

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

## **METAL TEKNOLOJİSİ**

**ELEKTRİK ARKI İLE KESME  
521MMI196**

**Ankara, 2011**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. KÖMÜR ELEKTROTLA KESME YAPMAK .....	3
1.1. Kömür Elektrot ile Kesmenin Tanımı ve Özellikleri .....	3
1.2. Kömür Elektrot ile Kesmede Kutup Seçimi Amper Ayarı .....	4
1.3. Kesme Sırasında Hareket ve Açının Belirlenmesi .....	5
1.4. Kömür Elektrotlarla Kesme .....	5
UYGULAMA FAALİYETİ .....	7
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	10
ÖĞRENME FAALİYETİ-2.....	11
2. METAL ELEKTROTLA KESME YAPMAK .....	11
2.1. Metal Elektrotla Kesmede Kutup Seçimi, Amper Ayarı.....	11
2.2. Kesme Sırasında Hareket ve Açının Belirlenmesi .....	12
2.3. Metal Elektrotlarla Kesme .....	13
2.4. Elektrik Akı ile Kesmenin Avantaj ve Dezavantajları .....	13
UYGULAMA FAALİYETİ .....	15
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	17
ÖĞRENME FAALİYETİ-3.....	18
3. PLAZMA ARKI İLE KESME .....	18
3.1. Plazma Kesme Makinesi .....	18
3.2. Kesme Beki .....	20
3.3. Plazma ile Kesmede Oluşan Kesme Sıcaklıkları .....	22
3.4. Plazma ile Kesmede Malzeme Cinsine Göre Kesme Hızları .....	22
3.5. Plazma ile Kesmenin Avantajları .....	24
3.6. Kesme İçin Gerekli Hava ve Gazlar .....	25
3.7. Plazma Arkı Oluşturma .....	27
3.8. Pilot Arkını Oluşturarak Malzeme Cinsine Göre Kesme Hızını Ayarlayabilme ve Kesme .....	28
UYGULAMA FAALİYETİ .....	31
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	33
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	34
CEVAP ANAHTARLARI .....	36
KAYNAKÇA .....	37

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	521MMI196
<b>ALAN</b>	Metal Teknolojisi
<b>DAL/MESLEK</b>	Kaynakçılık
<b>MODÜLÜN ADI</b>	Elektrik Arkı İle Kesme
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bu modül kömür (karbon) elektrotlar, metal (örtülü) elektrotlar ve plazma arkı ile kesme yeterliği kazandıran öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/16
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Elektrot ve plazma arkı ile kesme yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Bu modül ile gerekli ortam ve ekipman sağlandığında standartlara uygun olarak elektrik arkı, kömür elektro, metal elektrot ve plazma arkı ile metallere kesme yapabileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Uygun çapta elektrot, amper ayarı ve elektrot açısı ile elektrot hareketi vererek kömür elektrotlarla kesme yapabileceksiniz.</li><li>2. Uygun çapta elektrot, amper ayarı ve elektrot açısı ile elektrot hareketi vererek metal elektrotlarla kesme yapabileceksiniz.</li><li>3. Kesme makinesinin ayarlarını yaparak sabit ilerleme hızında plazma arkı ile kesme işlemini yapabileceksiniz.</li></ol>
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Elektrik ark kaynak atölyesi, sınıf <b>Donanım:</b> Elektrik ark kaynak postası, kaynak yardımcı elemanları (iş önlüğü, eldiven, kaynak çekici, tel fırça, kaynak masası, pens sehpası vb.), plazma kesme makinesi ve yardımcı elemanları (kaynak üfleci, gaz tertibatı vb.)
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Gelişen teknoloji, her geçen gün metal sanayisinin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yeni alaşımların oluşturulması, bunların kaynağı için gerekli araştırmaların yapılmasına sebep olduğundan sonuçta bu yüksek sıcaklıklarda eriyen metal ve alaşımları için yine yüksek sıcaklıklarda kaynak ortamı hazırlayabilen kaynak ekipmanlarının gelişmeler çerçevesinde kullanılır hâle gelmesini sağlamıştır.

Bu modülde her metal atölyesinde mevcut olan elektrik ark kaynak ünitesi ve kullandığımız metal (örtülü) elektrotlar ile kesme, karbon (kömür) elektrotlarla kesme ve çoğunuzun belki de yeni tanışacağı ancak endüstride yaygın olarak kullanılan plazma ile kesme konularında bilgiler vereceğiz. Plazma ile kesme, yaklaşık 1955'ten beri endüstride birçok alanda kullanılmaktadır. Pek çok işletmede 5 kw'tan 100 kw'a kadar güçte plazma cihazları bulunmaktadır. Plazmalar imalatta, tıpta, ışıklandırmada, televizyonlarda, enerji üretmekte (nükleer) ve birçok teknolojiye kullanılmaktadır. Plazma ile kesilebilen parçaların kalınlığı 0.5 mm'den 150 mm'ye kadar bir aralıktadır.

Hedeflediğiniz amaçlara ve mesleki yeterlik düzeyine ulaşabilmeniz için başardığınız modüllerin neleri kapsadığını iyi anlamanız ve öğrenmeniz gerekmektedir.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Bu faaliyetle gerekli ortam sağlandığında (uygun çap ve özellikte elektrot, doğru amper ayarı, doğru elektrot açısı, elektrot hareketi) kömür elektrotlarla kesme yapabileceksiniz.

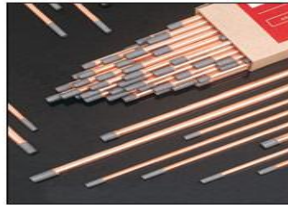
## ARAŞTIRMA

- Metal işleri meslek dalında elektrik ark kaynağı işinde çalışan işletmeleri ziyaret ediniz.
- Bu işletmelerdeki metal kesme işlemlerinin hangi tür tekniklerle yapıldığını not ediniz.
- Karbon (kömür) elektrotla kesme yaparken nasıl bir ön hazırlık yapıldığına, kaynak makinesinin amper ayarına ve kesme işlemine dikkat ederek bunları not ediniz.
- Bu konuda öğrendiğiniz bilgilerden, tuttuğunuz notlar yardımıyla bir rapor hazırlayınız ve bunu sınıfa sununuz.

## 1. KÖMÜR ELEKTROTLA KESME YAPMAK

### 1.1. Kömür Elektrot ile Kesmenin Tanımı ve Özellikleri

Kömür veya grafit elektrodun, işlem göreceğ parçaya oluşturduğu ark sayesinde yapılan kesmedir. Ark sırasında meydana gelen eriyik parçalar elektrot çevresinden üflenen hava ile dışarı atılır. Karbon elektrotların boyları yaklaşık 300 mm'dir. Yüzeyleri (akım geçirgenliğini kolaylaştırması bakımından) bakır ile kaplanmış veya içerisine bakır tozları sıkıştırılmıştır. Bakır tozları sıkıştırılmış elektrotların yüzeyleri siyahtır.



Starweld  
Karbon Elektrodlar

### Resim 1.1: Karbon elektrotlar

İletkenlikleri jeneratörlerdeki kömürlere benzemektedir. Kesme penseleri özel olarak yapılmaktadır. Normal elektrotlarda olduğu gibi kaynak akımının yanında ayrıca bir basınçlı hava hortumu vardır. Hortumdan gelen hava elektrodun çevresinden parçaya doğru üflenir. Böylece elektrot soğutulduğu gibi kesme alanındaki eriyik artıkları da dışarı atılır. Yüksek amperin kullanılması hâlinde su soğutmalı pensler tercih edilmelidir. Genellikle 300 amperin üzerinde su soğutmalı türleri kullanılır. Karbon elektrotla kesme yapacak kimsenin iyi bir ark kaynakçısı olması gerekir. Kömür elektrotlarla kesilen yüzeyler çok kaba olduğundan sonradan işlenmesine ihtiyaç vardır. Bu usul daha ziyade hurdaya atılacak veya sonradan işlenmesine ihtiyaç olmayan parçaların kesilmesinde ya da delinmesinde kullanılır.

Kesme işleminin parça üzerindeki metalürjik tesiri, oksijenle yakarak yapılan kesme işleminin aynısıdır. Yüksek karbonlu çeliklerin ve dökme demirin kesilmesinde kesilen ağızlarda martenzit ve sementit teşekkülü dolayısıyla bir sertleşme görülür. Bu sertleşen bölgenin bertaraf edilmesi için de talaş kaldırma işleminden önce ağızların taşlanması gerekir.

Karbon elektrotlar ile kesme işlemleri, kaynak ağzı açmalarda, kök paso temizlenmesinde, dikiş içindeki hataların giderilmesinde ve kanal açma işlemlerinde uygulanmaktadır. Kesme sırasında oluşan arkın ışını fazla olduğu için kaynağa nazaran daha koyu cam kullanılması gerekmektedir.

## 1.2. Kömür Elektrot ile Kesmede Kutup Seçimi Amper Ayarı

Karbon elektrotlarla kesmede 300 amper akım şiddetine kadar normal elektrot penseleri kullanılarak **doğru akımda** (bazı durumlar da **dalgalı akımda**) kaynak yapılır. 300 amperden yukarı akım şiddetlerinde ise su ile soğutulan elektrot penselerine ihtiyaç vardır. Elektrot çapına göre seçilmesi gerekli amper ayarları Tablo 1.1’de verilmiştir.

Elektrot çapı (mm)	Akım şiddeti (amper)
5	150’ye kadar
6	200’e kadar
8	200-350
10	300-500
12	300-600
15	400-700
20	600-800
25	800-1200

Tablo 1.1: Kesme işleminde kullanılan elektrot çapları ve akım şiddetleri



### 1.3. Kesme Sırasında Hareket ve Açının Belirlenmesi

Kesme sırasında parçanın kalınlığına ve konumuna göre elektroda verilecek hareketler değişebilir.

- Kalın parçaların kesilmesinde elektrot hareketi yapılmamalıdır.
- Gerecin orta kısmında kesme yapılırken elektrot helisel hareket ederek ertitme ortamı sağlamalıdır.
- Eriyik damlalarının rahatlıkla dökülmesi için **arka** itme etkisi yaptırılacak şekilde elektrot (aşağı- yukarı) hareket etmelidir (Şekil 1.1).

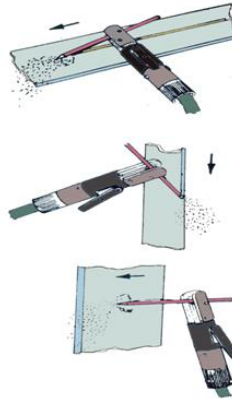


Şekil 1.1: Kömür elektrotla kesme hareketi ve açısı

Kesme yaparken elektrot 45°lik bir konuma ark yapar ve elektrot çevresine basınçlı hava üflenir.

### 1.4. Kömür Elektrotlarla Kesme

Karbon (kömür) elektrotla kesme, genellikle doğru akım üreteçlerinde (jeneratörlerde) yapılır. Çok ince gereçler dışında karbon elektrotlarla kesmede basınçlı hava kullanılır. Bunun için yapılmış özel penseler vardır. Kullanılacak havanın basıncı gereç kalınlığına göre 5-10 atmosfer arasında değişmektedir. Kesme işlemi yapılırken testere veya rende hareketi yapılmalıdır (Şekil 1.1). Kömür elektrodun uç kısmı zımpara taşında çapının yarısına eşit çapa düşürülür. Yani koniğin küçük çapı esas kömür çapının yarısı kadar, boyu ise elektrot çapının 5-7 katı kadar alınır. Karbon elektrot, ertitme alanında daha az oranda kimyasal yanma yapmaktadır. Kesme tekniği bakımından metalik arka çok benzemektedir. Ancak kaynak akımı bakımından daha yüksek ampere ihtiyaç vardır.



Şekil 1.2: Kömür elektrotla kesme



**Kaynak makinesini çalıştırınız. Malzemeyi markalayınız. Elektrot çapına ve kesilecek parçanın kalınlığına uygun amper ayarı yapınız. Öğrenme faaliyetinde bilgilendiğiniz doğrultuda elektrot açısını, ilerleme hızını ve elektrot hareketlerini uyguluyarak kesme işlemi gerçekleştiriniz. Sıcak maden damlacıklarına karşı önlem alınız. Kesilen yüzeyleri temizleyiniz. Kaynak ekipmanlarını işi bittikten sonra yerlerine koyunuz. Güvenlik kurallarına uyunuz.**

Karbonla (kömür) yapılan kesme konumları düz, yan ve dikdir. Teknikte, her üç konum da çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle hatalı kaynakların ve kök dikişlerin temizlenmesinde ve kaynak ağzı açma gibi işlemlerde çok pratik olmaktadır.

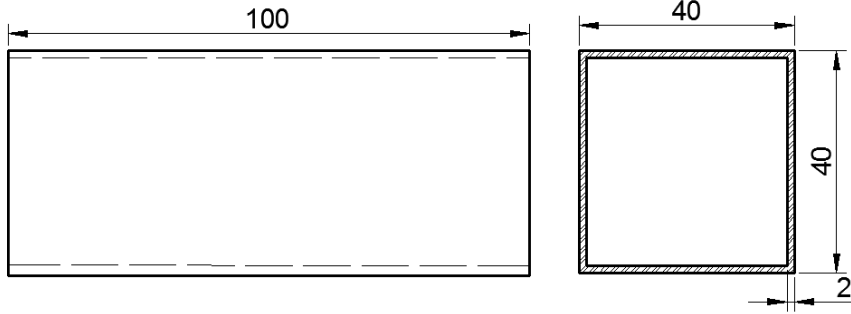


**Resim 1.2: Güvenlik kurallarına uyularak yapılan elektrotla kesme**




**UYARI:** Gömleğin ilk düğmesi yanlış iliklenince diğerleri de yanlış gider. Gerçekte de bir dizi işlemde oluşmuş basamakların ilk aşaması yanlış yapıldığında bu yanlışlık diğer basamaklara da bulaşır. Bu sebeple yapılacak olan işi en baştan doğru yapınız!!!

## UYGULAMA FAALİYETİ

Öğrenme faaliyetinde verilen bilgiler doğrultusunda aşağıdaki işlem basamakları ve öneriler doğrultusunda karbon (kömür) elektrotla kesme işlemini yapınız.



Malzeme:  $\square$  40 x 40 x 2, 100 mm boyundaki kare profili değişik yönlerde kesebilirsiniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izleyiniz.</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesme için uygun çapta elektrot seçip pens ucunu eksi kutba bağlayınız (Şekil 1.2).</li><li>➤ Kesme elektrodunun ucunu kesme için hazırlayıp amper ayarını yapınız.</li><li>➤ Kaynak makinesini çalıştırınız.</li><li>➤ Elektroda 70° - 80° açı (Şekil 1.1) vererek arkı oluşturunuz.</li></ul> 	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sıcak maden damlacıklarına karşı önlem alınız.</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesme işlemi için uygun maske camı kullanınız (Resim 1.2).</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız (Resim 1.2).</li><li>➤ Eldiven ve iş önlüğü kullanınız (Resim 1.2).</li><li>➤ Çalışma alanınızı temiz tutunuz.</li><li>➤ Çalışma prensiplerine uyunuz. İşiniz bitince kaynak yardımcı elemanlarını yerlerine kaldırınız.</li></ul>

- Elektroda ilerleme yönü boyunca açısını bozmadan dik zikzak hareketi veriniz.
- Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizleyiniz.



## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izlediniz mi?		
2	Kesme için uygun çapta elektrot seçip pens ucunu eksi kutba bağladınız mı?		
3	Kesme elektrodunun ucunu kesme için hazırlayıp amper ayarını yaptınız mı?		
4	Kaynak makinesini çalıştırdınız mı?		
5	Elektroda 70° - 80° açı vererek arkı oluşturduunuz mu?		
6	Elektroda ilerleme yönü boyunca açısını bozmadan dik zikzak hareketi verdiniz mi?		
7	Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizlediniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi karbon (kömür) elektrotları en iyi tanımlar?  
A) İçleri normal elektrotta olduğu gibi demirdendir, yüzeyleri ise demir tozları ile kaplanmıştır.  
B) Yüzeyleri sarı renkte olup içleri kurşun çekirdekten oluşur.  
C) Yüzeyleri (akım geçirgenliğini kolaylaştırması bakımından) bakır ile kaplanmış veya içerisine bakır tozları sıkıştırılmıştır. Bakır tozları sıkıştırılmış elektrotların yüzeyleri siyahtır.  
D) İçerisine elektriği daha iyi iletmesi için gümüş tozları karıştırılmıştır.
2. Kesme sırasında biriken artıklar kesme alanından nasıl uzaklaştırılır?  
A) Yardımcı bir eleman, kesme sırasında elinde tuttuğu tel fırça ile artıkları temizler.  
B) Hortumdan gelen hava elektrodun çevresinden parçaya doğru üflenerek hem elektrodu soğutur hem de kesme alanındaki eriyik artıkları dışarı atar.  
C) Kaynak bittikten sonra kaynak çekici ve keski kullanılarak artıklar temizlenir.  
D) Basınçlı su sıkılarak artıklar kaynak alanından temizlenir.
3. Karbon elektrotlarla kesmede 300 amper akım şiddetinden sonra ne tür kaynak penseleri kullanılır?  
A) Kaynak sırasında kullanılan penseler bu tür kesmeler için de yeterlidir.  
B) İçlerinden hava üflenen penseler kullanılır.  
C) Daha kalın çapta penseler kullanılır.  
D) 300 amperden yukarı akım şiddetlerinde su ile soğutulan elektrot penselerine ihtiyaç vardır.
4. Kalın parçaların kesilmesinde elektroda nasıl hareket verilmelidir?  
A) Elektroda helisel hareket vermelidir.  
B) Zikzak hareketleri ile kesme işlemi yapılmalıdır.  
C) Bu tür parçaların kesilmesinde elektrot hareketi yapılmamalıdır.  
D) Aşağı yukarı hareketi ile kesme işlemi yapılmalıdır.
5. Kesme işleminde elektrot açısı kaç derece olmalıdır?  
A) 90°ye yakın olmalıdır.  
B) 70°-80° olmalıdır  
C) 60°-50° arası olmalıdır.  
D) 20°-30° arası olmalıdır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Bu faaliyetle gerekli ortam sağlandığında uygun çapta elektrot, amper ayarı ve elektrot açısı ile elektrot hareketi vererek metal elektrotlarla kesme yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Öğretmeninizden atölyenizde kesme işlemi için kullanılan metal (örtülü) elektrotların çapı, cinsi ve boyları hakkında bilgi toplayınız.
- Aynı bilgileri kütüphane ve internet ortamından da araştırınız.
- Metal (örtülü) elektrot satan mağazaları gezerek yeni bilgiler toplayınız ve bu bilgileri arkadaşlarınızla paylaşınız.

## 2. METAL ELEKTROTLA KESME YAPMAK

### 2.1. Metal Elektrotla Kesmede Kutup Seçimi, Amper Ayarı

Kesme işleminde 4-6 mm çapındaki asit, rutil, selülozik ve demir tozlu elektrotlar, doğru veya alternatif akımda 60-70 A/mm'lik bir akım yükü ile kullanılır. Elektrot penselerinin bu akım şiddeti için uygun olması gerekmektedir.

Örtülü elektrotlarla yapılan kesmede, kesilen ağızlar kaba olup talaş kaldırılarak sonradan işlenmelidir. Kesme işleminin kesilen ağızlardaki metalürjik etkisi, karbon elektrotlarla ve oksijenle kesme işlemlerinde olduğu gibidir.



Resim 2.1: Metal (örtülü) elektrotlar

<b>Malzeme: Alaşimsız karbon çeliği</b>				
<b>ELEKTROT ÇAPI (mm)</b>	<b>SAC KALINLIĞI (mm)</b>	<b>KESME HIZI (cm/dk.)</b>	<b>AKIM ŞİDDETİ (A)</b>	<b>BEHER ELEKTROT İÇİN KESME BOYU (cm)</b>
5	6	1200	300	12
5	12	800	300	8
5	20	800	400	5
6	6	2500	400	25
6	12	1000	400	10
6	20	500	400	5

**Tablo 2.1: Örtülü elektrotlarla yapılan kesme işlemine ait kesme değerleri**

Örtülü elektrotlarla kesme işlemi bakır ve paslanmaz çeliğe de uygulanabilmektedir. Bakıra uygulanmasında parçanın 430 °C'lik bir ön tavlama tabii tutulması ve 300 mm boyundaki çift örtülü elektrotların kullanılması gerekir. 18/8 CRN paslanmaz çeliklerde de hortum elektrotlar kullanılır. Bakır ve paslanmaz çeliğe ait bazı karakteristik değerler tablo 3'te verilmiştir.

<b>MALZE- ME</b>	<b>ELEK- TROT ÇAPI (mm)</b>	<b>SAC KALINLI- ĞI (mm)</b>	<b>KESME HIZI (cm/dk.)</b>	<b>AKIM ŞİDDETİ (A)</b>	<b>BEHER ELEKTROT İÇİN KESME BOYU (cm)</b>
BAKIR	4,0	12	400	220	24
	4,8	12	1100	325	65
18/8 Paslanmaz çelik	4	12	1700	325	100

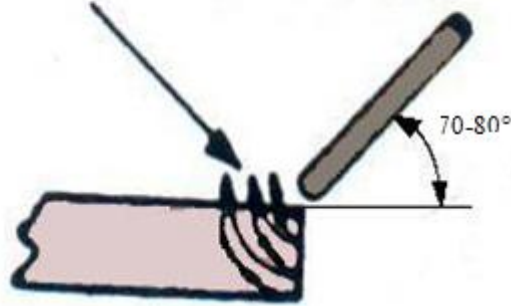
**Tablo 2.2: Bakır ve paslanmaz çeliğin metal elektrotlarla kesilmesinde kesme değerleri**

## **2.2. Kesme Sırasında Hareket ve Açının Belirlenmesi**

Kesme işlemi yapılırken testere veya rende hareketi yapılmalıdır. Kesmede elektrot 70-80°ye yakın, oluk açmada ise 15-60 ° arasında tutulmalıdır. Elektrodun kesme alanında artık bırakmadığı gibi kesilen yüzeye de fazlalık vermemelidir.



Kesme hareketi



Şekil 2.1: Metal elektrotla kesme hareketi ve açısı

### 2.3. Metal Elektrotlarla Kesme

Atölyelerde en çok kesme işlemi metal elektrotlarla (örtülü) yapılır. Elektrot çapı, kesilecek parça kalınlığı ve amper ayarı daha önce Tablo 2.1’de verilmişti.

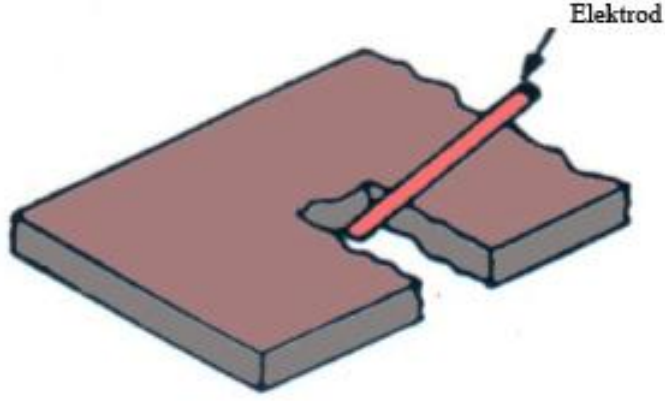
Metalik ark (örtülü elektrik arkı) ile kesmede aşağıda önerilen işlem basamaklarının uygulanması iyi bir kesme yapılmasına olanak sağlar.

- Kaynak makinesinin kutup ayarı, gerecin kaynatılmasındaki gibi seçilmelidir.
- Kesilecek gereç yatay konumda ve alt kısmı boş olacak şekilde hazırlanmalıdır.
- Kalın parçaların kesilmesinde elektrot hareketi yapılmamalıdır.
- Kesme işlemine gerecin kenarından başlanarak devam edilmelidir.
- Kesme kanal genişliği elektrodun örtülü kısmının çapından büyük olmamalıdır.
- Gerecin orta kısmında kesme yapılırken elektrot helisel hareket ederek eritme ortamı sağlamalıdır.
- Kesme sırasında kesme çizgisi görülecek şekilde markalanmalıdır.
- Eriyik damlalarının rahatlıkla dökülmesi için arka itme etkisi yaptırılacak şekilde hareket etmelidir.
- Kesme artıklarından korunmak için gerekli önlemler alınmalıdır.

### 2.4. Elektrik Akı ile Kesmenin Avantaj ve Dezavantajları

- **Avantajları**
  - Çabuk, kolay ve ekonomiktir.
  - Gaz alevinin sakıncalı olduğu yerlerde ark ile kesme önem kazanır.
  - Soğuk talaş kaldırma veya kesme işlemleri ile kesilemeyen çelikler, sertleştirilmiş parçalar, dökme veya çelik döküm parçalar ark ile kolayca kesilebilir.
  - Sertleştirilmiş çelik parçalardan başka oksitlenmişle kesilmesi güç olan diğer bütün metaller elektrik arkı ile kesilebilir.

- Bilhassa oksidinin erimesi yüksek sıcaklık gerektiren alüminyum, elektrik arkı ile kolayca kesilebilir.



Şekil 2.2: Elektrik ark ile kesilmiş bir malzeme

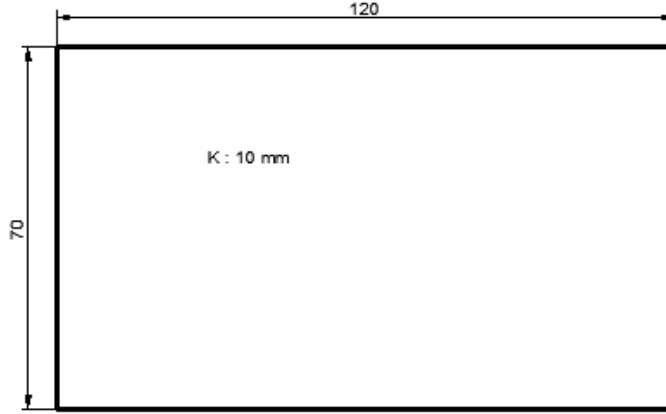
#### ➤ Dezavantajları


Elektrik arkı ile kesme işlemi her işe uygulanmaz çünkü arkla kesmede ve kesme işlemi sonunda aşağıda sıralanan sakıncalar ortaya çıkar:

- Ark ile kesmede yüzey, oksijen-gaz veya diğer türleri gibi düzgün olmayıp girintili çıkıntılıdır.
- Parça kalınlığına ve makinenin kapasitesine uygun elektrot seçilmezse kesme işlemi başarılı olmaz.
- Kesme işleminde uygun kesme elektrodu kullanılmazsa kesilen yüzeyler sertleşir ve talaş kaldırma işçiliği güç olur.

## UYGULAMA FAALİYETİ

120x70x10 mm kalınlığındaki parçayı, öğrenme faaliyetinde verilen bilgiler doğrultusunda metal (örtülü) elektrotla kesiniz.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izleyiniz.</li><li>➤ Kesme için uygun çapta elektrot seçip pens ucunu eksi kutba bağlayınız.</li></ul>  <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kaynak makinesini çalıştırıp amper ayarını yapınız.</li><li>➤ Elektroda 70° - 80° açı vererek arkı oluşturunuz (Şekil 2.2).</li><li>➤ Elektroda ilerleme yönü boyunca açısını bozmadan dik zikzak hareketi veriniz (Şekil 2.2).</li><li>➤ Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizleyiniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sıcak maden damlacıklarına karşı önlem alınız.</li><li>➤ Kesme işlemi için uygun maske camı kullanınız.</li><li>➤ Emniyet tedbirlerini uygulayınız.</li><li>➤ Eldiven ve iş önlüğü kullanınız.</li><li>➤ Çalışma alanınızı temiz tutunuz.</li><li>➤ Çalışma prensiplerine uyunuz. İşiniz bitince kaynak yardımcı elemanlarını yerlerine kaldırınız.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izlediniz mi?		
2	Kesme için uygun çapta elektrot seçip pens ucunu eksi kutba bağladınız mı?		
3	Kaynak makinesini çalıştırıp amper ayarını yaptınız mı?		
4	Elektroda 70° - 80° açı vererek arkı oluşturduğunuz mu?		
5	Elektroda ilerleme yönü boyunca açısını bozmadan dik zikzak hareketi verdiniz mi?		
6	Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizlediniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Kesme işleminde ..... mm çapındaki asit, rutil, selülozik ve demir tozlu elektrotlar, doğru veya alternatif akımda 60-70 A/mm'lik bir akım yükü ile kullanılır.
2. Kesme işlemi yapılırken ..... hareketi yapılmalıdır.
3. Kalın parçaların kesilmesinde elektrot hareketi .....
4. Gerecin orta kısmında kesme yapılırken elektrot ..... edilerek eritme ortamı sağlanmalıdır.
5. Bilhassa oksidinin erimesi yüksek sıcaklık gerektiren..... , elektrik arki ile kolayca kesilebilir.
6. Kesme işleminde uygun ..... kullanılmazsa kesilen yüzeyler sertleşir ve talaş kaldırma işçiliği güç olur.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Bu faaliyetle gerekli ortam sağlandığında kesme makinesinin ayarlarını yaparak sabit ilerleme hızında plazma arkı ile kesme işlemini yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Metal işleri sektöründe faaliyet gösteren işletmeleri gezerek yetkililerden plazma kaynağı ve plazma arkı ile kesme hakkında bilgi alınız.
- Plazma arkı ile ne tür malzemeleri kestiklerini, kullandıkları gazları, plazma kesme makinesi ve yardımcı elemanlarını not ediniz.
- Aynı bilgileri kütüphane ve internet ortamından da araştırarak bir rapor hazırlayınız. Hazırladığınız bu raporu sınıfta arkadaşlarınıza sununuz.

## 3. PLAZMA ARKI İLE KESME

### 3.1. Plazma Kesme Makinesi

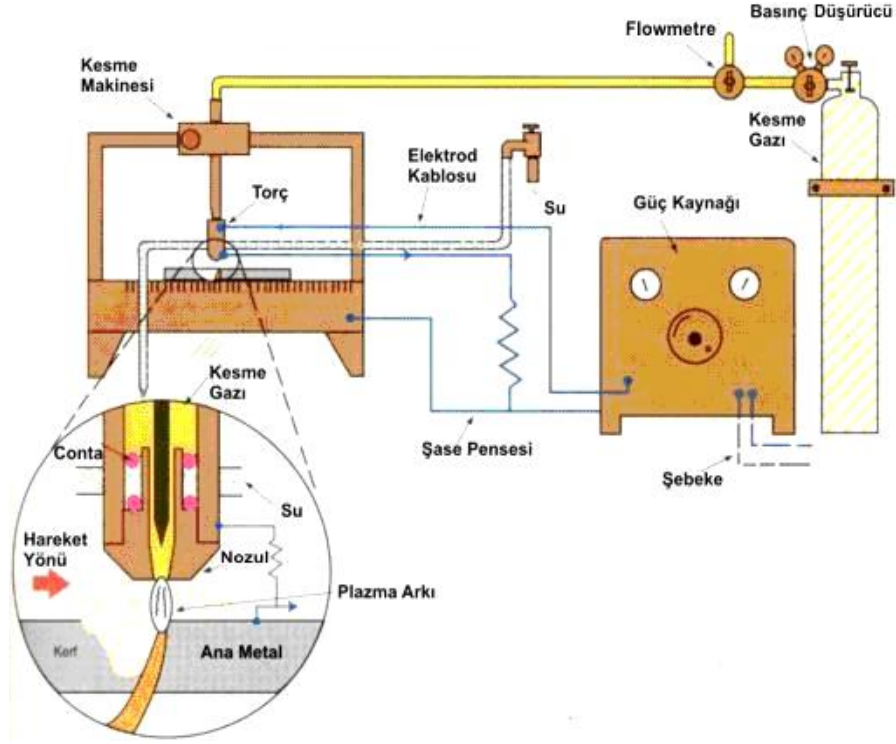
Plazma kesme için özel akım üreteçleri, ani düşen veya sabit akım karakteristikli, tekrar tetiklemeli redresörlü, ayrılabilir üç fazlı transformatörler kullanılmaktadır. Her bir cihaz türüne göre akım ya sabit ya kademeli akar veyahut da kademesiz ayarlanabilir. Büyük tesislerde boşta çalışma gerilimi 400 V ve çalışma gerilimi 20-100 V arasındadır. Bu yüksek gerilimler, arkın emniyetli şekilde tutuşması, yüksek iyonizasyon enerjili gazlar altında arkın sürdürülebilmesi ve kalın cidarlı parçalar hâlinde de elektrot ile kesme yarığının orta bölgesi arasında köprü yapabilmesine yetecek uzunlukta olması gerektiği için önemlidir.

Elle kesimde kullanılan küçük cihazlar, örneğin % 60 ED'de 50A'lık bir maksimum akım, 240V'luk bir boşta çalışma gerilimi, maksimum 100 V'luk bir boşta çalışma gerilimi verir. Torcun güç çıkışı yaklaşık 14 kVA'dır.

Nispeten büyük cihazlar, % 100 ED'de 200V'luk işletme geriliminde 600 amperlik bir kesme akımı sağlar. Burada boşta çalışma gerilimi 400V'tur. Bu tip cihazlarda 120 mm'lik saclarda kaliteli kesimler ve 150 mm'lik saclarda da ayırma amaçlı kesimler yapılabilir. Daha büyük güçler gerektiğinde iki veya daha fazla cihaz, seri veya paralel bağlanabilir.

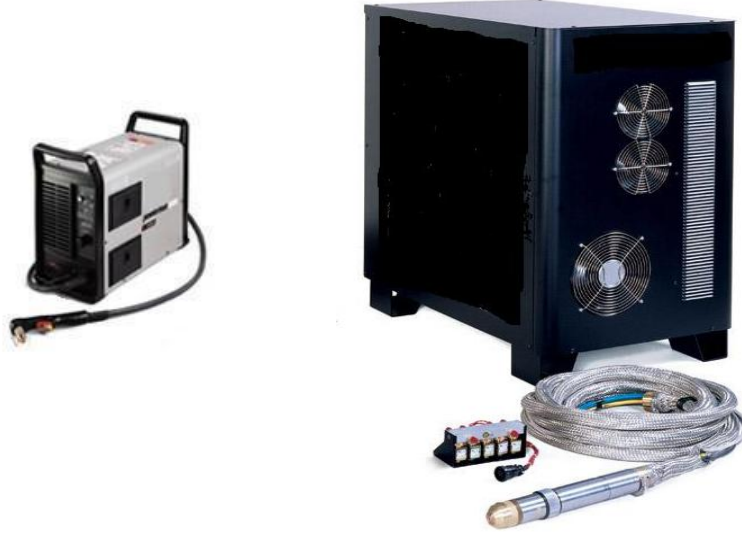
Plazma arkı ile kesme yönteminde gaz veya gaz karışımı yüksek sıcaklığa çıkartılarak gazın iyonlaşması sağlanır. Yöntem özetle, elektrik arkıyla sıcaklığı artırılan yüksek akışkanlığa sahip iyonlaşmış gazların metalleri eritmesi ve kesmesidir. Malzeme plazma arkının ısıyla eritilir ve yüksek hızlı koruyucu gazın püskürtülmesi ile erimiş metal kesim bölgesinden uzaklaştırılır.

Alüminyum, paslanmaz, bakır ve karbonlu çelikler gibi birçok metal kesilebildiği gibi metal olmayan malzemelerin kesimi de mümkündür.



Şekil 3.1: Plazma arkıyla kesim ekipmanları genel şematik

Torç içinde kanallar vardır. Merkezdeki kanal plazma arkı içindir. Merkezin çevresindeki kanal ise koruyucu gaz içindir. Gaz akış hızı 118 L/dakikaya (250 ft<sup>3</sup> / saat) kadar çıkabilmektedir. Çift akışlı kesme sistemi gazın birini plazma oluşturmak için diğerini ise koruyucu olarak kullanmaktadır. Azot, sıklıkla plazma oluşturmak için kullanılan gazdır.



**Resim 3.1: Elle kesimde kullanılan küçük ve orta boy plazma kesme makineleri**

Karbondiyoksit çeliklerde, argon ve helyum veya karışımları alüminyumda kullanılan koruyucu gazlardır.

### **3.2. Kesme Beki**

Soğutma sistemi, her şeyden önce kural olarak ark huzmesi ile boru cidarı arasında iyonize olmayan bir gaz mantosu oluşturacak şekilde, arka büzücü etki yapan boru cidarını soğutmalıdır. Bu çevresel gaz mantosu bir taraftan ark çevresindeki yüksek sıcaklıkları gerekli şekilde yönlendirecek ve diğer taraftan da bakır memenin kuvvetli termik yüklere maruz kalmasını önleyecek tarzda bir ısı yalıtımı etkisi oluşturur. Bu iyonize olmamış gaz sınır tabakasının bir ısı ızalasyonu etkisi yanında çift ark oluşumu ve böylelikle ark huzmesi; meme ve parça arasında elektriksel bir köprü oluşumunu azaltacak şekilde, meme ile ark huzmesi arasında bir elektriksel ark ızalasyon ortamı olarak da etkisi söz konusudur. “Parazit ark” olarak da adlandırılan bu ark, meme borusunun geometrisini, dış yüzeyini ve yönünü değiştirecek tarzda, belirli bir erime ile memeyi tahrip eder. Son olarak hatasız bir kesme yarığı oluşumuna da engel olur. Çift ark oluşumuna, özellikle aşağıdaki durumlarda dikkat edilmelidir.

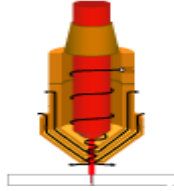


- Akım şiddeti boru çapına göre çok büyük olduğunda
- Memenin soğutulması yetersizse
- Plazma yapıcı gazın debisi çok düşükse
- Elektrot meme borusu içinde tam merkezlenmiş durumda değilse



**Resim 3.2: Değişik şekillerde üretilmiş plazma kesme torç ve memeleri (bekleri)**

Meme ve elektrot, diğer parçalar arasında maliyeti düşük olan parçalardır ve aşındıklarında değiştirilmeleri kesme işleminin maliyetini fazla etkilemez. Memenin (bekin) dayanma süresine soğutma şeklinin büyük etkisi vardır. Pratik olarak dayanma süresi, bir ila dört kesim işlemi arasındadır. Kapalı bir soğutma sistemi içinde yumuşak ve demineralize su kullanılması hâlinde, memenin (bekin) dayanma süresinde önemli bir iyileşme görülebilir. Her bir torç tipinde, doğrudan veya dolaylı suyla soğutulan meme kullanılır.



**Şekil 3.2: Plazma kesme beki şeması**

Her iki soğutma sisteminde de bir tezat vardır. Şöyle ki; doğrudan soğutulan memeler daha yoğun soğutulur ancak meme değişiminde soğutma devresinin açılması ve soğutma suyunun atılması dezavantajı vardır. Dolaylı yani vida dişleri üzerinden ve torç gövdesi yüzeyinden soğutulan memeler ise ısı geçişinin bir temas pastası kullanımı ile iyileştirilmesine rağmen, yine de çok yoğun olarak soğutulmaz. Bu ikinci tip memelerin avantajı, soğutma devresini etkilemeden ve su ilave edilmesine gerek olmadan memenin değiştirilebilmesidir. Dahası bu tür memelerde bir sızdırma problemi de görülmez. Ayrıca açık soğutma sisteminde, memenin veya elektrodun değiştirilmesi sırasında 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.

### 3.3. Plazma ile Kesmede Oluşan Kesme Sıcaklıkları

Plazma arkı ile kesmede kullanılan torçlar, mevcut en yüksek sıcaklığı üretir. Böylece bu torçlar metallerin kesilmesi için alışılmamış alev torçları ile oluşturulan ısı oksidasyonu ile kesilemeyen demir dışı ve paslanmaz çeliklerin kesilmesi için oldukça faydalıdır.

Taşıyıcı olmayan ark kolunu nozul içerisinde tamamlanır ve yaklaşık 16649 °C'lik bir sıcaklık elde edilebilir. Taşıyıcı tip torçla ark, elektrot ve iş parçası arasında meydana gelen sıcaklığın 33316 °C'ye kadar ulaşabildiği hesaplanmaktadır. Böyle yüksek sıcaklıklar herhangi metali eriterek ve kesme bölgesinden üfleyerek çok hızlı bir kesme sağlar.



Resim 3.3: Plazma ile kesilen bir malzeme

### 3.4. Plazma ile Kesmede Malzeme Cinsine Göre Kesme Hızları

Ulaşılabilen en büyük kesme hızı, her şeyden önce kesme işleminin ayırma amaçlı mı yoksa kaliteli bir kesim mi olduğuna bağlıdır. Bunun dışında kesme hızı kesilecek malzemenin türüne ve kalınlığına, kullanılan kesme gazına, gaz debisine ve kesme yönteminin her bir değişkenine bağlıdır. Aşırı yüksek sıcaklık ve plazma jetinin kombinasyonu, çok dar ve testere ile kesme kadar düz yüzeyleri meydana getirir. CNC makineleri ile integrasyonu hızlı, temiz ve düzgün kesme imkânı verir. Taşıyıcı tip torçlar genellikle metallerin kesilmesinde kullanılırken taşıyıcı olmayan tipler metal olmayan malzemeler için kullanılmalıdır.

Sac kalınlığı (mm)	Güç (kW)	N2 (l/dk.)	H2 (l/dk.)	Kesme hızı (cm/dk.)
10	30	40	1	110
20	30	40	1	90
25	30	40	1	50
10	50	60	0	210
25	50	60	3	100
50	50	60	3	30
10	100	70	5	400
50	100	70	5	45
70	100	90	10	15
100	100	90	10	10

Tablo 3.1: Yapı çeliklerinin plazma kesmede kesme değerleri

Yaygın metallerin yanında, plazma ile diğer metaller de kesilebilir. Bu metaller arasında **titanyum** da yer alır. Titanyumun kesilmesinde kesme hızı paslanmaz çeliklere oranla iki kat daha yüksektir. Bu metalin yüksek reaksiyona girme eğilimine rağmen, inert argon gazı kullanılmayıp yüksek ısı içeriğine sahip ve bu sayede iki kat fazla hızlı kesim sağlayan azot kullanılmaktadır.

- **Dökme demir** plazma ile rahatça kesilebilmesine rağmen, yüksek ısı iletimiyle **bakırın** kesilmesi biraz daha zordur. Bakır esaslı malzemeler 100 mm kalınlığına kadar plazma ile kesilebilir. Prensip olarak malzemenin üst yüzeyden ön tavllanmasıyla en yüksek sac kalınlığı (100 mm) kesime uygun hâle getirilebilir. Bu durum yüksek ısı iletenliğe sahip **pirinç**, **bronz** ve **alüminyum** gibi malzemeler için de geçerlidir.

Sac kalınlığı (mm)	Güç (kW)	N2 (l/dk.)	H2 (l/dk.)	Kesme hızı (cm/dk.)
10	30	40	5	90
20	30	40	5	60
25	30	40	5	25
10	50	60	5	200
20	50	60	5	100
30	50	60	5	50
40	50	60	5	30
40	100	80	20	55

Tablo 3.2: Bakırın plazma ile kesilmesinde kesme değerleri

Sac kalınlığı (mm)	Akım Şiddeti (A)	Meme Çapı (mm)	Kesme gazı		Kesme Hızı	
			Ar (l/dk.)	H2 (l/dk.)	Kalite Kesim (mm/dk.)	Ayrırma kesimi (cm/dk.)
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	500	4.0	30	20	100	16

Tablo 3.3: CrNi-çeliklerinin plazma ile kesilmesinde kesme değerleri

Plazma kesme ile **kaplı çelikler** de problemsiz şekilde kesilebilir. Bunlarda dikkat edilmesi gereken husus, kesme işlemine önce yüksek alışımlı taraftan başlamaktır.

Sac kalınlığı (mm)	Akım Şiddeti (A)	Meme Çapı (mm)	Kesme gazı		Kesme Hızı	
			Ar (l/dk.)	H2 (l/dk.)	Kalite Kesim (mm/dk.)	Ayrırma Kesimi-500 A (cm/dk.)
10	200	2.0	15	10	4000	600
20	200	2.0	15	12	1400	350
30	200	2.0	20	12	750	250
60	280	2.5	20	12	400	85
100	500	3.5	30	20	205	30
150	500	4.0	30	20	140	20

**Tablo 3.4: Alüminyumun plazma ile kesilmesinde kesme değerleri**

### 3.5. Plazma ile Kesmenin Avantajları

Plazma ile genellikle TİG hariç, diğer yöntemlerle kesilmesi mümkün olmayan gereçler kesilmektedir. Kesme sırasında diğer eriterek kesme yöntemlerine göre fazla bir gereç kriteri aramaması, plazma ile kesmeyi ön plana çıkarır. Plazma ile kesmenin en önemli özelliklerinden biri istif hâlindeki sacların bir anda kesilmesidir. Sac yığınları arasında boşluk kalmayacak şekilde düzenlendiği takdirde 2-6 mm kalınlık arasındaki sac yığınları rahatlıkla kesilebilir. Plazma ile kesmede 125 mm kalınlığa kadar gereçlerin yüksek hızda kesilmesi ve kesme sırasında, diğer eriterek kesme yapan sistemlere göre daha az bölgeyi sıcaklık altında tutması bir avantajdır. Çeliklerin bütün türleri, alüminyum ve alaşımları, paslanmaz çelikler, bakır ve alaşımlar plazma kaynağı ile rahatlıkla kesilebilir. Ayrıca uçak sanayisinde, gemi yapımında, basınçlı kap ve kazanların yapımlarında da güvenle ve yüksek bir kesme kalitesiyle büyük avantajlar sağlamaktadır. Plazma ile kesmede gereç yüzeyinde minimum denecek kadar az farklılık oluşmaktadır. Bunların yanında, düşük işletme ve yatırım maliyeti, üretim hattı uygulamasına ve otomasyona uygunluğu, sürekli iyileştirilen kesme kalitesi ile sanayide yaygın olarak kullanılmaktadır. Basit, küçük ve taşınabilir plazma ile kesme ekipmanlarından bilgisayar kontrollü ekipmanlara kadar değişen sistemler mevcuttur. Bir zamanlar oksijen-gaz ile kesmeye alternatif bir metot olarak ortaya çıkmışken günümüzde lazer ile kesim teknolojisine bir alternatif olma yönünde geliştirilmektedir.



Resim 3.4: Plazma arki ile kesilmiş çelik malzeme

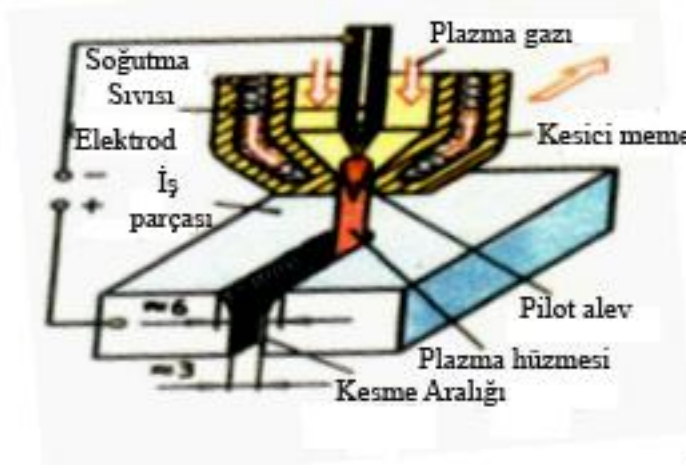
### 3.6. Kesme İçin Gerekli Hava ve Gazlar

Modern plazma ile kesme sistemlerinde, iyi bir kesme kalitesi elde etmek için taşıyıcı (plazma) ve koruyucu gaz olarak havanın yanında çeşitli gazlar ve karışımları kullanılmaktadır. Kullanılacak plazma gazları arasındaki farklar gazın iyonlaşma enerjisi, termal iletkenlik ve reaktiflik özelliklerine bağlıdır. Gazın iyonlaşma enerjisi, arkın gerilme değerini ve açığa çıkan enerji yoğunluğunu etkiler. Termal iletkenlik, arkın sürekliliğini etkilediği gibi enerjinin ısı formunda iletilmesinde de rol oynar. Reaktiflik ise ısı etkisi altında gazın eriyen malzeme ile etkileşmesidir (azotun yüksek sıcaklıklarda karbon çelikleri ile etkileşip nitrat oluşturması gibi). Plazma torcunun teknolojisine göre de kullanılan gazların karışım oranları değişebilir. Plazma ile kesme de en çok kullanılan gazlar hava, azot, oksijen ve argon-hidrojendir (H-35,Ar-H<sub>2</sub>). Genel bir fikir vermek için Hypertherm HD3070 sisteminde kullanılan gazlar malzeme cinsine göre Tablo 8’de verilmiştir.

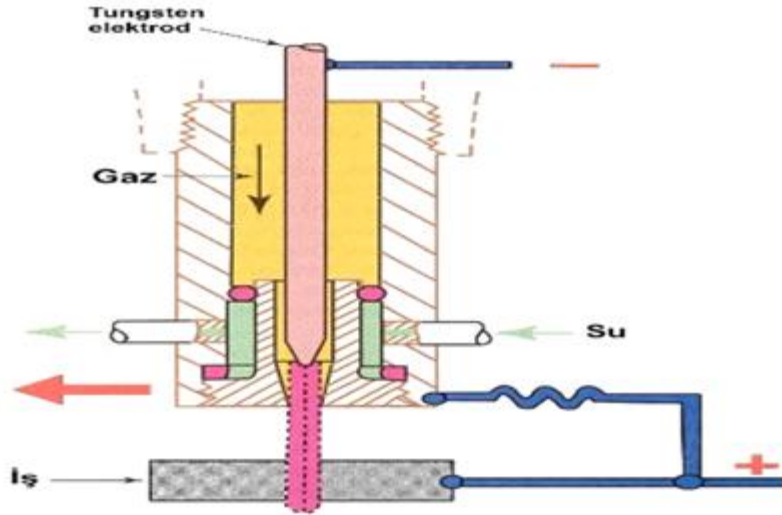
Malzeme	Plazma Gazı	Koruyucu Gaz
Karbon Çelikleri	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı
Paslanmaz Çelik	Hava	Hava
	Hava	Hava ve Metan Karışımı
	H35&Azot	Azot
Alüminyum	Hava	Metan
	H35&Azot	Azot
Bakır	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı
	Oksijen	Oksijen ve Azot Karışımı

Tablo 3.5: HD3070 sistemi gaz tablosu

Plazma oluşturucu ortam (gaz, su) meme i cidarını soğuturken kendisi yüksek sıcaklığā çıkar ve az ya da çok kuvvetli Şekilde dissosiyeye ve iyonize olur. Plazma ile kaynak sırasında sadece birkaç l/dk.lık bir plazma gazı debisi kullanılırken plazma kesmede bu akış hızı 118 l/dk.ya (250ft<sup>3</sup>/saat) kadar çıkabilmektedir. Akım Şiddetleri arttığā plazma gazının miktarı da artırılmalıdır.



Şekil 3.3: Kesmede kullanılan gazın torç içindeki kanallardan geçerek iř parçasına püskürtülmesinin Şematik gösterimi



Şekil 3.4: Transfer edilen ark

- **Transfer edilen ark:** İř parçası elektriksel olarak plazma ark toruna bağıdır. Yani elektriksel devrenin bir parçasıdır. Tungsten elektrot negatif (-), iř parçası ve plazma torç nozulu pozitif (+) kutup Őekindedir. Ark tungsten elektrotla ana metal ve plazma torç nozulu arasında oluşur.

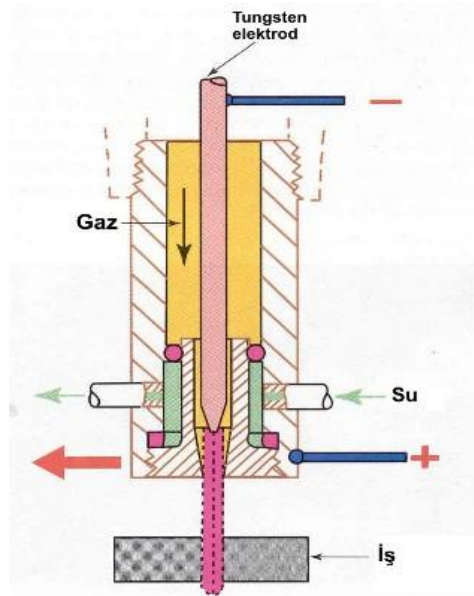
### 3.7. Plazma Arkı Oluşturma

- **Transfer edilmeyen ark:** Elektriksel devrenin tungsten elektrot ile plazma torç nozulu arasında kurulduğu transfer şeklidir. Kesilecek malzeme elektriksel devrenin bir parçası değildir.

Her iki transfer yönteminde de doğru akım, elektrot negatif ( - ) kutuplama olarak kullanılır. Böylece ısının iş parçası üzerinde yoğunlaşması sağlanır. Transfer edilen ark yönteminde ortaya daha fazla ısı çıkar.

Plazma arkıyla kesimde ilk olarak güç kaynağından amper ayarı yapılmalıdır. Daha sonra kesme gazının doğru akış hızını ayarlamak gerekir. Ark başlamadan önce plazma gazı ve koruyucu gaz 2 – 10 saniye açılarak sistem içindeki nemin temizlenmesi sağlanmalıdır. Torç su soğutmalı ise soğutma suyu açılmalıdır. Su akış kontrol üniteleri suyun kapalı olması hâlinde arkı başlatmayacaktır.

Yöntem gürültülüdür, çalışırken kulak tıkaçları kullanılmalıdır. Kesme işlemi sırasında göz koruması önemlidir. Oksi-asetilen gaz kaynağında kullanılan yüze tam oturan model gözlükler ve kullanılacak ampere göre seçilecek camlar kullanılmalıdır. Kullanılması gereken cam numaraları şöyledir:



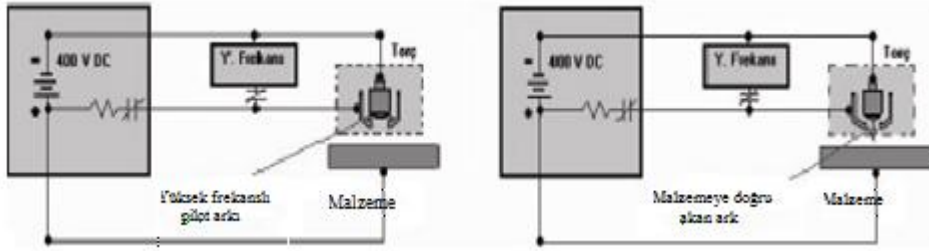
Şekil 3 - Transfer Edilmeyen Ark

Şekil 3.5: Transfer edilmeyen ark

- 300 ampere kadar, cam Nu.: 9
- 300 A – 400 A arası, cam Nu.: 12
- 400 A – 800 A arası, cam Nu.: 14

### 3.8. Pilot Arkını Oluşturarak Malzeme Cinsine Göre Kesme Hızını Ayarlayabilme ve Kesme

Arkı başlatmak için torç butonuna basılır. Güç kaynağı arkı başlatmak için yüksek frekansı devreye sokar. Buton basılı konumdayken plazma gazı akmaya başlar ve güç kaynağı ark akımını başlatır. Pilot ark oluşur ve bu plazma arkını başlatır. Plazma arkının başlamasıyla pilot ark söner. Plazma jeti, akım ayarı, gaz hızı ve gaz çeşidiyle kontrol edilir.



Şekil 3.6: Pilot ark ve plazma oluşumu

Elle kesimde torç ana metale 70° - 90° açıyla tutulur. Otomatik kesimde torç, ana metal açısı 90°dir. Kesme hızı, en iyi kesmeyi elde edecek en uygun hızda olmalıdır. Kesim yüzeylerinde işlem sonrası curuf kalmamalıdır. Otomatik kesimde oksijen ile kesmeye göre daha düzgün yüzeyler elde edilir.

Plazma jeti malzeme yüzeyinden (üstünden), altına göre daha fazla malzeme kaldırır. Bunun sonucunda kesme yüzeyinde bir eğim oluşur. Bu eğim 25 mm kalınlıktaki bir çelikte 1° - 6° arasındadır. Plazma arkıyla kesimde oluşan bu eğim oksijenle kesmeye göre 1.5 kat daha fazladır.

Transfer edilen ark yönteminde kesme bittiğinde ark kesilir. Çünkü kesme bittiğinde elektriksel devreyi tamamlayan iş parçası bağlantısı bitmiş olur. Ark kesildiği için gaz akışı da kesilmiş olur. Transfer edilmeyen ark yönteminde kesme işleminin sonuna gelindiğinde operatör butondan elini kaldırmalı, sistemi sonlandırmalıdır.



Plazma arkı ile kesim bütün pozisyonlarda ve metallerde mümkündür. Böylelikle yöntem çok kullanışlı olmaktadır. Plazma arkı ile kesim su içinde de yapılabilir. Su içindeki kesimle yöntemin gürültü, toz ve ultraviyole ışınlar gibi zararlı fonksiyonları yok olur. Kesmenin su altında olmasına rağmen bu, kesme hızını ve kalitesini etkilemez.

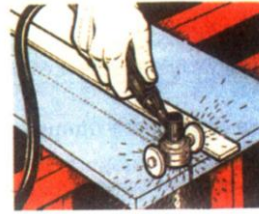
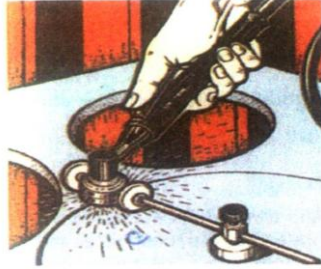


**Resim 3.5: Otomatik plazma kesme makinesi ile bir malzemenin kesilmesi**

Plazma ile kesme yöntemi sanayide yaygın olarak alaşımlı çelik, paslanmaz çelik, karbon çeliği, alüminyum alaşımları, titanyum alaşımları ve bakır kesmekte kullanılır. Nikel, titanyum ve alaşımları gibi malzemelerin kesimi ancak talaşlı işlemeden önce malzemeyi kesip hazırlamak için uygun olabilir.

Plazma arkıyla kesim işleminde torcun malzemeyle iki farklı temas şekli vardır.

- **Temaslı kesim:** Torç nozulu iş parçasına temas ettirilerek kesim yapılır. 5 mm kalınlığa kadar malzemelerde kullanılır. Plazma oluşturmak için torç metal yüzeye hafif eğik tutulur, plazma oluşuktan sonra torç, malzeme yüzeyine dik konuma getirilir.
- **Temassız kesim:** Torç, kesim işlemi sırasında malzemeye temas etmez. İşlem sırasında malzemeyle torç arasındaki mesafe yardımcı bir malzemeyle, dayama maşasıyla sabit tutulur.



**Şekil 3.7: Plazma ile dairesel kesitli malzemelerin ve düz parçaların kesilmesi**

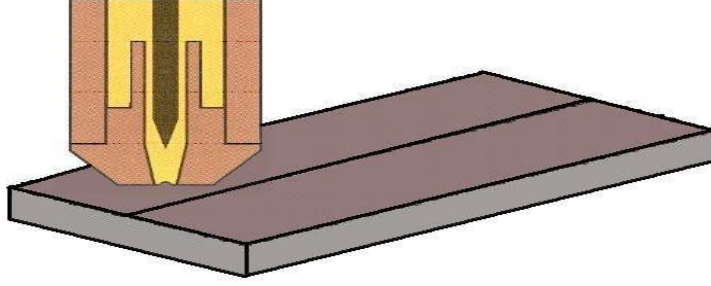
Kesmede önemli olan kesilen malzeme cinsi ve kalınlığına bağlı olarak kesme hızı ve aralığıdır. Kesme akımının büyümesi, kesme hızını ve kesme aralığı alanını yükseltir. Kesme işleminin verimi  $\mu=0.1-0.8$  arasında değişmekte olup kesme hızı arttıkça artar.

---

Yapı eliklerinin kesilmesinde gaz olarak kullanılan hava ile yüksek kesme hızlarına ve kaliteli bir kesime ulaşılmış olur. Yaygın metallerin yanında, plazma ile diğer metallere de kesilebilir. Malzeme cinsine göre kesme hızları, bundan önceki konu başlığında (3.4) tablolar eşliğinde geniş olarak belirtilmiştir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

120x80x20 mm kalınlığındaki parçayı öğrenme faaliyetinde verilen bilgiler doğrultusunda plazma ark ile kesiniz.



İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izleyiniz.</li><li>➤ Plazma kesme makinesini kesme için gerekli hava ya da gaz tesisatına bağlayınız (Şekil 3.1).</li><li>➤ Plazma kesme makinesini açıp parça kalınlığına göre amper ayarını yapınız.</li><li>➤ Şase kablosunu kesilecek malzemeye bağlayınız.</li><li>➤ Kesme beki kesme başlangıç yerine getirerek kesme için gerekli pilot arkını oluşturunuz (Resim 3.3).</li><li>➤ Kesme memesinden basınçlı hava göndererek plazmanın oluşmasını sağlayıp yüksek basınçlı kesme aralığından eriyik malzemenin boşaltılmasını sağlayınız.</li><li>➤ Beki sabit ilerleme hızı ile hareket ettirerek kesme işlemini yapınız (Şekil 3.3).</li><li>➤ Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizleyiniz (Resim 3.4).</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Plazma arkında çok yoğun bir sıcaklık olduğundan bek ucunu hiçbir canlıya yönlendirmeyiniz.</li><li>➤ İş yerini, makineyi akımdan kestikten sonra terk ediniz.</li><li>➤ Bütün vücudunuzu kapatan iş elbisesi giyiniz.</li><li>➤ Yoğunluk derecesi 7-9 olan maske camı kullanınız.</li><li>➤ Yüksek sıcaklıktan dolayı ısıya dayanıklı eldiven kullanınız.</li><li>➤ Sıcak maden damlacıklarına karşı önlem alınız.</li><li>➤ Çalışma prensiplerine uyunuz. İşiniz bitince plazma ark ekipmanlarını yerlerine kaldırınız. Kaynak esnasında kesinlikle şakalaşmayınız.</li><li>➤ İlk önce plazma kesme ile çember formunda kesme yapılmalıdır.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1	Kesilecek yeri çizgi veya nokta ile izlediniz mi?		
2	Plazma kesme makinesini kesme için gerekli hava ya da gaz tesisatına bağladınız mı?		
3	Plazma kesme makinesini açıp parça kalınlığına göre amper ayarını yaptınız mı?		
4	Şase kablosunu kesilecek malzemeye bağladınız mı?		
5	Kesme bekini kesme başlangıç yerine getirerek kesme için gerekli pilot arkını oluşturduunuz mu?		
6	Kesme memesinden basınçlı hava göndererek plazmanın oluşmasını sağlayıp yüksek basınçlı kesme aralığından eriyik malzemenin boşaltılmasını sağladınız mı?		
7	Beki sabit ilerleme hızı ile hareket ettirerek kesme işlemini yaptınız mı?		
8	Kesme sonrası kesilen yüzeyleri temizlediniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıda boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Plazma kesme için özel akım üreteçleri, ani düşen veya sabit akım karakteristikli tekrar tetiklemeli redresörlü, ayrılabilir üç fazlı transformatörler kullanılmaktadır.
2. ( ) Plazma ile kesmede torç içerisinde geçerek malzemeye doğru akan gazın (ya da havanın) akış hızı 150 l/dakikaya (317 ft<sup>3</sup> / saat) kadar çıkabilmektedir.
3. ( ) Meme ve elektrot diğer parçalar arasında maliyeti düşük olan parçalardır ve aşındıklarında değiştirilmeleri kesme işleminin maliyetini fazla etkilemez.
4. ( ) Plazma ile kesmede taşıyıcı olmayan ark kolonu nozul içerisinde tamamlanır ve yaklaşık 16649 °C'lik bir sıcaklık elde edilebilir.
5. ( ) Kesme hızı; kesilecek malzemenin türüne ve kalınlığına, kullanılan kesme gazına, gaz debisine ve kesme yönteminin her bir değişkenine bağlıdır.
6. ( ) Plazma ile kesmede titanyumun kesme hızı, paslanmaz çeliklere oranla daha düşüktür.
7. ( ) Transfer edilen ark sistemli kesmede tungsten elektrot pozitif (+), iş parçası ve plazma torç nozulu negatif (-) kutup şeklindedir.
8. ( ) Elle kesimde torç ana metale 70° - 90° açıyla tutulur. Otomatik kesmede torç, ana metal açısı 90° dir.

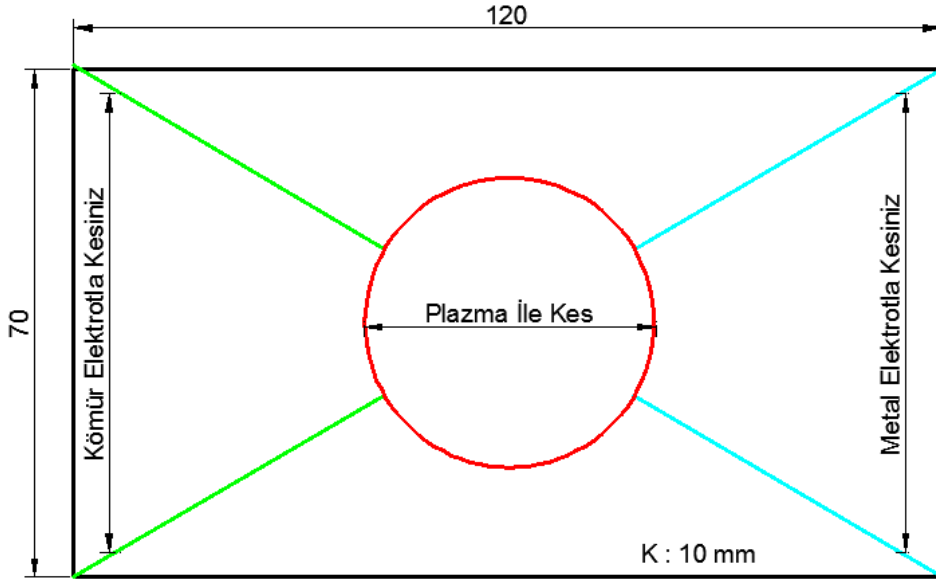
## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki 10 mm kalınlığında verilen iş plakasını, belirtilen ölçülere ve kesim biçimlerine göre işleyiniz.

Malzeme: 120 x 70 x 10 sac plakası



## KONTROL LİSTESİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1.Kesme yerlerini çizgi veya nokta ile izlediniz mi?		
2.Kesme için uygun çapta elektrot seçip pensi uygun kutba bağladınız mı?		
3.Kaynak makinesini çalıştırıp amper ayarlarını yaptınız mı?( Kömür ve metal elektrotlar ile kesme işlemlerinde)		
4.Elektroda 70-80 °açı verip arki oluşturduunuz mu?		
5.Elektroda ilerleme yönü boyunca açısını bozmadan dik zikzak hareketi verdiniz mi?		
6.Plazma kesme için malzeme cinsine göre gaz seçimi yaptınız mı?		
7.Plazma kesme için parça kalınlığına göre amper ayarı yaptınız mı?		
8.Şase kablosunu kesilecek malzemeye bağladınız mı?		
9.Kesme bekini kesme başlangıç yerine getirerek kesme için gerekli pilot arkını oluşturduunuz mu?		
10.Kesme memesinden basınçlı hava göndererek plazmanın oluşmasını sağlayıp yüksek basınçla kesme aralığından eriyik malzemenin boşaltılmasını sağladınız mı?		
11.Beki sabit ilerleme hızı ile hareket ettirerek kesme işlemini yaptınız mı?		
12.Sıcak maden damlacıklarına karşı önlem aldınız mı?		
13.Plazma kesimi için yoğunluk derecesi 7-9 olan koruyucu maske camı seçtiniz mi?		
14.Bütün vücudu kapatan iş önlüğünüzü giyip ısıya dayanıklı eldivenlerinizi taktınız mı?		
15.Kömür elektrot ile kesme yaptınız mı? (Köşeler ile çember arası)		
16.Metal elektrot ile kesme yaptınız mı? (Köşeler ile çember arası)		
17.Bütün kesme işlemlerinden önce gerekli emniyet tedbirlerini aldınız mı?		
18.İş yerini makineyi akımdan kestikten sonra terk ettiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	D
4	C
5	B

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	4-6 mm
2	testere veya rende
3	yapılmamalıdır
4	helisel hareket
5	alüminyum
6	kesme elektrodu

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	D
6	Y
7	Y
8	D



## KAYNAKÇA

- ADSAN Kasım, **Elektrik Kaynağı**, Ankara, 1977.
- ADSAN Kasım, Mehmet TEMEL, **Otomatik İleri Kaynak Teknolojisi**, Ankara, 1984.
- ANIK Selahattin, E. Sabri ANIK, Murat VURAL, **1000 Soruda Kaynak Teknolojisi**, Ankara, 1993.
- ANIK Selahattin, **Kaynak Tekniğı 1**, İstanbul, 1980.
- ANIK Selahattin, **Kaynak Tekniğı El Kitabı**, 1991.
- ANIK Selahattin, Murat VURAL, Ahmet OĞUZ, **Termik Kesme Teknolojisi**, İstanbul, 1996.
- ÇALIŞKAN Hikmet, **Metal İşleri Teknolojisi**, Ankara, 1976.
- GOURD L.M., Çevirenler: İ. Barlas ERYÜREK, Oktay BODUR, Adnan DİKİCİOĞLU, **Kaynak Teknolojisinin Esasları**, Ankara, 1995.
- KARAMIŞ Baki, **İmalat Yöntemleri**, Kayseri, 2005.
- KUTLU Ali Erkin, Michele MONNO, Riccardo BINI, **Makale**, Milano, 2005.
- OĞUZ Burhan, **Ark Kaynağı**, İstanbul, 1989.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Meslek Teknolojisi**, Ankara, 1994.
- SERFİÇELİ Y. Saip, **Metal İşleri Meslek Teknolojisi**, Ankara, 2001.