Gage, refrakter malzemelerin ark yardımıyla eritilmesi üzerine yaptığı çalışmalarda normal bir gaz alevi ile uzun bir elektrik arkı arasındaki benzerliğe dikkatleri çekti. Arkın hız ve ısı yoğunluğunun kontrolü üzerine yapılan bu çalışmalar ilk modern plazma ark torcunun gelişmesine olanak sağlamıştır.

İlk endüstriyel plazma arkı ile kesme torcu 1957 yılında Linde tarafından tanıtılmıştır. Aynı yıl Dr. Robert Gage (Union Carbide), yöntemin patentini (U.S. Patent No. 2.806.124) almıştır [1].

3.3.2.1 Konvansiyonel Plazma Arkı ile Kesme, 1957

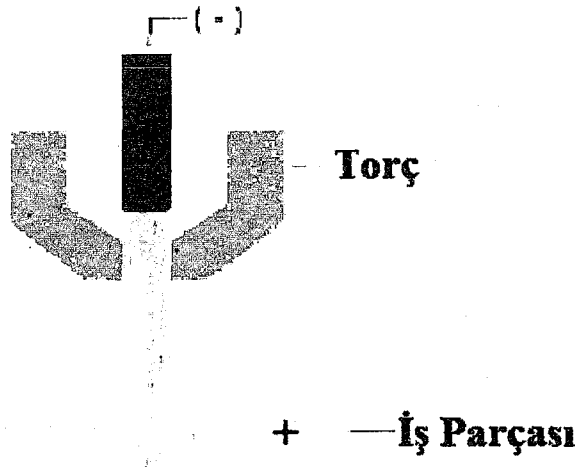
'Kuru' ark büzme tekniğine sahip konvansiyonel plazma jeti, 1957'de Union Carbide's Linde tarafından tanıtılmıştır. Aynı yıl Dr. Robert Gage, tekniğin 17 yıl Union Carbide's Linde'nin tekelinde kalmasını sağlayacak, patente sahip olmuştur (U.S. Patent No. 2806124). Bu teknik her türlü metali yüksek hızda kesme de kullanılır, kesilecek malzemenin et kalınlığı birkaç mm.lik ince sacdan, 250 mm.lik kalın plakalara kadar uzanmaktadır ve maksimum kesme kalınlığı, kesilecek malzemenin elektriksel iletkenliği ile ısı iletim kabiliyetinin yanı sıra,

torcun akım taşıma kapasitesi ile akım üretici gücüne bağlıdır. Ağır sanayi tipi mekanize torç sahip olduğu 1000 A akım kapasitesi ile, 250mm.(~10") et kalınlığına sahip paslanmaz çelik yada alüminyum kesebilmektedir. Fakat yalnız ayırma değil kaliteli kesme yüzeyi istenilen endüstriyel uygulamalarda, sac kalınlığı nadiren 50mm.'yi(~2") aşar, tersane uygulamalarında ise, genelde 20 mm.nin altında 8-15mm arası tercih edilir ki, bu kalınlıklarda konvansiyonel plazma ile rahatlıkla çalışılabilmektedir.

Sadece dış enerjiyle kesim yapılması, plazma ısısının parça derinliklerinde azalması sonucu, kesme ağzında bir miktar konikleşmeye neden olmakta, kesme yüzünde pozitif bir kesme açısı görülmektedir. İş parçası kesitinde, kesme için gerekli olan ısı enerjisinin dengesiz dağılımı sonucu görülen bu eğim, torcun mümkün olduğunca iş parçası yüzeyine yaklaştırılarak, arkın büzülmesi şiddetlendirilerek yani enerji yoğunluğu artırılarak azaltılmaya çalışılmaktadır.

Torç iş parçasına yaklaştırıldıkça, çift ark oluşma ihtimali kuvvetlenmektedir. Çift ark, hatasız bir kesme yarığı oluşumuna engel olmakta ve meme ile elektrota zarar vermektedir. Şöyle ki arkta ki büzülmenin artırılması, önce elektrod ile meme arasında ki arka, devamında meme ile iş parçası arasında oluşacak ikinci arka sebebiyet vermektedir.

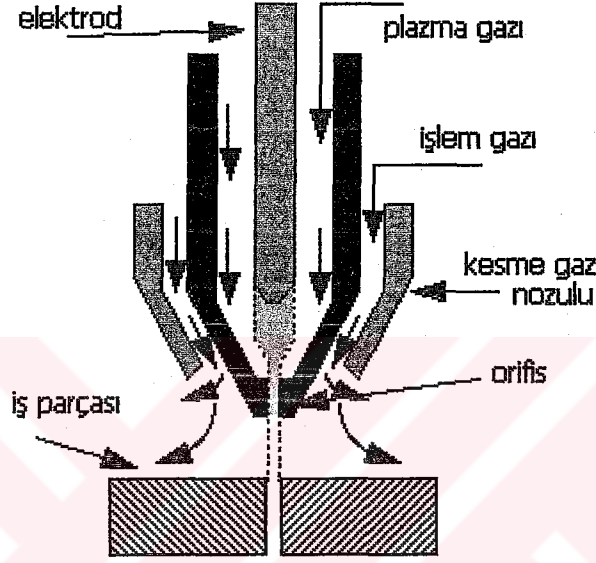
1950'lerin ortalarında başlayan plazma arkı ile kesme uygulamalarında, kesme kalitesini iyileştirme çabaları, parazit ark oluşumunu engelleme amacına yönelmiştir. Fakat bu yıllarda, konvansiyonel yani geleneksel plazma ile kesme uygulamaları farklı kalınlıkta ki değişik malzemelerin kesilmesine kolay kolay izin vermemektedir. Örneğin, paslanmaz çelik, genel yapı çeliği, alüminyumun kesilmesinde, farklı basınçta, debide değişik gazlar ile ancak optimum kesme kalitesine ulaşılabilir. Konvansiyonel plazma ile kesme uygulamalarında 1957'den 1970'e kadar, genelde o dönem maliyeti çok yüksek olan argon ve hidrojen karışımları kullanılmaktadır [1].



Şekil 3.13 Konvansiyonel plazma ile kesme [1].

3.3.2.2 İkili Gaz Akışına Sahip Plazma Arkı ile Kesme (1962)

1950'lerin sonlarında kesme yüzeyi kalitesini yükseltmeye yönelik çalışmalar, parazit ark üzerinde yoğunlaşmıştır. Bunun sonucunda, 1963'de geliştirilen 'dual flow' yönteminin patentini Thermal Dynamics Şirketi, başkanı James Browning aldı. Bu yöntem konvansiyonel plazma ile kesme yöntemi ile aynı prensibe sahiptir, yalnızca konstrüksiyonda yapılan bir değişiklikle, bir ikinci koruyucu işlem gazı kullanılması sayesinde, parazit ark oluşumunun neden olduğu tahribatın önlenmesi sağlanmıştır [1].



Şekil 3.14 Koruyucu işlem gazının kullanılma şekli [7].

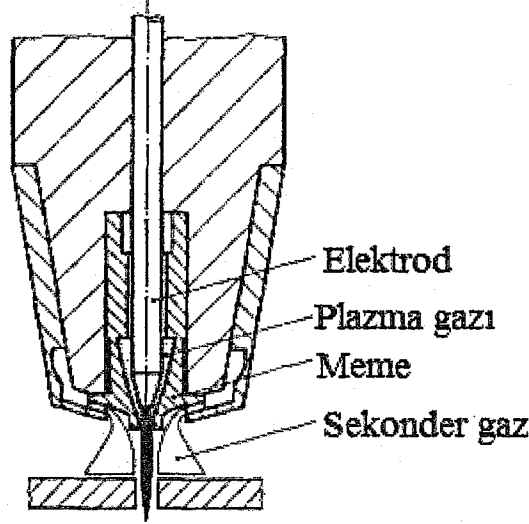
Çift ark yada parazit ark görülme nedenleri;

- Torcun iş parçasına çok yaklaştırılması,
- Ark şiddetinin artması,
- Ark şiddetinin meme borusu çapına göre çok büyük olması,
- Memenin yetersiz soğutulması,
- Plazma yapıcı gazın debisinin düşüklüğü,
- Elektrod meme borusu içinde tam merkezli değilse,

Bu teknikte genelde plazma gazı olarak nitrojen seçilmekte, sekonder gaz ise, iş parçası malzemesi dikkate alınarak seçilmektedir. Genelde uygun maliyetinden dolayı basınçlı hava tercih edilirse de genel yapı çelikleri için oksijen yada hava, paslanmaz çelikler için karbondioksit, alüminyum için argon-hidrojen karışımları kullanılabilir.

Yöntemi konvansiyonel plazma ile karşılaştırsak, yapı çeliklerinin kesilmesinde kesme hızı daha yüksek olmakla beraber, kesme kalitesi bir çok uygulamada yetersiz bulunabilmektedir. Paslanmaz çelik ve alüminyumun kesilmesinde ise kesme kalitesi ve kesme hızı bakımından fark pek gözlenmemektedir. Sekonder gaz akımı olarak ta adlandırılan bu uygulamada, ikinci

koruyucu gaz plazma hüzmesini örtmekte ve plazma arkının çevresini dıştan soğutmaktadır. Bu sayede, iki arkında parça da yanmasını sağlayacak şekilde, meme alın yüzeyindeki kritik bölgede geçiş direnci yükseltilmektedir (Anık vd., 1996).



Şekil 3.15 Sekonder gaz akımı ile kullanılan torç (Böhme vd., 1992).

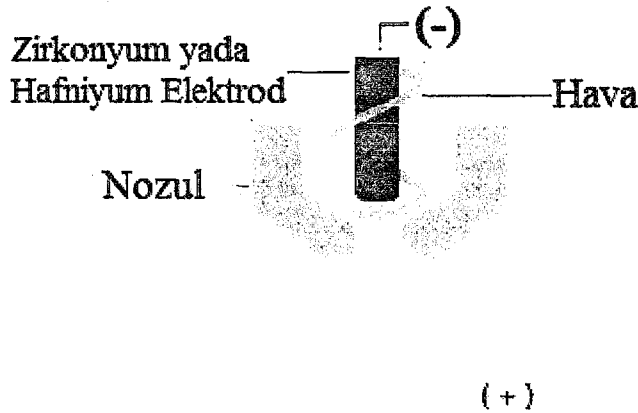
3.3.2.3 Hava ile Plazma Kesme (1963)

Plazma oluşturuvcu ortam olarak basınçlı hava kullanımı ilk 1960'ların başında, genel yapı çeliklerinin kesilmesinde gündeme gelmiştir. Havanın hacimce %78.8'ini azot, %20.8'ini oksijen gazları oluşturur, eşit entalpili diatomik yapıda olan bu gazlar, plazma yapıcı ortam olarak yüksek enerjili bir karışım meydana getirmektedirler. Havada ki oksijenin ergimiş çelik ile girdiği egzotermik reaksiyonlardan sağlanan ek enerji, nitrojen ile plazma kesiminin hızını, yaklaşık %25 arttırmaktadır, oksijenin çelik ile girdiği egzotermik reaksiyonlar, mevcut işlem sıcaklığının stabil oksit oluşumu için gerekli olan sıcaklıktan çok yüksek olmasıyla sınırlanmaktadır, demirin oksidasyon sınırı 2200⁰C. Pahalı argon gazı yerine ekonomik olan kuru, yağsız ve basınçlı havanın kullanımı alaşımız çeliklerin kesilmesinde aynı anda hem yüksek kesme hızları, hem de yeterli kesme kalitesi sağlamaktadır. Kesme yarığının alt kenarında sarkma, sakal oluşmamaktadır. Havanın oksijeni, eriyen malzemenin yüzey gerilimini ve viskozitesini etkilediğinden, eriyen parçacıklar parça alt kenarına yapışmamaktadır. 5-10mm.'lik sac kalınlığı aralığında birkaç kat daha yüksek kesme hızlarında çalışılabilmektedir. Fakat bu yöntem paslanmaz çelik ve alüminyumun kesilmesinde, kesme yüzeyinde görülen oksitlenme ve sakal oluşumu nedeniyle pek tercih edilmemiştir. Uygulamalarda karşılaşılan en büyük zorluk, elektrod problemdir. Saf tungsten elektrodlar, tungstenin oksijene olan ilgisi yüzünden kullanılamamakta da, kullanılsa da çok çabuk oksitlenip aşınmaktadırlar. Yüksek kesme kalitesi aranılmayan uygulamalarda, zirkonyum, hafniyum, yada her ikisinin bakır ile alaşımlandırıldığı, ucuz tip, kısa ömürlü özel

elektrodlar kullanılmaktadır. Bu sayede ucuza gelen kısa ömürlü elektrodlar ile plazma gazı masrafından basit bir kompresörden kolayca temin edilen basınçlı hava kullanılarak tasarruf edilir. Bu tip plazma torçlarının güç çıkışları yaklaşık 30kW. ile sınırlıdır, bu nedenle kesilebilecek maksimum sac kalınlığı 30mm. ile sınırlıdır. Hava ile plazma kesme yöntemi, 1960'ların sonunda A.B.D. ve batı Avrupa'da pek kullanılmamaya başlanmıştı. Doğu Avrupa ise van Ardenne tarafından geliştirilen Feinstrahl brenner olarak adlandırılan yöntem, SSCB ve Japonya tarafından benimsenmiştir. Japonya'da bir çok tersane hava plazma ile kesme ekipmanlarının ilk kullanıcılarından olmuştur, asıl temin ettikleri yer ise gene doğu Almanya idi. Ancak basınçlı havanın plazma gazı olarak kullanılmasında, kesme yüzeyinde kalan yüksek oranda nitrojen, kaynak sonrasında, gözenek(porozite) oluşumuna neden olmaktadır, bu nedenle, Ar,H₂,O₂,N₂ karışımlarının kullanılması önerilmektedir [1].

Plazma oluşturuvcu gaz olarak havanın kullanıldığı uygulamalarda, gürültü oluşumu ve zararlı gazların özellikle azot oksitlerin açığa çıkması diğer tip uygulamalara göre daha fazladır. Bu zararlı gazların işlem esnasında kesme ağzından emilmesi ve filtre edilmesi için maliyeti yüksek, güçlü emme ve filtrasyon sistemlerine gerek vardır ve günümüzde birçok sanayileşmiş batı ülkesinde hava ile kesme yöntemine ancak yeterli filtrasyon yada sualtında kesim şartıyla izin verilmektedir [1].

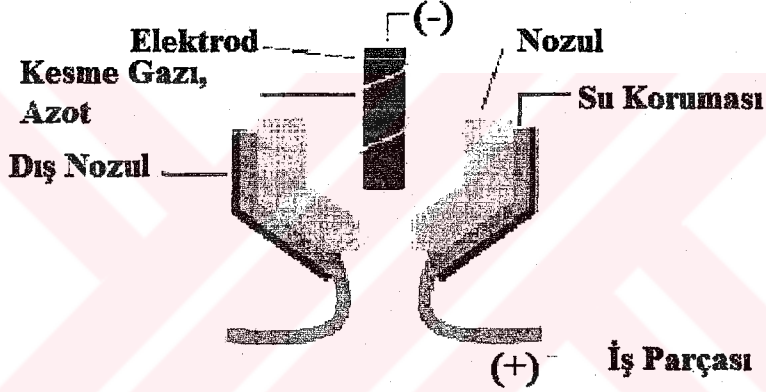
Son yıllarda, yapı çeliklerinden, CrNi-çeliklerinden, alüminyum malzemelerden ve galvanizli saçlardan mamul 1 ile 6 mm'lik kalınlığa sahip ince saçlarda plazma gazı olarak gitgide artan oranlarda hava kullanılmaktadır. Bu alanda yeni bir gelişme, plazma gazı olarak yüksek saflıkta oksijenli, ince hüzmeli plazma kesme işlemidir. Yapı çeliklerinin kesilmesinde, ancak laser ışınıyla kesmede ulaşılabilen, tam dik açılı yüksek kaliteli kesime bu şekilde ulaşılabilir (Anık vd., 1996).



Şekil 3.16 Hava ile plazma kesme [1].

3.3.2.4 Su Korumalı Plazma Kesme (1965)

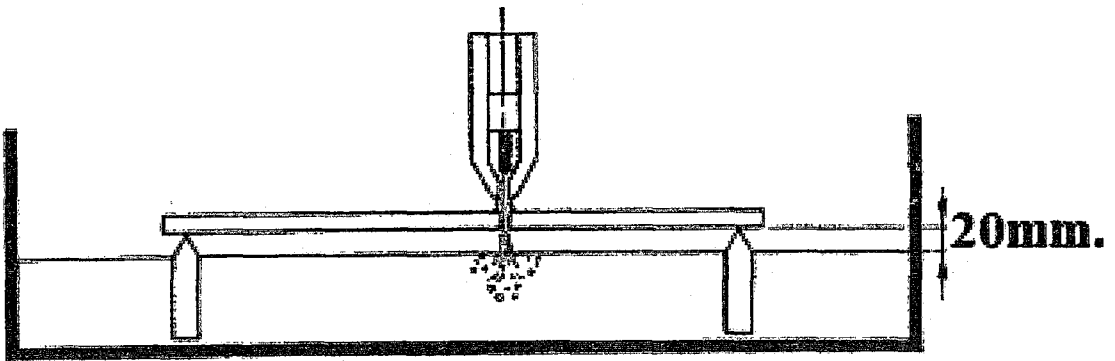
Bu yöntem, sekonder gaz kullanılan yöntemle benzer ise de, plazma arkını çevreleyip büzerek, şiddetini arttıran ikinci bir gaz yerine su kullanılmasıyla, farklıdır. Suyun soğutucu etkisi sayesinde, nozul ömrü artmakla beraber, yapı çeliklerinin kesilmesinde kesme yüzeyinde bir miktar iyileşme görülmektedir. İkinci bir gaz kullanılan kesme uygulamalarına nazaran, kesme hızında artma, kesme kenarında görülen eğimde düzelme yada oluşan atık gaz ve cüruf miktarında düşme görülmemektedir. Yüksek sıcaklık bölgesinde, yeterli enerji girdisiyle dissosiyeye ve aynı zamanda iyonize olabilen su, kendisini oluşturan hidrojen ve oksijene ayrışır. Bu tip birleşik plazmada, daha önceki bölümlerde oksijen ve hidrojen için belirtilen özelliklerin birleşimi avantajı elde edilmektedir. Ancak pratikte su, plazma yapıcı ortam olarak tek başına kullanılamaz, plazma gazı olarak azotla yapılan kesme işlerinde, eşzamanlı olarak plazma torçuna su da sevk edilmektedir [1].



Şekil 3.17 Su muhafazasıyla plazma kesme [1].

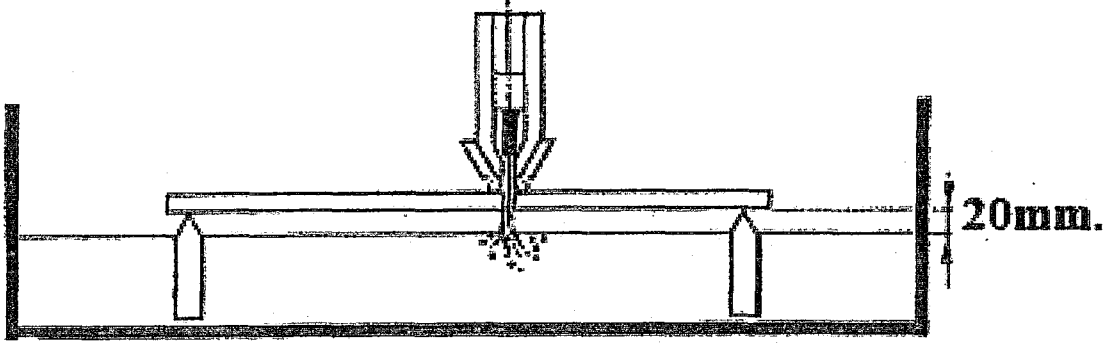
3.3.2.5 Su Püskürtme (Enjeksiyon) ile Plazma Kesme (1968), Sualtında Plazma Kesme

Plazma arkı ile eriterek kesme tekniğinde, suyun farklı kullanım şekilleri mevcuttur.



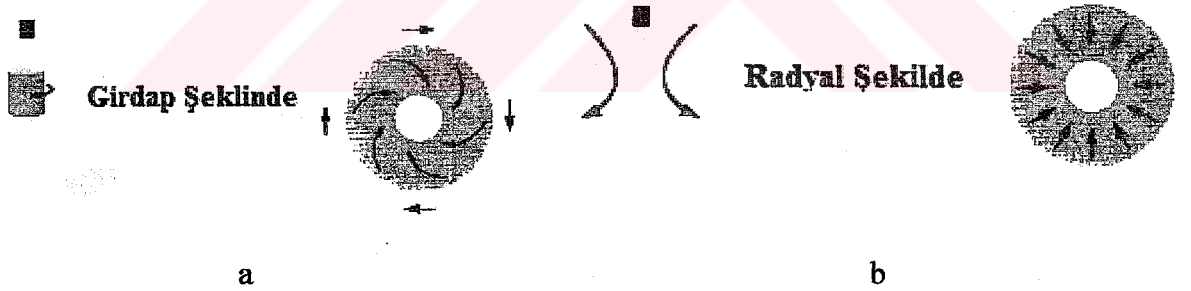
Şekil 3.18 Su yatağı üzerinde, konvansiyonel plazma kesme (Böhme vd., 1992).

En basit uygulama şekli, konvansiyonel plazma torcunun kullanıldığı, iş parçasının bir su havuzunun birkaç santimetre üzerine yerleştirilmesidir. Bu sayede alttaki su tabakası, plazma ışının, atık gaz ve parçacıklarının bir kısmını emmekte, fakat emilen gazların, suyun gazları çözebilme kabiliyeti sınırlı olduğundan dolayı, tekrardan suyun üzerine çıktıkları noktadan emilmesi gerekmektedir (Böhme vd., 1992).



Şekil 3.19 Su yatağı üzerinde, su enjektörü ile plazma kesme (Böhme vd., 1992).

Suyun, plazma ile kesme de etkili şekilde kullanıldığı, su enjektörü ile plazma kesme yönteminde, ark huzmesine sevk edilen su arkı büzüştürmekte ve enerji yoğunluğunu arttırmaktadır. Bu sayede konvansiyonel plazmada ulaşılabilen sıcaklığın yaklaşık iki katına ulaşılmaktadır. Richard W. Couch Jr. ,Hypertherm Inc. ,geliştirdiği bu yöntemin patentini de 1968'de aldı [1].



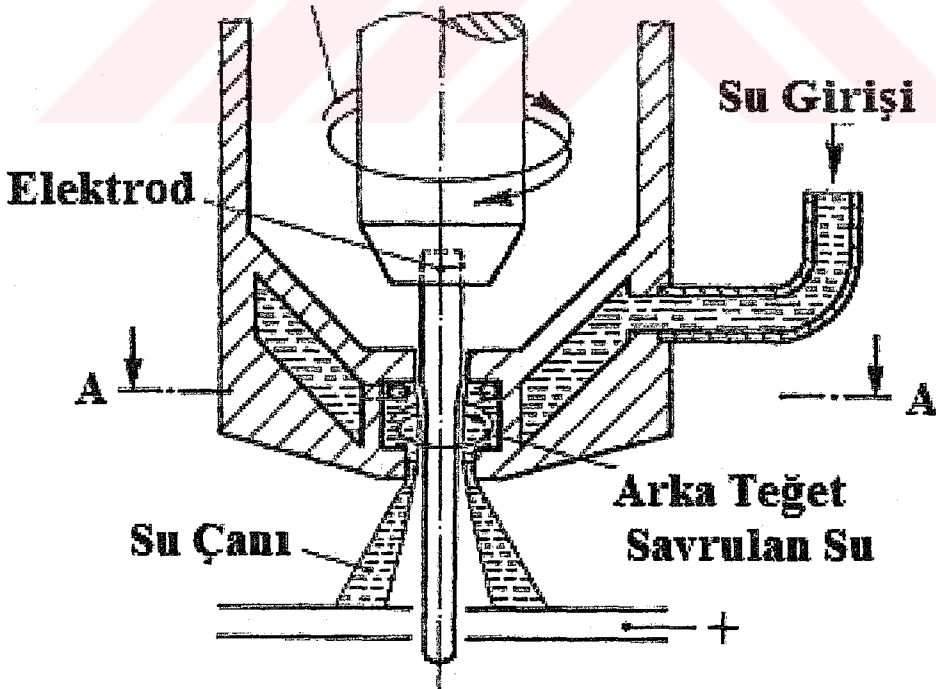
Şekil 3.20 Plazmaya su enjekte şekilleri [2].

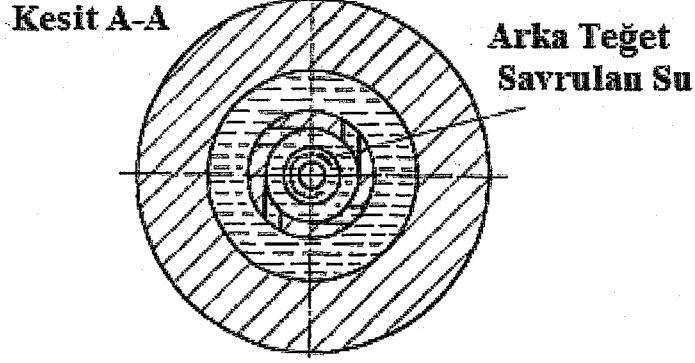
Plazma oluşturucu gaz, arka teğetsel olarak ilerletiliyorsa, püskürtülen su da, plazmaya teğetsel olarak dönerek savrulmakta, girdap meydana gelmektedir. Oluşan bu girdap kesme kenarlarının her ikisinde de farklı sonuca neden olmaktadır. Parça üst yüzeyinin normaline göre oluşan açısız çarpılma, 1-2° civarındadır. Birbirine karşı gelen kenarlardaki açı, 6-8° mertebesinde dir. Dış kenarların kesiminde bu etkiye dikkat etmek gerekmektedir. Üfleç içinde uygun bir gaz iletim halkasının seçimi dik kesme kenarları elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Bu nedenle torcun uygun şekilde tutulmasında, parçadaki kesme kenarlarının dik açılı kalmasına ve eğik kenarların hurdaya atılacak tarafta kalmasına dikkat edilmelidir (Anık vd., 1996).

Plazma arkına enjekte edilen suyun buharlaşması için ilave enerji gerekmektedir. Bu durumda akım üretici için nispeten daha yüksek şebeke gücüne ihtiyaç vardır. Püskürtülen suyun yaklaşık % 10'u buharlaşmakta, dissosiyeye ve iyonize olmaktadır. Suyun ayrışması sırasında açığa çıkan oksijen, yapı çeliklerinden mamul parçalarda, yüksek kaliteli ve sarkmanın olmadığı kesme işlemlerini mümkün kılmaktadır. Suyun kalan % 90'ı konik olarak plazma huzmesini çevreleyen su çanı halinde memeden dışarı çıkar. Çana benzer konik formadaki, sınır buhar tabakası, nozulu çevrelemekte, arkın güçlü ısısından korumakta ve soğutmaktadır. Bu sayede nozulun alt kısmı seramik malzemeden imal edilebilmektedir. Sonuç olarak bakır yada seramik herhangi malzemeden mamul memenin ömrünü püskürtülen su, soğutarak uzatmakta ve plazma huzmesinin ışın, ses, gaz, katı atıklarını azaltmaktadır. Suyun püskürtülmesi ek olarak, parçayı soğutarak, çarpılmasını azaltmaktadır.

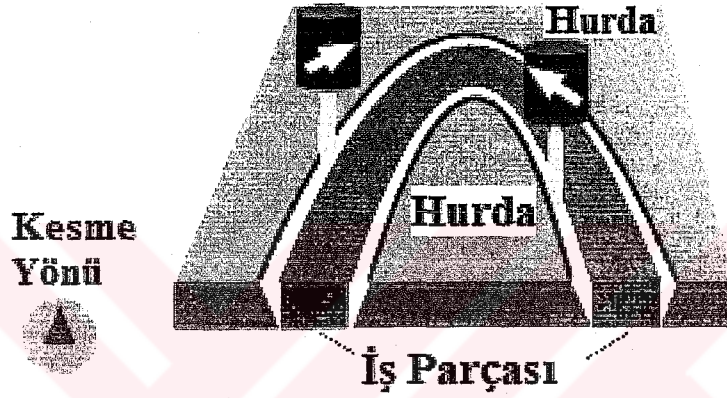
Plazma gazı olarak havanın kullanılması durumunda, zirkonyum esaslı elektrodlar kullanılmaktadır. Azot kullanılması halinde, tungstenden mamul yüksek assosiyasyon ısısına sahip düz elektrodlar sayesinde, argona kıyasla daha yüksek ısıl yüklemeler yapılabilmektedir. Pratikte su enjeksiyonlu kesmede, azot tertibat ve nispeten daha uzun ömrü olan düz elektrodlar kullanılmaktadır.

Teğet İlerleyen Plazma Gazı

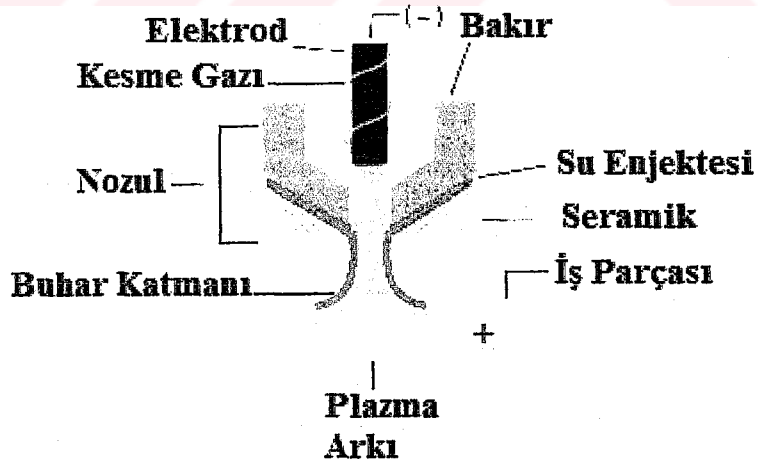




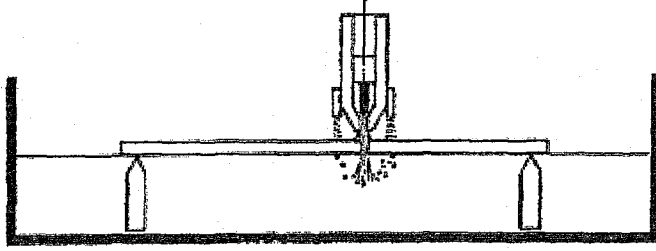
Şekil 3.21 Su enjektelinin, arka teğetsel ilerleyen gazla tatbik edildiği plazma torcunun yapısı (Böhme vd., 1992).



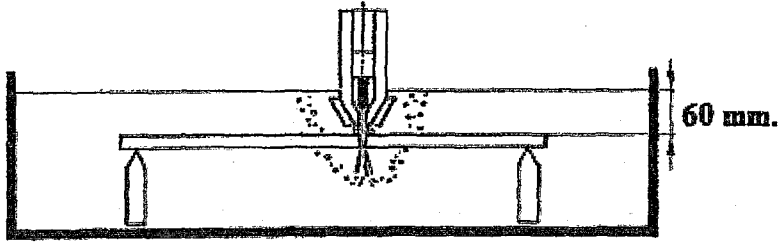
Şekil 3.22 Torcun ilerleme yönünün, kesme ağzına etkisi [1].



Şekil 3.23 Arkı çevreleyen sınır buhar tabakası [1].

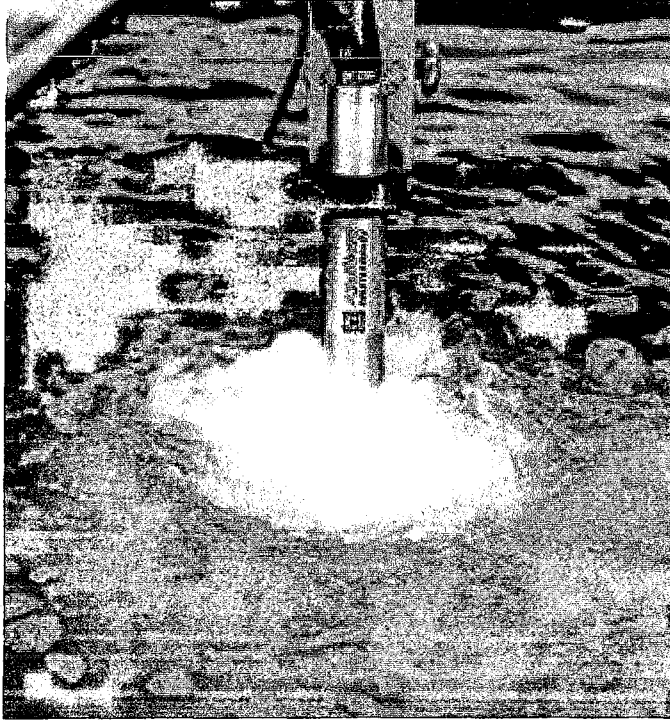


Şekil 3.24 Alt yüzü suya yatırılmış iş parçasının, su püskürtülmesiyle plazma kesimi (Böhme vd., 1992).

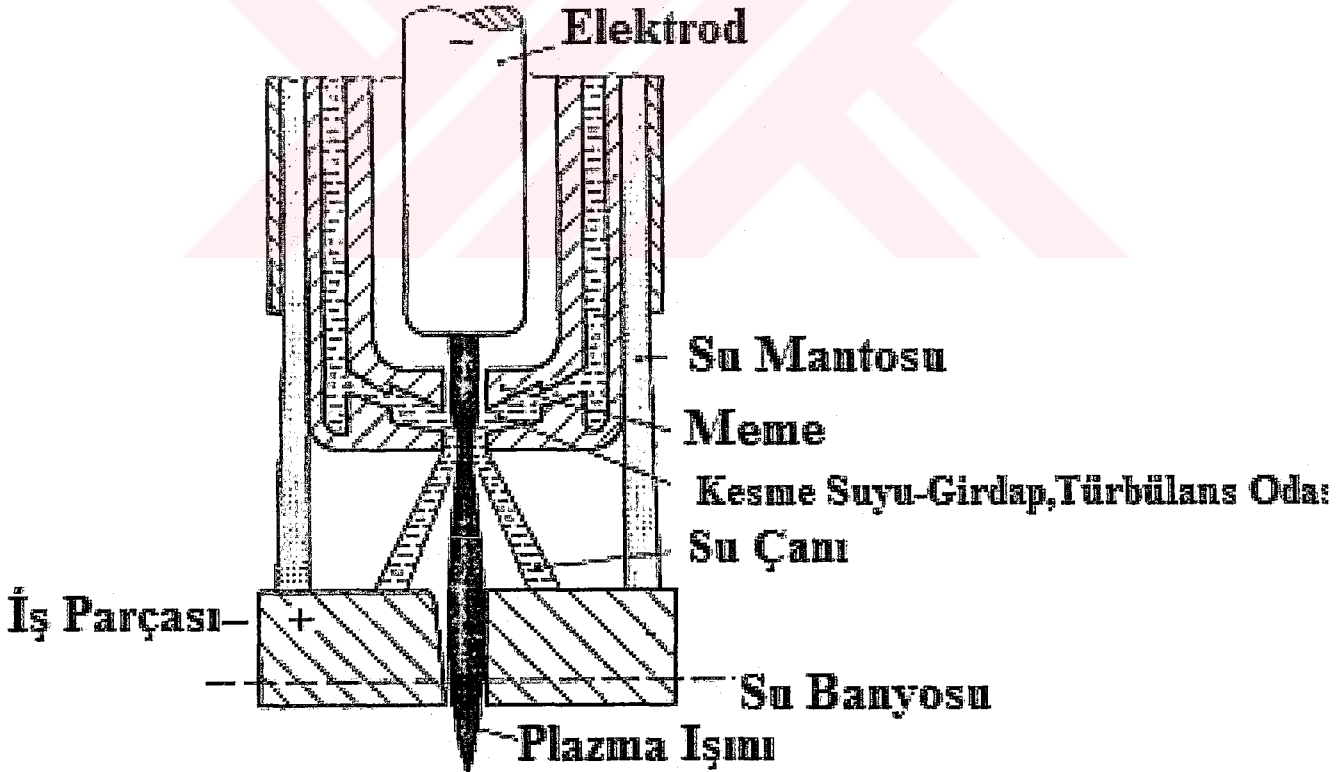


Şekil 3.25 Sualtında kesmenin şematik gösterimi (Böhme vd., 1992).

Su enjektisi ile kesim yapabilen torç konstrüksiyonlarının, bir başka örnek şekil 2.26'da verilmiştir. Bu yapı şeklinde tüm torç, bir su mantosu ile sarılmıştır. Plazma gazına başlangıçta dönel hareket verilmez, memeden çıkışta su ve gaza aynı anda girdap hareketi verilip, plazma ışınının yoğunlaşip, büzülmesi sağlanmaktadır. İş parçası, su yatağının üzerine yatırılmakta, yada havuza bırakılarak, torç da suyun içine daldırılmaktadır. Her iki şekilde de işlem esnasında ortaya çıkan zararlı atıkların suyun içinde tutulması hedeflenmiştir, ancak suyun gazları çözme kabiliyeti sınırlı olduğundan dolayı, atık gazların ayrıca çalışma ortamından emilmesi gerekmektedir. Sualtında kesme ile, gürültü azaltıldığından dolayı, ayrıca gürültü koruyucu önlem almaya gerek yoktur, aynı zamanda göze ve cilde zararlı ışınlar da azaltılmıştır. Bu yöntemde, iş parçası fazla ısınmamakta, bunun sonucunda da pek çarpılmamakta ve kesme ağzında ısı tesiri altındaki bölge dar kalmaktadır. Sualtında plazma arkı ile kesme yönteminin patenti 1977 yılında alınmıştır.

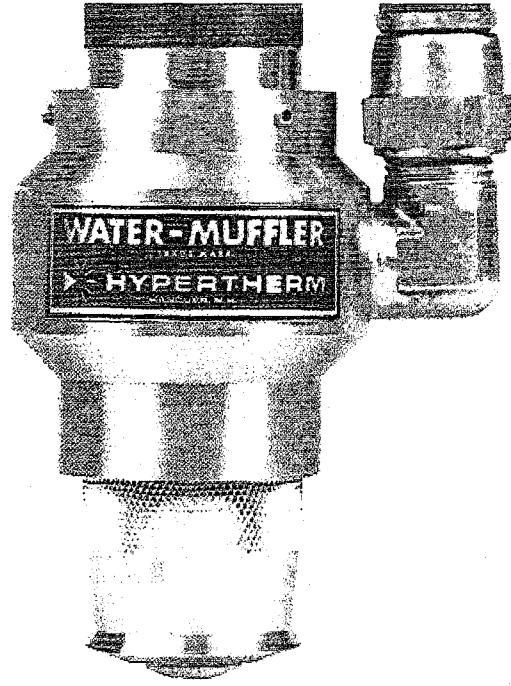


Şekil 3.26 Sualtında kesme [5].

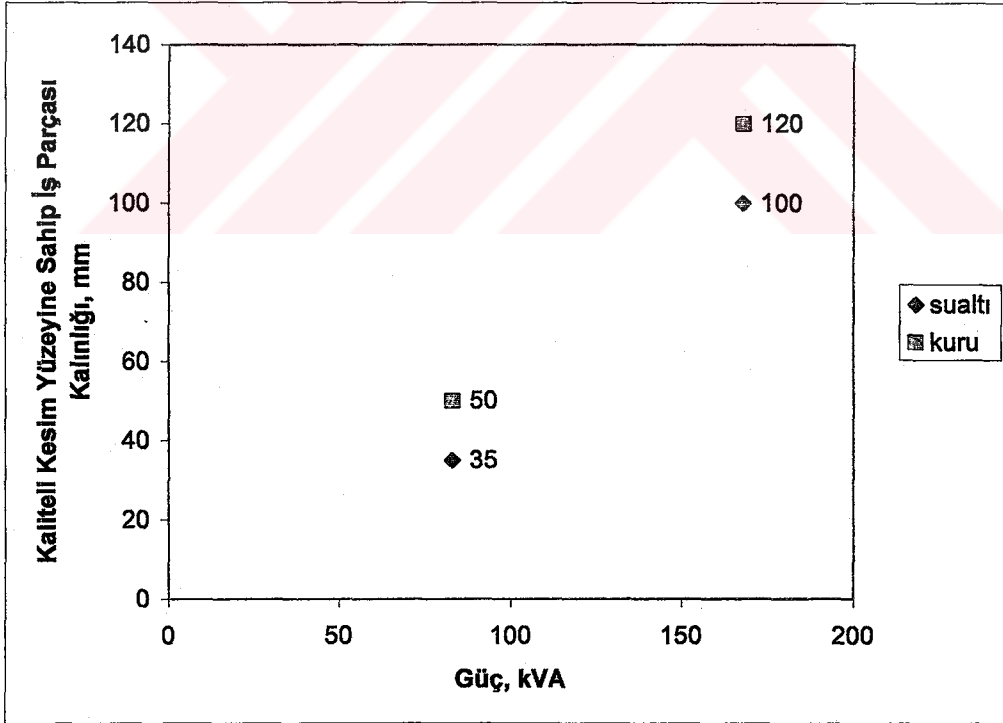


Şekil 3.27 Su enjektisi ve su çanı ile plazma kesim yapan torç konstrüksiyonu

(Böhme vd., 1992).



Şekil 3.28 Su enjektisi ve su çanı ile plazma kesim yapan torç [3].



Şekil 3.29 Eşdeğer güçte akım kaynakları ile sualtında ve kuru ortamda yapılan plazma kesimlerinde, parça kalınlıklarının karşılaştırılması



Şekil 3.30 Sualtı plazma kesim tezgahı [5].

3.3.2.6 Düşük Kapasiteli, Havalı Plazma Kesme (1980)

Seksenlerin başında yalnız havanın plazma oluşturucu gaz ve ikincil işlem gazı olarak kullanıldığı torç konstrüksiyonları geliştirilmiştir. Bu torçlarla, düşük akım şiddeti sağlayan üreteçler ve kısa ömürlü ucuz alaşımli elektrodlar kullanılmaktadır. İnce parçaların kesilmesinde, bu nesil manuel elle kesim makineleri çok kullanılmıştır, bu sayede plazma kesme ünitelerinin pazar payı dünya çapında elli kat arttı. Ancak elektrod ve nozul tüketiminin fazla olması bir yana, kesilen parçalar yüzeyleri yeterince temizlenmeden kaynatıldığında, gözenek oluşturması, bu yöntemin en büyük dezavantajıydı [1].

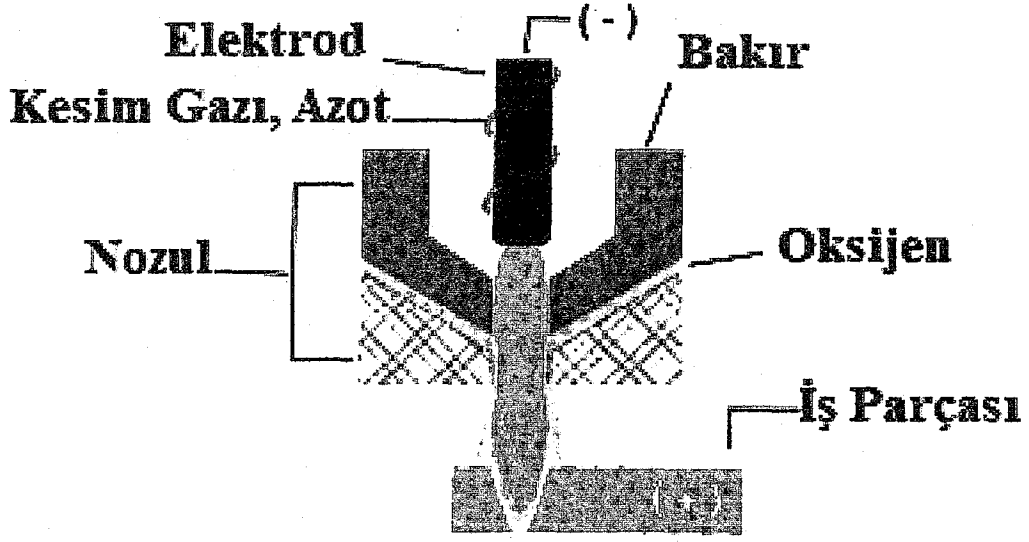
3.3.2.7 Oksijen ile Plazma Kesme (1983)

Hafniyum, ve zirkonyum alaşımli ark elektrodlarının geliştirilmesi sonucu, oksijenin tekrardan plazma gazı olarak kullanılması fikri ortaya atılmıştır. 1983 yılında ilk su enjekteli oks-plazma kesme torcu tasarlanarak piyasa sürülmüştür. Oksijenin plazma gazı olarak kullanılmasıyla, kesim hızında %30 artış sağlanmıştır [1].

3.3.2.8 Oksi-Enjeksiyon Plazma Kesme (1985)

Oksijenin kullanılması sonucu meydana gelen elektrod aşınması ve tahribatı gibi sorunlar, plazma gazı olarak azotun kullanılması ile çözülmek istenmiştir, ancak bu yöntem alaşımşız

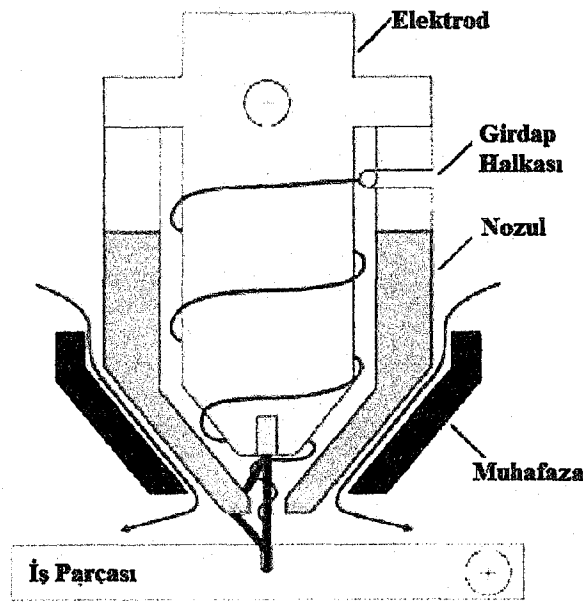
çelikler için uygundur, fakat kesme kenarı eğimi, kesme ağız genişliği, ve kısa nozul ömrü olumsuz yönleridir [1].



Şekil 3.31 Oksi-enjeksiyon plazma kesme [1].

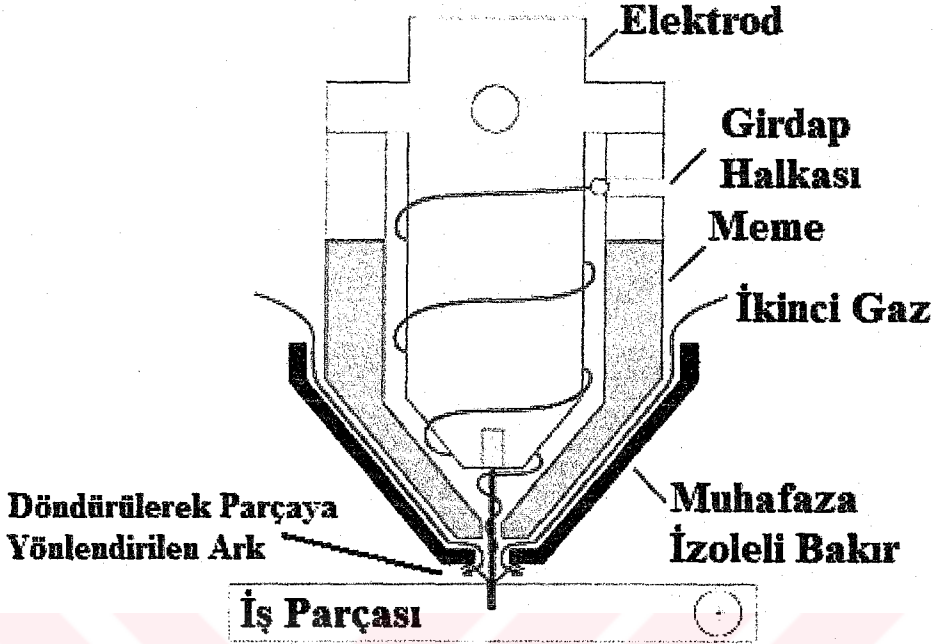
3.3.2.9 Farklı Torç, ve Sistem Uygulamaları

Elektrod ile iş parçası arasında oluşan plazma arkına ek olarak, nozula da sıçrayan arkın, elektrottan memeye, memeden kesilecek parçaya akması sonucu, meme ve diğer kesme donanımında hasar oluşmaktadır. Parazit ark olayının meydana gelişi, Şekil 3.30'da gösterilmiştir .



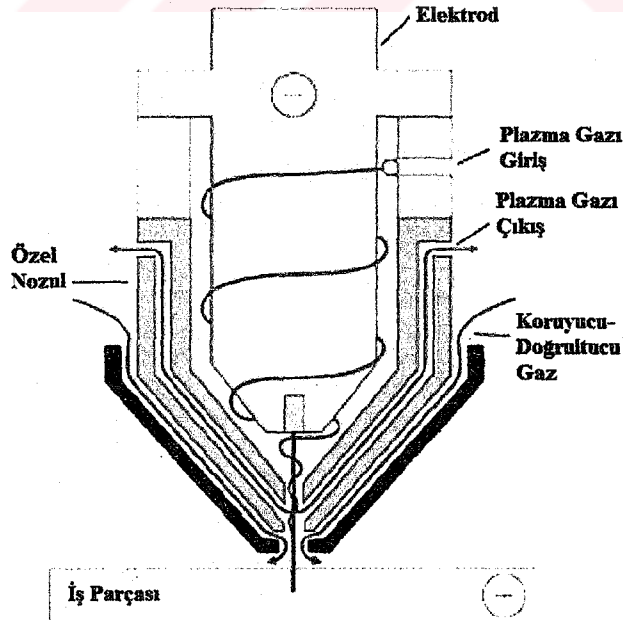
Şekil 3.32 Parazit arkın şematik gösterimi [2].

Parazit ark problemini önlemek için ikinci bir koruyucu işlem gazı kullanılmaktadır, Şekil 3.31'de Hypertherm firmasına patenti ait, bu tip bir torcun kesiti verilmiştir.



Şekil 3.33 Çift ark oluşumunu engelleyen torç konstrüksiyonu [2].

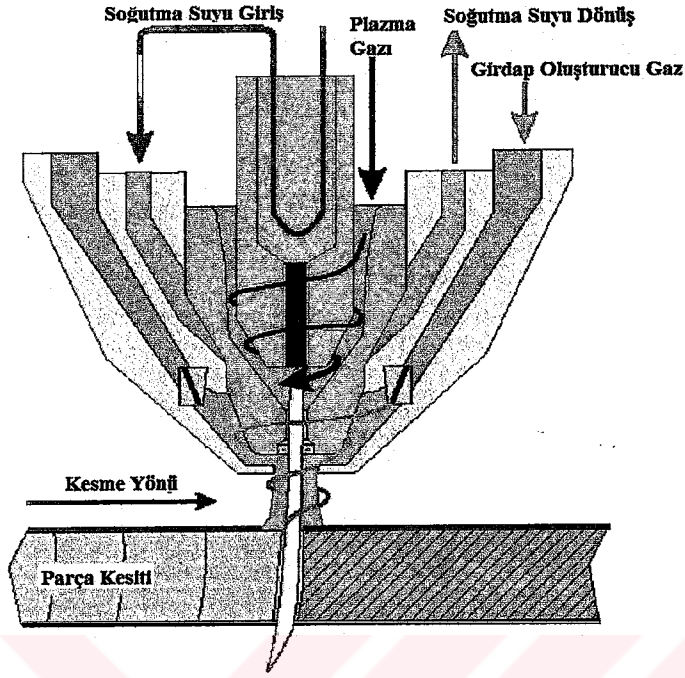
Plazma gazına girdap hareketi artırılarak verilirse, ark parçaya daha yoğun bir şekilde ulaşmaktadır ve kesim yüzeyinde yüksek enerji yoğunluğu elde edilir. Bu şekilde farklı işlem gazları kullanılarak, yüksek kesme hızlarına çıkılmaktadır, bu tip patent altında olan bir torcun kesiti Şekil 3.32'de verilmiştir [2].



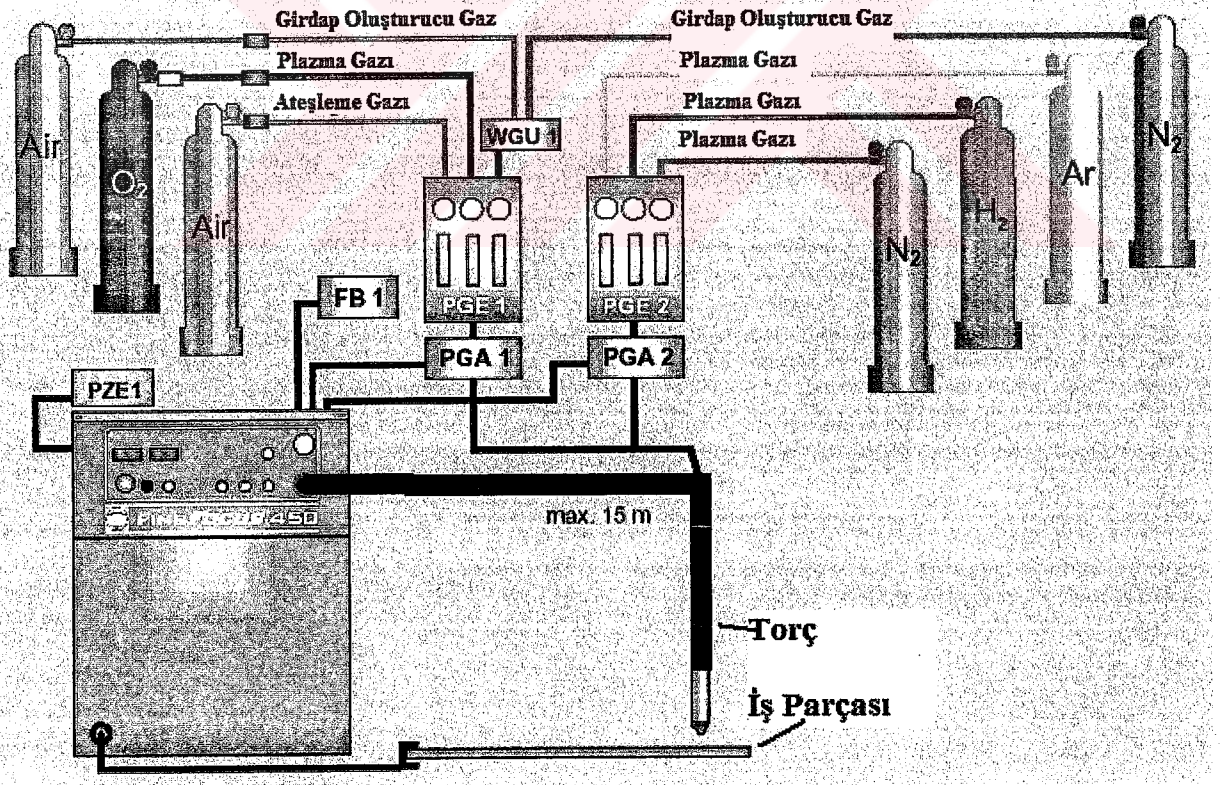
Şekil 3.34 Helezonal şekilde artan enerji yoğunluğu sağlayan torç [2].

Plazma gazı olarak argon hidrojen azot ve oksijen karışımı kullanılan ve bu gazların meydana getirdiği arka helezonal girdap hareketi vererek, enerji yoğunluğunu arttırmak için hava ve

azot kullanılan, diğer bir patentli sistemin prensip şeması ve torç kesiti Şekil 3.35 ve 3.36'da verilmiştir. Bu sistem, DE 3832630, DE 301299 sayılı patentlere sahiptir [4].



Şekil 3.35 Karışım gazla çalışan torç kesiti [5].



Şekil 3.36 Karışım gazla plazma kesim yapılan bir sistemin uygulama şeması [6].

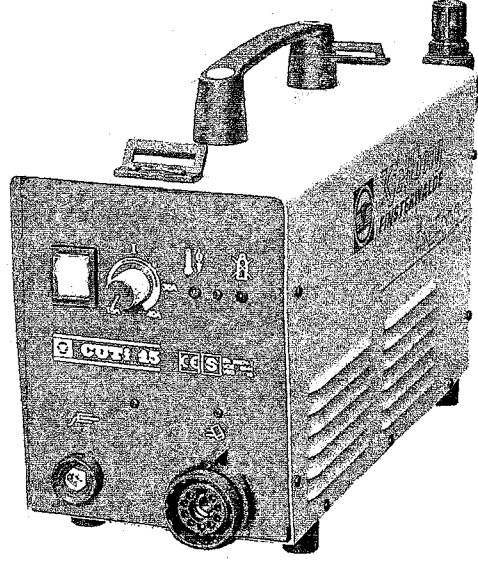
Argon, hidrojen ve azot gazları ile plazma kesmede, sivri uçlu, silindirik tungsten elektrodlar kullanılmaktadır. Elektrod ucunun daralan şekli sayesinde yüksek bir enerji yoğunluğu elde edilmekte ve yüksek kesme hızlarında düşük akım tüketimi avantajına sahip olmaktadır. Yüksek kesme hızı, aynı zamanda düşük özgül ısı girdisi ve bu nedenle ince saçların kesilmesinde çarpılmaların en aza inmesi demektir. Plazma gazı olarak çoğunlukla 3/2 oranında argon ve hidrojen karışımı kullanılmaktadır, Yerleşik uygulamaların diğerleri de argon/azot ve argon/hidrojen/azot karışımlarıdır. Azotun görevi sarkma oluşumunu azaltmaktır, ancak aynı zamanda zararlı atık oluşumunu da arttırmaktadır. Yapı çeliklerinden mamul ince saçların sarkma olmadan kesilmesi için, uygulamada hidrojen ve azotun yanı sıra helyum ve neon içerikli özel gaz karışımları da kullanılmaktadır. 3 mm kalınlığa kadar alaşımsız saçlarda, 3 m/dak 'ya kadar kesme hızlarına ulaşılmaktadır. Gaz tüketimi, kesilecek saç kalınlığına bağlı olarak 20 ila 50 lt/dak arasındadır. Günümüzde sadece 12 kW'lık güç çıktısı olan bu tip plazma kesme sistemleriyle 40 mm kalınlığa kadar saçlar kesilebilmektedir. Mevcut plazma kesme makineleri, 10-100 kW'lık güç alanında üretilmektedir (Anık vd., 1996).

3.3.3 Kesme Donanımları

Plazma arkı ile kesme metodu temelde, güç kaynağı, arkı başlatacak olan devre ve de torçtan oluşur. Bu sistemin bileşenleri, elektrik enerjisini, iyonlaşma kapasitesini, ve kesme hızını kontrol ederek, istenilen kalitede kesim yüzeyi elde edilmesini sağlarlar.

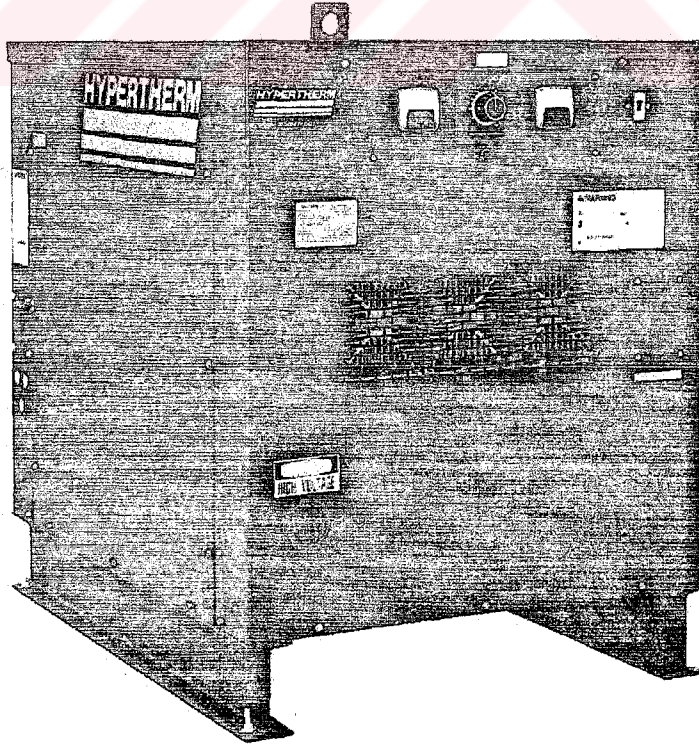
3.3.3.1 Akım Kaynağı

Plazma kesme için, üç fazlı transformatörler, yada inverterler kullanılmakta, akım ise genelde kademeli yada kademesiz olarak ayarlanılabilmektedir. Akım üretici, genelde bir doğru akım kaynağıdır ve boшта çalışma gerilimi genel uygulamalarda 240-400V arasında değişir. Üreteçten çıkan akıma göre, kesilecek parça kalınlığı da göz önünde bulundurularak, sistemin kesme hızı tayin edilir. Akım kaynağının ana görevi, iyonlaşmadan sonra plazma arkını devam ettirmek için gereken enerjiyi sağlamaktır. Arkı başlatan devre yaklaşık 2Mhz.'de 5000-10000V. arasında alternatif akım gerilimine sahip bir jeneratör devresidir. Bu voltaj, torçtaki yüksek güçlü arkı oluşturmada kullanılmaktadır, böylece torçtaki gaz iyonlaşmakta ve plazma açığa çıkmaktadır (Anık vd., 1996).



Şekil 3.37 Seyyar taşınabilir inverter akım kaynağı [4].

Şekil 3.37’de verilen inverter, özellikle küçük boyutları sayesinde, 480mm x200mm x280mm,10kg, şantiye gibi seyyar uygulamalarda son derece pratiktir. 3 x 400 V. 50 Hz. giriş, 7.3kVA güç, 280 V. boşa çalışma gerilimi, 15-40 A. kesme akımı ile plazma gazı olarak 4 bar.’da hava (115 lt./dakika) kullanılmasıyla,12 mm.’e kadar kaliteli kesim, 15 mm.’e kadar ayırma amaçlı kesim işlemleri yapılabilmektedir, hava soğutmalı torçla yapılan bu tip uygulamalar düşük işletme giderlerinden dolayı tercih edilmektedir.



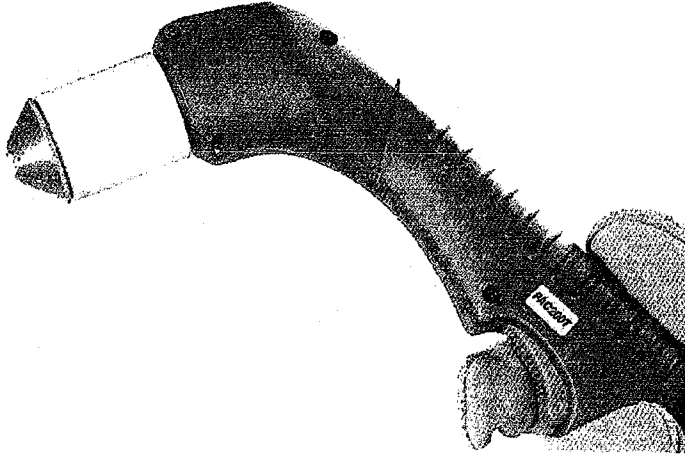
Şekil 3.38 Yüksek kapasiteli akım üretici [3].

Yüksek kesme gücüne gerek duyulan uygulamalarda kullanılacak bir akım üretici şekli yukarıda verilmiştir. 1160kg. ağırlığa, 1015mm x1345mm x1270mm boyutlarında ki, yaklaşık 150kW. güce sahip bu üreteç, 300-900 A. değerinde akım, 200-600 V. doğru akım geriliminde çalışabilir. Yüksek kesme gücü elde etmenin bir diğer yolu da, birden fazla sayıda, tercihen eşdeğer niteliklerde ki cihazlar, seri bağlanarak, gerilim yükseltilir, paralel bağlanarak akım yükseltilir, yada hem seri hem de paralel bağlama düzenekleri ile gerilim ve akımda artış sağlanabilir. Bu uygulamalarda, eşit statik karakteristik eğrili akım üreteçlerinin kullanılmasına dikkat edilmelidir. Bir doğru akım plazma güç kaynağı ile TIG kaynak makinesi arasındaki en büyük fark, gerilimin yüksekliğidir. Örneğin 250A.'lik akım değerinde, plazma arkı için 300V. gerilim oluşmakta iken, aynı akım değerinde TIG için 50V. gerilim yeterlidir, bu yüzden ki, ilk uygulamalarda TIG güç kaynakları seri bağlanarak, gücün, gerilim yükseltilerek artırılması yoluna gidilmiştir (Smith., 1989).

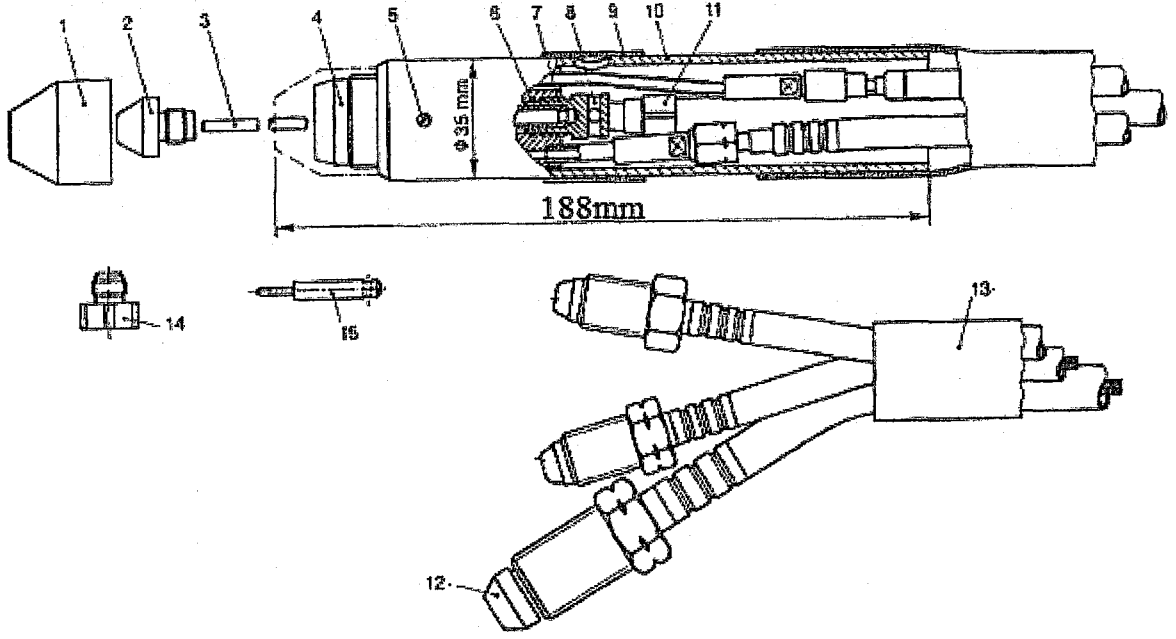
3.3.3.2 Torç

Kesim kalitesi ve donanımın verimliliği plazma torcuna bağlıdır. El veya makine torcunun görevi, sürekli ve geometrik olarak sabit bir plazma huzmesi oluşturmak ve bunu parçaya iletmektir. Torç, bir hortum paketinin ucunda yer alır ve akım üreticiden kontrol edilir. Bir torç, esas olarak üç kısımdan oluşmaktadır; soğutma sistemli bir torç gövdesi, torcun eksenine yerleştirilmiş bir elektrod ve meme. Torcun soğutulması, havalı yada sulu olabilmektedir.

Plazma arkının huzmesi, ne kadar incelse, iş parçası ile temas yüzeyi azalır, dolayısıyla yüksek kesme hızlarında, daha düşük güçlerde, dar kesme yarıklarının olduğu kaliteli kesme işlemleri meydana gelmektedir (Böhme vd., 1992).

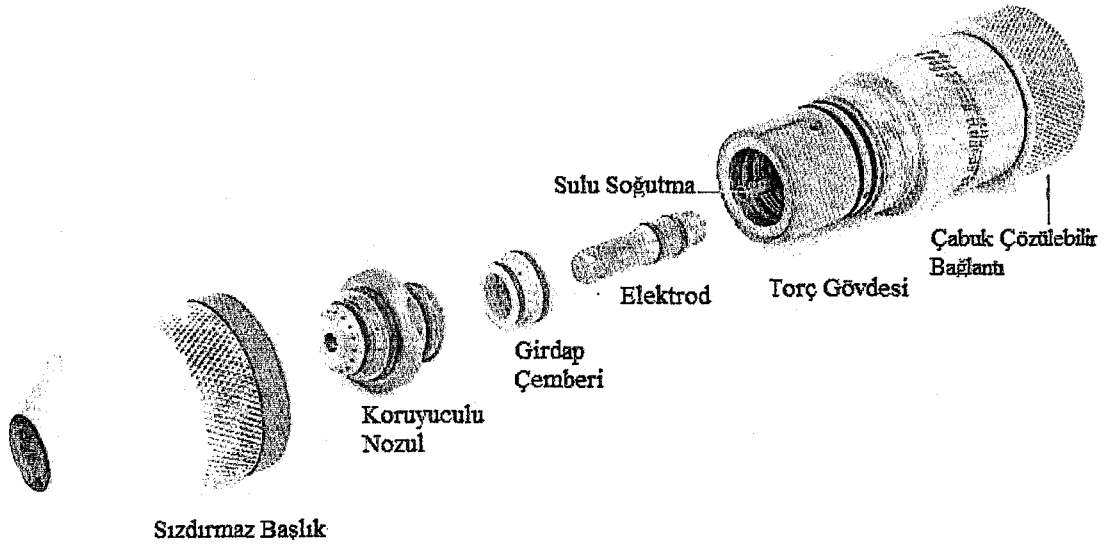


Şekil 3.39 El ile plazma kesme torcu [3].

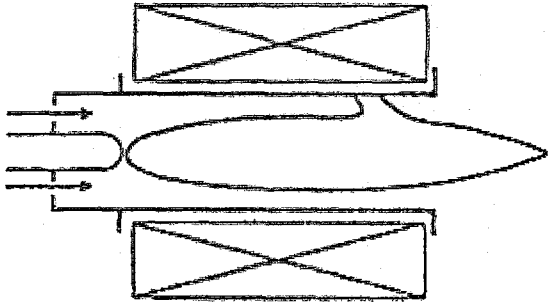


1	Isı zırhı	2	Kesme memesi	3	Elektrod	4	Torç gövdesi
5	Bağlantı vidası	6	O-Ring	7	Merkezleme bileziği	8	Germe civatası
9	Koruyucu bilezik	10	El tutamağı	11	Hortum bağlantısı	12	Gaz hortumu
13	Pilot ark akım kablosu	14	Akım kablosu	15	Koruyucu esnek kılıf		

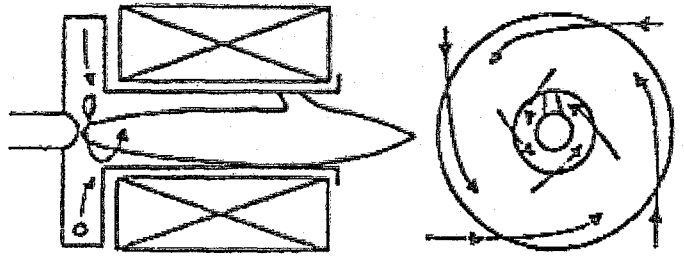
Şekil 3.40 Makine torcunu oluşturan elemanlar (Böhme vd., 1992).



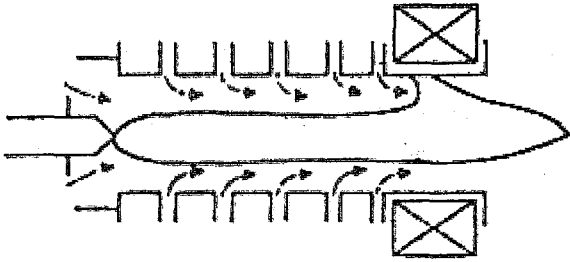
Şekil 3.41 Torç donanımı [2].



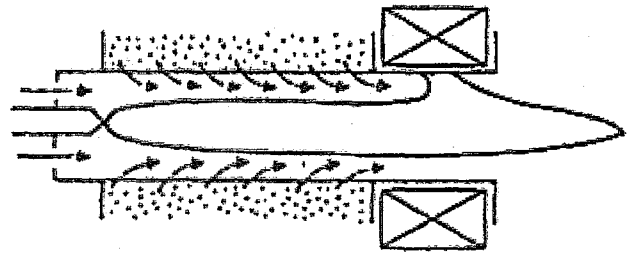
a- Eksenel gaz beslemeli torç



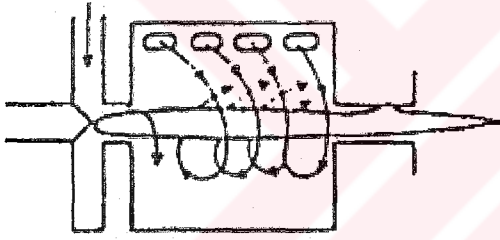
b- Teğetsel gaz beslemeli torç



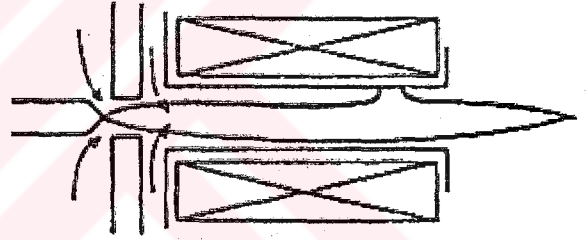
c- Gaz soğutmalı ve n6trod aralarından gaz beslemeli torç



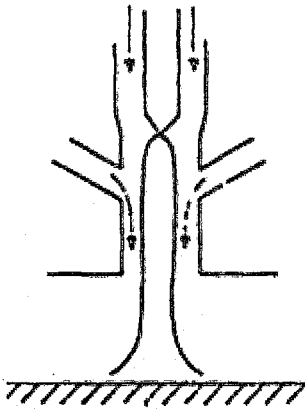
d- Gözenekli cidardan gaz beslemeli torç



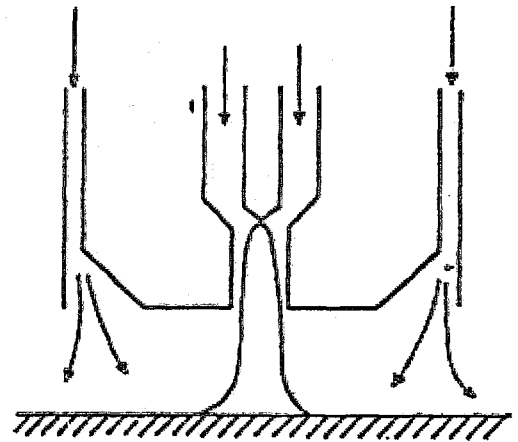
e- D6ner gaz tabaka stabilizasyonlu torç



f- Çubuk elektrodu gaz korumalı torç

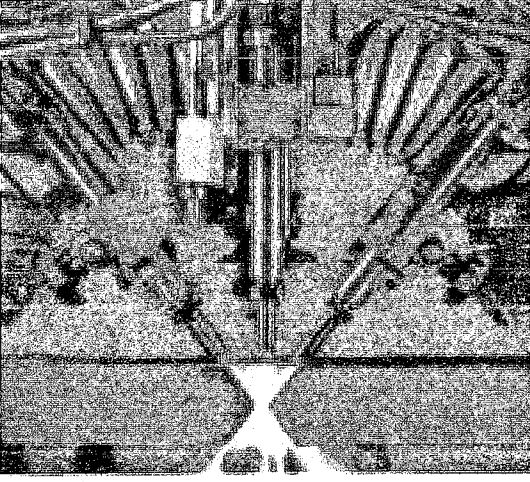


g-Çubuk elektrodu ve memesi koruma gazlı direkt torç

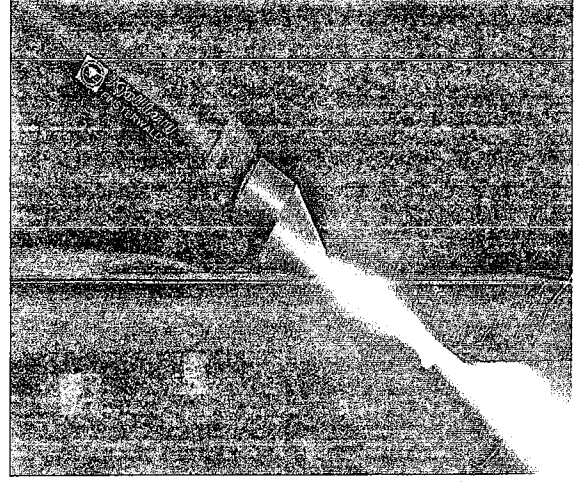


h-İş parçası koruma gazlı direkt torç

Şekil 3.42 Çalışma ve yardımcı gaz verilış şekline göre plazma torcu çeşitleri
(Karadeniz, 1990).



Çift-V kaynak ağzı



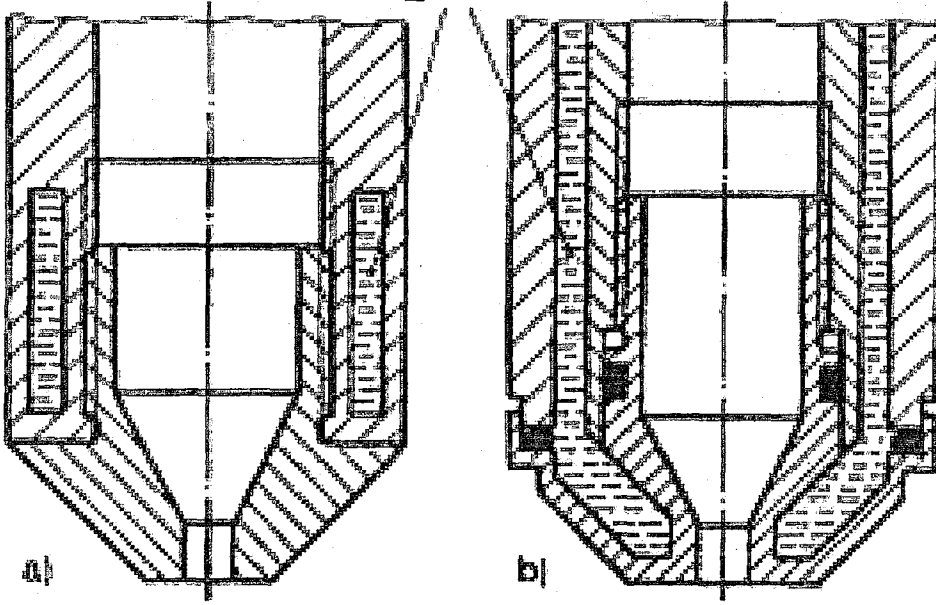
V kaynak ağzı

Şekil 3.43 Plazma arkı ile kaynak ağzı açma [4].

3.3.3.3 Meme

Nozul yada bek olarak da, adlandırılan meme, torcun içinde yer almakta, arkın dış yüzeyini çevreleyip, torçtan çıkışta büzülerek, enerji yoğunluğunun artmasını sağlamaktadır. İşte bu yüzden ki, yüksek termik güçlere maruz kalan bakır meme, dış yüzeyinden kuvvetlice soğutulmalıdır. İç yüzey de ise ark ile meme cidarı arasında iyonize olmamış, izole bir gaz tabakası oluşmaktadır, böylece plazma arkı büzülerek parçaya yönlendirilmelidir. Aksi halde meme ile plazma arkı arasında istenilmeyen bir ikinci ark oluşmaktadır ki, nozul ve elektroda verdiği kalıcı hasarlar sonucu işletme giderleri arttığından dolayı istenmemektedir. Parazit ark, olarak da adlandırılan bu ark, meme borusunun geometrisi ve dolayısıyla plazma huzmesinin dönele simetriye sahip dış yüzeyini ve yönünü değiştirecek tarzda, lokal bir erime ile memeyi tahrip etmektedir, hatasız bir kesme yüzeyi oluşumuna da engel olmaktadır. Çift ark oluşumundan kaçınmak, bazı özel konstrüktif önlemlerle mümkündür. Sekonder gaz akımı olarak adlandırılan bu uygulama, ikinci gaz plazma huzmesini örterek soğutmakta, böylelikle ki arkın da parçada yanmasını sağlayacak şekilde meme alın yüzeyindeki kritik bölgede geçiş direncini yükseltmektedir. Sekonder gaz olarak, uygun maliyetinden dolayı örneğin basınçlı hava kullanılabilir.

Soğutucu su



a) Dolaylı soğutma

b) Doğrudan soğutma

Şekil 3.44 Meme soğutma sistemleri (Böhme vd., 1992).

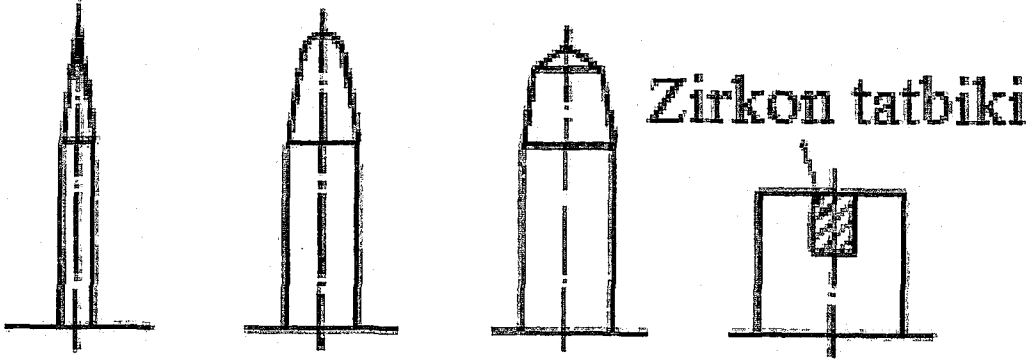
Memenin dayanma süresine, soğutma şeklinin büyük etkisi vardır, düşük güçlerde ki el torçlarında, havalı soğutma tercih edilse de, genelde su ile soğutma uygulanmaktadır. Doğrudan soğutulan memeler daha yoğun soğutulurlar ancak meme değişiminde soğutma devresinin açılması ve soğutma suyunun atılması dezavantajı vardır. Dolaylı yani vida dişleri üzerinden ve torç gövdesi yüzeyinden soğutulan memeler ise, yoğun olarak soğutulamazlar. Bu ikinci tip memelerin avantajı, soğutma devresini etkilemeden ve su ilave edilmesine gerek olmadan memenin değiştirilebilmesidir. Bu tür memelerde bir sızdırma problemi de görülmemektedir. Ayrıca açık soğutma sisteminde, memenin veya elektrodun değiştirilmesi sırasında torçtan suyun dökülmesi dezavantajı söz konusudur. Bu durumda, yüksek boşta çalışma gerilimi nedeniyle torçta kısa devre tehlikesi çok yüksektir. Meme deliğinin çapı, kesme yarığı genişliğini önemli oranda etkilemektedir ve bu etki ayrıca seçilen akım şiddetine de bağlıdır. Kesme akımı arttıkça, meme çapı da büyütülmelidir (Çizelge 3.3). Aksi halde parazit ark görülebilmektedir. Meme çapı ve uygulanan akım değeri arttıkça, kesme yarığı genişliğinin artması kaçınılmazdır (Anık vd., 1996).

Çizelge 3.3 Plazma ile kesmede parça kalınlığı meme çapı ilişkisi (Böhme vd., 1992).

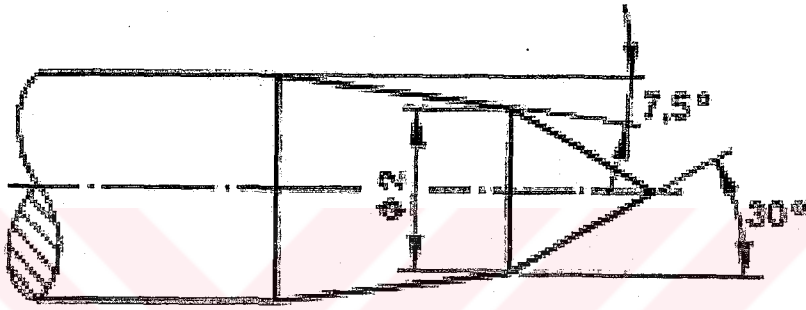
Kalınlık mm	Akım Şiddeti A	Meme çapı mm	Kesim Gazı		İşlem Hızı	
			Ar l/d	He l/d	İyi Kesim mm/d	Ayrırma amaçlı (500A) cm/dakika
10	200	2,0	15	10	1250	350
20	200	2,0	15	12	650	200
30	280	2,5	20	12	500	100
60	400	3,0	25	12	260	50
100	500	4,0	30	20	160	24
120	600	4,0	30	20	100	16

3.3.3.4 Elektrod

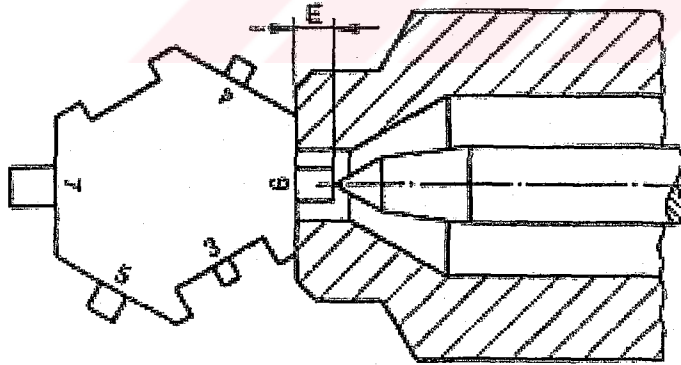
Plazma ile kesmede de, plazma ve TIG kaynağında olduğu gibi düşük miktarda zirkonyum, toryum içeren, yüksek sıcaklığa dayanıklı tungsten elektrodlar kullanılmaktadır. Alaşımlandırılmış elektrod sayesinde ark, düşük elektrod sıcaklıklarında dahi daha kararlı ve daha sakin yanmakta, elektrod ömrü artmaktadır. Saf tungsten elektrodlar sadece yüksek saflık derecesindeki oksitleyici olmayan gazlarla kullanılabilen, aksi takdirde akıcı tungsten oksitler oluşmakta ve elektrod ucu tahrip olmaktadır. Azot gibi reaksiyon taşıyıcı gazların kullanılması durumunda, nispeten kalın, düz yüzeyle tungsten elektrodlar kullanılmaktadır. Dolayısıyla toryumoksit içeriğinin çokluğu ve plazma gazının yüksek saflıkta olması, katodun daha az aşınmasını ve böylece elektrod ömrünün uzaması sağlamaktadır. Basınçlı hava gibi oksijen içeren gazların kullanılması halinde bu durum elektrod malzemesinde önemli bir aşınmaya yol açmaktadır, ancak uygulamada yapı çeliklerinin kesilmesinde tercih edilmektedir. Kullanılan elektrodlar zirkonyum, hafniyum katkılı bakır elektrodlardır. Bunlar düşük ömürlü olmalarına rağmen, maliyetlerinin yüksek olmaması ve kesim yüzeylerinin de kabul edilebilir düzeyde, düzgün ve sakalsız olmalarıyla tercih edilmektedirler. Plazma ile kesmede, yüzey kalitesinin yüksek olması için elektrodun merkezlenmesi önemlidir (Böhme vd., 1992).



Şekil 3.45 Farklı elektrod şekilleri (Böhme vd., 1992).



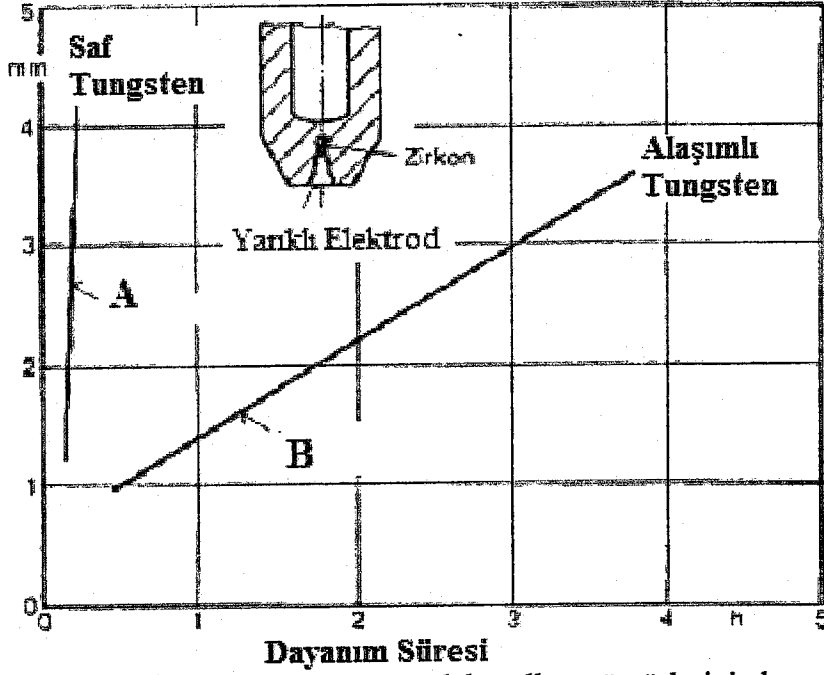
Şekil 3.46 Elektrod ucunun formu (Böhme vd., 1992).



Meme	Boşluk, mm.
3	2,0
4	2,4
5	2,8
6	3,3
7	3,7

Şekil 3.47 Elektrod merkezlenmesinin master ile kontrolü (Böhme vd., 1992).

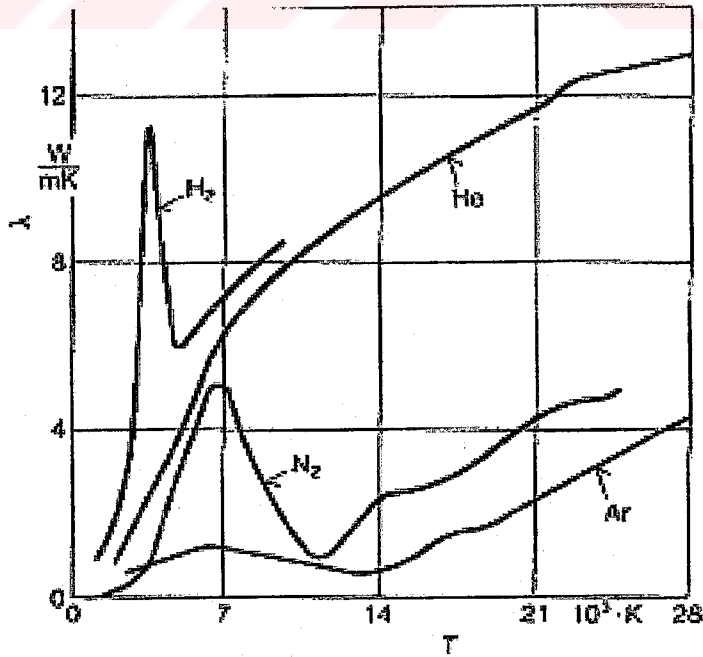
Plazma gazı olarak $9.9\text{m}^3/\text{h}$ 'de basınçlı hava ile 500 A. akım gücünde gerçekleştirilen kesme uygulamalarında, zirkon katkılı, ve zirkon katkısız tungsten elektrodların ömürlerinin karşılaştırılması ile ilgili bir grafik şekil 3.48'de verilmiştir.



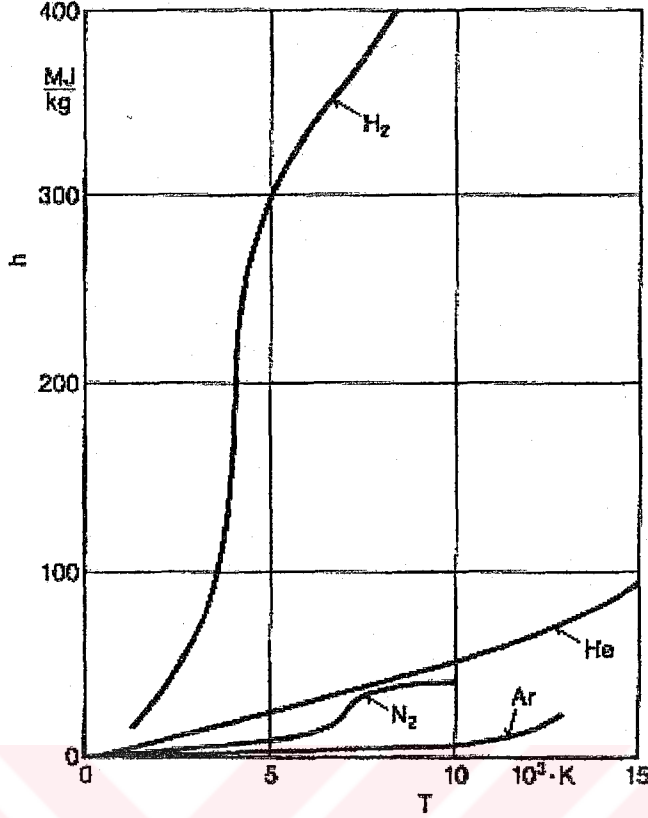
Şekil 3.48 Alaşımli, ve alaşımsız tungsten elektrodlarının ömürlerinin karşılaştırılması (Anık vd., 1996).

3.3.4 Plazma Yapıcı Ortamlar

Plazma kesme kalitesi ve ekonomikliği üzerine en önemli etkiyi, kullanılan plazma yapıcı ortam yapar. Bu ortam, bir gaz, bir kaç gazın karışımı, veya özellikle hava, yada su olabilir.



Şekil 3.49 Plazma gazlarının ısı iletkenliklerinin sıcaklıkla değişimi (Böhme vd., 1992).



Şekil 3.50 Plazma yapıcı gazların entalpileri (Böhme vd., 1992).

Çizelge 3.4 Plazma yapıcı gazların dissosiasyon ve iyonizasyon enerjileri (Anık vd., 1996).

Gaz Türü	Dissosiasyon enerjisi, eV	İyonizasyon enerjisi, eV
Argon	-	15,76
Helyum	-	24,56
Azot	15,8	14,55
Hidrojen	15,4	19,59
Oksijen	12,5	13,62

3.3.4.1 Argon

Diğer soy gazlarla karşılaştırıldığında argon, havadaki % 0.9325'lik hacim yüzdesiyle en yüksek orana sahiptir. Bu nedenle maliyeti, diğer soygazlara oranla daha düşüktür. Plazma kesme işlemindeki üstünlüğü olan kimyasal olarak nötr davranışı yanında, yüksek bir atom ağırlığına (39,95) sahip olması da diğer bir üstünlüğüdür. Plazma hüzmesindeki yüksek impuls yoğunluğu, erimiş metalin kesme yarığında uzaklaştırılmasını kolaylaştırmaktadır. Isı taşınımının etkinlik derecesi ve bunun büyüklük sıralaması gazların ısı iletkenliklerine ve enerji tutuşlarına (entalpi) bağlıdır. Argonun ısı iletkenliğinin diğer gazlara göre çok

düşüktür, bu yüzden plazma gazı olarak argon ile ulaşılabilecek maksimum kesme hızı çok düşüktür ve kesme ağzının tutuşması çok zordur (Anık vd., 1996).

3.3.4.2 Hidrojen

İki atomlu (Diatomik) gazlarda ısıl iletkenliğin maksimumu, dissosiasyon sıcaklık bölgesinde bulunur ve bir dissosiasyon-assosiasyon davranış sırası izlemektedir. H_2 'in dissosiasyonu 2000 K'de başlar ve 6000 K'de tamamlanmaktadır. Yaklaşık 25000 K'de atomik hidrojen tamamen iyonize olmaktadır. Diatomik gazlar ark içinde ve iyonizasyona uğramaları nedeniyle yüksek oranda enerji yayma üstünlüğüne sahiptir ancak özellikle kesme yarığında, assosiasyon sonucu enerjinin çoğunu geri almaktadırlar. Hidrojenin fiziksel özellikleri, tek başına argon kadar plazma kesme işlemine uygun değildir, ancak hidrojenin pozitif özellikleri, büyük enerji içeriği, yüksek ısıl iletkenliği, argonun büyük atom ağırlığı birleştirilirse, hem yüksek kinetik enerjili ve hem de kesilecek malzemeye yeterli ısı enerjisi sağlayacak bir gaz karışımı elde edilmektedir. Saf argona kıyasla yüzde birkaç hidrojen içeren karışım plazma gazı kesme hızını arttırmakta ve kesme kalitesini iyileştirmektedir. Ayrıca hidrojenin redükleyici etkisinden faydalanılmakta, yani oksitsiz bir kesme yüzeyi elde edilmektedir. Özellikle yüksek alaşımlı çeliklerin plazma ile kesilmesinde % 65 argon, % 35 hidrojen içeren bir karışım gaz kullanılmaktadır. 50 mm. kadar kalınlıklarda 750-1000A. gibi yüksek akım şiddetlerinde çalışırken kullanılabilir (Anık vd., 1996).

3.3.4.3 Azot

Fiziksel özellikleriyle azot, argon ile hidrojenin arasında yer alır. 14 olan atom ağırlığıyla hidrojenin üzerinde ve argonun altındadır. Isıl iletkenliği ve entalpisi hidrojeninkinden düşük argonunkinden yüksektir. Bu nedenle azot, prensip olarak tek başına bir plazma gazı oluşturabilmektedir. İnce cidarlı parçalar, plazma gazı olarak azotla, hızlı ve oksitsiz olarak kesilebilmektedir. Azotun kesme gazları arasında ucuzluğu bir avantajken, izafi olarak daha fazla yiv oluşturması ise bir dezavantajdır. Ek olarak tam paralel kesme yüzeyi elde edilebilmektedir. Kesme yüzeyi açısı, her şeyden önce gaz debisine ve kesme hızına bağlıdır. Kalın parçaların kesilmesinde ve uygun yükseklikte güç çevriminde duman oluşumu önemli oranda artmaktadır. 100 mm. kalınlığa kadar olan çeliklerin 20-750 A. arası akım şiddetinde kesilmesinde kullanılmaktadır. Azot-argon karışımları, argona göre daha yüksek kesme hızları sağlamaktadır. Azot-hidrojen karışımları, paralel ve negatif açılı kesme yüzeyi oluşturmaktadır. Argon, azot ve hidrojen bileşimi ise, yüksek kesme gücünde kaliteli kesme işlemi sağlamaktadır. Azot içeren gazlarla yapılan kesme işlemlerinde, zararlı bir gaz olan azot oksit oluşumuna dikkat edilmelidir (Anık vd., 1996).

3.3.4.4 Hava

Hava, esas olarak azot (hacimce % 78.8) ve oksijenden (hacimce 20.8) oluşmaktadır. Bu eşit entalpili ve her ikisi de diatomik gazlar, yüksek enerjili bir gaz karışımı oluşturmaktadır. Hava en çok kullanılan plazma gazıdır, çünkü basınçlı ve kuru havanın temini kolay, maliyeti ise düşüktür. Bu gaz en çok konvansiyonel, ve ikincil bir koruyucu işlem gazının kullanıldığı yöntemlerde, genelde yapı çeliklerinin ve paslanmaz çeliklerin kesilmesinde, 200A. akım şiddetinin altındaki uygulamalarda tercih edilmektedir. Yapı çeliklerinin kesilmesinde, yüksek kesme hızlarına ve iyi kaliteye aynı anda ulaşılmaktadır, kesme yarığının alt kenarında sarkma pek oluşmamaktadır. Havanın oksijeni, eriyen malzemenin yüzey gerilimini ve viskozitesini etkilediğinden, eriyen parçacıklar parça alt kenarına yapışmamaktadır. 5-10 mm.lik sac kalınlığı bölgesinde, birkaç kat daha yüksek kesme hızlarına ulaşılabilir. Mevcut sıcaklıklar, oksijenin varlığına rağmen stabil oksit oluşumu için çok yüksek olduğundan, oksijenle kesme işlemindeki gibi bir yanma olayı meydana gelmemektedir. Demirin oksidasyon sınırı, 2200 °C civarındadır.

Hava ile plazma kesme işlemindeki gürültü oluşumu daha yüksektir, oluşan atık gazların kesme ağzından emilmesi, ve filtre edilmesi gerekmektedir. Cihazın filtre sisteminin, tüm azot oksitleri arıtıp arıtmadığı kontrol edilmelidir, çoğu emme ve filtre sistemi, bu gazları ya çok az arıtır ya da hiç arıtmamaktadır. Küçük cihazlarda gitgide artan oranda plazma gazı olarak basınçlı hava kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalarda gaz maliyetinden sağlanan tasarrufa kıyasla elektrod maliyeti daha da düşüktür, çünkü ömrü sadece birkaç saat olan ucuz elektrodlar kullanılmaktadır. Kaynaktan önce O_2 / N_2 karışımı (örneğin basınçlı hava) bir gaz kullanılarak plazmayla kaynak ağzı açılan, özellikle ince sacların (1 ila 3 mm) eritme kaynağındaki gözenek oluşumu problemi bu tip küçük cihazlarda karışım gaz (Ar, H_2, O_2, N_2) kullanımıyla bertaraf edilebilmektedir. Saf oksijenin plazma gazı olarak kullanıldığı uygulamalarda, alaşımsız çeliklerin kesilmesinde, en yüksek kesme kalitesi edilmektedir. 15-260A. arasındaki akım şiddetlerinde 30mm. kalınlığa kadar çeliklerin kesilmesinde tercih edilmektedir (Anık vd., 1996).

3.3.4.5 Su

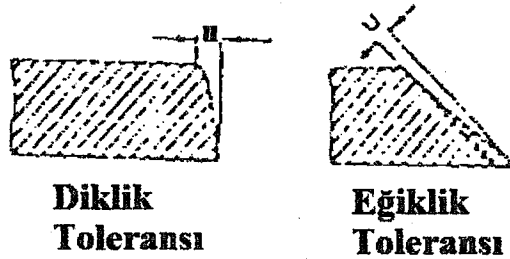
Yüksek sıcaklık bölgesinde, yeterli enerji girdisiyle dissosiyeye ve aynı zamanda iyonize olabilen su, kendisini oluşturan hidrojen ve oksijene ayrılmaktadır. Bu tip birleşik plazmada, oksijen ve hidrojen için geçerli özelliklerin birleşimi avantajı elde edilmektedir. Ancak pratikte su. plazma yapıcı ortam olarak tek başına kullanılamaz, ancak azot gibi plazma oluşturuvcu gazlar ile yapılan kesme işlerinde, eşzamanlı olarak plazma torcuna su da sevk

edilmektedir. Su, arkı büzüştürme etkisinin yanı sıra hem iş parçasının çarpılmasını azaltmakta, hem de oluşan atık gaz ve katı parçacıklarının filtre edilmesini, gürültünün azalmasını sağlamaktadır (Anık vd., 1996).

3.3.5 Plazma ile Kesmede, Kesme Yüzeylerinin Kalitesi ve Ölçü Toleransları

3.3.5.1 Diklik ve Eğiklik Toleransı "u"

Kesme yüzeyinin en üst ve en alt noktalarından, kesme açısı doğrultusuna çizilen paralel çizgi arasındaki mesafeye, diklik ve eğiklik toleransı denmektedir.

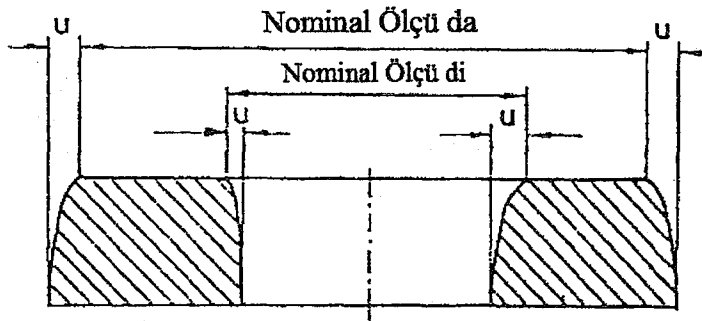


Şekil 3.51 Diklik ve eğiklik tolerans alanı (Anık vd., 1996).

Plazma ile kesmede diklikten sapma ölçülürken, erime nedeniyle üst kenarda oluşan yarıçapın etkisi de dikkate alınmaktadır. Kenarların erimesiyle oluşan yarıçap, diklik ve eğiklik toleransına dahil edilmektedir.



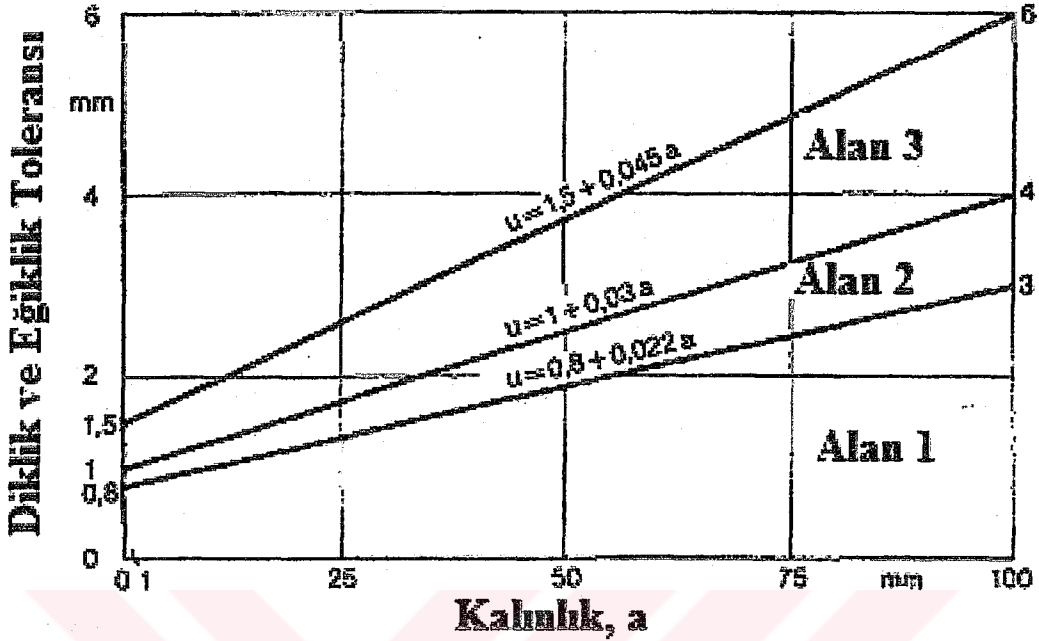
Şekil 3.52 Plazma kesmede diklik ölçümünün yapılması (Anık vd., 1996).



Şekil 3.53. Bir halka örneğinde nominal boyutlar (Anık vd., 1996).

Oksijenle ve laser ışınıyla kesmede diklik ve eğiklik toleransı u nedeniyle ortaya çıkan boyut farklılıkları, boyut için verilen sınır değerleri aşmamalıdır. Plazma ile kesmede ise, nominal

boyutun sınır değerleri, bu sapmaları içermez. Bu nedenle bu farklılıkların, kesilecek parçanın boyut toleranslarının belirlenmesinde dikkate alınması gerekmektedir (Anık vd., 1996)..

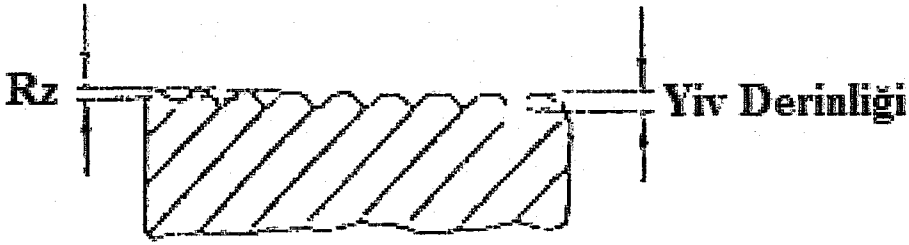


Şekil 3.54 Plazma ile kesmede diklik ve eğiklik toleransları-DIN 2310, (Böhme vd., 1992).

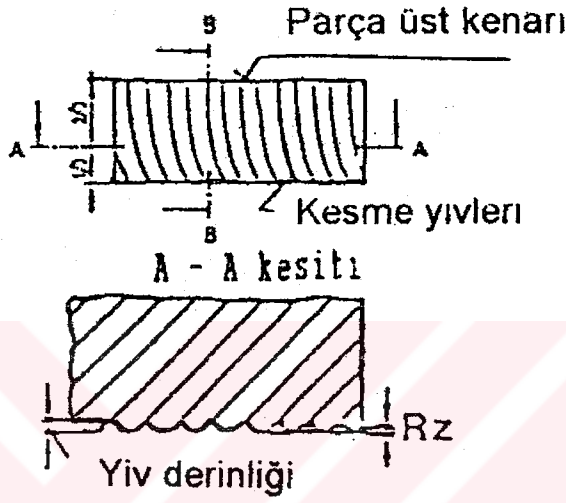
Kaynak ağzı hazırlıklarında kesme yüzeyinin kalitesinin çok yüksek olması gerekmemektedir. Kaynakta kalite güvencesine ulaşmak bakımından, çoğu kez kesme yüzeylerinin metalsel malzeme ortaya çıkana kadar taşlanması gerekmektedir. Plazma ile kesmede tam dik kesitlerin elde edilmesi mümkün değildir. Dik kesitler ancak ilave mekanik işleme yöntemleriyle sağlanabilmektedir. Bunların yanında, kesme yüzeyi kalitesi, kullanılan plazma kesme tekniğine, torç tipine ve kesilen malzemeye bağlıdır. Her plazma kesme sistemiyle Kalite I, Alan 1 kalitesine ulaşılammaktadır. Şekil 3.54' de artan parça kalınlığına bağlı olarak eğim değerinin değişimi DIN 2310-III'e göre verilmiştir (Böhme vd., 1992).

3.3.5.2 Ortalama Pürüzlülük Derinliği "R_z"

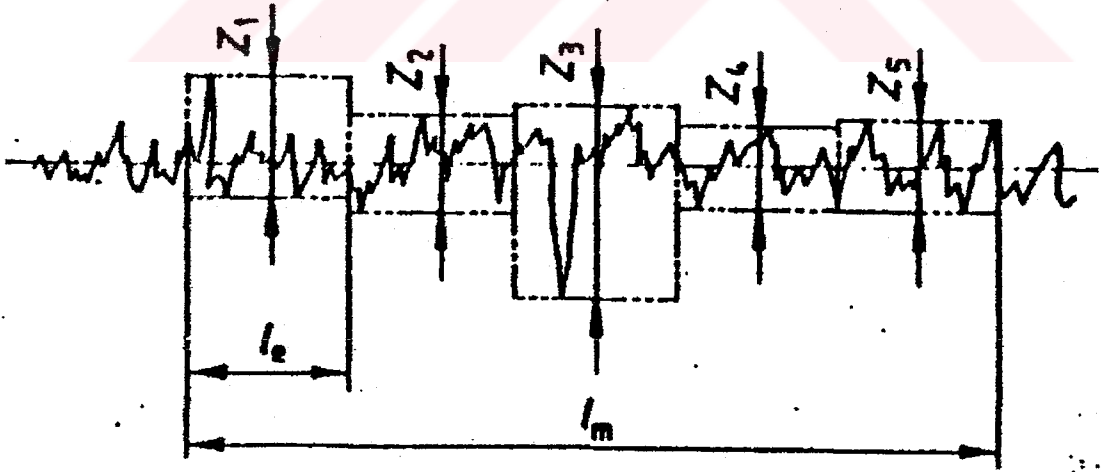
Kesme yönünde oluk profillerinin en çukur noktası ile ana profildeki en üst nokta arasındaki mesafeye, ortalama yüzey pürüzlülüğü denmektedir. Ortalama pürüzlülük değerinin belirlenmesi için, plazma ile kesmede, parça üst yüzeyinden itibaren sac kalınlığının 2/3'ü mesafede, kesit boyunca birkaç yerden ölçüm yapılarak, aritmetik ortası alınmaktadır (Anık vd., 1996).



Şekil 3.55 Yiv derinliği (Anık vd., 1996).

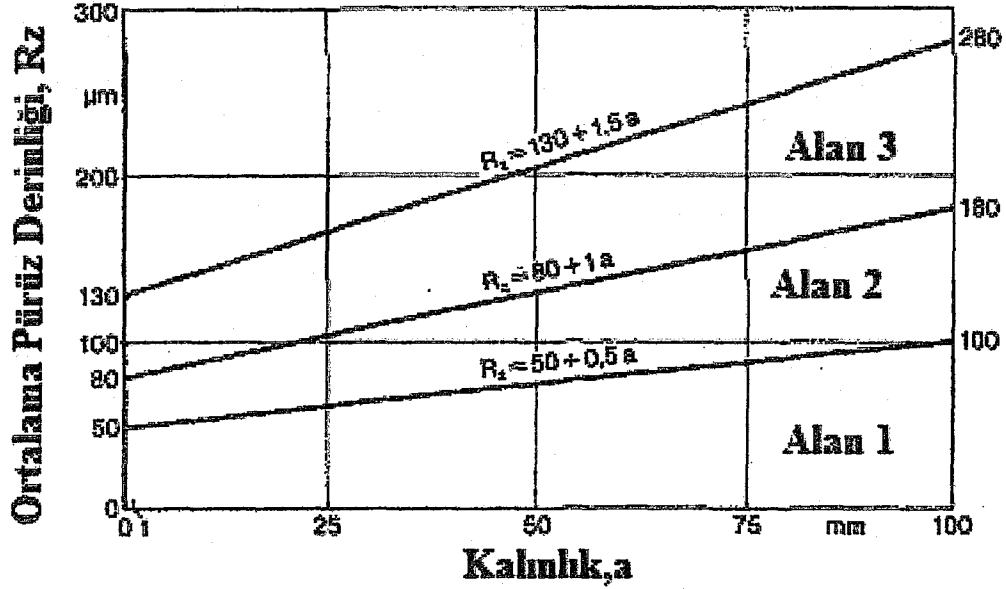


Şekil 3.56 Ortalama pürüzlülük derinliği (Anık vd., 1996).



Şekil 3.57 Ortalama pürüzlülük derinliğinin ölçülmesi (Anık vd., 1996).

Diklik ve eğiklik toleransında olduğu gibi burada da gerekli kalite sınıfı, kullanım amacına göre seçilmeli, ve aşırı taleplerden kaçınılmalıdır. Kaynak ağzı hazırlığında Alan-2 yeterlidir, Alan-1 ise ancak çok özel durumlarda hedeflenmelidir (Böhme vd., 1992).



Şekil 3.58 Plazma kesmede müsaade edilen ortalama pürüz derinlikleri (Böhme vd., 1992).

3.3.5.3 Kenarların Erimesiyle Oluşan Yarıçap "r"

Plazma kesmede, oksijenle kesmeden farklı olarak bu yarıçap, diklik ve eğiklik toleransına dahil edilmektedir (Anık vd., 1996).

3.3.5.4 Kesme Yivlerinin Geriye Sürüklenmesi

Kesme yivlerinin geriye sürüklenmesi, plazma kesmede, oksijenle kesmedeki kadar ilginç değildir. Malzeme türüne bağlı olarak (örneğin yapı çeliği, CrNi-çeliği veya demir dışı metaller) yivlerin görünüşü fark etmektedir. Plazma ile kesilen parçalarda elde edilen yüzey kalitesi, oksijenle kesmede elde edilenden daha düşüktür. Dik kesme yüzeyleri veya keskin kenarlar gerektiğinde, bunlar ancak taşlama veya frezeleme gibi mekanik işlemlerle elde edilebilmektedir. Konvansiyonel plazma kesme yöntemlerinde (kuru plazma kesme) kesilen CrNi-çeliklerinde, kaynak hatalarını önlemek bakımından kesme yüzeylerindeki oksitlerin taşlanarak temizlenmesi gerekmektedir. Su püskürtmeli plazma kesmede, kesme yüzeyleri çok hafif şekilde oksitlendiğinden, ilave işlem gerekmemektedir (Anık vd., 1996).

3.3.5.5 Tek Taraflı Isı Etkisi Altında Plazma ile Doğrusal ve Eğrisel Kesmede Boyut Toleransları

Plazma ile kesmede ısı etkisiyle çarpılma az olduğundan, boyut hassasiyeti yüksek parçalar elde edilebilmektedir. Plazma ile kesilen parçalar, DIN 2310 Kısım IV'e göre oluşturulursa, bu takdirde nominal ölçülere, kesme yüzeyi eğikliği dahil edilmemektedir (Çizelge 3.5). Ölçü toleransları C ve D olmak üzere iki tolerans sınıfına ayrılmıştır. Tolerans sınıfı C, plazma ile kesmede elde edilebilecek en yüksek hassasiyeti, tolerans sınıfı D ise özel, taleplerin

bulunmadığı normal üretim hassasiyetini temsil etmektedir. Tolerans sınıfı C, ancak teknik açıdan mutlaka gerekliyse talep edilmelidir.

Çizelge 3.5 Plazma kesmede nominal ölçüler için verilen sınır değerler (Böhme vd., 1992).

Tolerans sınıfı	Parça kalınlığı	Nominal ölçü için sınır değerler			
		35-<315	315- <1000	1000- <2000	2000-<4000
C	3- <50	± 1,0	±1,0	±1,5	±2,0
	50- <100	±1,5	± 2,0	±2,5	± 3,0
D	3- <50	±2,0	±2,5	±3,0	±3,5
	50- <100	±2,5	±3,5	±4,0	±4,5

Dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta da, plazma ile kesmede, oksijenle kesmenin tersine, nominal ölçüler için verilen sınır değerlerin, diklik ve eğiklik toleransları nedeniyle oluşan saplamaları içermediğidir. Çizelge 3.5 'de nominal ölçüler için verilen sınır değerler, kenarlarının oranı 4:1 ve kesme uzunluğu (dairesel kesmelerde ise çevre uzunluğu) en az 350 mm olan parçalar için geçerlidir (Böhme vd., 1992).

3.4 Deneysel Çalışma

Yapılan deneysel çalışmalar için 15mm kalınlığında St-37, 6mm kalınlığında AISI 316, 25mm ve 40mm kalınlıklarında AISI 304 malzemeden parçalar hazırlanmıştır. Bu deney parçaları, ikisi CNC biri manuel kontrollü üç ayrı tezgahta kesilmiştir. Uygulamada torç ilerleme hızı ve akım şiddeti değişken olarak kabul edilmiş ve bu parametrelerin kesme yüzeyi kalitesine etkileri incelenmiştir. Elde edilen yüzeylerin fotoğrafları çekilerek incelenmiş, TS 7227'ye göre ortaya çıkan hataların sınıflandırılması yapılmıştır. Yüzeylerin eğimleri ölçülmüş ve deney parçalarının DIN 2310'a göre hangi kalite sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Çizelge 3.6 Plazma ile kesme işleminin unsurları

İşletme gazı	Torç	Makina	Malzeme
Kimyasal bileşim	Konstrüksiyon	Konstrüksiyon	Kimyasal bileşim
Basınç-Debi	Yaş	Yaş	Kalınlık
Sıcaklık	Saçtan uzaklık	Akım şiddeti	Durum
Safiyet	Kesme açısı	Güç	Hata
Karışım oranı	Akış özellikleri	Kesme hızı	Sıcaklık

3.4.1 Deneysel Çalışma, 1. Grup

Plazma arkı ile ergiterek kesmede, birinci grup deneysel çalışma için St-37 malzemedan 15mm kalınlığında 11 adet, AISI 316 malzemedan 6mm kalınlığında 2 adet parça hazırlanmıştır. Uygulamalar hem otomatik CNC kontrollü, hem de manuel elle kumanda edilen torca sahip makinelerde gerçekleştirilmiştir. Deneysel parçaları ve uygulama ile ilgili ayrıntılar çizelge 3.7’de verilmiştir.

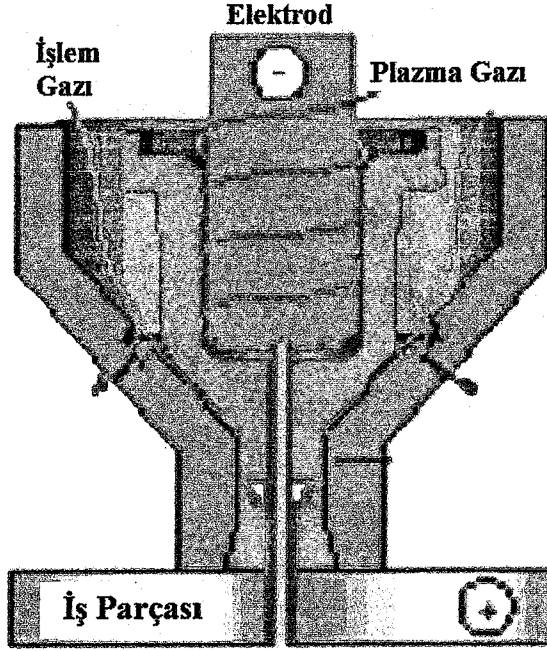
Çizelge 3.7 Deneysel çalışmaya ait ayrıntılar, birinci grup

Numune sayısı	10 Adet
Malzeme	St-37, %C<0,015, R _m <370 N/mm ²
Parça Boyutları	100mm x 50mm x 15mm
	Gerçekte, kesimi yapılan saclar yada muhtelif parçalar, depo, atölye, yada çalışma ortamlarında genelde hadde cürufu, yanı sıra pasla kaplıdır. Bu durum, deneysel çalışma için hazırlanan numunelerde de aynı kabul edilmişti, ancak plazma arkının temiz metal yüzey ile doğrudan teması sağlandığında yüksek kesme yüzeyine kalitelerine ulaşılabilir. Bütün deneysel çalışmalar da kesilen numuneler, daha önceden aynı plakadan kesilerek hazırlanmış ayrı ayrı soğuk sac parçalardan elde edilmiştir.
Plazma Yöntemi	Koruyucu gaz ile plazma kesme
Plazma Gazı	Hava
Plazma Gazı Basıncı	6.2 bar, kuru, ve yağsız hava
Plazma Gazı Akış Debisi	260 lt/dak
Koruyucu Gaz	Hava
Plazma Kesme Ünitesi	Hypertherm Powermax 1650
Akım Kaynağı	16kW, 100 A, 160 V DC , inverter.
Maksimum Çıkış Gücü	

Akım Kaynağı Ağırlığı	58 kg.
Kesme Akımı Şiddeti	75 A, 87.5 A, 100 A
Torç İş Parçası Arası Mesafe	Sabit,5mm, sensör kontrollü.
Torç İlerleme Hızı	2000 mm/dak, 1400 mm/dak, 1100 mm/dak, 800 mm/dak.
Torç	Uygulanan akım şiddeti aralığına uygun orijinal Hypertherm marka yeni, meme, elektrod, aparatları
Kesim Tezgahı	Otomatik kesme işlemi yapan, CNC kontrollü, mekanize hareketli tabla, Oytun marka.
Tezgah Yaşı	~1 Sene
Deneysel Çalışmanın Yapıldığı İşletme	Erden Demir San. Tic. Ltd. Şti. Kartal, İstanbul



Şekil 3.59 Birinci grup deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği akım kaynağı,
Hypertherm Powermax 1650

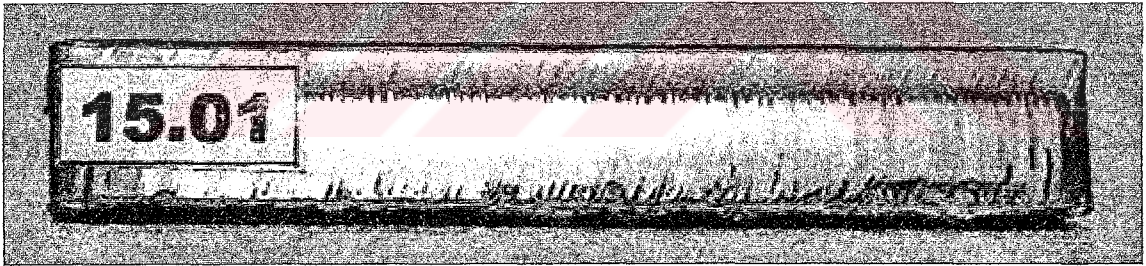


Şekil 3.60 Deneysel çalışmanın yapıldığı plazma ünitesinin, koruyucu gaz sistemli torcunun kesiti [3].

Çizelge 3.8 Deneysel çalışma parametreleri, ilk grup

Kesme Akımı Şiddeti(A)	Kesme Hızı (mm/dakika)	Parça No	Açıklamalar
Düşük Akım: 75A	Yüksek Hız 1416 mm/dak	15.07	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 1100 mm/dak	15.10	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 800 mm/dak	15.05	St-37 100mm x 50mm x 15mm
Normal Akım: 87.5 A	Yüksek Hız 1416mm/dak	15.08	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 1090 mm/dak	15.06	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 800 mm/dak	15.04	St-37 100mm x 50mm x 15mm

Yüksek Akım: 100 A	En Yüksek Hız 2000 mm/dak	15.02	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Yüksek Hız 1400 mm/dak	15.01	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Normal Hız 1121 mm/dak	15.03	St-37 100mm x 50mm x 15mm
	Düşük Hız 800 mm/dak	15.09	St-37 100mm x 50mm x 15mm
Normal Akım 85 A	Yüksek Hız 1300mm/dak	6.01	100mm x 50mm x 6mm ASTM-316 %C<0.08, %Mn 2.00, %P 0.045, %S 0.030, %Si 1.00, %Cr 16-18, %Ni 10-14, %Mo 2-3



Şekil 3.61 Deney parçası 15.01

3.4.1.1 Parça No 15.01

Torcun ilerleme hızı yüksek seçilmekle beraber, akım şiddeti de yüksek tutularak, hızlı ilerlemenin olumsuz yönleri azaltılmaya çalışılmıştır. Parça üst yüzeyinde temiz bir kesim kenarı elde edilmiştir. Ancak hızlı kesimin sonucu olarak, plazma jeti ergimiş metali alt kesme kenarından tamamıyla atmaya zaman bulamamıştır. Alt kesme kenarında bir miktar cüruf yapışması gözlenmektedir. Sürüklenme çizgilerinin ise, kesme yüzeyi kesitinde, yukarıdan aşağıya doğru ilk ~4mm. 'lik kısımda, kesme yönünde, torcun hızlı ilerlemesi yüzünden kesme yönünde, şekle göre soldan sağa doğru, sonraki ~8mm. 'lik kısımda,

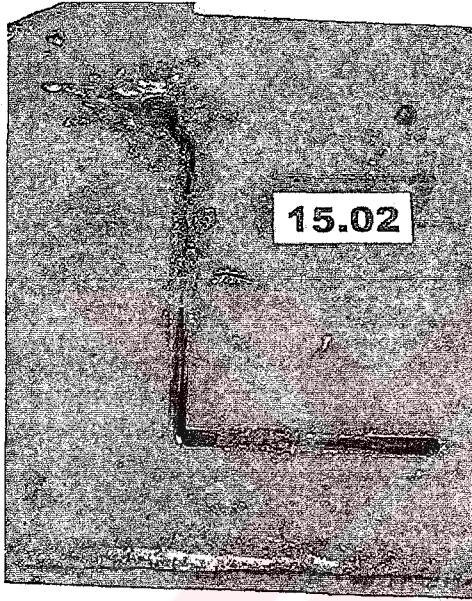
yukardan aşağı dik olarak, alt ~3mm. 'lik kısımda, ise ilerleme yönünün tersine yattığı görülmektedir.

Torç ilerleme hızı: 1400 mm/dakika

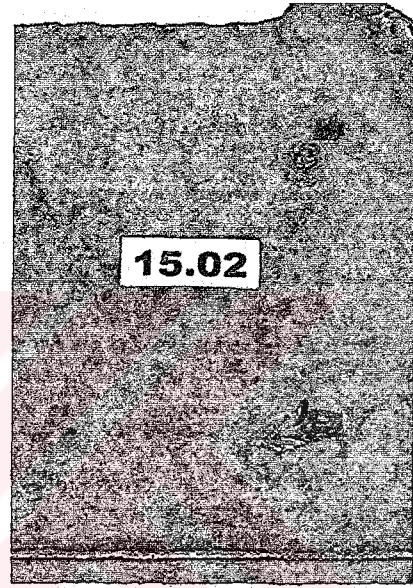
Akım şiddeti: 100A

Hataların adlandırılması: Kesme kenarı altında cüruf yapışması

Hataların sınıflandırılması: 31 (TS 7227)



a- Üst yüzey



b- Alt yüzey

Şekil 3.62 Deney parçası 15.02

3.4.1.2 Parça No 15.02

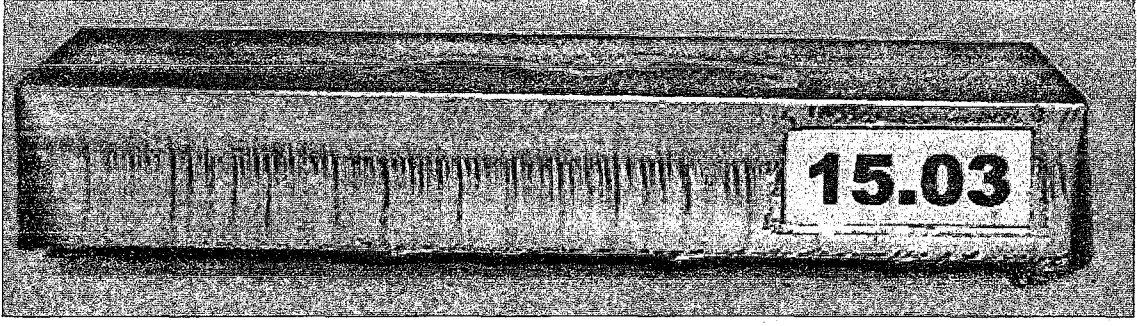
Plazma arkı ile kesme akım kaynağının, Hypertherm Powermax 1650, kullanım kılavuzunda, 12.7mm.(½") kalınlığında yapı çeliği için, 2235 mm/dakika, torç ilerleme hızı verilmişse de mevcut deney ortamında 2000 mm/ dakika ilerleme hızında yapılan uygulamada kesme işlemi gerçekleşmemiştir. Şekillerde numune 15.02'nin hem üst, hem de alt yüzeyinin çekilmiş fotoğrafları verilmiştir.

Torç ilerleme hızı: 2000 mm/ mm/dakika

Akım şiddeti:100 A

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -

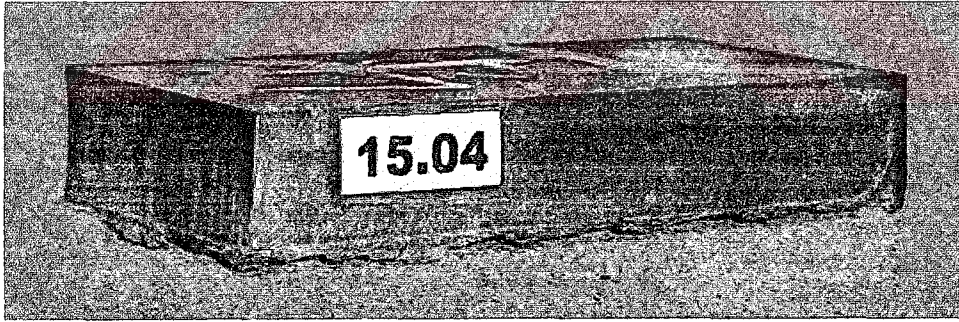


Şekil 3.63 Deney parçası 15.03

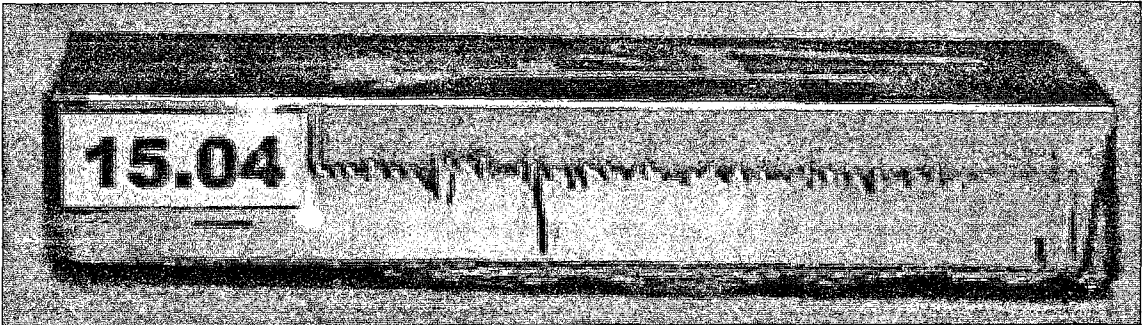
3.4.1.3 Parça No 15.03

Parça incelendiğinde, yüksek akım şiddetinde, torç ilerlemesi yavaş tutularak yapılan kesim işleminin neticesinde, sürüklenme hatlarının belirgin şekilde derinliği, ve normale yakın dikliği ile kesme üst kenarında bir miktar ergime gözlenmektedir.

Torç ilerleme hızı:	1121 mm/dakika
Akım şiddeti:	100 A
Hataların adlandırılması:	Üst kesme kenarında ergime, aşırı sürüklenme hattı derinliği
Hataların sınıflandırılması:	111, 224 (TS 7227)



Şekil 3.64 Deney parçası 15.04



Şekil 3.65 Deney parçası 15.04

3.4.1.4 Parça No 15.04

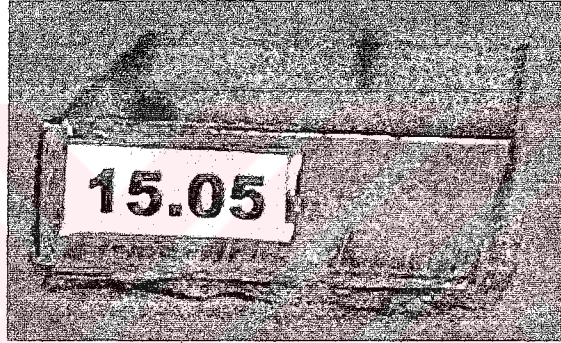
İdeal akım şiddetinde torcun ilerlemesi yavaşlatılınca, sürüklenme çizgilerinin gözlenmediği, yalnız kesme yüzeyinin üst kenarının aşırı ısı etkisi altında bir miktar deformasyona uğradığı, alt kenarda kopabilir kesim cürufu olduğu gözlenmektedir. Kesme sonucu oluşan eğim açısı, kesim parametrelerinden dolayı eksi yöndedir, yani yarık genişlemesinin iş parçasının alt kenarında oluşmaktadır.

Torç ilerleme hızı: 800 mm/dakika

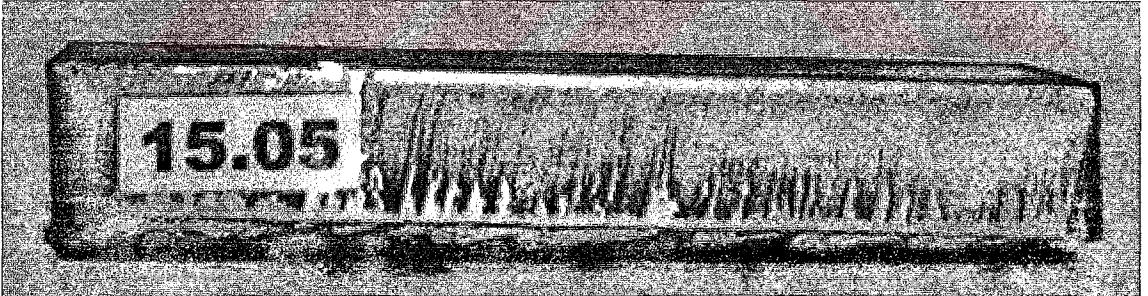
Akım şiddeti: 87.5 mm/dakika

Hataların adlandırılması: Cüruf yapışması, yarık genişlemesinin iş parçasının alt kenarında oluşması

Hataların sınıflandırılması: 3, 2122 (TS 7227)



Şekil 3.66 Deney parçası 15.05

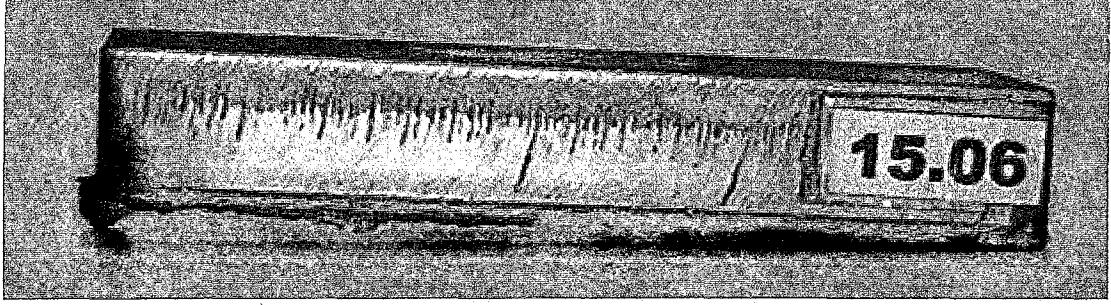


Şekil 3.67 Deney parçası 15.05

3.4.1.5 Parça No 15.05

Torcun yavaş ilerletilmesi sonucu kesme yüzeyine aşırı ısı nüfuziyeti ile oluşacak yüzey kusurları akım şiddeti düşürülerek önlenmek istese de, düzgün fakat kısmen derin sürüklenme çizgileri dik olarak gözlenmiştir. Yanı sıra plazma jetinin şiddeti alt yüzeyi kesmede ve ergimiş metali tamamıyla kesim yüzeyinin alt kısmından atmada yetersiz kalmış, öte yandan üst kenar ile uzun süreli teması sonucu, üst kesme kenarında az miktarda yuvarlaklaşma ortaya çıkmıştır.

Torç ilerleme hızı:	800 mm/dakika
Akım şiddeti:	75 A
Hataların adlandırılması:	Üst kesme kenarında ergime, kesme yüzeyi hataları, kesme kenarı altında cüruf yapışması
Hataların sınıflandırılması:	111, 2, 31 (TS 7227)

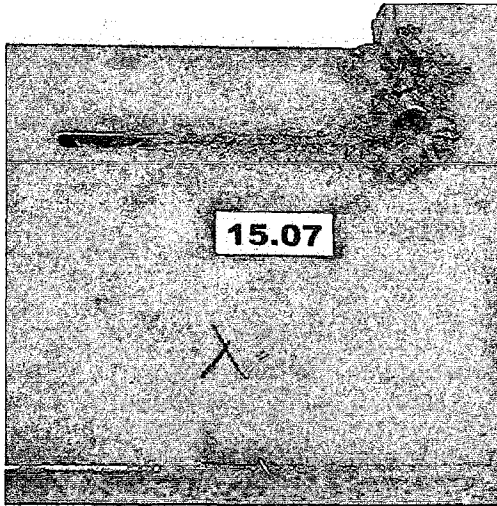


Şekil 3.68 Deney parçası 15.06

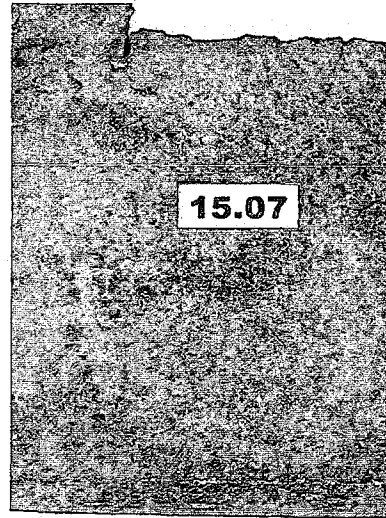
3.4.1.6 Parça No 15.06

Optimum kesme parametrelerinin kullanılmış olduğu bu uygulamada, kesme yüzeyi üst kenarındaki bir miktar ergime ve alt kenarda kolayca kopabilir kesme cürufu tabakası gibi kabul edilebilir hatalar gözlenmektedir, ancak en yüksek kesme yüzeyi kalitesi bu deney parçasında elde edilmiştir.

Torç ilerleme hızı:	1090 mm/dakika
Akım şiddeti:	87.5 A
Hataların adlandırılması:	-
Hataların sınıflandırılması:	-



a- Üst yüzey



b- Alt yüzey

Şekil 3. 69 Deney parçası 15.07

3.4.1.7 Parça No 15.07

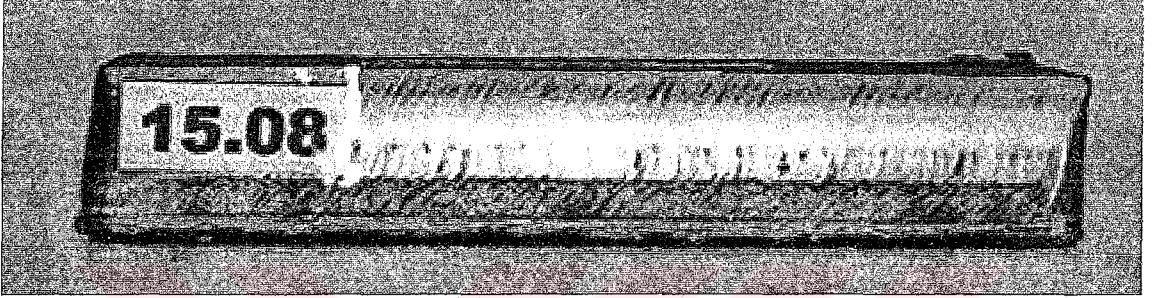
Düşük akım şiddetinde, yüksek hızla kesim yapılmak istense de, ayırma işlemi dahi gerçekleşmemiştir. Şekil 3.69'da parçanın üst ve alt yüzlerinin çekilmiş fotoğrafları verilmiştir.

Torç ilerleme hızı: 1416 mm/dakika

Akım şiddeti: 75 A

Hataların adlandırılması: -

Hataların sınıflandırılması: -



Şekil 3.70 Deney parçası 15.08

3.4.1.8 Parça No 15.08

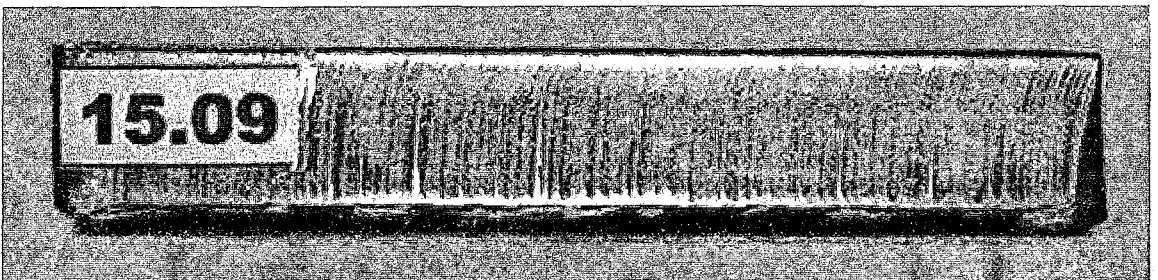
Bu deney parçasının kesiminde, normal olan kesme akımı değerine rağmen, torç ilerlemesi yüksek hızda gerçekleştiğinden, kesme yüzeyinin alt yarısı düşük kesme enerjisine maruz kalmaktadır. Bu nedenle kesme işlemi yüzeyin alt yarısında yeterli düzgünlükte gerçekleşmemiş, ergiyen malzeme alt kısımdan atılamamış ve sürüklenme torcun hareket yönünde belirginleşmiştir.

Torç ilerleme hızı: 1416 mm/dakika

Akım şiddeti: 87.5 A

Hataların adlandırılması: Aşırı sürüklenme, kesme yüzeyinde cüruf parçacıkları,

Hataların sınıflandırılması: 221, 32 (TS 7227)



Şekil 3.71 Deney parçası 15.09

3.4.1.9 Parça No 15.09

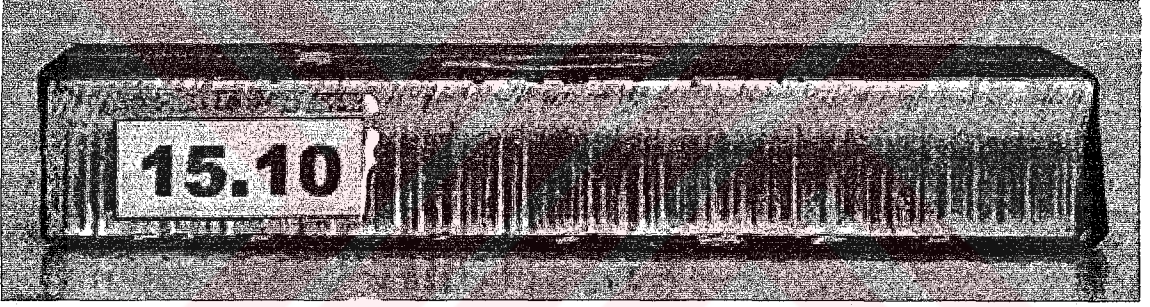
Bu parça incelendiğinde; yüksek akım şiddetinde yavaş hızla kesim yapıldığından dolayı, kesme yüzeyinin tümünde sürüklenme çizgilerinin belirginleştiği ve çizgilerin torcun hareket yönüne doğru, soldan sağa eğimi gözlenmektedir. Ancak işlem enerjisi yüksek ve işlem süresi fazla olduğundan dolayı alt kenarda ergimiş parça birikmesi, üst kesme yüzeyinde ise bir miktar ergime gözlenmektedir.

Torç ilerleme hızı: 800 mm/dakika

Akım şiddeti: 100 A

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime, aşırı sürüklenme hattı derinliği, kesme kenarı altında cüruf yapışması

Hataların sınıflandırılması: 111, 224, 31 (TS 7227)



Şekil 3.72 Deney parçası 15.10

3.4.1.10 Parça No 15.10

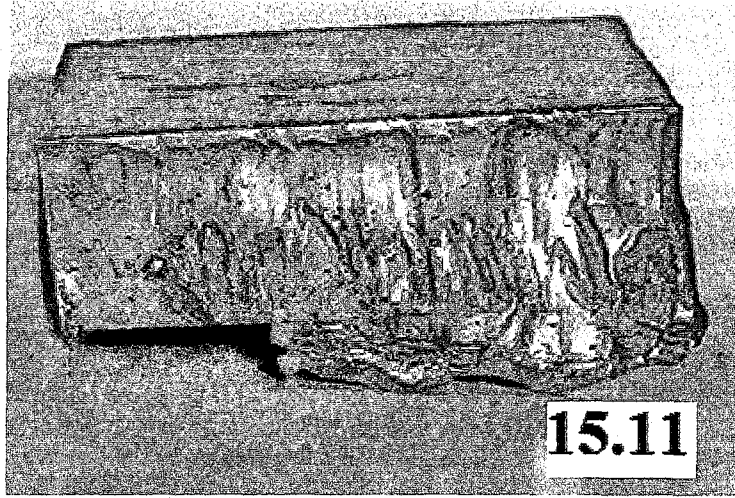
Kesme akımı şiddeti düşük tutulduğundan dolayı ayrılma yüzeyinde düzgünsüzlükler gözlenmektedir. Üst kesme kenarında ergimeler ve alt yüzeyde ise bir miktar cüruf kalıntıları mevcuttur.

Torç ilerleme hızı: 1100 mm/dakika

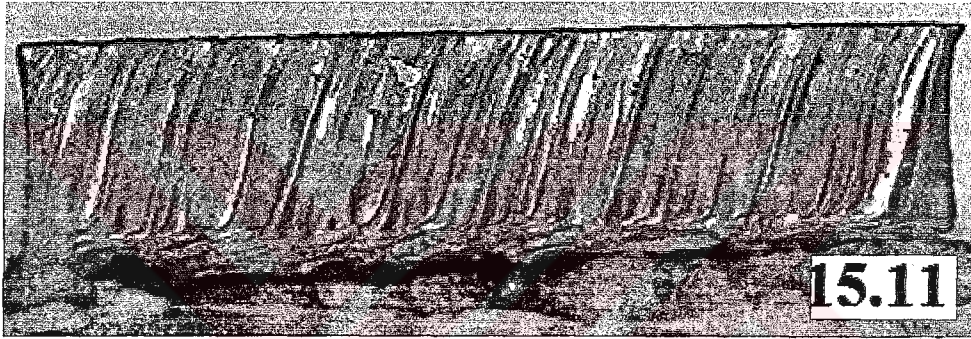
Akım şiddeti: 75 A

Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyi hataları

Hataların sınıflandırılması: 2 (TS 7227)



Şekil 3.73 Deney parçası 15.11 yan görünüşü.



Şekil 3.74 Deney parçası 15.11 ön görünüşü.

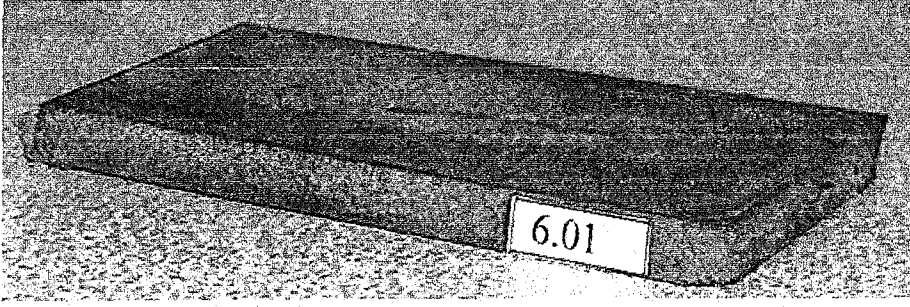
3.4.1.11 Parça No 15.11

15.11 numaralı deney parçası, şekil 3.79'da gösterilmiş olan el plazması ile manuel olarak kesilmiştir. 100 A. akım şiddetinde 7 bar hava basıncında, konvansiyonel tip torç ile kesilen parça incelendiğinde, torcun hızla ilerletilmesinden dolayı alt kenarda yüzeyden atılmayan cüruf parçacıkları, yüzeyde derin oluklar halinde sürüklenme çizgileri görülmektedir.

Akım şiddeti: 100 A

Hataların adlandırılması: Aşırı sürüklenme hattı derinliği, kesme yüzeyinde cüruf parçası

Hataların sınıflandırılması: 224, 32 (TS 7227)



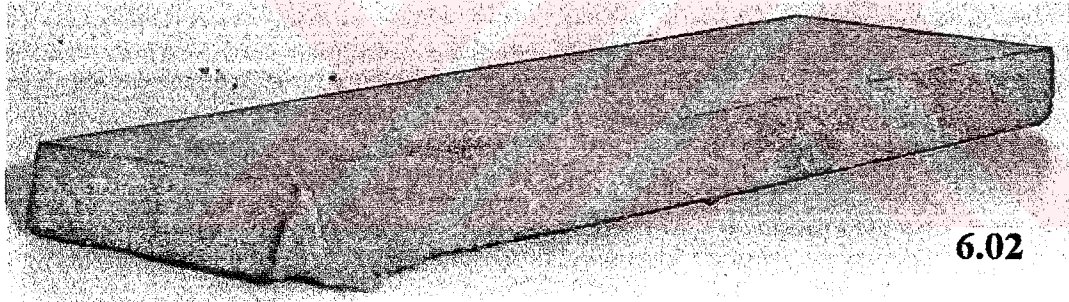
Şekil 3.75 Deney parçası 6.01

3.4.1.12 Parça No 6.01

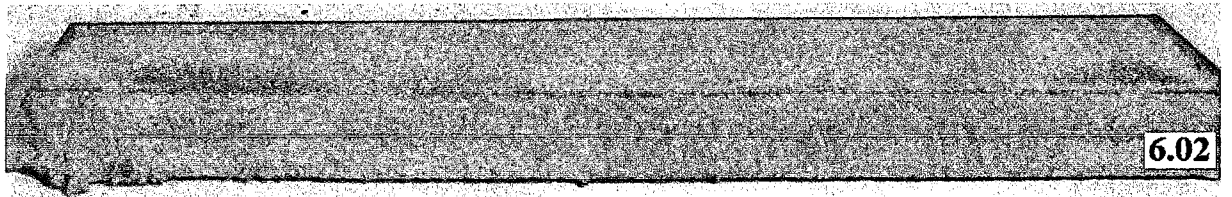
AISI 316 kalitesindeki çelikten 6mm. kalınlığındaki parça, birinci grup deneysel çalışmanın yapıldığı CNC kesim tezgahında, ideal akım şiddetinde, yüksek hızda kesilmiştir. Sonuçta şekilden de görüldüğü gibi yapı çeliklerine oranla, mat pürüzlü bir kesme yüzeyi elde edilmiştir (Şekil 3.75).

Torç ilerleme hızı: 1300 mm/dakika

Akım şiddeti: 85 A



Şekil 3.76 Deney parçası 6.02

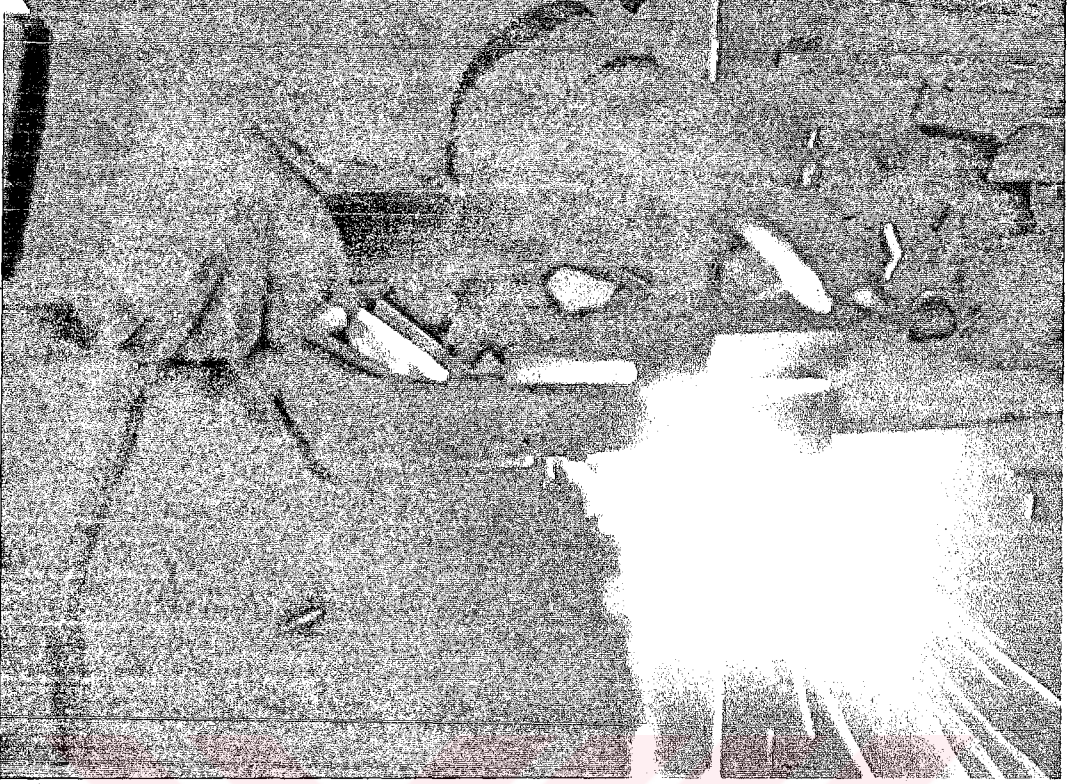


Şekil 3.77 Deney parçası 6.02

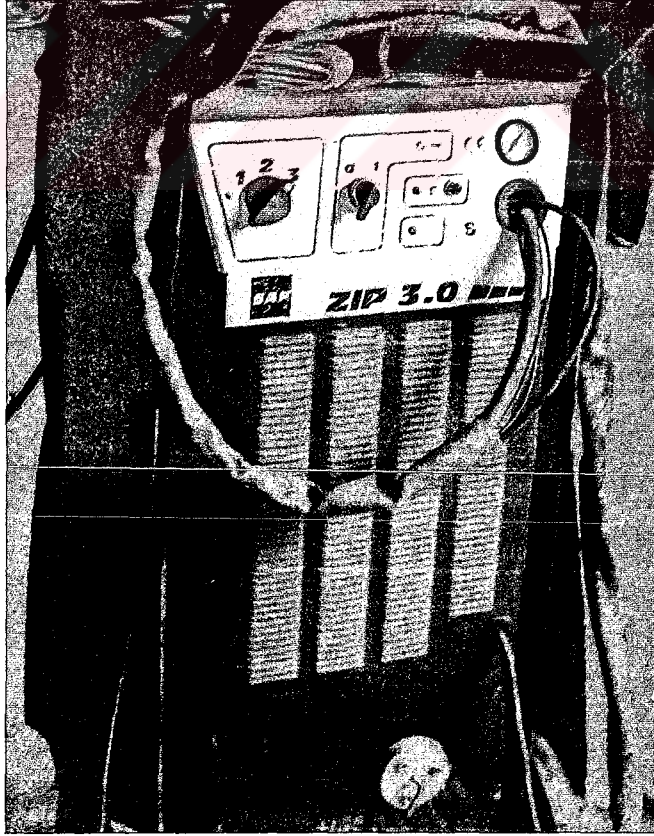
3.4.1.13 Parça No 6.02

Parça 6.01 ile aynı AISI 316 malzemeden kesilen 6.02 sayılı deney parçası, 15.11 sayılı parça ile aynı manuel kontrollü el torcu ile kesilmiştir. 100 A akım şiddetinde, yavaş hızda kesilen parçanın kesim yüzeyi parça 6.01'e benzer mat pürüzlü görünüştedir.

Akım Şiddeti: 100 A.



Şekil 3.78 El ile plazma kesme deneysel çalışmasının uygulanması.



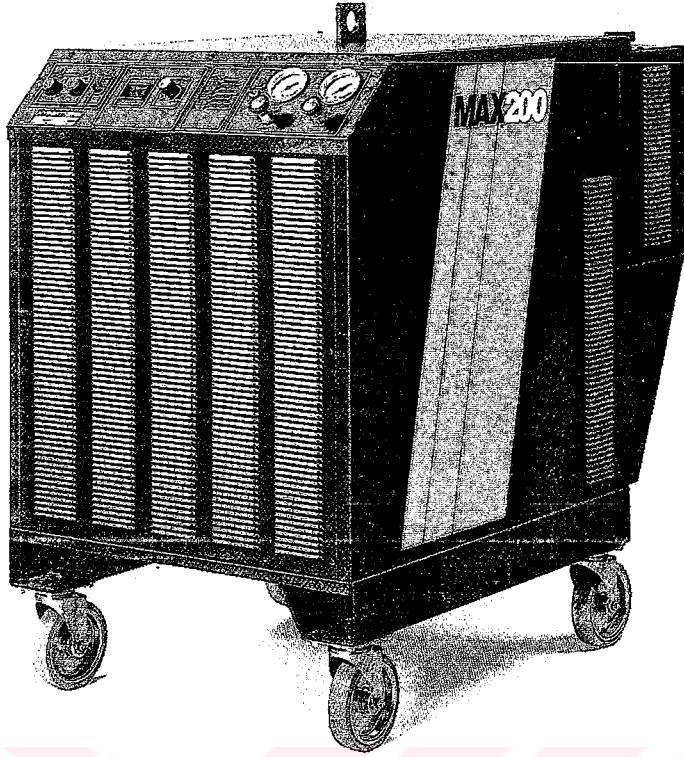
Şekil 3.79 El ile plazma kesme çalışmasının gerçekleştirildiği 24,5kVA gücünde plazma akım kaynağı.

3.4.2 Deneysel Çalışma, 2. Grup

Plazma arkı ile ergiterek kesmede, ikinci grup deneysel çalışma için AISI 304 malzemeden 12mm kalınlığında 4 adet, 25mm kalınlığında 2 adet, 40mm kalınlığında 1 adet parça hazırlanmıştır. Uygulamalar hem otomatik CNC kontrollü, hem de manuel elle kumanda edilen torca sahip makinelerde gerçekleştirilmiştir. Deneysel parçaları ve uygulama ile ilgili ayrıntılar çizelge 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Deneysel çalışmaya ait ayrıntılar, ikinci grup

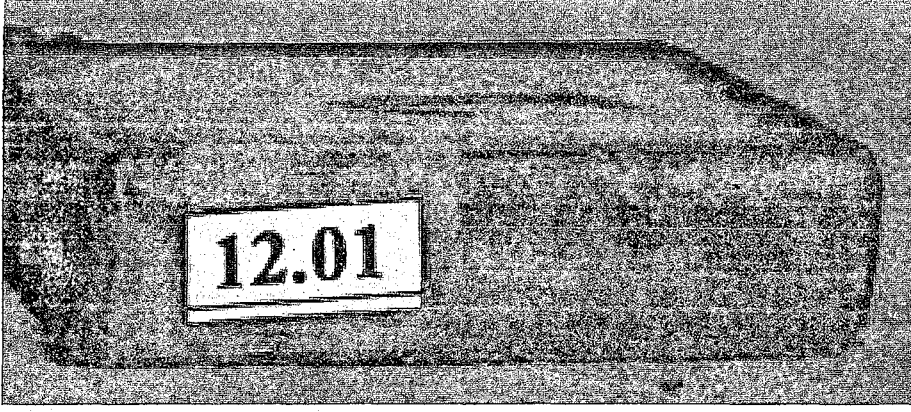
Numune sayısı	4 Adet
Malzeme	AISI 304 %C<0.08, %Mn 2.00, %P 0.045, %S 0.030, %Si 1.00 %Cr 18-20, %Ni 8-10.5
Parça Boyutları	50mm x 50mm x 12mm
Plazma Yöntemi	Koruyucu gaz ile plazma kesme
Plazma Gazı	Hava
Plazma Gazı Basıncı	8.3 bar, kuru, ve yağsız hava
Koruyucu Gaz	Hava
Koruyucu Gaz Basıncı	6.2 bar, kuru, ve yağsız hava
Plazma Gazı Akış Debisi	31 lt/dak
Koruyucu Gaz Akış Debisi	132 lt/dak
Plazma Kesme Ünitesi	Hypertherm MAX 200
Güç Kaynağı Max. Çıkış Gücü	30kW, 200 A, 150 VDC
Kesme Akımı Şiddeti	200 A
Torç İş Parçası Arası Mesafe	Sabit,5mm, sensör kontrollü
Torç İlerleme Hızı	3900 mm/dak, 2700mm/dak, 2200 mm/dak, 1500 mm/dak.
Torç	Uygulanan akım şiddeti aralığına uygun orijinal Hypertherm marka mevcut, meme, elektrod, ve aparatları
Kesim Tezgahı	Otomatik kesme işlemi yapan, CNC kontrollü, mekanize hareketli tabla.
Deneysel Çalışmanın Yapıldığı İşletme	İnoks Teknik Paslanmaz Çelik San. Tic. Ltd. Şti. DES Sanayi Sitesi, Yukarı Dudullu, İstanbul



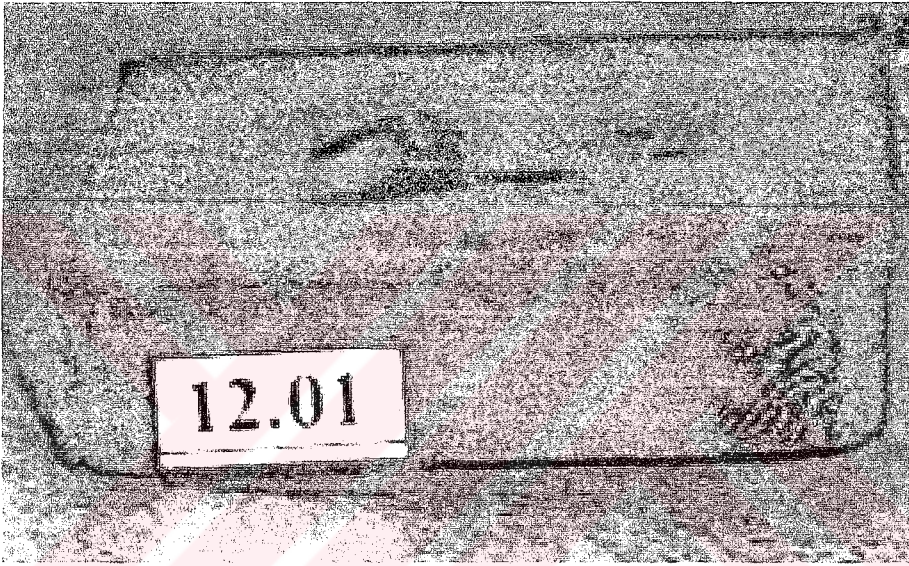
Şekil 3.80 İkinci grup deneysel çalışmanın gerçekleştirildiği akım kaynağı, Hypertherm MAX 200

Çizelge 3.10 Deneysel çalışma parametreleri, ikinci grup

Kesme Akımı Şiddeti (A)	Kesme Hızı (mm/dakika)	Parça No	Açıklamalar
Yüksek Akım: 200 A	En Yüksek Hız 3910 mm/dak	12.02	50mm x 50mm x 12mm ASTM-304
	Yüksek Hız 2700 mm/dak	12.03	50mm x 50mm x 12mm ASTM-304
	Normal Hız 2200 mm/dak	12.01	50mm x 50mm x 12mm ASTM-304
	Düşük Hız 1500 mm/dak	12.04	50mm x 50mm x 12mm ASTM-304
	Normal Hız 650 mm/dak	25.01	90mm x 60mm x 25mm ASTM-304
Yüksek Akım: 200 A	Düşük Hız 210 mm/dak	40.01	60mm x 60mm x 40mm ASTM-304



Şekil 3.81 Deney parçası 12.01



Şekil 3.82 Deney parçası 12.01

3.4.2.1 Parça No 12.01

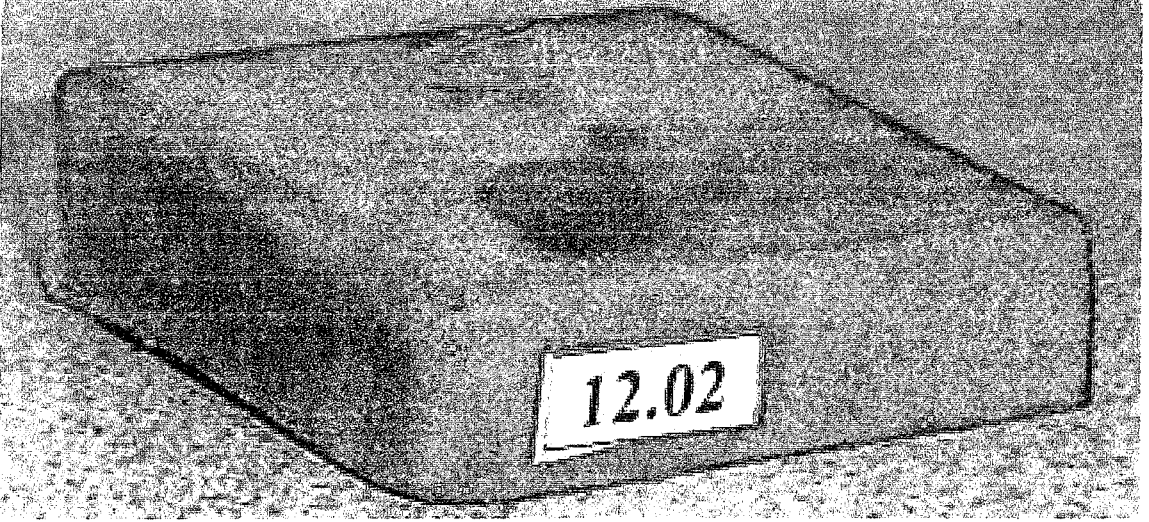
Deney parçası incelendiğinde; yüksek akım şiddetine rağmen torç normal hızla ilerletildiğinden dolayı, kesme ağzındaki pozitif eğimin normale yaklaştığı, üst kesme kenarındaki yuvarlaklaşmanın ise kabul edilebilir miktarda düşük olduğu, üst kısım haricinde sürüklenme çizgilerinin ise dike yakın olduğu görülmektedir. Plazma oluşturucu ortam olarak, basınçlı ve kuru hava kullanıldığından dolayı, ayrılma yüzeyi mat ve kısmen pürüzlü görünüm almıştır.

Torç ilerleme hızı: 2200 mm/dakika

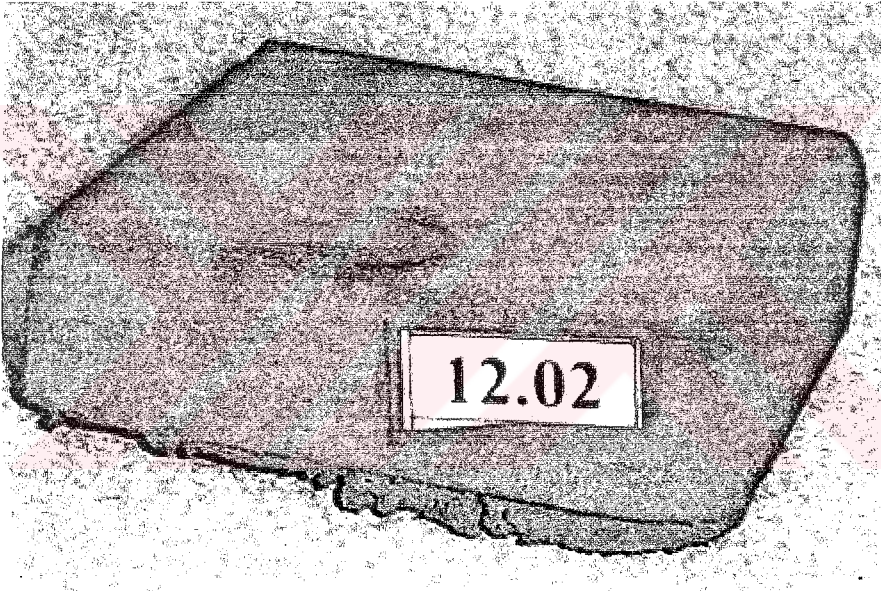
Akım şiddeti: 200 A

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime,

Hataların sınıflandırılması: 111 (TS 7227)



Şekil 3.83 Deney parçası 12.02



Şekil 3.84 Deney parçası 12.02

3.4.2.2 Parça No 12.02

200 A gibi yüksek akım şiddetinde yüksek hızla yapılan bu kesimde parça incelendiğinde, kesme ağzındaki artı eğim açısı belirgin şekil almıştır, çünkü plazma jeti kesitte aşağıya doğru yeterli sürede nüfuz etmemiştir,ısı transferi düşük oranda gerçekleşmiştir. Gene yüksek hızdan dolayı plazma jeti, ergimiş malzemeyi parça alt kenarından atmaya fırsat bulamamıştır.

Torç ilerleme hızı: 3910 mm/dakika

Akım şiddeti: 200 A

Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyi hatası, yarı genişlemesi, cüruf yapışması

Hataların sınıflandırılması: 2, 212, 3 (TS 7227)



Şekil 3.85 Deney parçası 12.03



Şekil 3.86 Deney parçası 12.03

3.4.2.3 Parça No 12.03

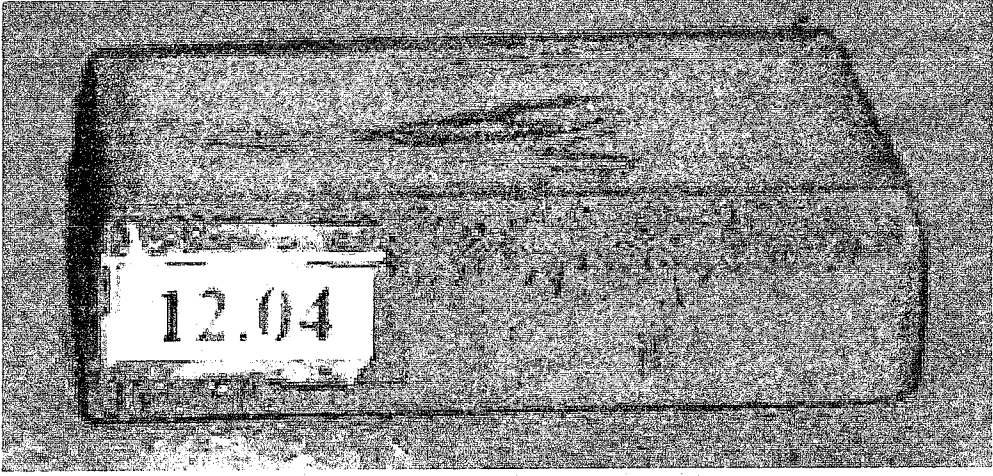
Parça incelendiğinde; yüksek hızla yapılan kesim sonucu, kesme yüzeyinin alt yarısında düzgünlükler, ayrılma yüzeyinde pürüzlülük, üst kenarda yuvarlaklaşma gözlenmiştir.

Torç ilerleme hızı: 2700 mm/dak

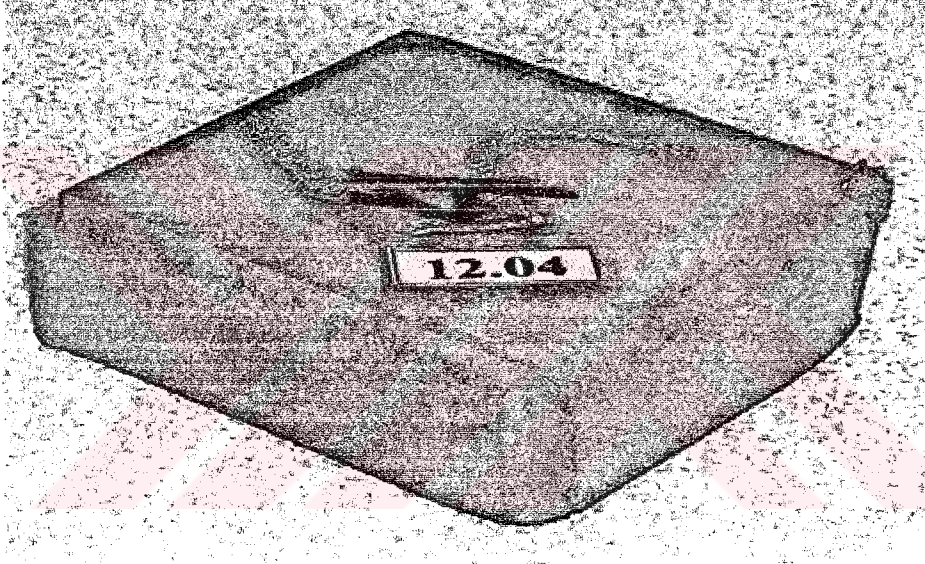
Akım şiddeti: 200 A

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime, kesme yüzeyi hatası, yarık genişlemesi

Hataların sınıflandırılması: 111, 2, 212 (TS 7227)



Şekil 3.87 Deney parçası 12.04



Şekil 3.88 Deney parçası 12.04

3.4.2.4 Parça No 12.04

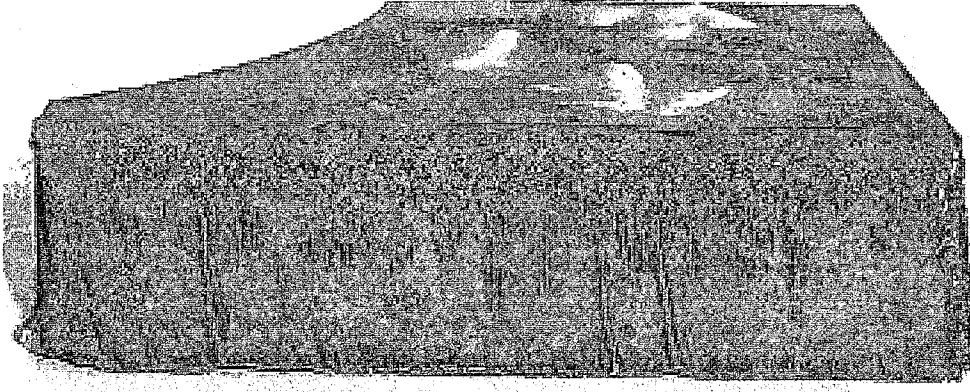
12.04 Numaralı parçada, kesme işlemi sonucunda torcun ilerleme hızı diğer parçalara göre azaltıldığından, iş parçası daha uzun süre, yüksek akım şiddetine maruz kalmıştır. Bunun sonucunda kesme üst yüzeyinde ki ergime artmakta, sürüklenme çizgileri normale yaklaşmakta ve kesme yarığındaki eğim azalmaktadır. Kesme yüzeyi, basınçlı hava plazma oluşturucu gaz olarak kullanıldığından dolayı mat ve pürüzlü görünüm almıştır.

Torç ilerleme hızı: 1500 mm/dak

Akım şiddeti: 200 A

Hataların adlandırılması: Üst kesme kenarında ergime,
Kesme yüzeyi hatası,

Hataların sınıflandırılması: 111, 2 (TS 7227)



25.01

Şekil 3.89 Deney parçası 25.01

3.4.2.5 Parça 25.01

ASTM 304 malzemeden 25mm kalınlığında ki deney parçası ikinci gurup deneysel çalışmanın yapıldığı CNC kontrollü tezgahda kesilmiştir. Uygulanan akım şiddetine oranla, ideal hızda kesilen bu parçanın, torç ilerleme hızını tespitite plazma akım üretici katalogundan faydalanılmıştır. Parça incelendiğinde, kesme yüzeyinin pürüzlü ve mat olduğu, yanı sıra üst yüzeyde de gözenekli cüruf tabakası göze çarpmaktadır. Derinleşmiş sürüklenme çizgilerinin normale yakın diklikte olduğu kesitin eğimi ölçüldüğünde dike yakın negatif bir değer çıkmıştır.

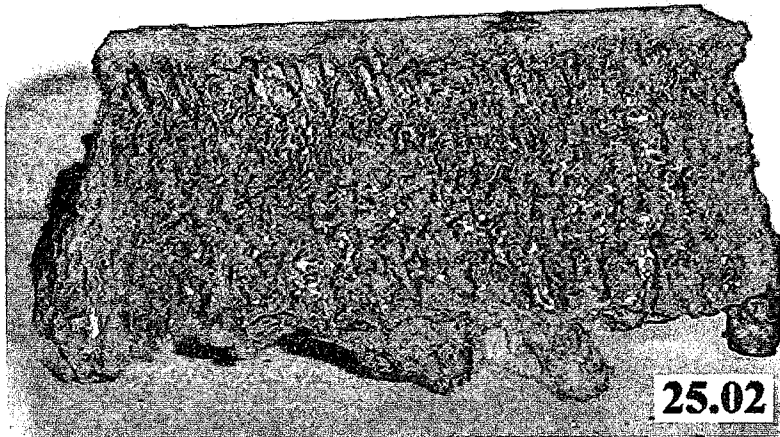
Torç ilerleme hızı: 650 mm/ dakika

Akım şiddeti: 200 A

u: -0,9mm

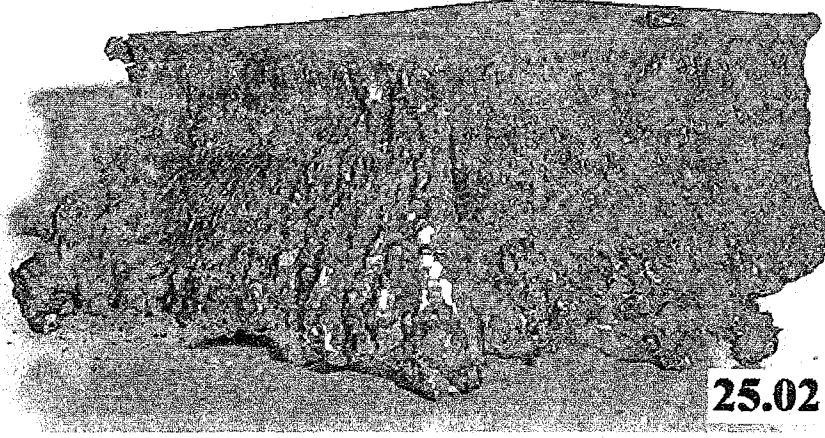
Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyi hatası, yarık genişlemesinin parçanın alt kenarında olması

Hataların sınıflandırılması: 2, 2122 (TS 7227)



25.02

Şekil 3.90 Deney parçası 25.02, ön görünüş.



Şekil 3.91 Deney parçası 25.02, çapraz görünüş.

3.4.2.6 Parça 25.02

15.11 ve 6.02 nolu deney parçaları ile aynı akım üreticinde, el torcu ile kesilen parça 25.02'nin kesim yüzeyi incelendiğinde yalnızca ayırma amaçlı kesim işleminin gerçekleştiği görülmektedir. 100A akım şiddetinde elle kesilmek istenilen ASTM 304 malzemedeki deney parçası, hem akım şiddetinin yetersiz kalması, hem de torcun ilerletilme hızının 25mm kalınlığa oranla yüksek olması sonucu ancak yarı mamul olarak kabul edilebilecek nitelikte yüzey kalitesine sahip olmuştur.

Akım şiddeti: 100 A.

u: 4.5mm.

Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyi hataları, yarı genişlemesinin iş parçasının üst kenarında olması

Hataların sınıflandırılması: 2, 2121 (TS 7227)

3.4.2.7 Parça 40.01

AISI 304 malzeme çelikten 40mm kalınlığındaki parça, aynı tezgahta 200A akım şiddetinde, düşük hızda kesilmiştir. Sonuçta, şekil 3.92'den de görüldüğü gibi kesim yüzeylerinde aşırı sakal oluşumu, eğri kesme ağzı görülmüştür.

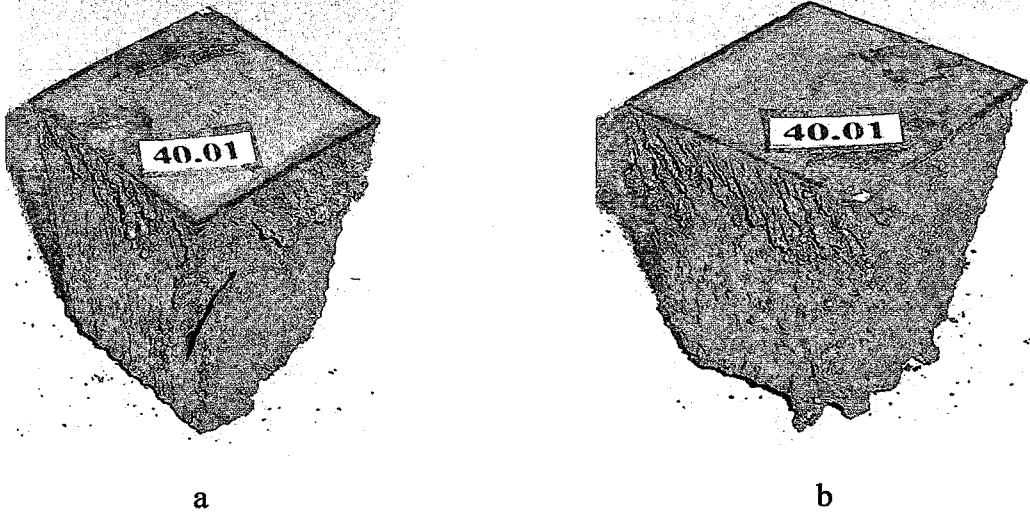
Torç ilerleme hızı: 210 mm/ dakika

Akım şiddeti: 200 A.

u: -5,5mm.

Hataların adlandırılması: Kesme yüzeyi hataları, yarı genişlemesinin iş parçasının alt kenarında olması

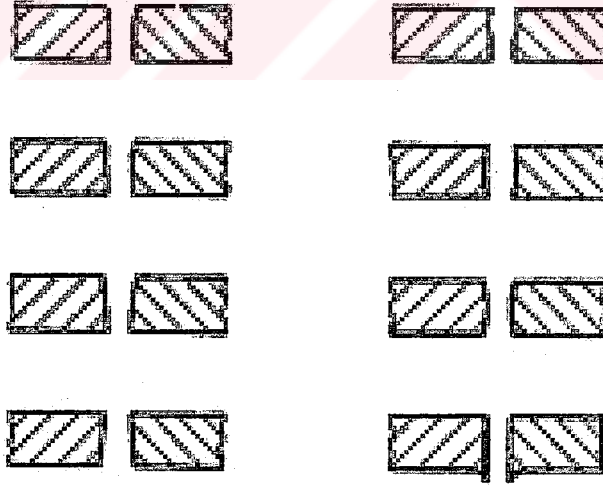
Hataların sınıflandırılması: 2, 2122 (TS 7227)



Şekil 3.92 Deney parçası 40.01

3.4.3 Deneysel Çalışmanın Sonuçlarının Standart ile Karşılaştırılması

Plazma arkı ile ergiterek kesmede yüzey kesitlerinde görülen kesme hataları, DIN8518'e göre şematik olarak şekil 3.93'de gösterilmiştir. DIN 2310 Kısım IV'e göre plazma ile kesme de deney parçalarının farklı kalınlıkları için kabul edilebilir eğim miktarı ile diklik toleransının hesabı aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir. Standardın izin verdiği değerler, deneysel çalışma sonucu elde edilen değerlerle de karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.93 Yüzey kesitlerinde görülen kesme hataları (Böhme vd., 1992).

Çizelge 3.11 15mm kalınlığa sahip parçanın diklik toleransı (DIN 2310-IV)

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,8 + 0,022a$	15mm	1,13mm
Alan 2	$1,0 + 0,030a$	15mm	1,450mm
Alan 3	$1,5 + 0,045a$	15mm	2,175mm

Çizelge 3.12 15mm kalınlıkta ki St-37 malzemenen deney parçalarında ölçülen eğim değerleri

Parça No	Diklik Toleransı, u	Akım Şiddeti,(A)	Torç Hızı, (mm/d)
15.01	+1,20 mm	100	1400
15.02	-	100	2000
15.03	-0,25 mm	100	1121
15.04	-0,25 mm	87.5	800
15.05	+0,20 mm	75	800
15.06	-0,20 mm	87.5	1090
15.07	-	75	1416
15.08	+1,30 mm	87.5	1416
15.09	-0,30 mm	100	800
15.10	+0,55 mm	75	1100
15.11	+0,50	100	manuel kesim

15mm kalınlığa sahip St-37 malzemenen deney parçalarının, eğim değerleri karşılaştırıldığında, 15.01 ve 15.08 sayılı deney parçaları haricinde, diğer kesim yüzeylerinin eğim değerlerinin DIN 2310-I.kalite alanına uygun olduğu tespit edilmiştir. Eğim değerinin diğer iki parçada, ancak II. alana uygun olmasının en büyük nedeni yüksek kesme hızı sonucu, kesme enerjisinin alt yüzeye yeterince nüfuz edememesidir.

Elde edilen diklik değerleri değerlendirilirse; kesme akımı şiddeti arttıkça ve torcun ilerleme hızı yavaşladıkça, plazma jetinin kesme yüzeyi ile temas süresi arttığından dolayı, kesme ağzı açısı giderek normale yaklaşarak, dikleştiği tespit edilmiştir. En yüksek akım şiddetinde, en yavaş kesme hızı ile uygulama gerçekleştirilirse, yarı genişlemesi parçanın alt kenarında en büyük değeri almıştır, (parça no 15.09), (2122 nolu kesme hatası, TS7227). Öte yandan torç ilerlemesi en hızlı değerini almışken, akım şiddeti de optimum değerinde yada üstünde ise, bu sefer yarı genişlemesi iş parçasının üzerinde oluşmuştur, (parça no 15.01), (2121 nolu kesme hatası, TS7227), yani kesme ağzı açısı pozitif değer almıştır. Bunun sebebi, sadece dış enerjiyle kesim yapılması neticesinde, plazma ısısının parça derinliklerinde azalmasıdır, özellikle kalın kesitlerde plazma jeti, torcun hızı yüksek tutulduğundan dolayı, tüm kesite yeterince nüfuz edemez, kesme ağzı konik şekil almıştır. Optimum kesme parametrelerinin kullanıldığı 15.06 nolu deney parçasında kesme ağzı dike yakın negatif en düşük değeri almıştır, -0.2mm.

Çizelge 3.13 12 mm kalınlığa sahip parçanın diklik toleransı. (DIN 2310-IV)

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,8 + 0,022a$	12 mm.	1,064 mm.
Alan 2	$1,0 + 0,030a$	12 mm.	1,360 mm.
Alan 3	$1,5 + 0,045a$	12 mm.	2,040 mm.

DIN 2310 Kısım IV'e göre, diklik toleransının hesabı, ve 12mm. kalınlığa sahip deney parçalarında kabul edilebilir eğim miktarı ile ölçülen eğim değerleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.13,14).

Çizelge 3.14 12mm kalınlıkta ki AISI 304 malzemeden deney parçalarında ölçülen eğim değerleri.

Parça No	Diklik Toleransı, u	Akım Şiddeti, A	Torç Hızı, mm/d
12.01	0,45 mm	200	2200
12.02	1,60 mm	200	3910
12.03	1,20 mm	200	2700
12.04	0,30 mm	200	1500

Çizelge 3.15 25 mm kalınlıkta ki parçanın diklik toleransı (DIN 2310-IV).

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,8 + 0,022a$	25 mm.	1,350 mm.
Alan 2	$1,0 + 0,030a$	25 mm.	1,750 mm.
Alan 3	$1,5 + 0,045a$	25 mm.	2,625 mm.

200A sabit akım şiddetinde kesilen 12 mm kalınlıktaki AISI304 malzemeden deney parçalarına ait veriler incelendiğinde, kesme hızı arttıkça eğim miktarının arttığı ve 2200mm/d ve altındaki hızlarda elde edilen eğim değerlerinin DIN 2310- I. kalite alanına uygun olduğu, ancak işlem hızı arttırıldıkça kesit eğiminin arttığı ve 2. kalite tolerans alanına dahil olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.16 25mm kalınlıkta ki AISI 304 malzemeden deney parçalarında ölçülen eğim değerleri.

Parça No	Diklik Toleransı, u	Akım Şiddeti, A	Torç Hızı, mm/d
25.01	-0,9	200	650
25.02	+4,5	100 A	manuel kesim

Çizelge 3.17 40 mm kalınlıkta ki parçanın diklik toleransı. (DIN 2310-IV)

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,8 + 0,022a$	40 mm.	1,68 mm.
Alan 2	$1,0 + 0,030a$	40 mm.	2,20 mm.
Alan 3	$1,5 + 0,045a$	40 mm.	3,30 mm.

Çizelge 3.18 40.01nolu deney parçasında ölçülen eğim değeri.

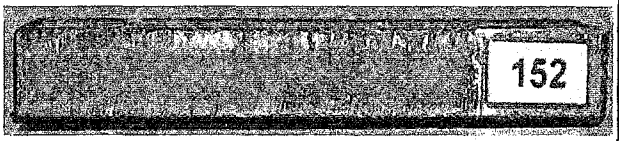
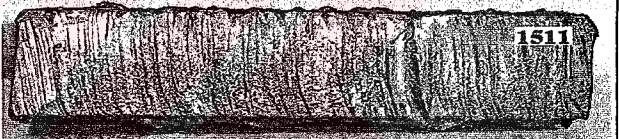

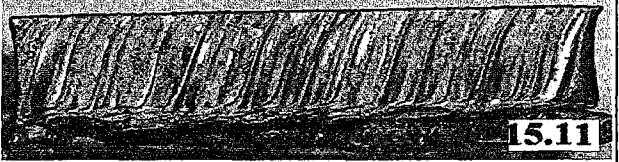
Parça No	Diklik Toleransı, u	Akım Şiddeti, A	Torç Hızı, mm/d
40.01	-5,5	200	210

4. GAZ ERGİTMEYLE VE PLAZMA İLE KESME İŞLEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

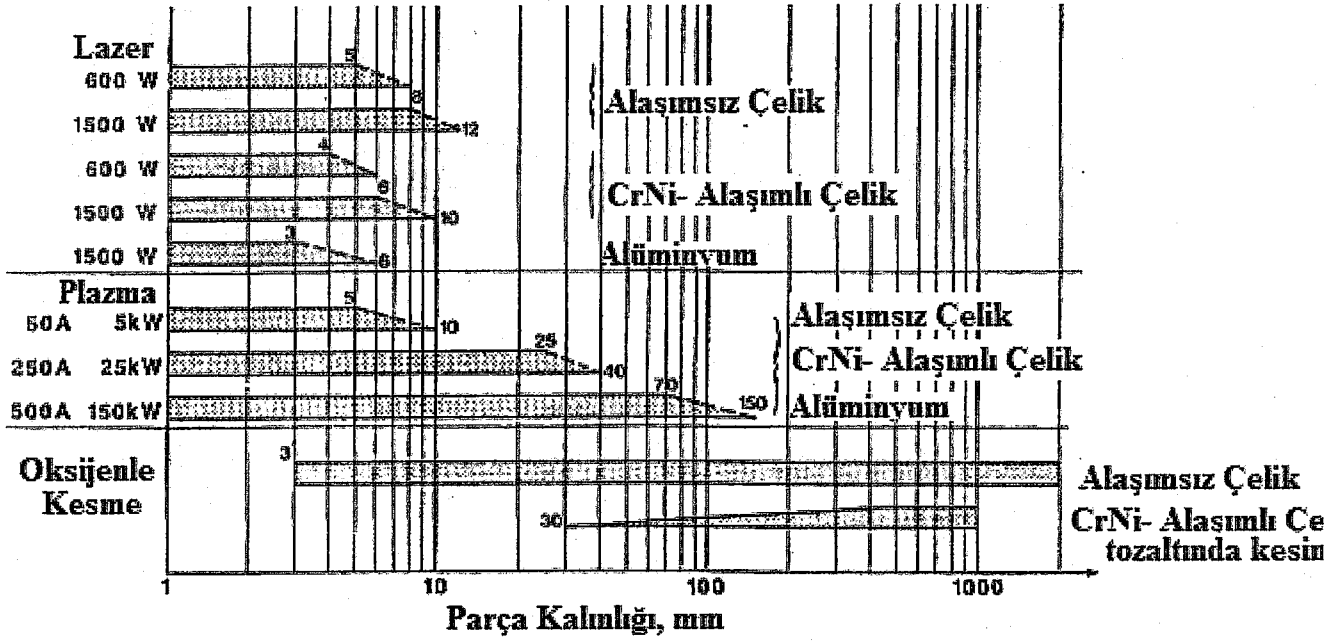
Her ikisi de termik kesme yöntemi olan, plazma ve oksijen ile kesme teknikleri arasında prensipte bir önemli fark vardır. Plazma ile kesme de, kesme enerjisi tamamıyla dışarıdan akım kaynağından sağlanarak çok daha yüksek çalışma sıcaklıklarına çıkılmaktadır. Oysa oksijenle kesme de, yalnızca parça tutuşma sıcaklığına kadar üst yüzeyden ısıtılarak kesme işleminin kesit boyunca ilerlemesi, Fe'in O₂ ile girdiği egzotermik reaksiyonlar sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ile sağlanmaktadır. Bu durumda kesilecek çelik malzemenin kimyasal bileşimi, içerisindeki alaşım elemanlarının oksijene olan anfiniteleri, oksijen ile oluşturdukları oksitlerinin ergime sıcaklığının işlem sıcaklığının altında olması gibi unsurlar, önem kazanmaktadır. Kesit boyunca egzotermik tepkimeler sonucu açığa çıkan ısı sayesinde parçanın kalınlığı boyunca, kesme enerjisi azalmadan dik kesimler yapmak mümkündür. Oysa plazma ile kesme de, kesim enerjisi tamamıyla dışarıdan, torç ile parça üst yüzeyine aktarıldığından dolayı, parça kalınlığı arttıkça, kesme ağızları aşağıya doğru V şeklinde konikleşir. Plazma arki ile eriterek kesme, taşıyıcı ark tekniği ile prensipte elektrik iletebilen tüm malzemelere uygulanabilse de, kesilecek malzemenin ve oksitlerinin ergime sıcaklığının işlem sıcaklığının altında olması şarttır, dolayısıyla kesilecek çelik malzemenin sahip olduğu alaşım elementleri gene önemlidir. Şekil 4.1'de her iki yöntemle de kesilen 15mm. kalınlıktaki deney parçalarının kesit yüzeylerinin fotoğrafları gösterilmiştir.

Bugün oksijen ile kesme donanımının kullanım pratikliği, elektrik enerjisine bağlı olmaması, taşınabilir olması ve düşük ilk yatırım maliyetleri, alaşimsız çeliklerin kesilmesinde yöntemi rakipsiz yapmaktadır. Oksijen ile kesilemeyen Cr-Ni çelikleri gibi malzemeler ancak plazma arki ile ergitilerek kesilebilmektedir. İşlem sürelerini karşılaştırırsak, plazma ile kesimlerde, alaşimsız çeliklerin kesilmesinde 3-4 kat yüksek kesme hızlarına rahatlıkla çıkılır. Örnek, 15mm. et kalınlığına sahip 158 numaralı deney parçası 547mm/dakika kesme hızında, 3.75 bar basıncında kesme oksijeni kullanılarak kesilmiştir, oysa aynı St-37 malzemenin 15 mm kalınlığında ve aynı boyutlarda ki 15.01 sayılı deney parçası, 100A akım şiddetinde, 1400 mm/dakika kesme hızı ile kesilmiştir ve her iki kesim sonucu elde edilen yüzeylerin kaliteleri genel kullanımlar için yeterli olmuştur. Kesme hızının parça kalınlığına bağlı olarak değişimi şekil 4.4 'de, işlem enerjisine bağlı olarak ulaşılabilecek kesme kalınlıkları ise şekil 4.2'de verilmiştir. Plazma kesme de, kesme enerjisi akım kaynağının gücü ile doğru orantılı olduğundan dolayı, uygun kesme hızında güç arttırıldıkça kesilebilen parça kalınlığı artar, ancak benzer şekilde oksijenle kesmede ise kesilebilen parça kalınlığındaki artış kesme oksijeni basıncı ile orantılı gibi görünse de, oksijenle kesmenin esası demirin oksijenle girdiği

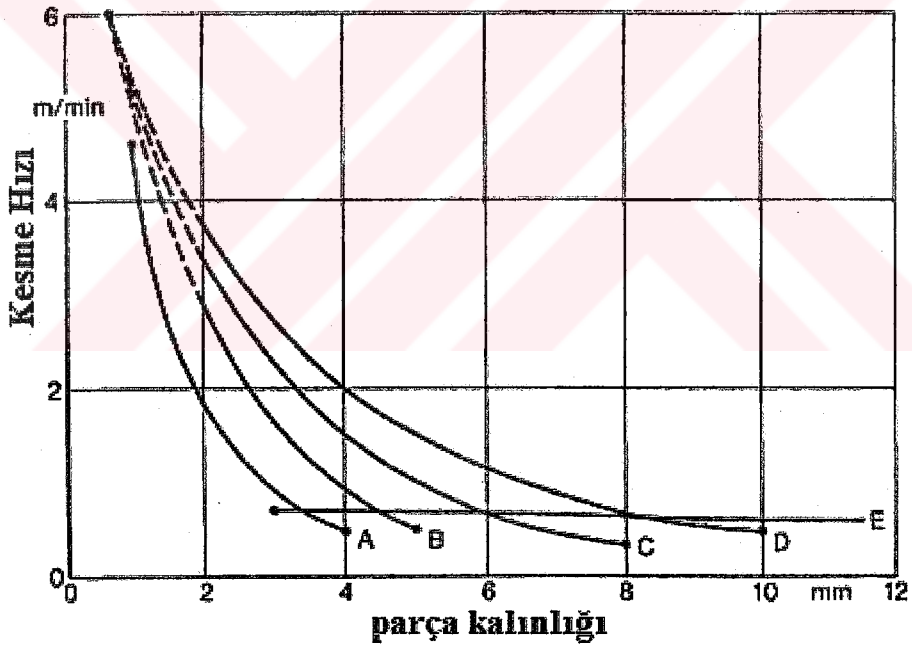
oksitlenme reaksiyonuna bağlı olduğundan, işlem hızı ancak bir noktaya kadar arttırılabilmektedir (şekil 4.3). Akım sabit tutularak yapılan plazma kesmede parça kalınlığı arttıka kesme hızı dūřmektedir, ancak oksijenle kesme de işlem hızı oksidasyon hızına bağlı olmaktadır ve ulaşılabilecek bir sınır değer vardır.

Parça No	Kesme Hızı, mm/d	Kesme Oksijeni Basıncı, bar	Plazma Gazı Basıncı (basıncılı hava) bar	Akım Şiddeti, A	Fotoğraf
152	460	2,5	-	-	
1511	-	5,5	-	-	
15.06	1090	-	6	87.5	
15.11	-	-	7	100	
152	Oksi-propan gaz aleviyle CNC tezgahda otomatik kesim				
1511-	Oksi-LPG gaz aleviyle manuel olarak el tūfleciyle kesim				
15.06	Hava korumalı kuru plazma tekniğine sahip CNC tezgahda otomatik kesim				
15.11-	El torcu ile manuel olarak plazma kesim				

şekil 4. 1 Farklı tekniklerle kesilen 15mm. kalınlıktaki St-37 malzemededen numunelerin karşılaştırılması.

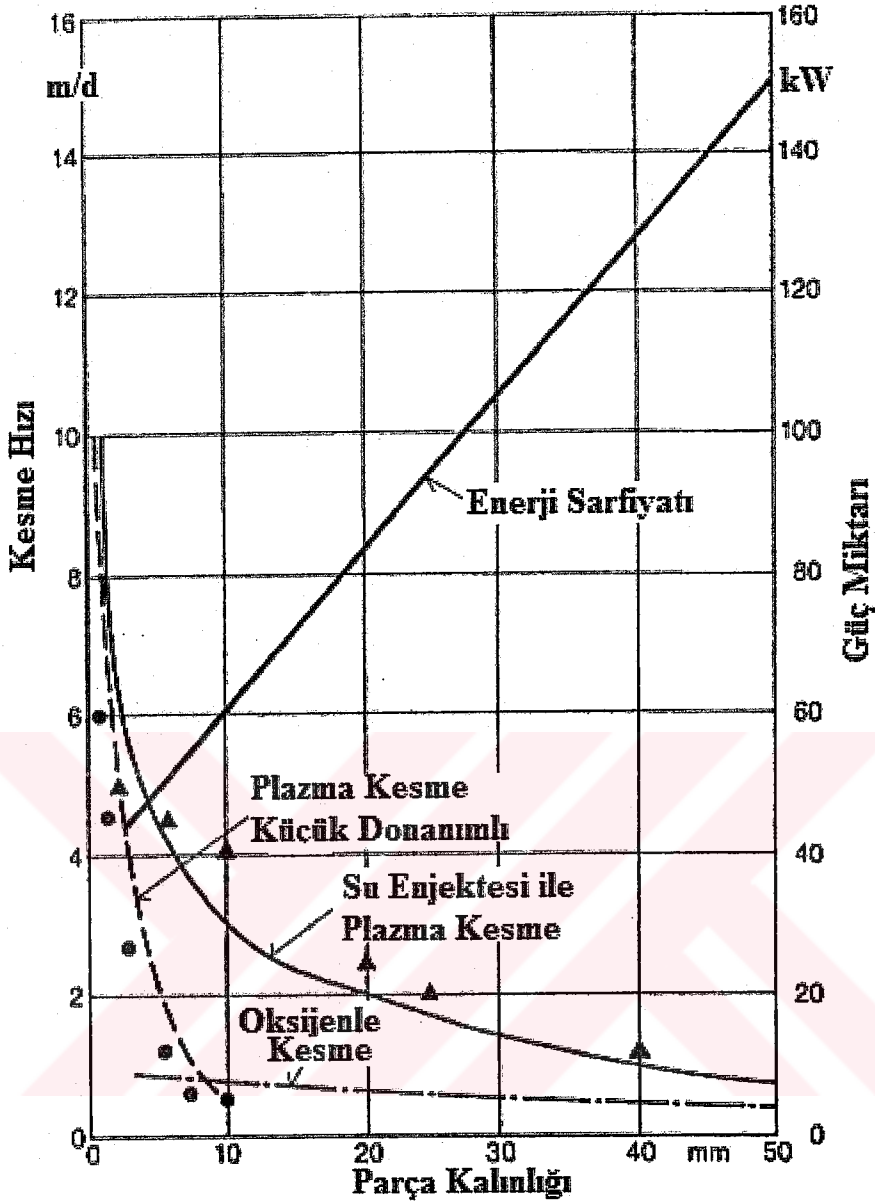


Şekil 4.2 Termik kesme yöntemleriyle ulaşılabilen kesme kalınlıkları (Böhme vd., 1992).



	Yöntem	Güç	Plazma Gazı	Soğutma
A	Plazma Kesme	4W	Azot	Gaz,ör. Hava
B	Plazma Kesme	5W	Azot	Su
C	Plazma Kesme	5W	Azot	Su
D	Plazma Kesme	4,5W	Hava	Su
E	Oksijenle Kesme	Standart Meme	-	-

Şekil 4.3 Farklı yöntemlerde ulaşılabilen en yüksek kesme hızları (Böhme vd., 1992).



Şekil 4.4 St-37 malzemeden farklı kalınlıktaki parçaların değişik yöntemlerle kesilmesinde harcanan enerji ile işlem hızı arasındaki ilişki (Böhme vd., 1992).

Oksijen ve plazma kesme uygulamaları neticesinde elde edilecek yüzey kalite verilerinin tolerans alanları, DIN 2310 standardına göre 4.1, 4.2, 4.3, 4.4 nolu çizelgelerde verilmiştir. Diklik toleransı, ve yüzey pürüzlülüğü değerleri verilirken, karşılaştırma amacıyla 15mm. kalınlıktaki parçaya göre tolerans değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1 Plazma ile kesmede, diklik toleransları (Böhme vd., 1992).

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,8 + 0,022a$	15mm	1,13mm
Alan 2	$1,0 + 0,030a$	15mm	1,450mm
Alan 3	$1,5 + 0,045a$	15mm	2,175mm

Çizelge 4.2 Oksijen ile kesmede, diklik toleransları (Böhme vd., 1992).

Kalite Sınıfı	Diklik Toleransı, u	Parça Kalınlığı, a	Diklik Toleransı, u
Alan 1	$0,1 + 0,007a$	15mm	0,205mm
Alan 2	$0,4 + 0,010a$	15mm	0,550mm
Alan 3	$1,0 + 0,015a$	15mm	1,225mm

15mm parça kalınlığı örnek alınarak, yüzey eğim değerleri karşılaştırıldığında, plazma ile kesme tekniğinde yüzeyin eğim değerinin ($=1,130\text{mm}$), 1. sınıf kalite alanında dahi, oksijenle kesmeye ($=0,205\text{mm}$) göre çok daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun sebebi plazma yönteminde kesme enerjisinin tamamıyla dış kaynaklı olarak akım üreticinden sağlanmasıdır, oysa oksijenle kesme işlemi otojendir, gerekli şartlar sağlandığında kesit boyunca egzotermik oksidasyon devam etmektedir.

Çizelge 4.3 Plazma ile kesmede, ortalama pürüzlülük değerleri (Böhme vd., 1992).

Kalite Sınıfı	Ortalama Pürüzlülük Değeri, R_z	Parça Kalınlığı, a	Ortalama Pürüzlülük Değeri, R_z
Alan 1	$50 + 0,5a$	15mm	$57,5\mu\text{m}$
Alan 2	$80 + 1,0a$	15mm	$95,0\mu\text{m}$
Alan 3	$130 + 1,5a$	15mm	$152,5\mu\text{m}$

Çizelge 4.4 Oksijen ile kesmede, ortalama pürüzlülük değerleri (Böhme vd., 1992).

Kalite Sınıfı	Ortalama Pürüzlülük Değeri, R_z	Parça Kalınlığı, a	Ortalama Pürüzlülük Değeri, R_z
Alan 1	$40+0,6a$	15mm	$49\mu\text{m}$
Alan 2	$70+1,2a$	15mm	$88\mu\text{m}$
Alan 3	$110+1,8a$	15mm	$137\mu\text{m}$

15mm parça kalınlığı örnek alınarak, yüzey pürüzlülüğü değerleri karşılaştırıldığında, plazma ile kesme tekniğinde pürüzlülük değerinin 1. sınıf kalite alanında da, oksijenle kesmeye göre %15 daha fazla olduğu görülmektedir ($57,5\mu\text{m} > 49,0\mu\text{m}$).







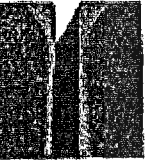
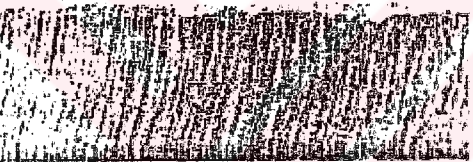

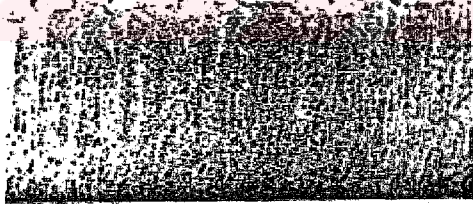
Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8'de 10mm kalınlığa kadar St-37 malzemedeki parçaların, oksijen, azot, oksijen, basınçlı hava ile plazma teknikleri kullanılarak kesilmesi neticesinde, elde edilen kesme yüzeylerinin fotoğrafları yanı sıra ölçülen yüzey kalitesi değerleri verilmiştir. Bu değerler karşılaştırıldığında, oksijenle kesmede, işlem hızının 0,72 m/d ile 0,85 m/d

arasında olduğu, sac kalınlığı artışına karşın hız düşüşünün az olduğu görülmektedir. İnce sacların plazma ile kesiminde yüksek hızlara çıkılsa da, oksijen ile plazma kesmede; 6,5 m/d, azot ile plazma kesmede; 8,7m/d, basınçlı hava ile plazma kesme de; 6m/d, parça kalınlığı arttıkça hızın düştüğü gözlenmektedir. Örneklersek 10mm kalınlıktaki St-37 deney parçasının kesiminde işlem hızı, oksijen ile plazma kesmede; 4,4m/d, azot ile plazma kesmede; 3m/d, basınçlı hava ile plazma kesme de; 0,5m/d değerine düşmektedir.

Yüzeylerin eğim değerleri karşılaştırıldığında, en dik yüzeye oksii-asetilen ile kesme yönteminde ulaşıldığı gözlenmektedir. Basınçlı hava ile plazma tekniğinde; 8mm kalınlıktaki parçanın 0,7m/d işlem hızında kesilmesinde eğim en çok 0,4mm değerini, 10mm kalınlıktaki parçanın 0,5m/d hızında kesilmesinde ise eğim en çok 0,5mm değerini almaktadır (Şekil 4.7).











Oysa oksii-asetilen ile kesme tekniğinde; 8mm kalınlıktaki parçanın 0,74m/d işlem hızında kesilmesinde eğim en çok 0,2mm değerini, 10mm kalınlıktaki parçanın 0,72m/d hızında kesilmesinde ise eğim en çok 0,1mm değerini almaktadır (Şekil 4.5). Oksijenle plazma tekniğinde; 8mm kalınlıktaki parçanın 4,4m/d işlem hızında kesilmesinde eğim en çok 1,1mm değerini, 10mm kalınlıktaki parçanın 4,4m/d hızında kesilmesinde ise eğim en çok 1,1mm değerini almaktadır (Şekil 4.7). Azot ile plazma tekniğinde; 8mm kalınlıktaki parçanın 3,8m/d işlem hızında kesilmesinde eğim en çok 1,5mm değerini, 10mm kalınlıktaki parçanın 3,0m/d hızında kesilmesinde ise eğim en çok 1,9mm değerini almaktadır (Şekil 4.6). Azotun plazma gazı olarak kullanıldığı işlemlerde en fazla eğime sahip yüzeyler oluşmuştur.

Plazma gazı olarak azot ve oksijenin tercih edildiği kesimlerde, su enjekte tekniğine sahip torç kullanıldığından dolayı, eğim değerlerinin sol ve sağ kesim yüzeylerinde farklı olduğu, sağ yüzeyin eğim değerinin bütün numunelerde daha fazla olduğu görülmektedir. (Şekil 4.6, 4.7) Oysa şekil 4.8'de verilen basınçlı hava ile plazma kesme değerleri incelendiğinde, 1, 3, ve 8 mm. kalınlıktaki parçaların sol kesim yüzeyi eğiminin sağ yüzeye göre fazla olduğu tespit edilmektedir.






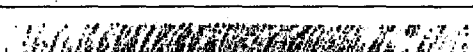


Kesme Ağızı	Kesme Yüzeyi	Kalınlık mm	Hız m/d	U_f mm	U_r mm	R_z μ m	b mm
		2	0,75	0,1	0,1	24	0,9
		3	0,85	0,2	0,1	20	0,7
		5	0,75	0,1	0,1	18	0,7
		8	0,74	0,05	0,2	23	1,2
		10	0,72	0,1	0,15	32	1,4

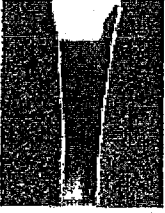
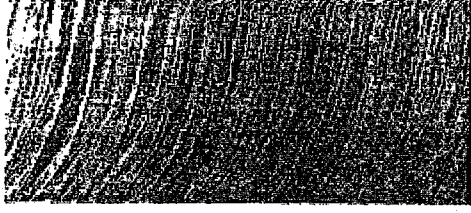
Şekil 4.5 Muhtelif kalınlıklardaki St-37 malzemedeki parçaların, oksijen-asetilen yanıcı gaz alevi ile kesilmesi neticesinde, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi (Böhme vd., 1992).

Şekil 4.5 2, 3, 5, 8 ve 10 mm. kalınlığındaki St-37 malzemedeki hazırlanmış numunelerin asetilen yanıcı gaz alevi ile, oksijenle otomatik olarak kesilmesi sonucunda, fotoğraflanan kesim yüzeyi ve ölçülen kalite değerlerini vermektedir. 2mm. et kalınlığına sahip deney parçası, özel bir asetilen-ince sac kesme memesi ile kesilmiştir. Diğer parçaların kesilmesinde ise yüksek performans memesi tercih edilmiştir.













Kesme Ağzı	Kesme Yüzeyi	Kalınlık mm	Hız m/d	U_1 mm	U_r mm	R_z μ m	b mm
		2	8,7	0,3	0,5	29	3,0
		3	5,5	0,5	0,8	18	3,7
		5	4,2	0,9	1,2	27	4,3
		8	3,8	1,1	1,5	12	5,5
		10	3,0	1,4	1,9	21	6,2

Şekil 4.6 Muhtelif kalınlıklardaki St-37 malzemenen parçaların, N_2 işlem gazının kullanıldığı su enjekteli plazma yöntemiyle kesilmesi sonucunda, elde edilen kesit yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi, akım şiddeti 240A.'den 390A.'e kadar, kesme gerilimi ise 120V.'dan 150V.'a kadar (Böhme vd., 1992).

Kesme Ağzı	Kesme Yüzeyi	Kalınlık mm	Hız m/d	U_1 mm	U_r mm	R_z μ m	b mm
		2	6,5	0,5	0,6	42	3,7
		3	5,0	0,6	0,6	40	3,9
		5	4,4	0,7	0,9	24	4,1
		8	4,4	0,9	1,1	23	3,9

		10	4,4	0,8	1,1	15	3,5
---	---	----	-----	-----	-----	----	-----

Şekil 4.7 Muhtelif kalınlıklardaki St-37 malzemedeki parçaların, O₂ işlem gazının kullanıldığı su enjekteli plazma yöntemiyle kesilmesi sonucunda, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi, akım şiddeti ise 130V. kesme gerilimde yaklaşık 240A (Böhme vd., 1992).

Kesme Ağızı	Kesme yüzeyi	Kalınlık mm	Hız m/d	U _I mm	U _r mm	R _Z µm	b mm
		1	6	0,3	0,2	63	1,5
		2	4,8	0,55	0,5	45	1,7
		3	2,8	0,45	0,3	31	1,5
		5	1,5	0,4	0,9	46	2,0
		8	0,7	0,4	0,2	38	1,9
		10	0,5	0,1	0,5	28	1,9

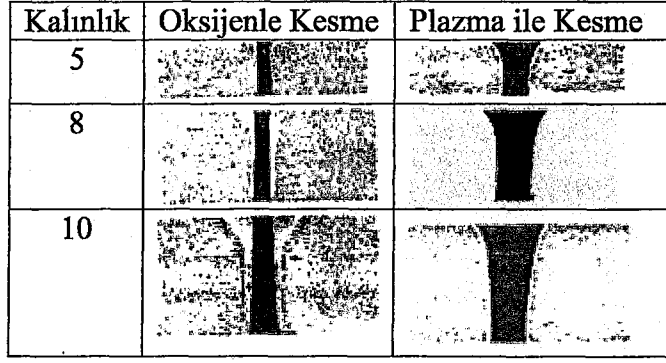
Şekil 4.8 Muhtelif kalınlıklardaki St-37 malzemedeki parçaların, basınçlı havanın işlem gazı olarak kullanıldığı düşük kapasiteli konvansiyonel plazma yöntemiyle kesilmesi sonucunda, elde edilen kesme yüzeyleri ve ölçülen yüzey kalitesi değerlerinin gösterimi, en çok akım şiddeti 110V. kesme geriliminde yaklaşık 40A. değerindedir. Hava soğutmalı torçta memenin ve elektrodun dayanım süresi düşüktür. Katod malzemesi, zirkonyum yada hafniyumdur (Böhme vd., 1992).

Oksijen ve plazma ile yapılan kesimlerde, kesme ağızı oluşumunu incelenirse, oksijenle kesme yönteminde daha dar bir kesme yarığı ortaya çıktığı görülmektedir (Şekil 4.9). Bu yöntemde kesme yüzeylerinde ergime ve yuvarlanma hem alt yüzeyde hem de üst yüzeyde oluşabilir, oluşan bu yuvarlanmalar eğim miktarının ölçülmesinde hesaba katılmamaktadır. Oysa plazma

ile kesmede çoğunlukla üst yüzeyde oluşan kenar ergime hataları da, eğim ölçümü yapılan kenar boyunca dahil edilmektedir. Oksi-asetilen alevi ile kesme de, kesme ağız genişliği parça kalınlığı arttıkça artmaktadır (Çizelge 4.5). Plazma ile kesmede akım şiddeti arttıkça, kesme yarığı genişliği artmaktadır (Çizelge 4.6). Plazma ile kesmede işlem gazları karışım oranının, kesme yarığı genişliğine etkisi (Çizelge 4.7) gösterilmiştir. Gaz karışımlarında argon ve azot oranı arttıkça kesme ağız daralmaktadır. Şekil 4.5'de ki oksi-asetilen ile kesilmiş parçaların yarığın genişliği incelendiğinde, bu değer 3mm kalınlıktaki parçada 0,7mm değerinde iken, 10mm parçada 1,4mm olmuştur. Plazma gazı olarak basınçlı havanın kullanıldığı uygulamalarda; 3mm parça için 1,5mm iken, 10mm parçada 1,9 değerini almıştır (Şekil 4.8), oysa oksijenin kullanıldığı plazma kesme tekniğinde 3mm numune için kesme yarığı 3,7mm iken, 10mm numunede bu değer 3,5 mm'ye çıkmıştır (Şekil 4.7). Azot ile yapılan plazma kesimlerinde 3mm parçada 3,7mm kesme ağız açıklığı ölçülmüş, 10mm'lik parçanın kesim sonrası ölçülmesinde ağız genişliği 6,2mm'e kadar çıkmıştır (Şekil 4.6).

Çizelge 4.5 Oksi-asetilen alevi ile kesme de, kesme ağız genişlik değerleri (Böhme vd., 1992).

Kalınlık mm	Kesme Beki	Asetilen Basıncı bar	Kesme Oksijeni Basıncı bar	Kesme Hızı mm/d	Meme Parça Mesafesi mm	Kesme Ağız Genişliği mm
3	3-5	0,5	2,0	850	3-4	0,8
5	6-10	0,5	3,0	750	3-4	0,9
10	6-10	0,5	8,0	725	3-4	1,5
10	10-25	0,5	8,0	725	4-5	2,0
15	10-25	0,5	8,5	645	5-7	2,0
25	10-25	0,5	11	530	5-7	2,1
25	25-50	0,5	8,5	530	5-7	2,1
35	25-50	0,5	9,5	485	5-7	2,2
40	25-50	0,5	10	460	5-7	2,3
50	25-50	0,5	11	415	5-7	2,3
50	50-80	0,5	9	415	5-7	2,4
80	50-80	0,5	12	330	5-7	2,4
80	80-100	0,5	9,5	330	7-10	2,7
100	80-100	0,5	11,0	280	7-10	2,7
100	100-200	0,5	3,5	250	12	5
200	100-200	0,5	5,0	170	12	5
200	200-300	0,5	5,0	180	15	6
300	200-300	0,5	6,5	160	15	6



Şekil 4.9 Oksijen ve plazma ile kesmede, kesme ağız oluşumu (Böhme vd., 1992).

Çizelge 4.6 Plazma ile kesmede akım şiddeti ve nozul çapının, kesme yarığı genişliğine etkisi (Böhme vd., 1992).

Akım Şiddeti, maksimum A	50	120	200	250
Nozul Çapı mm	1,0	1,4	2,0	2,5
Kesme Yarığı Eni mm	2,0	3,0	4,0	5,0

Çizelge 4.7 Plazma ile kesmede karışım oranı ile torç ilerleme hızının, kesme yarığı genişliğine etkisi, kesme akımı şiddeti bütün uygulamalarda 60 A (Böhme vd., 1992).

Karışım Gaz %	Hız cm/d	Kesme Yarığı Genişliği
Ar 66 H ₂ 34	60	3
Ar 95 H ₂ 5	40	2,7
Ar 46 N ₂ 54	40	1,8
Ar 91 N ₂ 9	40	1,9
N ₂ 80 H ₂ 20	50	2,1
Ar 28 N ₂ 36 H ₂ 36	60	2,0
Ar 41 N ₂ 41 H ₂ 18	50	2,0
Ar 46 N ₂ 46 H ₂ 8	40	2,0

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada her ikisi de termik kesme yöntemi olan gaz ergitme ve plazma ile kesme yöntemleri tanımlanmış, kesme yüzeyi kalitesine işlem parametrelerinin etkileri incelenmiştir.

İlk teknik olan oksijen ile kesme bugün en yaygın yöntemdir. Elde edilen yüzey kalitesi, yöntemin elle uygulanması yada mekanize uygulanmasıyla (Şekil 4.1), yanı sıra CNC kontrollü oksijen kesim tezgahlarında dahi işlem parametrelerinin farklılaşmasıyla değişmektedir (Bölüm2.2). Oksijenle kesmede işleme etki eden iki temel parametre vardır, bunlar kesme oksijeni basıncı ile kesme hızıdır. Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesinde bu iki değişken esas alınmıştır. Parça kalınlığı arttıkça, kesme oksijeni basıncı artırılmalı ve kesme hızı düşürülmelidir. Sabit kesme oksijeni basıncında kesme hızı arttırıldıkça işlem süresi kısalmakta, bu da daha kısa sürede tezgahtan daha fazla iş çıkartılmasını sağlamaktadır, örneğin deney parçası 151 (2.5bar, 547mm/d). Ancak kesme hızı arttıkça üfleç ilerleme yönünün tersinde görülen sürüklenme çizgileri (221 sayılı kesme hatası-TS7227), normalden uzaklaşmakta, kesme cürufu ve ergimiş metal ise, kesme ağzından atılmaya fırsat bulamayıp (31,32 sayılı kesme hataları-TS7227), alt kesme yüzeyine yapışmaktadır. Örnek deney parçaları no; 302 (3bar, 497mm/d), 502 (5bar, 497mm/d), 507 (6bar, 497mm/d). Kesme hızı çok fazla arttırıldığı takdirde, parça kesilememiştir. Örnek deney parçaları no; 307 (2.25bar, 497mm/d), 308 (2.25bar, 404mm/d), 506 (3.75bar,426mm/d), 505 (3.75bar, 347mm/d). Kesme hızının yavaşlatıldığı durumda, kesilen parçanın üst yüzeyi oksijen ile fazla temasta bulunacağından fazlasıyla ergiyerek, yuvarlanmıştır (111 sayılı kesme hatası-TS7227), yüzey de ise derin oluklar halinde sürüklenme çizgileri (224,225 sayılı kesme hataları-TS7227), yerel çukurcuklar (231 sayılı kesme hatası-TS7227) oluşmaktadır. Düşük olan oksijen basıncında kesme hızı düşürülmesine rağmen, parça kesilemeyebilir, örneğin deney parçası 309 (2.25bar, 298mm/d). Kesme hızının sabit tutulduğu halde, kesme oksijeni basıncı yeterli ise düzgün bir kesim yüzeyi elde edilir, oksijen basıncı yükseltildiğinde, bu özellikle kesim üst yüzeyinde yuvarlaklaşmaya (111 sayılı kesme hatası-TS7227), yüzeyde düzgünsüzlüklere, dalgalanmalara (215 sayılı kesme hatası-TS7227), alt yüzeyde sarkan cüruflara (31,32 sayılı kesme hataları-TS7227) sebebiyet vermiştir. Örnek deney parçaları; 157 (3.5bar, 449mm/d), 158 (3.5bar, 547mm/d), 305 (4.5bar, 404mm/d), 306 (4.5bar, 497mm/d). Kesme oksijeni basıncı düşürüldüğünde ise kesme yüzeyinde düzgünsüzlükler,

özellikle alt kenardan atılamayan kalıcı cüruf (31,32 sayılı kesme hataları-TS7227) ve ergimiş metalin birikmeleri gözlenmiştir, örneğin deney parçası 155 (1.75bar, 402mm/d).

Yüksek kesme hızlarında da kaliteli kesme yüzeyi kısa sürede elde edilebilmektedir, ancak oksijen basıncının yüksekliğinden dolayı oksijen tüketimi de yüksek olmaktadır. Esasen istenilen kesim kalitesine ulaşmak için çalışma oksijen basıncında uygun kesme hızının seçilmesi durumunda, eğer kesme donanımı da yeterli ise elde edilen sonuç tatminkar olmaktadır. Yüksek oksijen basıncı ve debisi, düşük kesme hızı, tezgahın uzun süre çalışması gibi durumların sonucu kesme işlemi maliyetini artmaktadır. İşlem sorumlusuna düşen görev, istenilen kalitede kesilmiş parçaları en az maliyetle elde etmektir ki, bu da ancak zaman ile giderler arasında ki ideal dengenin kurulması ile sağlanmaktadır. Yapılan deneysel çalışmada, ideal işlem parametrelerinin kullanıldığı St-37 malzemeden, 15mm kalınlıktaki deney parçası 152 (2.5bar, 460mm/d), 30mm kalınlıktaki deney parçası 301 (3bar, 404mm/d), 50mm kalınlıktaki deney parçası 501 (5bar, 351mm/d), sayılı parçalarda en iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir.

Bu çalışmada ikinci yöntem olarak plazma arkı ile ergiterek kesme işlemi incelenmiştir. Bu yöntemde esas olarak oksijen-yanıcı gaz aleviyle kesilemeyen veya çok sınırlı kesme kabiliyetine ulaşılan malzemelerin kesilmesi için başvurulmaktadır. Bu malzemeler arasında yüksek alaşımlı çeliklerin tümü ve hafif metaller bulunmaktadır. Yapılan deneysel çalışmada, elde edilen kesim yüzeyi kalitesi, yöntemin elle uygulanması yada mekanize uygulanması ile, yanı sıra otomatik kontrollü CNC tezgahta dahi işlem koşullarının farklılaştırılmasıyla değişmiştir (Şekil 4.1).

Alaşımsız yada düşük alaşımlı çeliklerin havanın işlem gazı olarak kullanıldığı plazma teknikleriyle kesilmesinde, oksijenle kesme yöntemine göre daha yüksek kesme hızlarına ulaşılmaktadır. İnce parçalarda kesme yarığının genişliği de kısalan işlem süresi ve yoğun enerji iletimi sayesinde, diğer plazma tekniklerine göre daha dar tutulmaktadır (Şekil 4.8). Kesme yüzeyi kalitesi ise tatminkar olmuştur, ancak sadece dış enerji sevk edilmesi suretiyle kesim yapıldığından kesme yüzeyinin dikliği, oksijen kesimi sonucunda elde edilen yüzeylerin dikliğinden geri kalmıştır (Şekil 4.5, 4.8).

Plazma ile kesmede işleme etki eden iki temel parametre vardır, bunlar akım şiddeti ile kesme hızıdır. Deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesinde bu iki değişken esas alınmıştır. Kesme akım şiddeti arttıkça ve torcun ilerleme hızı yavaşladıkça, plazma jetinin kesme yüzeyi ile temas süresi arttığından dolayı, kesme ağzı açısı giderek normale yaklaşarak, dikleşmektedir. En yüksek akım şiddetinde, en yavaş kesme hızı ile uygulama gerçekleştirilmiş, yarık genişlemesi parçanın alt kenarında en büyük değeri almıştır,

(2122 sayılı kesme hatası-TS7227). Örnek deney parçaları; 15.09 (100A, 800mm/d), 12.04 (200A, 1500mm/d). Öte yandan torç ilerlemesi en hızlı değerini almışken, akım şiddeti de optimum değerinde yada üstünde ise, bu sefer yarı genişlemesi iş parçasının üzerinde oluşmaktadır, (2121 sayılı kesme hatası-TS7227). Örnek deney parçaları; 15.01 (100A, 1400mm/d), 12.02 (200A, 3910mm/d), 12.03 (200A, 2700mm/d), yani kesme ağzı açısı pozitif değer almıştır. Bunun sebebi sadece dış enerjiyle kesim yapılması neticesinde plazma ısısının parça derinliklerinde azalmasıdır, özellikle kalın kesitlerde plazma jeti, torcun hızı yüksek tutulduğundan dolayı tüm kesite yeterince nüfuz edemeyerek kesme ağzı konikleşmesine neden olmaktadır. Sabit akım şiddetinde, torcun ilerleme hızı düşürüldükçe yarı genişlemesi iş parçasının alt kısmında arttığı, eğimin azaldığı görülmüştür (2122 sayılı kesme hatası-TS7227). Yanı sıra torcun ilerleme hızı azaldıkça, kesme üst yüzeyinde aşırı ergime ve yuvarlanma gözlenmiştir (111 sayılı kesme hatası-TS7227). Örnek deney parçaları; 15.05 (75A, 800mm/d), 15.09 (100A, 800mm/d). Sabit akım şiddetinde kesme hızı arttırıldıkça, sürüklenmenin arttığı (22 sayılı kesme hatası-TS7227), yarı genişlemesinin iş parçası üst kısmında oluştuğu (2121 sayılı kesme hatası-TS7227), kesme yüzeyinde cüruf yapışmaları (32 sayılı kesme hatası-TS7227) görülmüştür, örneğin deney parçası 15.08 (87.5A, 1416mm/d). Parça 15.06 gibi St-37malzemedden 15mm kalınlığa sahip parçayla aynı akım şiddetinde AISI 316 malzemedden deney parçası 6.01 ancak 6mm kalınlıkta kesilebilmektedir, aradaki kalınlık farkının nedeni, bileşim farklılığından kaynaklanır.

Uygulamada genelde işletme giderlerinin daha düşük olduğu basınçlı havanın plazma oluşturucu gaz olarak kullanıldığı, en çok 20kVA gücünde, konvansiyonel yada sekonder gazlı torç konstrüksiyonuna sahip plazma arkı ile kesme makineleri kullanılır. Bu cihazlarla en çok 10mm kalınlığa kadar alaşımli, 20mm kalınlığa kadar da yalın karbonlu çelikler kesilebilmektedir. Öte yandan bu cihazlarla alaşımli çeliklerin kesilmesinde elde edilen yüzeyler, kaynaklı bağlantılar için yeterli olmakla beraber mat ve pürüzlüdür, nihai mamul olarak uygun değildir. Daha yüksek kesme yüzeyi kaliteleri için argon, hidrojen, azot, oksijen gaz karışımlarının kullanıldığı, farklı konstrüksiyonlara sahip torçlar ile yapılacak kesimler tercih edilmektedir. Yapı çeliklerinin kalın kesitlerde kesilmesinde yüksek kalitede kesme yüzeyi ve en az çarpılmayı elde etmek için, sualtında su enjeksiyonlu plazma arkı ile kesme yöntemi tercih edilmektedir. Sonuç olarak farklı yöntem tekniklerinin var olduğu plazma ile kesme de, istenilen yüzey kalitesi ile seçilen kesim yöntemi maliyeti arasında ki denge korunarak, ideal tercih yapılmalıdır.

Her ikisi de termik kesme yöntemi olan, plazma ve oksijen ile kesme teknikleri arasında prensipte bir önemli fark vardır. Plazma kesme de, kesme enerjisi tamamıyla dışarıdan akım kaynağından sağlanmaktadır, çok daha yüksek çalışma sıcaklıklarına çıkılmaktadır. Oksijen ile kesme de parça yalnızca tutuşma sıcaklığına kadar üst yüzeyden ısıtılır, kesme işleminin kesit boyunca ilerlemesi, Fe'in O_2 ile girdiği egzotermik reaksiyonlar sonucu açığa çıkan ısı enerjisi ile sağlanmaktadır. Bu durumda kesilecek çelik malzemenin kimyasal bileşimi, içerisindeki alaşım elemanlarının oksijene olan anfiniteleleri, O_2 ile oluşturdukları oksitlerinin ergime sıcaklığının işlem sıcaklığının altında olması gibi unsurlar önem kazanmaktadır. Kesit boyunca egzotermik tepkimeler sonucu açığa çıkan ısı sayesinde parçanın kalınlığı boyunca, kesme enerjisi azalmadan dik kesimler yapmak mümkündür. Oysa plazma ile kesme de, kesim enerjisi tamamıyla dışarıdan, torç ile parça üst yüzeyine aktarıldığından dolayı, parça kalınlığı arttıkça kesme ağızları aşağıya doğru V şeklinde konikleşmektedir.

İşlem sürelerini karşılaştırırsak, plazma ile kesimlerde, alaşimsız çeliklerin kesilmesinde 3-4 kat yüksek kesme hızlarına rahatlıkla çıkılır. Plazma kesme de, kesme enerjisi akım kaynağının gücü ile doğru orantılı olduğundan dolayı, uygun kesme hızında güç arttırıldıkça kesilebilen parça kalınlığı artar, ancak benzer şekilde oksijenle kesmede ise kesilebilen parça kalınlığındaki artış kesme oksijeni basıncı ile orantılı gibi görünse de, oksijenle kesmenin esası demirin oksijenle girdiği oksitlenme reaksiyonuna bağlı olduğundan, işlem hızı ancak bir noktaya kadar arttırılabilmektedir (Şekil 4.3). Akım sabit tutularak yapılan plazma kesmede parça kalınlığı arttıkça kesme hızı düşmektedir, ancak oksijenle kesme de işlem hızı oksidasyon hızına bağlı olmaktadır ve ulaşılabilecek bir sınır değer vardır.

Her iki yöntemde de elde edilen yüzey eğim değerleri karşılaştırıldığında, plazma ile kesme tekniğinde yüzeyin eğim değerinin, 1. sınıf kalite alanında dahi, oksijenle kesmeye göre daha fazla olduğu görülmüştür (Çizelge 3.12, 3.14). Bunun nedeni plazma yönteminde kesme enerjisinin tamamıyla dış kaynaklı olarak akım üreticiden sağlanmasıdır, oysa oksijenle kesme işlemi otojendir, gerekli şartlar sağlandığında kesit boyunca egzotermik oksidasyon devam etmektedir (Çizelge 4.1, 4.2, Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8).

Yüzey pürüzlülüğü değerleri karşılaştırıldığında, plazma ile kesme tekniğinde pürüzlülük değerinin 1. sınıf kalite alanında da oksijenle kesmede elde edilen değerlerden fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, Çizelge 4.2, 4.3).

Oksijen ve plazma ile kesmede, kesme ağızı oluşumunu incelenirse, oksijen kesimlerinde çok daha dar bir kesme yarığı ortaya çıktığı görülmüştür (Şekil 4.9).

Oksijenle kesmede, kesme yüzeylerinde ergime ve yuvarlanma hem alt yüzeyde hem de üst yüzeyde oluşabilmektedir, oluşan bu yuvarlanmalar eğim miktarının ölçülmesinde hesaba katılmamaktadır. Oysa plazma kesimde çoğunlukla üst yüzeyde oluşan kenar ergime hataları da, eğim ölçümü yapılan kenar boyunca dahil edilmektedir. Oksi-asetilen alevi ile kesme de, kesme ağzı genişliği parça kalınlığı arttıkça artmıştır (Çizelge 4.5). Plazma ile kesmede akım şiddeti arttıkça, kesme yarığı genişliği artmıştır (Çizelge 4.6). Plazma ile kesmede işlem gazları karışım oranlarında argon ve azot oranı arttıkça kesme ağzı daralırken hidrojen katkısı arttıkça aralıkta artış gözlenmiştir (Çizelge 4.7).

Sonuç olarak, kesme yöntemi seçilirken, malzemeye uygulanabilirliği, kesme işlemi maliyeti, kesme süresi, hedeflenen kesme yüzeyi kalitesi, göz önünde bulundurulmalıdır.



KAYNAKLAR

Ank, S., Vural, M. ve Oğur, A., (1996), Termik Kesme Teknolojisi, Gedik Eğitim Vakfı Yayınları, İstanbul.

Böhme, D., Hermann, F.-D., Mair, H., Schultz H., Wahl, T., Weinreich M., (1992), Handbuch der Schweissverfahren Teil-II", Deutsche Verlag für Schweisstechnik DVS-Verlag, Düsseldorf-Deutschland.

Gourd, L.M., (1995), Principles of Welding Technology, Arrowsmith Ltd., Bristol-Great Britain.

Karadeniz, S., (1990), Plazma Tekniği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara

Smith, D., (1989), Welding Skills and Technology, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

Tülbentçi, K., Kaluç, E., (2001), Gaz Ergitme Kaynağı ve Oksijen ile Kesme, TMMOB Makina Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

İnternet Kaynakları

[1] http://www.hypertherm.com/technology/plasma_history.htm

[2] http://www.hypertherm.com/technology/long_life.htm

[3] http://www.hypertherm.com/technology/high_def.htm

[4] <http://www.kjellberg.de/plasma/wasplasm.html>

[5] <http://www.kjellberg.de/plasma/hf160i.htm>

[6] <http://www.kjellberg.de/finefoc/ff450.htm>

[7] <http://www.bos.com.tr>

[8] <http://www.yildizgaz.com.tr>

[9] <http://tanakaengineering.com>

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	10.08.1979	
Doğum yeri	İstanbul	
Lise	1990-1997	Kartal Anadolu Lisesi
Lisans	1997-2001	Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2001- 2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı

Çalıştığı kurumlar

2000-2002	BAYMAK Anadolu A.Ş. Servis Mühendisi
2002-Devam ediyor	Kırtek Müh. Mak. Ltd. Şti. Konstrüktör Mühendis