

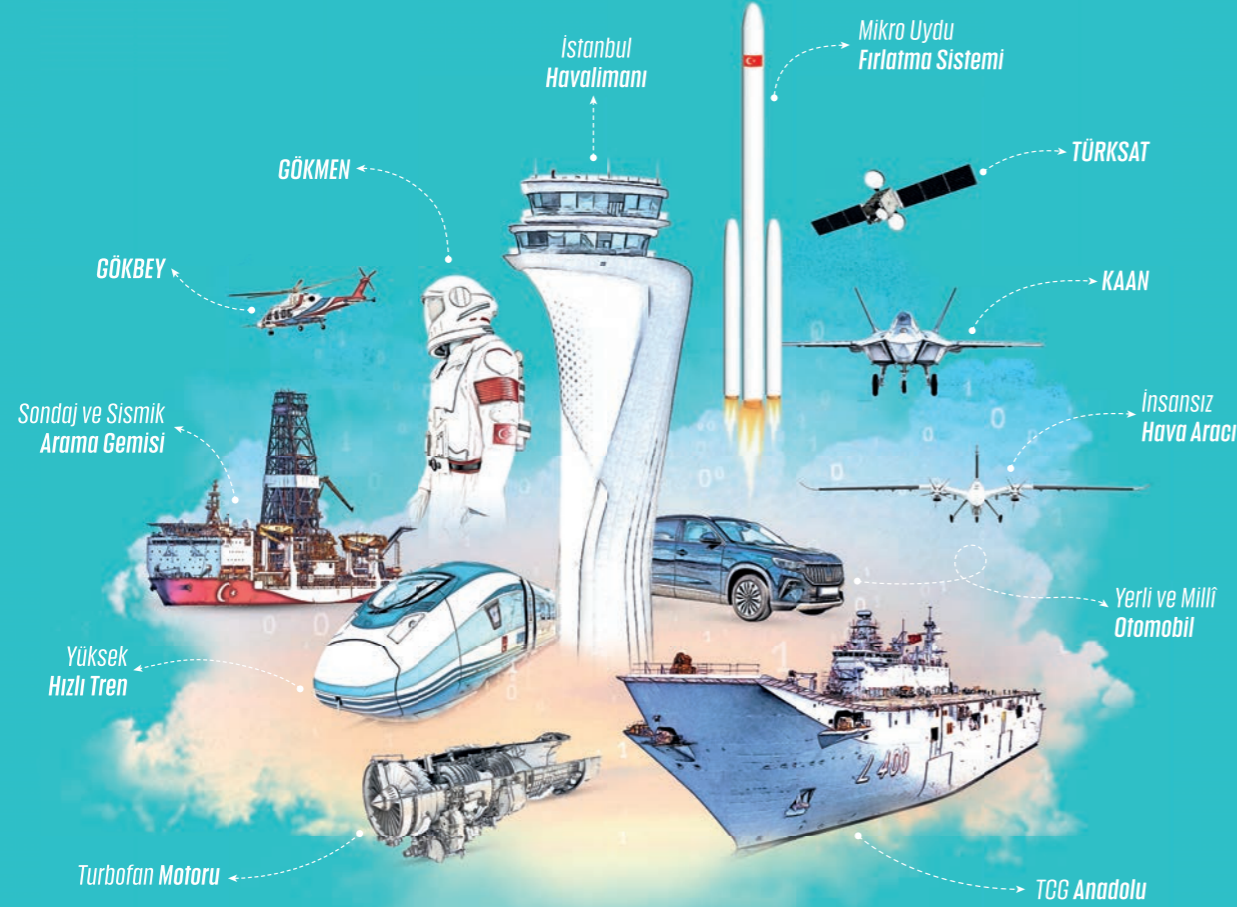
Bu kitaba sığmayan  
daha neler var!

**eba**  
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla  
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

*Teknoloji Yolculuğumuz*



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA  
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.  
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-6412-4

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

GEMİ YAPIMI ALANI

GEMİ ÖZEL KAYNAK YÖNTEMLERİ

11-12

DERS MATERYALI

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ  
GEMİ YAPIMI ALANI



11  
12

DERS MATERYALI

**GEMİ ÖZEL KAYNAK YÖNTEMLERİ**



**MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ**  
**GEMİ YAPIMI ALANI**

# **GEMİ ÖZEL KAYNAK YÖNTEMLERİ**

**11-12**  
**DERS MATERYALİ**

**YAZARLAR**

**Ahmet TOKGÖZ**  
**Murat ÖZTÜRK**  
**Veysel YAPICI**



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI .....: 8649

YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ .....: 2541

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

### HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı	<b>Emir Hüseyin YİĞİT</b>
Program Geliştirme Uzmanı	<b>Nurgül KORTAN ELMAZ</b>
Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı	<b>Günay DURUCAN</b>
Rehberlik Uzmanı	<b>Özge ÇEVİK</b>
Görsel Tasarım Uzmanı	<b>Meral KILIÇ TEZCAN</b>

ISBN: 978-975-11-6412-4

Millî Eğitim Bakanlığınının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

### BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.  
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20  
Kahramankazan/Ankara  
Sertifika No: 49599



## İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;  
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.  
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;  
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!  
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?  
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.  
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!  
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.  
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,  
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.  
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,  
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;  
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.  
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;  
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:  
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.  
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:  
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?  
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!  
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,  
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:  
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.  
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-  
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,  
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,  
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;  
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!  
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.  
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;  
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;  
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

**Mehmet Âkif Ersoy**

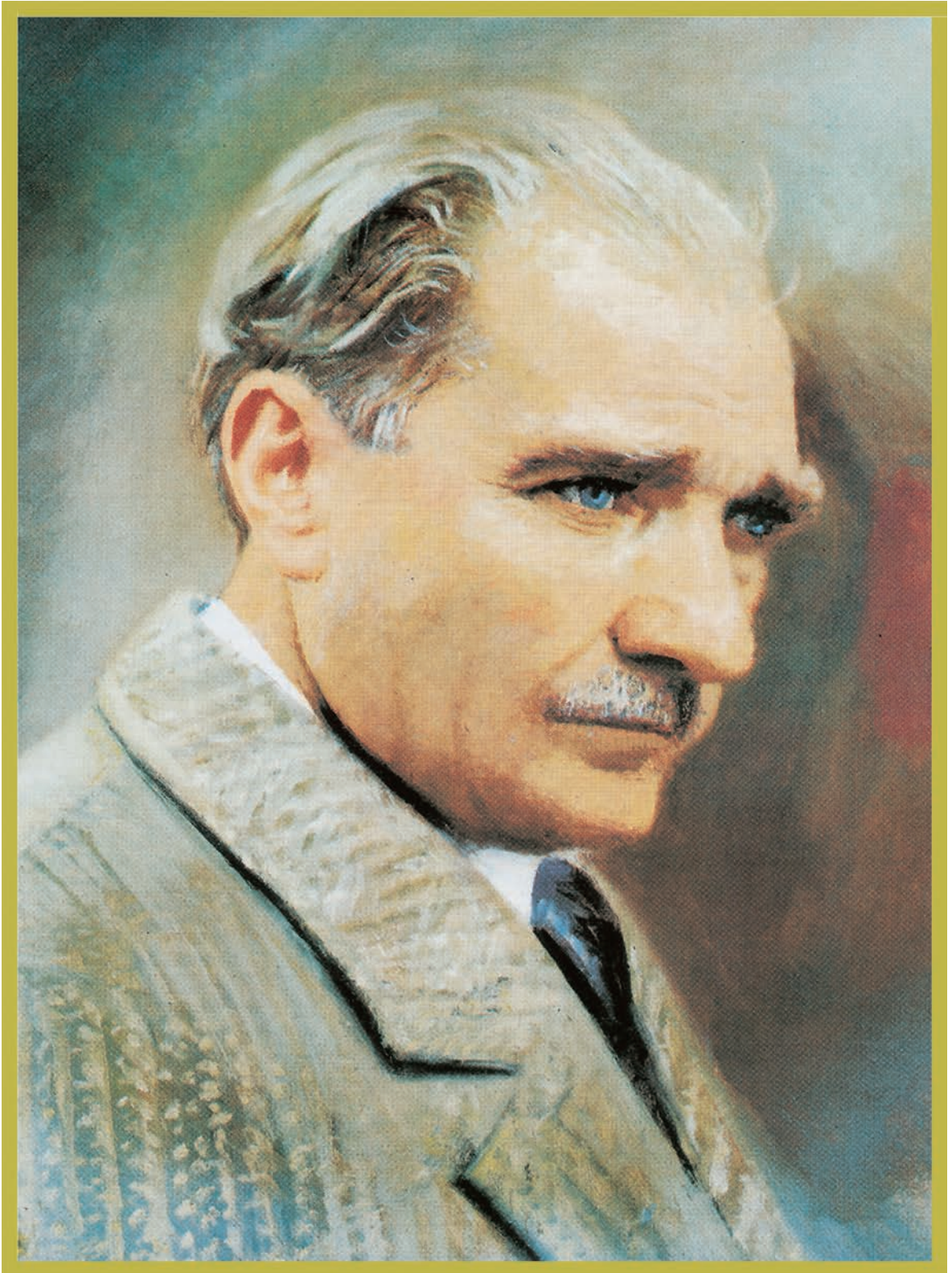
## GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaît bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK



# İÇİNDEKİLER

DERS MATERYALİNİN TANITIMI .....	11
----------------------------------	----

## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>1. SU ALTI KAYNAĞI .....</b>	<b>14</b>
1.1. SU ALTI KAYNAK YÖNTEMLERİ .....	16
1.1.1. Islak Su Altı Kaynak Yöntemi .....	16
1.1.2. Kuru Su Altı Kaynak Yöntemi .....	21
1.2. SU ALTI KESİM YÖNTEMLERİ .....	22
1.3. DALIŞ EKİPMANLARININ KULLANIMI VE ACİL DURUM PROSEDÜRLERİ.....	24
1.3.1. Dalış Ekipmanları .....	24
1.3.2. Su Altı Kaynakçısının Kullandığı Önemli Donanımlar.....	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	33

## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>2. BASINÇ ALIN KAYNAĞI .....</b>	<b>36</b>
2.1. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ.....	37
2.2. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE BASINÇ ALIN KAYNAĞI İLE KAYNAK YAPILAN MALZEMELER .....	38
2.2.1. Flaş Alın Kaynağı .....	38
2.2.2. Direnç Alın Kaynağı .....	40
2.3. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ .....	43
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	45

## 3. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>3. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞI .....</b>	<b>48</b>
3.1. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ.....	48
3.2. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI MALZEMELER.....	50
3.3. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ .....	52
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	55

## 4. ÖĞRENME BİRİMİ



<b>4. LAZER İŞİN KAYNAĞI .....</b>	<b>58</b>
4.1. LAZER İŞİN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ .....	59
4.2. LAZER İŞİN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE LAZER KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI MALZEMELER .....	61
4.3. LAZER İŞİN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ .....	64
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	67



## 5. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>5. PLAZMA ARK KAYNAĞI .....</b>	<b>70</b>
5.1. PLAZMA ARK KAYNAK YÖNTEMİ .....	71
5.2. PLAZMA ARK KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ .....	77
5.3. PLAZMA ARK KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ .....	78
5.4. PLAZMA ARK KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER .....	79
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	80

## 6. ÖĞRENME BİRİMİ



<b>6. SÜRTÜNME KAYNAĞI .....</b>	<b>82</b>
6.1. SÜRTÜNME KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ .....	84
6.2. SÜRTÜNME KAYNAĞI YÖNTEMİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ .....	85
6.3. SÜRTÜNME KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ .....	88
6.3.1. Sürtünme Kaynağında Kullanılan Parametreler .....	89
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	91



## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>7. DİFÜZYON KAYNAĞI .....</b>	<b>94</b>
7.1. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ .....	97
7.2. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ .....	100
7.3. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ .....	102
7.4. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER .....	105
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	107

## 8. ÖĞRENME BİRİMİ



<b>8. KAYNAK OTOMASYON SİSTEMLERİ .....</b>	<b>110</b>
8.1. ENDÜSTRİ ROBOTLARI .....	111
8.2. KAYNAK ROBOTLARI .....	121
8.3. ROBOTİK KAYNAK YÖNTEMLERİ .....	123
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	128
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>130</b>
<b>CEVAP ANAHTARI .....</b>	<b>132</b>

# DERS MATERYALİNİN TANITIMI

Öğrenme birimi sıra numarasını gösterir.

Öğrenme birimi görsellerini gösterir.

**1. ÖĞRENME BİRİMİ**

**SU ALTI KAYNAĞI**

**KONULAR**

- 1.1. SU ALTI KAYNAK YÖNTEMLERİ
- 1.2. SU ALTI KESİM YÖNTEMLERİ
- 1.3. DALIŞ EKİPMANLARININ KULLANIMI VE ACIL DURUM PROSEDÜRLERİ

**NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?**

- ★ Su altı kaynak yöntemlerini açıklama
- ★ Su altı kesim yöntemlerini açıklama
- ★ Dalış ekipmanlarının kullanımı ve acil durum prosedürlerini açıklama

**ANAHTAR KELİMELER**

- Dalış
- Kaynak
- Su altı
- Vurgun
- Hipotermi
- Hiperbarik oda

**HAZIRLIK SORULARI**

1. Sizce su altında niçin kaynak yapma gereksinimi doğmuştur?
2. Sizce su altı kaynakçısının sahip olması gereken özellikler neler olmalıdır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Öğrenme biriminde yer alan konuları gösterir.

Öğrenme biriminde neler öğrenileceğini gösterir.

kitap.eba.gov.tr adresine yönlendiren karekodu gösterir.

Öğrenme biriminde yer alan anahtar kelimeleri gösterir.

Öğrenme birimi ile ilgili yapılacak ön hazırlık çalışmalarını gösterir.

Konuyla ilgili destekleyici bilgileri gösterir.

Konu başlığını gösterir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

**Başlık**

Su altı kaynağı, ilk olarak 1. Dünya Savaşı sırasında savaş gemilerinde oluşan hasarların tamir edilmesi için uygulanmış ve kullanılan yöntemle savaş gemilerinin su altında kalma kısmının geçici olarak onarılmıştır.

**1. SU ALTI KAYNAĞI**

Kaynak işlemleri; kapalı ortam, açık alan, su altı, uzay boşluğu gibi çok çeşitli alanlarda ve farklı materyallerin birleştirilmesi amacıyla kullanılan son derece önemli bir işlemdir. Kaynak işlemleri, imalat endüstrilerinde ve yapısal uygulamalarda teknolojinin ilerlemesiyle giderek daha önemli hâle gelmiştir.

Kaynak ile yapılan birleştirmelerin uygulama alanlarının değişmesi çeşitli teknik ve yöntemlerin geliştirilmesine neden olmuştur. Atmosferde kaynak yapmak için çok sayıda teknik bulunmasına rağmen bu tekniklerin çoğu, suyun varlığının önemli olduğu açık deniz ve deniz uygulamalarında uygulanamaz. Kaynak ile yapılan birleştirme tekniklerinden biri olan su altı kaynağı (Görsel 1.1), hiperbarik ortamda su ya da basınç uygulamasıyla veya iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla aynı çinisten metal parçaların özel donanımlar ile birleştirme işleminin yapıldığı bir kaynak türüdür.



Görsel 1.1: Su altı kaynak uygulaması

14

Ölçme ve değerlendirme sorularını içeren sayfayı gösterir.

8. ÖĞRENME BİRİMİ

**ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME**

**A.** Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

1. Belli bir amaç için elektronik ve mekanik aksardan oluşmuş, programlanabilen cihazlara ..... denir.
2. Endüstrinin bilimsel veya idari işlemlerinde işlerin insan gücü yerine programlanabilir robot veya yapay zekâlar tarafından otomatik olarak yapılması işleminin ..... adı verilir.

**B.** Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise "D", yanlış ise "Y" yazınız.

3. (.....) Materyallerin kaynaklı birleştirmelerini esas alan otomasyon sistemlerine kaynak otomasyon sistemleri denir.
4. (.....) Otomasyonlar, yan veya tam otomasyon olmak üzere iki sınıftadır.
5. (.....) Direnç nokta ve MIG-MAG, kaynak otomasyon sistemlerinde en çok tercih edilen kaynak yöntemleridir.

**C.** Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

6. Otomasyon sistemlerinin en yaygın şekilde kullanıldığı sektör aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Tasarım B) Yapılandırma C) Kaynak  
D) Tarım ve ziraat aletleri E) İmalat ve montaj
7. Aşağıdakilerden hangisi tarım alanında kullanılan robotlardan biri değildir?  
A) Tohumlama  
B) Gübreleme ve ilaçlama  
C) Ürün hasadı  
D) Yapılandırma  
E) SBT sağlama
8. Aşağıdaki kaynak yöntemlerinden hangisi otomasyon sistemlerinde en çok kullanılan yöntemdir?  
A) Direnç nokta  
B) Elektrik ark  
C) Tozaltı  
D) Oksi-gaz  
E) Sualtı

128

Sayfa numarasını gösterir.

1.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# SU ALTI KAYNAĞI



### KONULAR

- 1.1. SU ALTI KAYNAK YÖNTEMLERİ
- 1.2. SU ALTI KESİM YÖNTEMLERİ
- 1.3. DALIŞ EKİPMANLARININ KULLANIMI VE ACİL DURUM PROSEDÜRLERİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Su altı kaynak yöntemlerini açıklama
- ★ Su altı kesim yöntemlerini açıklama
- ★ Dalış ekipmanlarının kullanımı ve acil durum prosedürlerini açıklama

### ANAHTAR KELİMELER

Dalış  
Kaynak  
Su altı  
Vurgun  
Hipotermi  
Hiperbarik oda

### HAZIRLIK SORULARI

1. Sizce su altında niçin kaynak yapma gereksinimi doğmuştur?
2. Sizce su altı kaynakçısının sahip olması gereken özellikleri neler olmalıdır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Su altı kaynağı, ilk olarak 1. Dünya Savaşı sırasında savaş gemilerinde oluşan hasarların tamir edilmesi için uygulanmış ve kullanılan yöntemle savaş gemilerinin su altında kalan kısımları onarılmıştır.

## 1. SU ALTI KAYNAĞI

Kaynak, farklı malzemelerin birleştirilmesi amacıyla kullanılan önemli bir işlemdir. Kaynak işlemleri, imalat endüstrisinde ve yapısal uygulamalarda teknolojinin ilerlemesiyle giderek önemli hâle gelmiştir.

Kaynakla yapılan birleştirmelerin uygulama alanlarının değişmesi çeşitli teknik ve yöntemlerin geliştirilmesini sağlar. Atmosferde kaynak yapmak için çok sayıda teknik bulunmasına rağmen bu tekniklerin çoğu, suyun varlığının etkili olduğu açık deniz ve deniz uygulamalarında kullanılamaz. Kaynak ile yapılan birleştirme tekniklerinden biri olan **su altı kaynağı** (Görsel 1.1), hiperbarik ortamda ısı ya da basınç uygulamasıyla veya iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla aynı cinsten metal parçaların özel donanımlar ile birleştirme işleminin yapıldığı bir kaynak türüdür.



Görsel 1.1: Su altı kaynak uygulaması

Su altı kaynağı, su altına inşa edilen bir yapının kurulumunda veya su altında bulunan hasarlı yapının kalıcı onarımında kullanılmaktadır.

Su altı kaynak yöntemi, su ile sürekli temas hâlindeki yapıların bakım, onarım ve montaj işlemleri için suyun olduğu ortamdan çıkarılması ihtiyacını ortadan kaldırmak ve kuru havuzlama maliyetlerini düşürmek için geliştirilmiştir. Ayrıca su altı kaynak yöntemi, hasarlı yapının kalıcı onarımı veya hurdaya ayrılması için kuru tesislere güvenli bir şekilde taşınmasını sağlayan acil onarımlar için kullanılan önemli bir tekniktir. Su altında gerçekleştirilen kaynak uygulamaları, profesyonel dalış eğitimi alan sertifikalı kaynakçılar (Görsel 1.2) tarafından su altında güvenli bir şekilde çalışmaya olanak sağlayan, özel olarak geliştirilmiş kaynak donanımları ile gerçekleştirilir.



**Görsel 1.2:** Su altında kaynak yapan su altı kaynakçıları

### **Su Altı Kaynağının Kullanım Amaçları ve Uygulama Alanları**

- Kıyıdan uzak deniz yapıları, su altından giden boru hatları, kanal havuzları, liman tesisatları ve köprü ayaklarının inşası ve montajı
- Su altında kalan deniz yapılarının periyodik bakımı
- Kıyıdan uzak petrol platformlarında yaşanan kazalar sonucu oluşan hasarların onarımı
- Su altındaki korozyona uğramış boruların onarılması veya değiştirilmesi
- Gemi gövdelerindeki hasarlı parçaların, kıyıdan uzak petrol platformlarının ve su altındaki boru hatlarının bağlantı yerlerinin onarımı
- Su altındaki yapının, korozyon sonrası oluşan hasarın onarımı

## 1.1. SU ALTI KAYNAK YÖNTEMLERİ

Su altında kaynak yöntemleri ıslak ve kuru olmak üzere iki çeşittir.

### 1.1.1. Islak Su Altı Kaynak Yöntemi

Islak su altı kaynak yönteminde kaynak uygulaması suyun bulunduğu ortamda ve suyun oluşturduğu basınç altında gerçekleştirilir. Bu yöntemde kaynakçı, kaynak işlemini koruyuculu özel elektrot kullanarak su ile kaynak arkı arasında herhangi bir fiziksel bariyer olmadan gerçekleştirir.

Islak kaynak uygulamalarında örtülü kaynak olarak bilinen **korumalı metal ark kaynağı** kullanılır. Korumalı metal ark kaynağı; düz, dikey, yatay, tavan veya açılı pozisyonlarda çok yönlü uygulanabilen bir kaynak yöntemidir. Korumalı metal ark kaynağı; merkezinde metal çubuk bulunan, etrafı akı ile kaplı bir elektrodun sarf malzemesi olarak kullanılan, alternatif akım veya doğru akım sayesinde elektrot ile birleştirilen metaller arasında bir ark (Görsel 1.3) oluşturarak, oluşan arkın ısı ile malzemelerin birleştirilmesini sağlayan bir kaynak yöntemidir. Kaynak işlemi aşamaları, su üzerinde kullanılan metal ark kaynağı yöntemi ile aynıdır.



Görsel 1.3: Kaynak işlemi sırasında oluşan ark

Korumalı metal ark kaynağı ile yapılan kaynak elemanları; güç kaynağı, kaynak kabloları, elektrot tutucu, şase, ark kaynak elektrodu ve birleştirilmesi istenen malzemelerden oluşur.

### »Güç Kaynağı

Islak kaynak uygulamalarında elektriksel güvenlik ve su altında sürekli bir ark oluşmasını sağlaması için doğru akım (DC) üreten güç kaynağı kullanılır. Su altı kaynağı için 300-400 amper akım üretebilen ve boşta çalışma gerilimi düşük olan inverter özellikli motor jeneratör kaynak makineleri (Görsel 1.4) tercih edilir. Kaynak makinesinin topraklaması çerçevesinden gemiye bağlanarak yapılır. Kaynak devresinde kaynak uygulaması yapan dalgıç-kaynakçı tarafından kumanda edilen bir bıçaklı şalter bulunur. Pozitif tipte bir anahtar içeren bıçaklı şalter, oluşabilecek herhangi bir güvenlik sorunu nedeniyle kaynak akımını tamamen kesebilecek kapasitede olmalıdır. Kaynak gücü, elektrot tutucuya sadece kaynak sırasında bağlanmalıdır.



Görsel 1.4: Su altı güç kaynağı makinesi

### »Kaynak Kabloları

Kaynak kabloları güç kaynağında üretilen enerjinin iletimini sağlayan devre elemanıdır. Kaynak kabloları ile taşınan enerji sayesinde kaynak bölgesinde ark meydana gelir. Şase kablusunun bir ucu güç kaynağına, diğer ucu işlem yapılan deniz aracının gövdesine bağlanır. Ark kablosunun bir ucu güç kaynağına, diğer ucu elektrot tutucuya bağlanır. Ark kablosu, elektrik çarpmalarını önlemek için (-) polarite kutba bağlanır. Bu kablolar birbirlerine eklenerek uygulamanın yapılacağı derinliğe göre uzunluğunun artırılmasına imkân verir.



## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

Su altı kaynak uygulamalarında çalışma derinliğinin artması, amper kayıplarının meydana gelmesine neden olur. Amper kayıpları, inilen çalışma derinliğine göre amper ayarı yükseltilerek telafi edilir. Su altı kaynak uygulamasında kullanılan kaynak kabloları, su altında kaynakçının hareket kabiliyetini kolaylaştırmak için ekstra esnektir ve suyun kablo üzerinde oluşturacağı tahribata karşı ekstra yalıtkan ile kaplıdır. Kaynak kablolarının bağlantı noktalarından veya yalıtımın altında bulunan bakır iletkenin su ile temas etmesi hâlinde suyun iletken olmasından dolayı kaynak arkı oluşması için gereken akımın bir kısmı suya geçer. Çalışma alanına istenen değer altında akım gelmesi, kaynak arkının oluşmamasına neden olur. Ayrıca kablonun kaçak noktasında suyun etkisinden dolayı elektroliz gerçekleşir ve buna maruz kalan bileşenlerin hızlı bir şekilde bozulmasına neden olur.

### » Elektrot Tutucu Kaynak Pensesi

Su altı kaynak uygulamaları için kullanılan elektrot tutucusu; uygun çapta elektrodu sabit tutmak için sıkıştırma tip ağıza sahip, akım kaçacağını önlemek için ekstra yalıtımlı, kaynakçı için yorgunluğa neden olmaması için hafif, suyun oluşturacağı tahribata karşı dayanıklı, kaynakçının en elverişli açıda tutabilmesi için bükümlü ve ergonomik özelliklerde olacak şekilde tasarlanmıştır (Görsel 1.5).



Görsel 1.5: Kaynak elektrodu ve kaynak pensesi

## »Ark Kaynak Elektrodu

Elektrot, kaynaklı birleştirme işlemlerinde su altı kaynakçı aletlerinin en önemli parçasıdır. Elektrot, kaynaklı birleştirme işlemlerinde birleştirilmesi istenen parçalar arasına dolgu yaparak parçaların birleştirilmesini sağlar. Su altı kaynak uygulamalarında 1/8 ile 5/32 inç arasında yumuşak veya paslanmaz çelikler için seçim yapılabilecek birçok boyut ve malzemede elektrot vardır.

Su altında yapılan kaynak uygulamalarında genellikle ana malzemesi çelik olan karbon eş değeri 0,40'tan düşük yumuşak çelik özelliğine sahip elektrotlar tercih edilir. Su altı kaynak elektrotları, yüksek mukavemet verimine sahip ve suya son derece dayanıklı olmalıdır. Atmosfer şartlarında kullanılan elektrotlar ile su altı kaynağında kullanılan elektrotlar arasındaki temel fark kaplanmasıdır. Suyun zararlarından korumak için elektrot merkezinde bulunan çelik malzemenin etrafı parafin ile sarılarak yalıtım örtüsü sağlanır. Elektrotta kullanılan malzeme kalitesinin iyi olması, daha uzun süre dayanacak daha yüksek yoğunluklu bir kaynak sağlar. Su altı elektrotları, 33 fit derinliğe kadar iyi çalışır. Bu seviyenin altında ise su basıncı, elektrodun yapısal bütünlüğüne zarar vererek yapılan uygulamalarda daha fazla gözeneğe neden olur. Elektrot etrafındaki ekstra yalıtım, güç kaynağından alınan akımın ark oluşturabilmesini ve kabloların bozulmamasını temin eder.

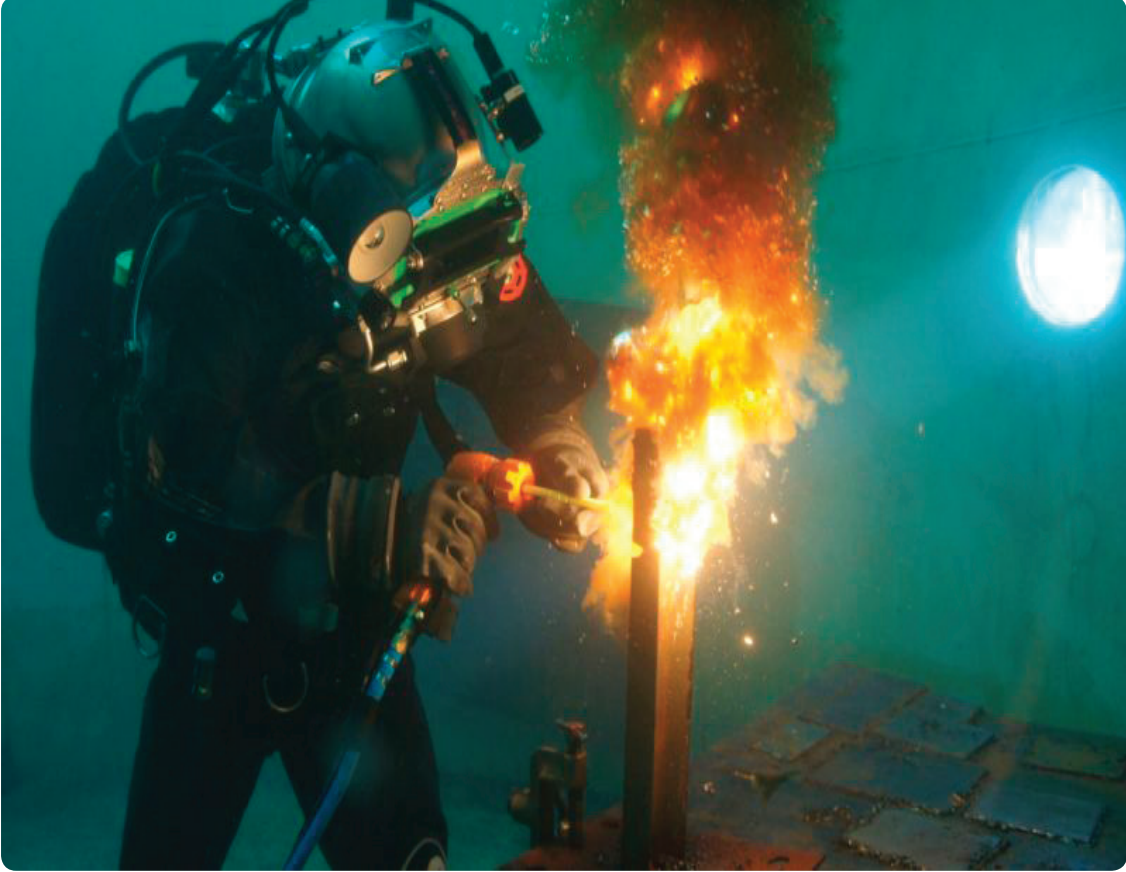
## Islak Su Altı Kaynak Uygulaması

Su altında yapılan kaynak uygulamalarında örtülü elektrotla yapılan ark kaynağı tercih edilir. Örtülü elektrotla ark kaynağı, gerek üretim gerek tamirat aşamalarında ark kaynak yöntemleri arasında en çok kullanılanlardan biridir. Örtülü elektrotla yapılan ark kaynağı, metallerin birleştirilmesinde kullanımı kolay olan ergitmeli bir kaynak yöntemidir. Islak ortamda yapılan elektrik ark kaynağıyla sızdırma çatlakları, su altındaki gemi gövdelerinde meydana gelen aralıklar, limanların su altında kalan kısımları, köprü ayağı, platform tesisleri, çelik levha kazıklarının tamiri gibi alanlarda uygulama yapılır. Örtülü elektrot kullanılarak uygulanan elektrik ark kaynağında ark, iş parçasıyla ergiyen elektrot arasında oluşur. Böylece ergiyen elektrot, kaynak metali hâline geçer.

Su altı kaynağında yüzey hazırlığı ile parçaların alıştırılması önemlidir. Kalın boya, pas veya deniz yosunu gibi tabakalar üzerinden sağlam bir kaynak elde edilemez. Kaynak işlemi yapılacak yüzeyde bulunan tabakalar; keski, çekiç, raspa veya tel fırça gibi aletlerle yüzeyden arındırılır. Su altında kaynak işlemine başlamadan önce kaynak yapılacak yüzey, kaynak birleşmesini engelleyecek tüm unsurlardan temizlenmelidir.

Kaynak uygulaması, elektrot ve parçanın birbirine temas ettirilmesiyle başlar. Temas ettirilen örtülü elektrotlar ile birleştirilen metal parçaların arasında bir elektrik arkı meydana gelir. Oluşan kaynak arkı, havada oluşan kaynak arkına göre daha derine nüfuz eder ve tutuşturma işleminde oluşan izler, çukur şeklinde meydana gelir.

Su altı kaynağında çeşitli nedenlerle elektrodun kontrol edilmesi zordur, bu zorluğu ortadan kaldırmak için birleştirme yerinin dibine kuvvetle bastırmak gerekir. Ark bir kez tutuşunca elektrot, iş parçasına kendi kendini tüketmeye imkân vermeye yetecek bir basınçla bastırılır. Su altında yapılan kaynak işleminde ergime hâlindeki elektrodun ucunda, havada olduğundan daha derin bir krater meydana gelir. Su altında elektrot ile kesme işlemi de yapılabilir (Görsel 1.6).



**Görsel 1.6:** Su altında elektrot ile kesme işlemi

Su altı ark kaynak yönteminde, atmosferik şartlarda uygulanan kaynaklı birleştirmelere göre malzemenin mekanik özelliklerinde oldukça büyük değişim meydana gelir. Su altında arkin oluşması ile kaynak yapılan noktanın etrafında gaz, duman ve buharlardan oluşan hacimsel bir alan ortaya çıkar. Hacimsel alan içerisindeki buharlar küçük ve beyaz; dumanlar ise kahverengi veya kurşuni bulutlar şeklinde oluşur. Bazı kabarcıklar, çatlarken suyu bulandıran katı zerrecikler çıkarır. Buharlar, arkten itibaren dikey olarak su yüzeyine yükselir. Ark oluşumundan itibaren meydana gelen küçük veya iri kabarcıklar su içerisinde veya su yüzeyine ulaşınca patlar.

Kaynak işlemi esnasında dalgıç kaynakçı, ilk paso kaynak uygulamasını yaptıktan sonra tel fırça, raspa, çekiç gibi temizlik malzemeleriyle cüruf kalıntılarını temizleyerek yeni pasoyu uygular. Temizlik işlemini her pasodan sonra tekrar yapar.

### Islak Su Altı Kaynağının Avantajları

- ★ Islak su altı kaynağı, çok yönlülüğü ve düşük maliyeti nedeniyle oldukça çok tercih edilir.
- ★ Islak su altı kaynağı için herhangi bir karmaşık kurulum gerekmez.
- ★ Kaynak işlemi için gerekli donanım diğer yöntemlere göre azdır.
- ★ Operasyonun yapıldığı yere kısa sürede ulaşılabilir.
- ★ Kaynakçı, diğer yöntemlerle kaynak yapılamayan açık deniz yapılarına ulaşabilir.
- ★ Kuru kaynak yöntemi ile karşılaştırıldığında daha az maliyetlidir.

### Islak Su Altı Kaynağının Dezavantajları

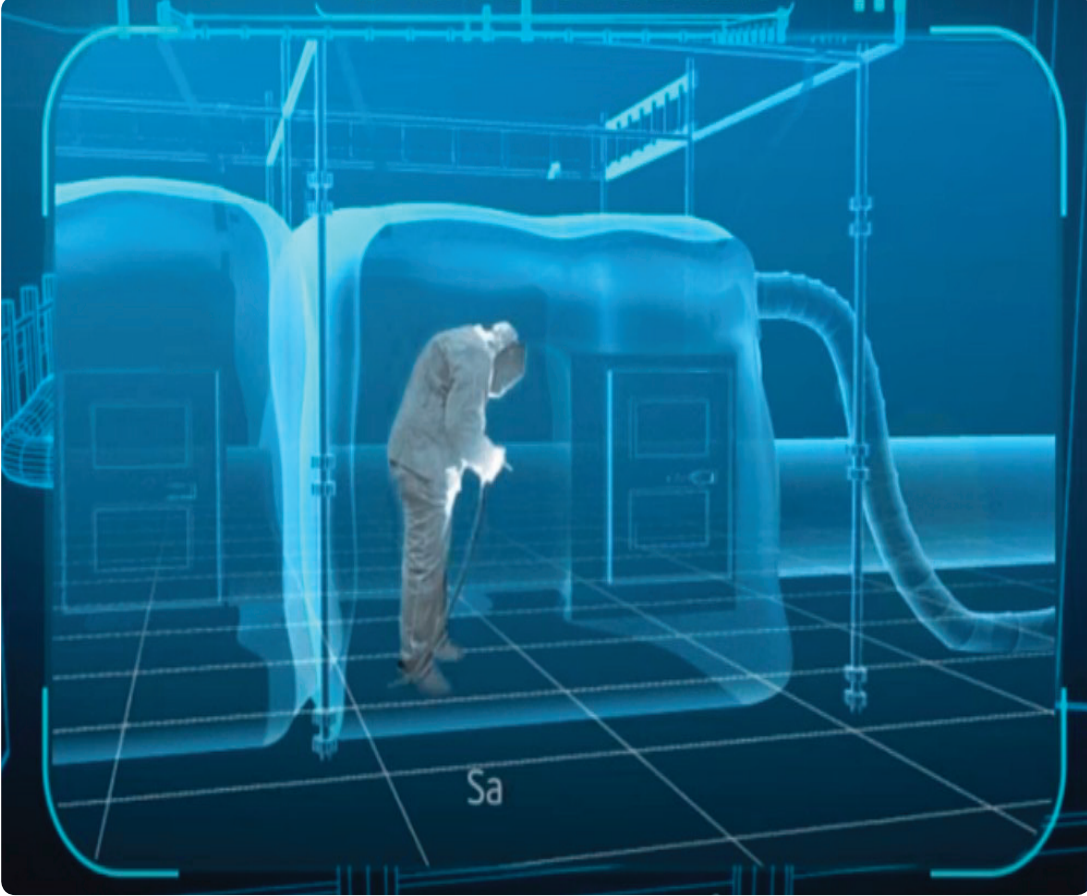
- ★ Su, yapılan kaynağı hızlı bir şekilde soğuttuğundan süneklik ve darbe mukavemetini azaltır; gözeneklilik ve sertliği artırır.
- ★ Kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklıkların etkisiyle malzeme yüzeyinde, nemli elektrotta veya kaynak atmosferinde bulunan hidrojen atomlarının metale absorbe olmasına **hidrojen gevrekliği** denir. Hidrojen, sıcaktan etkilenen bölgede ve kaynak metalinde çözünür; bu ise gevrekleşmeye, çatlaklara ve mikroskobik çatlaklara neden olur. Çatlaklar büyüyüp yapıda arıza meydana getirir.
- ★ Görüş netliğinin yeterli olmaması.
- ★ Islak su altı koşullarında gerçekleştirilen yüksek dayanımlı çeliklerin kaynaklı bağlantıları, soğuk çatlama (hidrojen çatlamasına) müsaittir.

### 1.1.2. Kuru Su Altı Kaynak Yöntemi

**Kuru hiperbarik kaynak**, su altında uygulanmasına rağmen su ile temas etmeden kaynak yapma yöntemidir. Kaynak uygulamasının yapıldığı alanda bulunan suyu, yüksek basınçlı bir gaz ile uzaklaştırarak gaz karışımının doldurulmasıyla oluşan hacimsel odada yüksek basınçta kaynak yapılmasını içerir. Kuru su altı kaynak yönteminde, kaynak uygulaması gerçekleştirilecek olan yapıya ait yüzey veya yüzeylerin su ile temas etmesini engellemek için ortamda bulunan suyun tahliyesi yapılırken aynı anda ortama oksijen içeren gaz karışımı gönderilir ve kaynak işlemi yapılacak bölgeye suyun tekrar dolması engellenerek kuru ortam oluşturulur. Su tahliye edilirken suyun gaz karışımı ile yer değiştirmesi sonucu ortaya çıkan kuru ortama **hiperbarik oda** adı verilir.

Kuru su altı kaynak yönteminde kaynak uygulamasının yapıldığı derinliğe bağlı olarak suyun hava veya gaz karışımı ile yer değiştirmesinin sonucunda ortamda suyun basıncından daha yüksek bir basınç meydana gelir.

Kaynak yapılacak yüzeyin genişliğine bağlı olarak oluşturulan hiperbarik odaların büyüklüğü, bir veya daha fazla kaynakçının aynı anda işlem yapmasına imkân sağlayacak boyutta oluşturulabilir (Görsel 1.7). Böylece kaynak işlemi bu kuru alanda güvenle gerçekleştirilebilir.



Görsel 1.7: Hiperbarik odada kuru su altı kaynağı

Su altı kuru kaynak yöntemiyle yapılan kaynak dikişi, ıslak koşullarda elde edilen kaynak dikişine kıyasla daha kalitelidir. Mekanik özellikleri bakımından kuru kaynaklar, çoğunlukla su üzerinde yapılan benzer kaynaklara eşit mekanik özelliklere sahiptir.

## 1.2. SU ALTI KESİM YÖNTEMLERİ

Su altında bulunan yapısal çeliklerde kesme işlemi, su altında oksijensiz arkla kesme veya su altında oksijen katmalı kesme yöntemlerinden biri tercih edilerek yapılır. Su altında oksijensiz arkla kesme yönteminde kullanılan malzeme ve donanım, su altı kaynağında kullanılan malzeme ve donanımın aynısıdır. Su altında oksijensiz arkla kesme işlemi, doğru akım üreten kaynak makinesinin (-) kutbuna bağlanan elektrot ile gerçekleştirilir.

Su altında oksijensiz arkla kesme işleminde kesilecek olan metalin kalınlığına göre elektrot çapı, kesme hızı ve akım şiddeti belirlenir (Tablo 1.1). Kesme işlemine başlarken tutuşturmak için elektrot yüzeye önce dik tutulur, tutuşturma işlemi gerçekleştirildikten sonra elektrot yüzeye 60° olacak şekilde kesim yapılacak hat boyunca tutulur.

Su altında yapılan elektrot ile kesme işlemi, atmosfer koşullarında yapıldığına göre yaklaşık %50 daha fazla elektrot sarf edilerek ve yaklaşık iki kat sürede gerçekleştirilir. Örneğin 700 A akım şiddet  $\phi 8$  mm S elektrotla standart bir tren rayı, atmosfer koşullarında 10 dakikada kesilebilirken aynı ray, su altında aynı koşullarda 15-20 dakikada kesilebilir.

**Tablo 1.1:** Kesme İşleminde Kullanılan Değerler

Kesilen Metal	Kalınlık (mm)	Elektrot ( $\phi$ mm)	Akım Şiddeti (A)	Oksijen Basıncı (Bar)	Kesme Hızı (m/dk.)
<b>Karbonlu çelik</b>	5	5,10	10	3,5	0,77
	10	5,15	120	4,5	0,83
	20	5,15	130	6,5	0,59
	40	6,20	185	5	0,40
	70	7,25	325	6	0,24
	100	8,25	300	6,5	0,23

Oksijen katmalı ark kesmesi; metalleri kesmek, delmek veya bunlara oluk açmak için bir elektrik arkı ile birlikte bir oksijen akımını kullanan yöntemdir. Oksijen ark kesme elektrodu; madenî tip, iletken olmayan bir örtü ile kaplı demirli bir metal borudan ibarettir. Metal borunun işlevi, arkı idame ettirmek için akımı iletmektir. Buna ek olarak borunun deliği, oksijeni kesilen metal üzerinde ısı hâlindeki alana yöneltmede kullanılır. Madenî tip örtü, elektrot için yalıtkan malzemedir. Bir kaplama yapmanın yanı sıra oluşan arkın stabil hâlde kalmasını ve yanma ürünlerinin daha kalıcı hâlde getirilmesini sağlar.

Oksijen katmalı arkla kesme, kesilecek parçaların yer ve şekillerinin yüksek kesme hızlarına müsaade ettiği hâllerde küçük ve orta kalınlıklar için çokça kullanılır. Ayrıca bu yöntem, suyun bulanıklığının su altı kesme üflecinin alev ayarına imkân vermediği hâllerde oksijensiz arkla kesmesinin yerini alır.

Su altında oksijen katmalı kesme yöntemi, kesim yapılan metalin iç kanalında oluşan arkın etrafına basınçlı bir oksijen akımını sevk etmeye yarayan bir grafit ya da metal elektrot kullanılarak gerçekleştirilir. Elektrot, kesilecek yüzeye dik tutulur ve yüzeye teması sağlandığında düşük debili oksijen işlem yapılan yüzeye gönderilerek ark oluşturulur. Arkın oluşturulması sonrasında oksijen debisine normal basınç verilir. Ark sonucunda oluşturulan ilk delik elde edilmez elektrot, parçayla temas hâlinde tutularak tam bir nüfuziyet elde etme gereğinin imkân verdiği hızla kesme yönünde sürülür. Süreç, kesmenin bitimine kadar devam eder.

## 1.3. DALIŞ EKİPMANLARININ KULLANIMI VE ACİL DURUM PROSEDÜRLERİ

Su altı kaynakçıları, su içerisinde yapılması gereken işlemleri gerçekleştirebilmek ve su altında solunumu sağlamak için tasarlanmış özel donanımlarla aletli dalış yöntemlerini kullanır.

Dalgıç, içerisi basınçlı hava veya gazların dolu olduğu bağımsız ve taşınabilen bir tüple ya da destek gemisinden kurulan bir solunum hattı sayesinde suyun derinliklerinde solunum ihtiyacını karşılar.

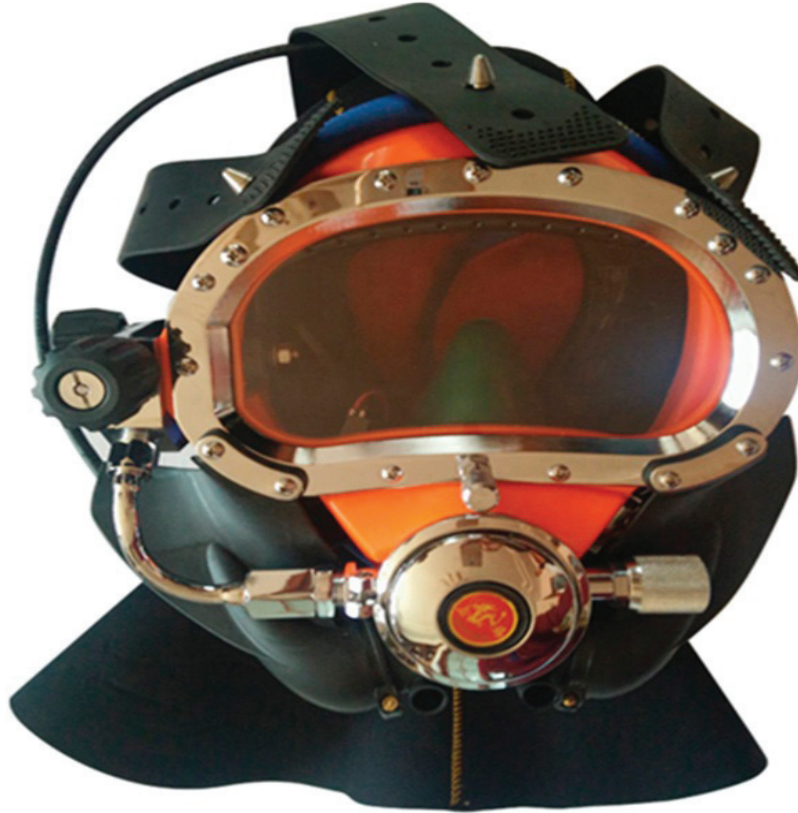
### 1.3.1. Dalış Ekipmanları

Başlıca dalış ekipmanları başlıklar altında açıklanmıştır.

#### Dalış Kaskı

**Dalış kaskı** (Görsel 1.8), dalgıcın kafasının tamamını sudan yalıtan, dalgıcın su altında net bir şekilde görmesini sağlayan ve dalgıcın solunum gazı ihtiyacını karşılayan donanımdır. Dalış kaskı aynı zamanda dalgıcın sesli iletişim kurmasını sağlar.

Su altı kaynakçıları, işleri için güvenilir bir dalış başlığına ihtiyaç duyar. Kaynak başlıkları, yüzeyde bir kaynak işi sırasında kaynakçıların gözlerini ve yüzünü korur. Su altı kaynak kaskları ise kaynakçıların gözlerini ve yüzünü korumasının yanı sıra dalgıç kaynakçının su altında nefes almasına imkân verir.



Görsel 1.8: Su altı kaynakçı dalış kaskı

Sıradan dalışlarda kullanılan dalış kaskının görüş alanına ilave bir kaynak perdesi eklenerek kaynak uygulamasında kaynakçının gözlerinin ark ışığından korunması sağlanır. Su altı kaynak işleri için filtre mercekleri destekleyen kaynak perdesi, bir kaynak başlığı gibi yukarı veya aşağı hareket ederek sadece kaynak uygulaması esnasında kullanılmasını sağlar.

Dalış kasklarında bulunan kask regülatörü ve valfleri, solunum döngüsünü kontrol eder. Dalış kaskı seçilirken yüksek solunum verimliliği ve stabilitesine sahip kasklar tercih edilmelidir.

Ortalama bir insanın görüş alanı yaklaşık 120 derecedir. Bir dalış kaskı takılınca görüş alanı yaklaşık 50-60 dereceye düşer. Görüş netliğini koruyabilmek için buğu çözücü valf kullanan bir kask tercih edilir.

Su altı dalgıçları, bağımsız su altı solunum cihazı veya yüzeyden beslenen hava ekipmanları sayesinde su altında solunum ihtiyacını sağlar. Bağımsız su altı solunum cihazının bakımı ve taşınması kolaydır. Bağımsız su altı solunum cihazı dalış antrenmanlarında tercih edilir.

Profesyonel bir su altı kaynakçısı, yüzeyden beslenen hava ekipmanı kullanır. Yüzeyden beslenen hava ekipmanının maliyeti yüksek ve kurulumu zordur ancak bu ekipmanlar, bağımsız su altı solunum cihazına göre daha avantajlıdır. Yüzeyden beslenen hava ekipmanı kullanan dalgıcın hava beslemesi, kompresör ile dalgıç kaskı arasına monte edilen hava hortumundan geçen hava sayesinde gerçekleşir. Kompresör çalıştığı sürece dalgıcın hava beslemesi sağlanır. Kompresörün çalışmasının durma ihtimaline karşı dalgıç, sırtına monte edilen acil durum kurtarma havasını kullanır. Dalgıç, hava hortumunun yanı sıra bir güvenlik ve iletişim hattı içeren bir göbek hattına bağlıdır. İletişim kablodur, bu nedenle kablosuz sistemlerden daha güvenilirdir.

Su altı kaynakçılarının dalış kaskından kristal netliğinde iletişimi sağlayan, kafasını kirli malzemenin ve başına düşebilecek ağır nesnelere koruyan güçlendirilmiş üst ve yan koruyuculara sahip olması istenir.

Su altı kaynakçılarının projeye bağlı olarak kullandığı kasklar şunlardır:

**Açık Devre:** Bu kask tipi; geri dönüşsüz bir gaz valfi, buğu önleyici mercek, yan ağırlıklar, iç yastık ve diğer birçok modern özelliğe sahiptir. Açık devre kasklarının birçoğunda bir acil durum valfi, tek yönlü gaz besleme valfi ve buğu gidermek için de havalandırma valfi bulunur. Ticari dalgıçlar için standart ve en popüler kask türüdür. Çek valf kullanıldığından solunan hava suya atılır.

**Geri Kazanma:** Bu kask tipi, açık devre ile aynı prensipleri takip eder ancak dalgıcın soluduğu gazı geri dönüştürür ve aynı ortam basıncında sisteme geri pompalar.

**Serbest Akışlı Kask:** En basit tasarımla donatılan bu kask, daha fazla görünürlük için daha büyük şeffaf bir vizör ile ayırt edilir. Basitliği nedeniyle dalgıçlar, onu sadece bir tornavida ve anahtarla parçalara ayırabilir ve tekrar bir araya getirebilir. Esas olarak tehlikeli maddelerde ve sığ sularda kullanılır.

## Dalış Elbisesi

Dalış elbisesi, suyun insan vücudunda oluşturacağı olumsuz etkileri önlemek için kullanılır. Dalış elbiseleri genel olarak vücudun ısı yalıtımını sağlamak, su altındaki çeşitli canlılardan, keskin kayalardan veya mercanlar nedeniyle oluşabilecek kesik ve sıyrıklardan korunmak amacıyla kullanılır. Kuru, ıslak ve yarı kuru dalış elbise türleri vardır. Kuru dalış elbiseleri, profesyonel dalgıçlar tarafından sıklıkla tercih edilen ve vücudu tamamen kuru tutan dalış elbiseleridir. Kuru dalış elbisesi bir içlikle beraber kullanılır. Yalıtımı sağlamak için elbise ve içlik arasına hava doldurulur. Kuru dalış elbiseleri, farklı su derinliklerinde meydana gelen sıcaklık farklarından ve basınçtan vücudun korunmasını sağlar (Görsel 1.9).



Görsel 1.9: Su altı kuru dalış elbisesi

Islak dalış elbiseleri, suya dalma esnasında dalış elbisesi ile vücudun arasına su alarak cilt ile elbise arasında bir su katmanı oluşturur. Vücut ısısı ile ısıtılan su katmanı, dalış boyunca ısı kalkanı oluşturarak soğuk deniz suyu ile vücudun temasını keser ve vücut sıcaklığının korunmasını temin eder. Yarı kuru dalış kıyafetleri, ıslak dalış elbiselerine benzer özelliklere sahiptir. Islak dalış elbisesine göre dalış elbisesinin su geçirgenliği ve vücudun temas ettiği su miktarı daha sınırlıdır. Yarı kuru dalış elbiselerinin ayak bileği, kol bileği ve boyun bölgeleri özel bir malzemenin yapılmıştır.

Suyun iletkenliği havadan daha yüksek olduğu için insan vücudu su içerisinde karada olduğundan 25 kat daha hızlı ısı kaybeder. Deniz suyunun sıcaklığı derinlik arttıkça azalır. Deniz suyunun farklı derinliklerde oluşturduğu ısı değişiminden dolayı dalışlarda kullanılan kıyafetlerin seçimini etkileyen unsur yapılan faaliyetlere bağlı olarak değişir.

Bir su altı kaynakçısı ve çoğu ticari dalgıç, bir dalış giysisinden daha üstün iklim kontrolü ve daha fazla koruma sağladığı için kuru dalış elbisesi kullanır.

Su altı kaynakçısı, kuru dalış elbisesi seçiminde dalış yapılan ortama bağlı olarak neopren, ka-  
çuk veya kabuk malzemeden üretilen ürünlerden birini tercih eder.

Kuru giysilerde havanın içeri alınmasını sağlayan valfler bulunur. Bu valfler, üzerine giyilen diğer aletlerden etkilenmesin diye genellikle tam göğsün ortasında üretilir. Hava boşaltma valfleri ise kol üzerinde dirsekte bulunur. Yüzerlilik, bu valflerin hava oranının ayarlanması ile ortaya çıkar.

Kuru dalış elbiselerinin içine farklı kıyafet giyilebilir veya çift kat elbise giyilebilir. Bununla bir-  
likte ek bir dış koruma katmanı olarak bazı su altı kaynakçıları dalış elbiselerinin üzerine tulum  
giyer. Dalış elbiselerinin üzerine tulum giymelerinin nedeni, yapılan işlem sırasında herhangi bir  
erimiş metalin dalış elbisesine doğrudan çarparak dalış elbisesinin yanmasını engeller. Bu tip  
elbiseleri kullanırken yırtılmalara dikkat etmek gerekir. Bu elbiseler hava ile ısıtma sağladığı için  
yırtıldığında su alma ve yüzerlilik dengesinin bozulması gibi sorunlar ortaya çıkabilir.

Dalgıç-kaynakçılar, ellerini korumak için birkaç çift lateks eldiven ile birlikte kalın kaynak eldi-  
venleri de kullanmalıdırlar (Görsel 1.10). Eldivenlerin içine su girmesini önlemek için bilek bölü-  
münün etrafına bir lastik bant takılmalıdır. Dalış elbiselerinin bakımı, uzun ömürlü kullanım sağlamak  
için önemlidir. Dalış elbisesi her dalış sonrası mutlaka yıkanmalıdır.



**Görsel 1.10:** Su altında yapılan montaj uygulaması

### 1.3.2. Su Altı Kaynakçısının Kullandığı Önemli Donanımlar

Dalgıç-kaynakçılar, kasklarına ek olarak bazı dalış donanımlarını kullanmalıdır. Bu donanımlar, güvenli bir dalış için gerekli malzemelerden oluşur.

#### »Su Altı Işığı

Su altı ışığı, su altı kaynakçılarının aydınlık bir ortama ihtiyaç duyması hâlinde kullanmaları için geliştirilmiştir. Su altında kullanılan ışık türleri, fener veya kask üzerine monte edilmiş tipte olabilir. Fener şeklinde olan su altı ışığı, uzun dalışlarda daha geniş bir alanı aydınlatmak için elle tutularak kullanılır.

Dalış kaskına monte edilmiş su altı ışığı (Görsel 1.11), yapılan iş esnasında her iki eli de serbest kullanabilmek için tasarlanmıştır. Dalış için kullanılan su altı ışığının odak noktalarını iyi aydınlatma ve uzun süre ışık saçabilme özelliklerine sahip olması gerekir. Su altı kaynak işlemleri için yapılan dalışlarda hem kask ışığı hem de fenerin dalgıç-kaynakçının yanında olması tavsiye edilir. Su altı ışığı sadece aydınlatma için kullanılmaz, diğer dalgıçlara ve yüzey ekibine sinyal vermek amacıyla da kullanılır.



Görsel 1.11: Kaska monte edilmiş su altı ışığı

## » Dalış Saati ve Seyir Pusulası

Dalış saati, su altındayken zamanı öğrenebilmek için kullanılır. Dalış saati, sınırlı ekipmanın bulunduğu işlerde çalışma süresinin kontrol edilmesini sağlar. Bir saatin dalış saati sayılabilmesi için en az 10 atm. (atmosfer) su geçirmezlik seviyesine sahip olması gerekir. 10 atm. su basıncı, yüzeyin 330 fit veya 100 metre altında bulunduğu anlamına gelir. Su altı ışığı sadece aydınlatma için kullanılmaz, diğer dalgıçlara ve yüzey ekibine sinyal vermek amacıyla da kullanılır. Özellikle 3, 6, 9 ve 12 rakamlarıyla gösterilen çeyrek segmentlerin kolayca ayırt edildiği saatler tercih edilir.

Su altı dalgıç kaynakçısı her zaman yüzeyle temas hâindedir. Yüzeyle temasını kaybetmesi durumunda seyir pusulasını kullanır. Seyir pusulası, dalgıç kaynakçının su altında doğru yöne hareketini sağlar. Bu nedenle pusula ekranının tam karanlıkta görülebilir, basınca karşı dirençli ve su geçirmez olması istenir (Görsel 1.12). Dalış pusulaları yalnızca manyetik kuvvetlerle çalışır. Manyetik alanlardan etkilendikleri için dalış öncesinde manyetik sapmaları kontrol edilir ve alınan referans bilgilere göre hareket edilir.



Görsel 1.12: Seyir pusulası

## » Dalış İpi

Dalış ipleri (Görsel 1.13), su altı kaynakçıları tarafından genellikle kurtarma, su altı kaynak ve kesme işlemleri için kullanılır. Dalış ipleri tamamen sentetik olmalıdır. Tamamen sentetik dalış ipleri suya konulduklarında bünyelerine su almaz ve böylece elektrik iletimi de yapmaz. Dalış ipleri, belirlenmiş standart uzunluklarda üretilir. Halat uzunluğu operasyon yapılacak derinliğe göre seçilir.



Görsel 1.13: Dalış ipi

## » Su Altı Kamerası

Su altı kamerası (Görsel 1.14), yapılan çalışmaları kaydetmek ve iyileştirilmesi gereken yerleri belirlemek için su altında hem video hem de fotoğraf çekiminde kullanılır. Su altında kurulumu gerçekleştirilen yapının incelenmesi veya hasara uğramış yapının onarımında kameralardan oldukça sık yararlanır. Su altında kullanılan kameraların çoğu, su geçirmez bir kasanın veya mahfazanın içine konulan normal kameralardır. Kameralar, dalgıç kaskına monte edilmiş veya taşınabilir şekilde olabilir.



Görsel 1.14: Dalış kask kamerası

## » Dalış Bıçağı

Dalış bıçakları (Görsel 1.15); halat ve tel kesme, paslanmış açıklıkları gevşetme gibi çeşitli işlevlere sahiptir. Dalış bıçakları, bir araya getirilmiş çeşitli metal alaşımlarından oluşur. Dalış bıçağının kesme gücünün iyi ve korozyon direncinin yüksek olması gerekir. On dakikalık çalışma esnasında kaynakçının kolunda yorgunluk oluşturmayacak hafiflikte olması tercih edilir. Bıçağın gücü, basınç altında ne kadar kolay kırıldığıyla ölçülür. Dalış bıçaklarının en kritik görevi kablo, ip, ağ vb. dolaşması nedeniyle dalgıcın bir çıkmaza girmesi hâlinde bu nesnelere kesebilmedir.



Görsel 1.15: Dalış bıçağı

## » Göbek Bileşenleri

Bir dalgıcın göbeği, yüzey kontrol noktasından dalgıca solunum gazı ve diğer hizmetleri sağlayan bir grup bileşenlerden oluşur. Bir dalgıcın göbek kordonu, yaşam destek sisteminin bir parçasıdır; genellikle kullanımdan önce incelenir ve belirli aralıklarla bakımı yapılarak test edilir. Göbek bileşenleri, çoğunlukla kask veya tam yüz maskesi olmak üzere dalgıcın ekipmanı üzerindeki uygun konnektörlere bağlanır ve kuvvet elemanı genellikle bir vidalı kapaklı karabina kullanılarak dalgıcın koşumundaki güçlü bir D halkasına bağlanır.

## » Hava Kompresörü

Bir dalma hava kompresörü, su altında bulunan dalgıçlara sabit bir hava beslemesi sağlar. Düşük basınçlı bir dalış hava kompresörü, genellikle dalışın derinliğine uyacak şekilde düzenlenen 30 bar'a kadar bir çıkış basıncına sahiptir. Bir yüksek basınçlı dalış kompresörü, genellikle 150 bar'ın üzerinde olan ve 200 ile 300 bar arasında olan bir dağıtım basıncına sahiptir. Basınç, ayarlanabilen bir aşırı basınç valfi ile sınırlandırılır.

## » Kurtarma Gazı

Su altı kaynakçaları, hortumlarının arızalanması durumunda genellikle yüzey hava besleme hortumlarıyla birlikte bir acil durum hava tankı taşırlar. Bu acil durum hava tanklarında oksijen gazı bulunur.



## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

### Su Altı Kaynağının Riskleri

Kaynak işlemleri, hangi yöntem olursa olsun alanında uzmanlaşmış kişilerle ve koruyucu elbiseler kullanılarak gerçekleştirilmelidir. Su altı kaynakçıları, iş sağlığı ve güvenliği açısından normal şartlar altında çalışan kaynakçılara göre daha ağır koşullara maruz kalırlar.

Su altı kaynakçılığı; su ve gaz basınçlarının vücudu olumsuz etkilemesi, özel dalış ve kaynak donanımlarının ağırlıkları sebebiyle yüzmeyi zorlaştırması, çalışılan alanın sınırlı olması, elektrik akımı beslemesiyle çalışılması gibi değişkenlerin olduğu bir ortamda çalışıldığından birçok riski barındıran bir meslektir. Bu risklerden en bilinenleri şunlardır:

**Boğulma:** Suya dalış yapan dalgıcın vücuduna dalış yaptığı derinliğin üzerindeki su kütlesi basınç uygular. Suda daha derine inildikçe vücuda uygulanan basınç da orantılı olarak artar. Ayrıca suyun kütlesinin büyüklüğüne bağlı olarak oluşabilecek su basıncı farkı, sıkıştırılabilir malzemelerin ve gaz dolu alanların hacim değiştirmesine neden olur. Basınç farkından dolayı oluşan stres çok yükselirse vücudun solunum fonksiyonları durabilir. Dalgıçlar, solunum aparatlarının veya dalış ekipmanlarının arızalanması sonucunda da boğulma riskiyle karşı karşıya kalır.

**Vurgun:** Dalış sırasında kullanılmayan azot gazı, dış basıncın artması ile vücutta birikmeye başlar. Normalde azot kanda çözülmüş hâlde bulunur. Ancak dalış sırasında yüzeye hızlı bir şekilde çıktığında çözülmüş hâldeki azot gazı, dış basıncın azalması nedeniyle gaz kabarcığı hâline geçer. Bu kabarcıklar vurgun hastalığına yol açar.

**Elektrik Şokları:** Doğru akımın kullanılmaması durumunda elektrik şok riskleri artar.

**Hipotermi:** Soğuk su koşullarında, vücut ısısının ani olarak düşmesinden kaynaklanan durumdur.

**Patlamalar:** Hidrojen ve oksijen gazlarının karışıp birikmesiyle oluşabilecek durumdur.

### SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **su altı kaynağı** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **su altı kesim yöntemleri** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **kaynakçı dalış ekipmanları** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.**

1. (.....) Su altında gerçekleştirilen kaynak uygulamaları profesyonel dalış eğitimi alan sertifikalı kaynakçılar tarafından yapılır.
2. (.....) Su altında bulunan yapısal çeliklerin kesme işlemlerinde oksijen katmalı ark kullanılır.
3. (.....) Seyir pusulası su altı kaynakçısının doğru yöne hareket edebilmesini sağlayan dalış donanımadır.

**B. Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.**

4. Hiperbarik ortamda ısı ya da basınç uygulamasıyla veya iki yöntemin birlikte kullanılmasıyla aynı cinsten metal parçaların özel donanımlar ile birleştirme işlemine ..... denir.
5. Su altında gerçekleştirilen kaynak uygulamaları yapılırken su altında güvenli bir şekilde çalışmaya olanak sağlayan özel olarak geliştirilmiş ..... kullanılır.
6. Su altında kaynak uygulaması yapan dalgıç ..... sayesinde suyun insan vücudunda oluşturduğu olumsuz etkilerden korunmuş olur.

**C. Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

**7. Aşağıdakilerden hangisi su altı kaynağının uygulanma amaçlarından değildir?**

- A) Su altındaki boru hatlarının onarımı
- B) Denizde mahsur kalan gemilerin onarımı
- C) Su altında kalan deniz yapılarının periyodik bakımı
- D) Limanlardaki tesislerde korozyon sonrası oluşan hasarın onarımı
- E) Havuza alınan gemilerin periyodik bakımı

**8. Aşağıdakilerden hangisi ıslak su altı kaynağı ile yapılan uygulamaların avantajlarından biridir?**

- A) Suyun oluşturduğu basınç kolay kaynak uygulaması yapılmasını sağlar.
- B) ıslak su altı kaynağı için herhangi bir karmaşık kurulum gerekmez.
- C) Kaynak bölgesinin hızlı soğuması darbe mukavemetini artırır.
- D) Yüksek basınç sayesinde daha iyi nüfuziyet sağlanır.
- E) Su altında yapılan kaynakta gözenek oluşmaz.

**9. Aşağıdakilerden hangisi ıslak su altı kaynağı ile yapılan uygulamaların dezavantajlarından biridir?**

- A) Suyun bulunduğu ortamda görüş netliği düşüktür.
- B) Islak su altı kaynağı için çok karmaşık kurulum gerekmez.
- C) Kaynak işlemi için gerekli donanım diğer yöntemlere göre daha fazladır.
- D) Kaynakçı, diğer yöntemlerle kaynak yapılamayan açık deniz yapılarına ulaşabilir.
- E) Kuru kaynak yöntemi ile karşılaştırıldığında daha az maliyetlidir.

**10.** Su altı kaynakçısı, kaynak uygulaması yaparken güvenli bir ortama ihtiyaç duyar. Suyun bulunduğu ortamda daha net bir görüş sağlamak, olası darbelerden korunmak ve suyun oluşturacağı olumsuzluklardan vücudunu yalıtım için güvenlik donanımı kullanır.

**Bu parçada özellikleri verilen güvenlik donanımı aşağıdakilerden hangisidir?**

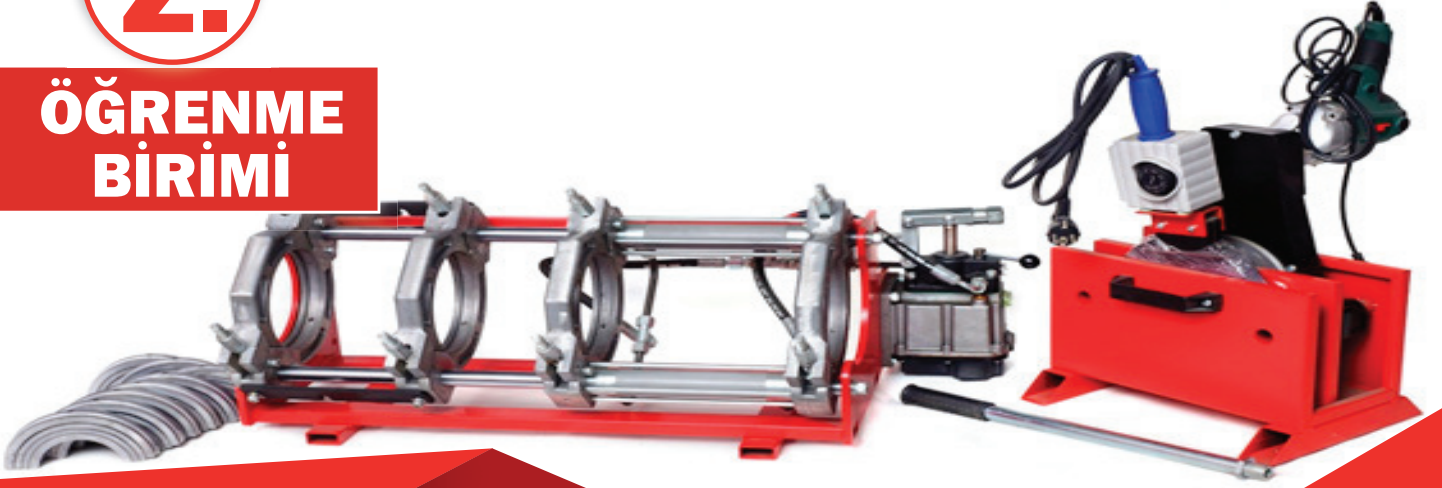
- A) Dalış kaskı
- B) Su altı ışığı
- C) Su altı elbisesi
- D) Lateks eldiven
- E) Seyir pusulası

**11. Aşağıdakilerden hangisi su altı kaynağının oluşturduğu risklerden biri değildir?**

- A) Boğulma
- B) Elektrik şoku
- C) Unutkanlık
- D) Vurgun
- E) Hipotermi

# 2.

## ÖĞRENME BİRİMİ



## BASINÇ ALIN KAYNAĞI



### KONULAR

- 2.1. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 2.2. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE BASINÇ ALIN KAYNAĞI İLE KAYNAK YAPILABİLEN MALZEMELER
- 2.3. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Basınç alın kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Basınç alın kaynağının üstünlükleri ve basınç alın kaynağı ile kaynak yapılabilen malzemeleri sıralama
- ★ Basınç alın kaynağının yapılış yöntemini açıklama

### ANAHTAR KELİMELER

Basınç  
Direnç  
Alın  
Flaş  
Polietilen

### HAZIRLIK SORULARI

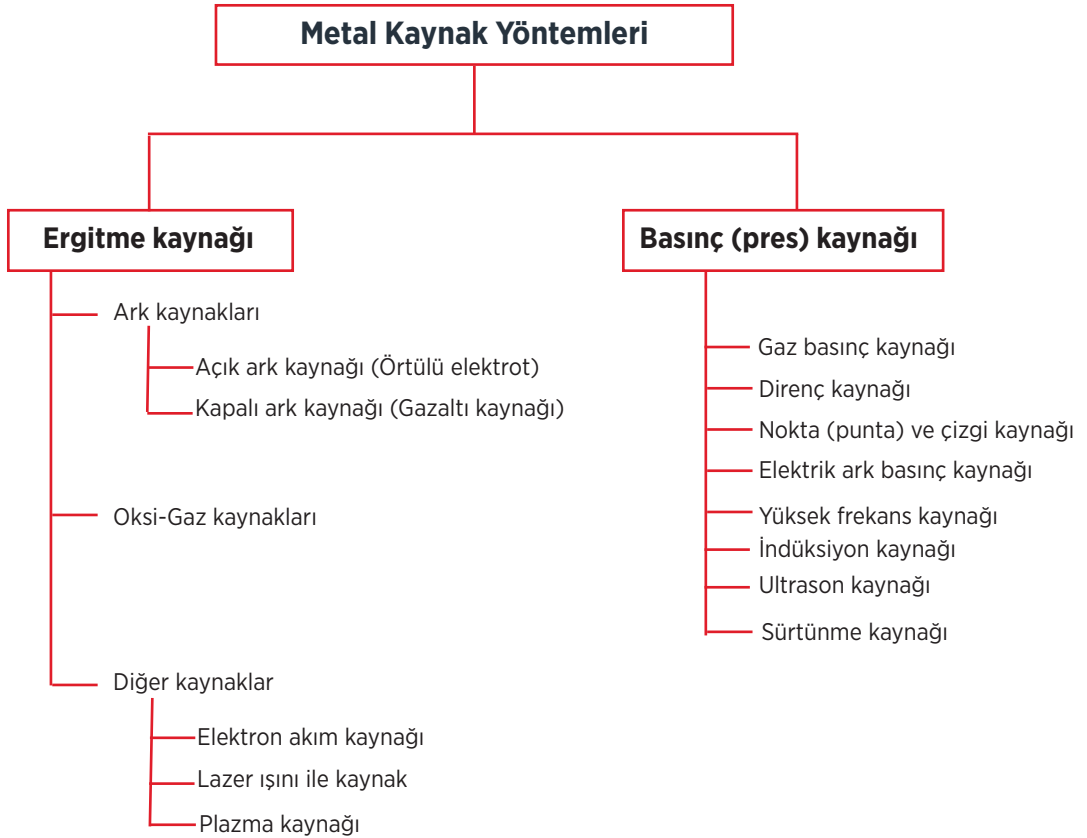
1. Metallerin basınç altında birleştirilmesinden ne anlıyorsunuz?
2. Metal veya plastik boruların kaynak edilebilirliği sizce niçin önemlidir?  
Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Demirci (ocak) kaynağı, bilinen en eski kaynak metodudur. Bu yöntemde bir ocakta ısıtılan parçalar üst üste konduktan sonra çekiçle dövülerek veya parçalara pres (basınç) uygulanarak parçaların birbirleriyle kaynak yapılması sağlanır.

## 2. BASINÇ ALIN KAYNAĞI

Metal veya madeni malzemelerin kaynağında uygulanan yöntemler (Şekil 2.1), ergitme kaynağı ve basınç (pres) kaynağı olmak üzere iki ana gruba ayrılabilir. Ergitme kaynağında birleştirme, basınç uygulanmadan, ısı yardımıyla bölgesel ergitme yapılarak bağlantı şekline göre ek kaynak malzemesi kullanılarak yapılır. Isı yardımıyla gerçekleştirilen ergitme kaynağında parçalar eriyerek birbirine karışır ve soğuduklarında bağlantı gerçekleşir.

Basınç kaynaklarında ise kaynak işlemi yapılacak malzemeler ergitme sıcaklığına ulaşmadan, ergitme noktasından daha düşük bir ısıda malzemeler üzerine basınç uygulanarak birleştirme sağlanır. Basınç kaynağında genellikle ilave malzeme kullanılmaz.



Şekil 2.1: Metal kaynak yöntemleri



Metaller kaynak işlemi sırasında ısıtılırsa sıcaklığı artan metalin deformasyon sınır değeri azalır. Deformasyon sınır değeri azalan metal malzemenin kaynak işlemi çok daha kolay ve başarılı bir şekilde gerçekleşir. Bu nedenle basınç kaynağında kaynak bölgesinde sınırlı bir ısıtma yapıldıktan sonra basınç uygulanarak kaynak bağlantısı yapılır. Basınçlı alın kaynağı uygulamaları, iki parça metalin ısıtılması, parçalara basınç uygulanması veya her ikisinin birden yapılmasıyla gerçekleştirilir.

## 2.1. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

**Alın kaynağı**, aynı çap ve kalınlıktaki parçaların alın yüzeylerinden otomatik veya manuel (elle işletilebilen) yöntemle basınç ve sıcaklık yardımıyla alın altına kaynatılmasıyla gerçekleştirilen bir birleştirme çeşididir. Basınç kaynağı yöntemi ile çubuk, kare veya köşeli kesitli kalın malzemelerin çeşitli kesit boyutlarında ve karmaşık şekillerdeki tüm bağlantı alanı üzerinde kaynak yapılabilir. Alın kaynağı; gaz, su ve diğer sıvıların taşınması için polipropilen (PP), polietilen (PE) ve poliviniliden florürden (PVDF) yapılmış plastik boru ve bağlantı parçalarının kaynağı için de uygundur. Görsel 2.1'de hidrolik alın kaynak makinesi örneği görülmektedir.



Görsel 2.1: Hidrolik alın kaynak makinesi

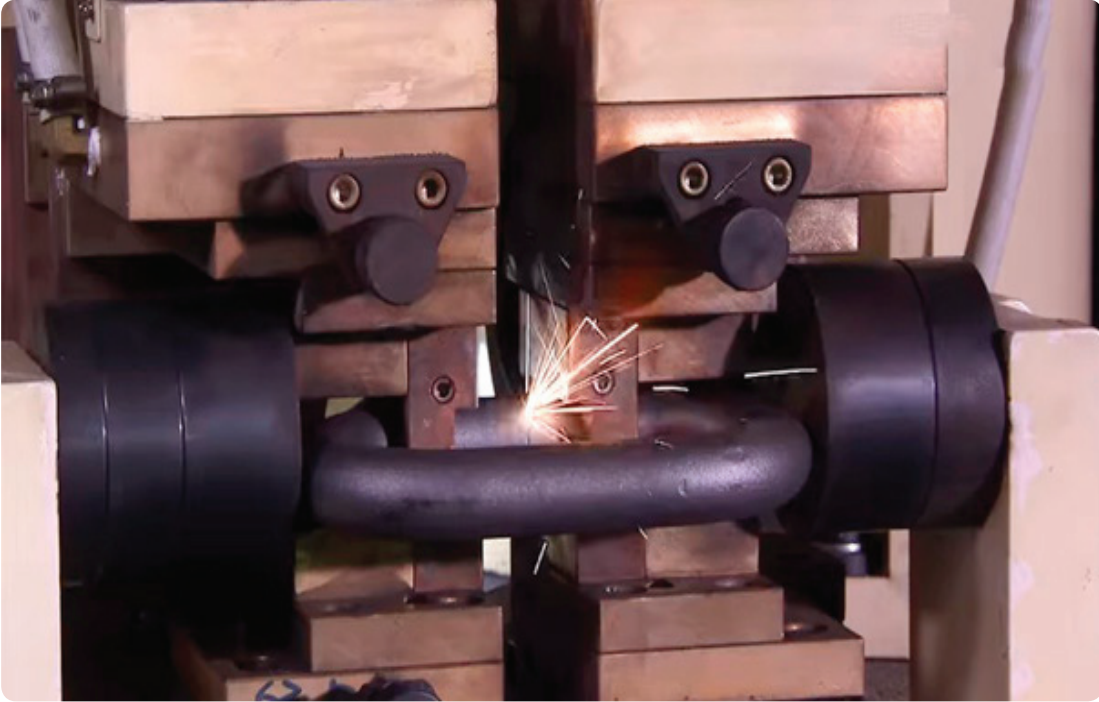
Alın kaynağı yöntemi, uzun mesafeli veya yer altı boru hatları gibi montaj veya değiştirme gerektirmeyen boru bağlantılarında yaygın olarak kullanılır. Özellikle değişik özellikteki çelikler için çok avantajlıdır. Sade karbonlu çelik, alaşımlı çelik, bakır, alüminyum, pirinç, diğer hafif metaller ve alaşımlarından yapılmış her türlü profildeki tel ve çubuk malzemeler basınçlı alın kaynağı için uygundur. Basınç alın kaynağı, uygulama aşamalarının karmaşık olmamasından dolayı ihtiyaç duyulan endüstriyel sektörlerde yaygın biçimde kullanılan bir birleştirme tekniğidir.

## 2.2. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE BASINÇ ALIN KAYNAĞI İLE KAYNAK YAPILAN MALZEMELER

Alın kaynağı yöntemine uygun olarak yapılan kaynağın farklı kaynak yöntemleriyle birleştirmelere kıyasla birçok avantajı bulunmaktadır. Basınç alın kaynağı ile yapılan bileştirmeler özel ek parçalar gerektirmez. Alın kaynağı ile dirsek/T' gibi ek parçalar yapılabilmektedir. Alın kaynağı güvenilir ve sağlıklı bir birleştirme metodudur. Kaliteli bir alın kaynağında Kaynak bölgesinin bağlantı mukavemeti, kaliteli bir alın kaynağında ana borunun mukavemeti ile aynıdır.

### 2.2.1. Flaş Alın Kaynağı

**Flaş alın kaynağı**, herhangi bir dolgu metalinin kullanılmadığı bir direnç kaynağı türüdür. Kaynak yapılacak metal parçaları, malzeme kalınlığına, malzeme bileşimine ve bitmiş kaynağın istenen özelliklerine göre önceden belirlenmiş bir mesafeden metale akım uygulanır ve iki parça arasındaki boşluk direnç oluşturarak metali eritmek için gereken arkı üretilir. Metal parçaları uygun sıcaklığa ulaştığında birbirine bastırılır ve etkili bir şekilde kaynak yapılır (Görsel 2.2).



**Görsel 2.2:** Gemi zincirine ait bir halkanın flaş kaynağı ile birleştirilmesi

Alın yüzeylerinden temas ettirilen veya birbirine çok yaklaştırılan parçalardan geçirilen elektrik akımı ile ergime ve uygulanan basınç süresine bağlı olarak kaynak gerçekleştirilir. Basınç nedeniyle oluşan çapak, kaynak işleminden sonra temizlenmelidir. Flaş alın kaynağı uygulamaları, seri imalatta hızlı bir yöntem olduğu için metallerin kaynakla alın birleştirme işlemlerinde tercih edilir.



### **Flaş Alın Kaynağının Oluşumunu Etkileyen Unsurlar**

Kaynak uygulamasında yüzeyler arasında basınç oluşturulmadan önce yeterince ısı elde etmek için flaş süresinin yeterli uzunlukta olması gerekir. Flaş süresinin çok uzun olması, çok fazla ana metal erimesine neden olur. Kaynak tolerans boyutundan daha fazla eriyen ana metal istenilen mekanik özelliklerini kaybetmiş olur. Bu nedenle bitmiş kaynağın istenilen mekanik özelliklerini oluşturmada yığılma süresi kritik öneme sahiptir.

Bitmiş bir kaynağın mukavemeti çok önemlidir. Tam olarak birleşmeyen yüzeylerin mukavemeti istenilen seviyeden düşük olur. Flaş alın kaynağı, yığılma döngüsü başlamadan önce belirlenmiş bir uzunluk için yanıp sönmeye meydana gelecek şekilde zamandan ziyade mesafe ile kontrol edilir.

### **Flaş Alın Kaynağının Kullanım Alanları**

Demir yollarında raylar arasında yapılan bağlantıların daha pürüzsüz olması, rayların kullanımı sırasında meydana gelen baskıdan dolayı rayların üzerinde oluşabilecek aşınmayı azaltarak denetim ve bakım sıklığını etkin bir şekilde azaltır. Flaş kaynak yöntemiyle yapılan alın birleştirmeleri, mekanik olarak birleştirilmiş raydan çok daha pürüzsüzdür. Demir yolu raylarında raylar arası bağlantıların daha pürüzsüz olmasını sağlamak ve ana hat rayının bölümlerini birleştirmek için flaş alın kaynağı kullanılır. Flaş alın kaynağı, özellikle ray kafasının düzgünlüğü nedeniyle yüksek hızlı tren hatlarında tercih edilen bir yöntemdir (Görsel 2.3).



**Görsel 2.3:** Flaş kaynak makinesi ile tren rayına alın kaynağı



## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

Flaş kaynağının birçok farklı metali basit parametre ayarlarıyla kaynaklama yeteneğine sahip olması onu çok yönlü hâle getirir. Alüminyum, çelik ve bakır dâhil olmak üzere farklı metallerin birleştirilmesine izin verir. Alüminyum endüstrisinde **bara** adı verilen çeşitli akım taşıyan iletkenleri birleştirmek için flaş kaynağından yararlanılır. Çelik mukavemet, bakır iletkenlik ile alüminyum maliyet ve iletkenlik kombinasyonu için kullanılır.

### Flaş Alın Kaynağının Avantajları

- ★ Esnek kesitli şekillerin alın birleştirme işlemlerinde kullanılabilir.
- ★ Benzer kesitli parçalar için esnek konumlandırma yapılabilir.
- ★ Çeşitli dairesel kesitlerdeki malzemeleri birleştirebilir.
- ★ Dairesel olmayan (açı, H kesitleri, dikdörtgenler gibi) kesitli şekiller flaş kaynak yöntemiyle kaynaklanabilir. Parçaların döndürülmesi gerekli değildir.
- ★ Benzer kesite sahip parçalar, sınırlar dâhilinde eksenleri hizalı veya birbirine açılı olarak kaynaklanabilir.
- ★ Yıpranma yüzeylerindeki erimiş metalin film ve yığılma sırasında fışkırması, arayüzden yabancı maddeleri uzaklaştırır.
- ★ Flaş kaynakların ısıdan etkilenen bölgeleri, yığılmış kaynaklara göre çok daha küçüktür.

### Flaş Alın Kaynağının Dezavantajları

- ★ Yüksek tek fazlı güç talebi, üç fazlı birincil güç hatlarında dengesizlik üretir.
- ★ Flaş sırasında çıkan erimiş metal parçacıkları; yangına, operatörün yaralanmasına veya mil ve yatakların hasar görmesine neden olabilir.
- ★ Kaynak uygulaması esnasında uçuşan kıvılcımları engellemek için bir bariyer veya kalkan kullanılmalıdır.
- ★ Genellikle flaş metalin çıkarılması gerekir ve bu işlem özel ekipman gerektirebilir.
- ★ Küçük kesitli iş parçalarının birleştirilmesi zordur.
- ★ Birleştirilecek parçalar, birbirine yakın kesitlere sahip olmalıdır.

### 2.2.2. Direnç Alın Kaynağı

Direnç alın kaynağı yönteminde kaynağı yapılacak iş parçaları, hareketli olan bakır alaşımlı çenelere sıkıca bağlanır. Bu yöntemde de elektrik akımı hareketli çeneler üzerinden iletilir.

Kaynak işlemi başlangıcında elektrik akım devresi açılarak hareketli çeneler ile iş parçaları, yüzeyleri arasında küçük bir boşluk kalıncaya kadar birbirine yaklaştırılarak iş parçalarının teması sağlanır ve parçalardan elektrik akımı geçirilir.

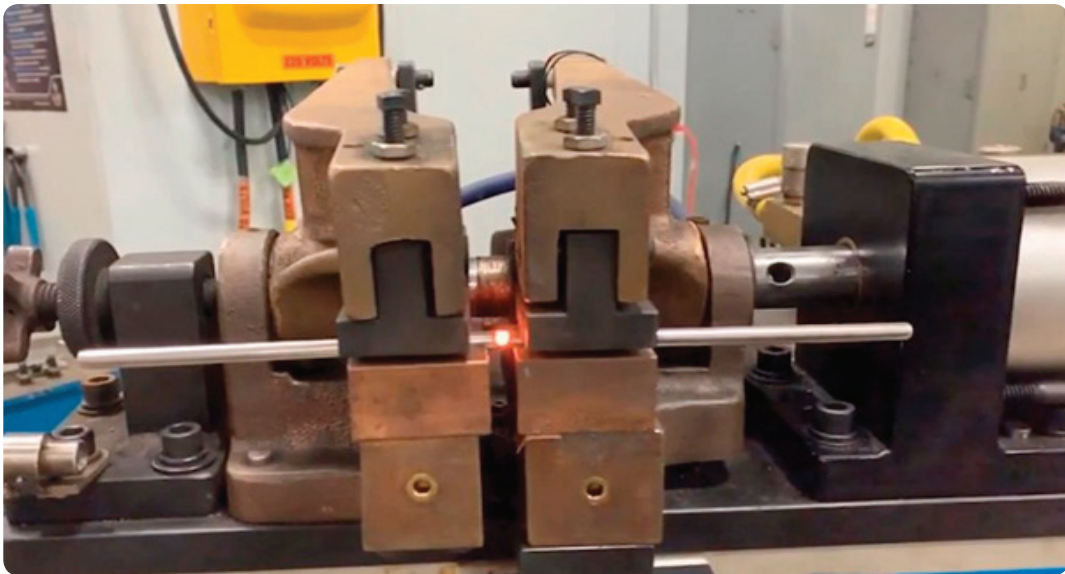


Her metalin elektrik akımının geçişine karşı gösterdiği direnç farklıdır. Bazı metaller (bakır gibi) elektrik akımının kolay geçmesine izin verirken, çelik ve benzeri alaşımlar elektrik akımının daha zor geçmesine neden olur. Metalde elektrik akımının geçmesine karşı gösterdiği direnç ısınmasına yol açar.



**Görsel 2.4:** Direnç alın kaynak makinesine parçaların konumlandırılması

Oluşan metal buharı, kaynak bölgesini kaplayarak havanın olumsuz etkilerinden korur. İş parçalarının hareketli çenelerle (Görsel 2.4) yavaş yavaş birbirine yaklaştırılmasıyla oluşan yeni temas noktaları da yanarak tüm kesitte kaynak ısısına ulaşılır. Bu noktadan sonra hareketli çeneler basınçla itilerek iş parçaları birbirine bastırılır ve elektrik akımı kesilir. Kaynak için geçen süre birkaç saniyedir ve akım kesildikten sonra bir müddet daha basınç uygulamasına devam edilerek kaynaklama işlemi tamamlanır (Görsel 2.5).



**Görsel 2.5:** Direnç alın kaynağı ile parçaların birleştirilmesi



## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

Direnç alın kaynağı, benzer şekil ve büyüklüğe sahip iş parçalarının bağlantılarında kullanılır. Direnç alın kaynağı, flaş alın kaynağından farklı olarak tek bir hareketle gerçekleştirilir. Basıncı alın kaynağında parçalar yüksek bir basıncın etkisiyle temas etmeden elektrik akımı uygulanmaz. Flaş alın kaynağında ise parçalar henüz temas etmeden elektrik akımı uygulanır.

Direnç alın kaynağı yöntemi genellikle boruların, yuvarlak kesitli malzemelerin, kare kesitli malzemelerin ve düz sacların birleştirilmesinde kullanılır (Tablo 2.1). Çelik ve alaşımlarının kaynağı, bu kaynak yöntemiyle başarılı bir şekilde gerçekleştirilir.

**Tablo 2.1:** Direnç Kaynağıyla Birleştirilebilen Metaller

METAL	Alüminyum	Pirinç	Bakır	Galvanizli sac	Dövme demir	Monel	Nikel	Nikel-Gümüş Alaşımı	Nikel-Krom Alaşımı	Çelik	Kalay Kaplı Sac	Çinko
Alüminyum	✓											
Pirinç		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bakır		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Galvanizli sac		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Dövme demir		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Monel gereci		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Nikel		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Nikel-gümüş alaşımı		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Nikel-krom alaşımı		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Çelik		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Kalay kaplı sac	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Çinko	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

**NOT:** ✓ işareti, birbirine direnç kaynağıyla birleştirilebilen metalleri gösterir.

Alın kaynağı yapılacak iş parçalarının doğru bir şekilde kaynatılmasındaki en önemli faktör, iş parçalarının aynı doğrultuda olmasıdır. Aynı doğrultuya getirilmeden kaynatılan iş parçalarında aksel kaçıklıklar oluşur. Eksenlerin doğru şekilde hizalanmaması, kaynak kalitesini düşüren bir etkidir. Elektrik akımını ileten, doğrultuyu ve kaynak için gerekli basıncı sağlayan hareketli çenelerin iş parçasını bağlama ve hareket ettirme yeteneği vardır. Bu çeneler, kaynak sırasında oluşan yoğun akımdan dolayı ısınır ve bu nedenle çenelerin soğutulmaları gerekir. Makine üzerindeki merkezî bir su dolaşım sistemi ile hareketli çenelerin soğutulması sağlanır.

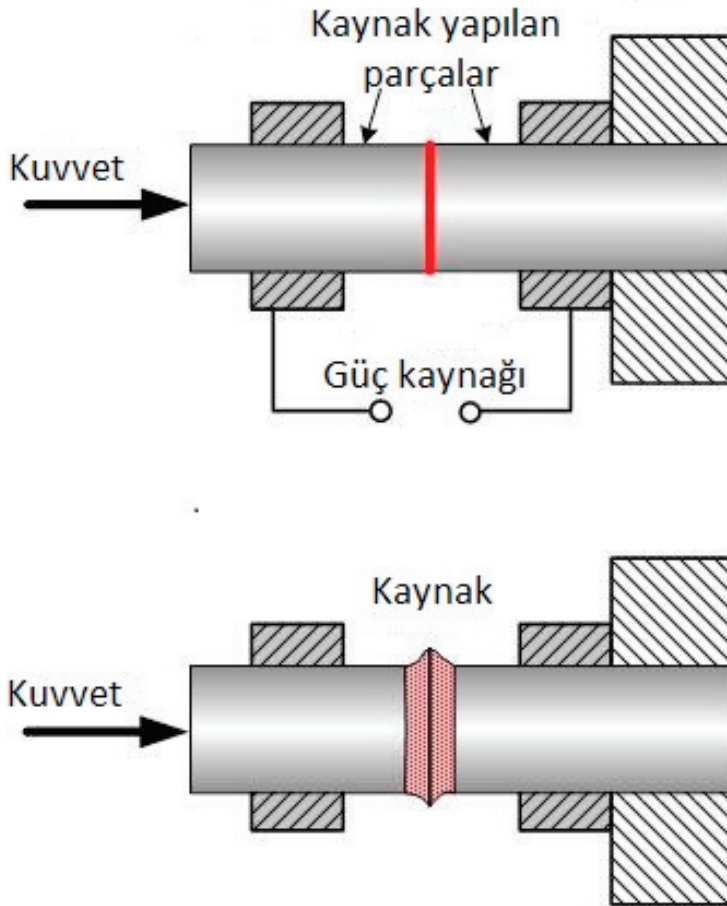


Direnç kaynağı yapılabilen malzemelerde aranan ön koşul, kaynak yapılan iş parçasının elektrik iletim kabiliyetinin iyi derecede olmasıdır. Özellikle çelik türlerinden biri olan paslanmaz çeliklerin diğer kaynak türlerinde dış görünüş yönünden olumsuz sonuçlar doğurması nedeniyle direnç kaynağıyla birleştirilmesi tercih edilir. Direnç kaynağıyla kaynak yapılacak parçaların kalınlığı 7 mm'den daha fazla ise bu parçalara kaynak yapılması büyük güçler gerektirir, bu nedenle kalınlığı 7 mm'den fazla olan parçalarda direnç alın kaynağının uygulanması tavsiye edilmez.

Kaynak işlemleri esnasında üzerinde dikkatle durulması gereken hususlardan biri de iş güvenliği ve işçi sağlığıdır. Ülkemizde yaygın bir biçimde kullanılmakta olan direnç alın kaynağı, uygun bir düzen içinde uygulandığında kaza olasılığı çok düşük olan bir kaynak yöntemidir. Güvenli çalışmanın başlıca unsurları; iyi düzenlenmiş, iyi aydınlatılmış bir atölye, bakımlı kaynak makine ve donanımları ile iyi eğitilmiş personeldir.

### 2.3. BASINÇ ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

Başarılı bir alın kaynağı (Şekil 2.2) elde edebilmek için alın kaynağı yapılacak malzemelerin birbirleriyle şeklen uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. Makine çalışma alanının nem, rüzgâr veya düşük sıcaklıktaki ortamlardan korunması gerekir.



Şekil 2.2: Alın kaynağı

### Alın Kaynak İşlemi

- Gerekli iş güvenliği tedbirleri alınarak alın kaynak koşulları sağlanmalıdır.
- Alın kaynak makinesi, elektrik hattına bağlanır ve makinenin çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir.
- Alın kaynağı yapılacak yüzeyler, kaynak işleminin yapılmasına elverişli olacak bir şekilde hazırlanmalı ve varsa çapakları temizlenmelidir.
- Alın kaynağı yapılacak iş parçaları makineye yerleştirilmelidir.
- Alın kaynağı yapılan boruların uçları hava sirkülasyonuna karşı kapatılmalıdır.
- Birleşme yüzeylerinin birbirine kaçıklığı kontrol edilerek alın yüzeylerinin paralel olması sağlanmalıdır.
- Alın kaynak makinesi üreticisinin verdiği hesaplamalara veya tablolara göre yavaşlama, ısıtma ve birleştirme basınçları belirlenmelidir.
- Belirlenen değerler, alın kaynak makinesi üzerinde uygulanır ve parçaların alın kaynağının yapılması sağlanmalıdır.

### SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **basınç alın kaynağının endüstrideki yeri ve önemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **basınç alın kaynağının üstünlükleri** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **basınç alın kaynağı ile kaynak yapılan malzemeler** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
4. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **basınç alın kaynağının yapılış yöntemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.**

1. (.....) Bağlantı şekline göre ek kaynak malzemesi kullanılarak, basınç uygulanmadan ısı yardımıyla yapılan kaynak yöntemine ergitme kaynağı denir.
2. (.....) Sürtünme kaynağı ergitme yöntemiyle yapılan bir kaynak methodur.
3. (.....) Elektrik direnç kaynağı basınç yöntemiyle yapılan bir kaynak yöntemidir.

**B. Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.**

4. Kaynak işlemi yapılacak malzemelerin, ergime sıcaklığına ulaşmadan, ergime noktasından daha düşük bir ısıda malzemeler üzerine basınç uygulanarak gerçekleştirilen birleştirme yöntemine ..... adı verilir.
5. Flaş alın kaynağı yöntemi ile yapılan alın birleştirme işleminde, kaynak işlemi süresi boyunca oluşan ark zamanı ..... zamanı olarak adlandırılır.
6. Flaş alın kaynağı yöntemi ile yapılan alın birleştirme işleminde, kaynak işlemi süresi boyunca malzemelerin alın yüzeylerine doğru uygulanan basınç süresine ..... zaman denir.

**C. Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

**7. Aşağıdakilerden hangisi basınç alın kaynağı ile birleştirme yapılan malzemelerden biri değildir?**

- A) Sade karbonlu çelik      B) Alüminyum      C) Alaşımlı çelik  
D) Karbon elyaf      E) Bakır

**8. Aşağıdakilerden hangisi flaş alın kaynağının avantajlarından biridir?**

- A) Benzer kesitli parçalar için esnek konumlandırma yapılabilir.  
B) Yüksek tek fazlı güç talebi, üç fazlı birincil güç hatlarında dengesizlik üretir.  
C) Flaş sırasında çıkan erimiş metal parçacıkları yangına neden olabilir.  
D) Küçük kesitli iş parçalarının hizalanması zordur.  
E) Birleştirilecek parçalar, birbirine yakın kesitlere sahip olmalıdır.



## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

9. I. Kaynak yapılacak metal parçalar, önceden belirlenmiş bir mesafede konumlandırılır.  
II. Metali eritmek için gereken sıcaklığa ulaşıldığında parçalar birbirine bastırılır.  
III. Metal parçaları arasında oluşan arkın metali eritmek için gereken uygun sıcaklığa ulaşması sağlanır.  
IV. Metale akım uygulanır.  
V. İki parça arasındaki boşluktan dolayı ark meydana gelir.

**Verilen bilgilere göre flaş alın kaynağı yöntemiyle parçaların birleştirilmesinde uygulama sıralaması aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?**

- A) I, II, III, IV, V  
B) I, IV, V, III, II  
C) II, V, III, IV, I  
D) IV, V, III, I, II  
E) V, IV, I, II, III

**10. Direnç alın kaynağı ile ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

- A) İş parçaları, hareketli olan bakır alaşımli çenelere sıkıca bağlanır.  
B) Çelik ve alaşımlarının kaynağında başarılı bir şekilde kullanılır.  
C) Kaynak uygulaması için gereken ısı elektrik enerjisinden sağlanır.  
D) Kaynak akımı kesildikten sonra bir müddet daha basınç uygulamasına devam edilir.  
E) Farklı şekil ve büyüklüğe sahip iş parçalarının bağlantıları için kullanılır.

**11. Aşağıdakilerden hangisi direnç alın kaynağı ile ilgili doğru bir ifade değildir?**

- A) İş parçasının elektrik yalıtım kabiliyetinin iyi derecede olması istenir.  
B) Paslanmaz çeliklerin birleştirilmesinde direnç kaynağı tercih edilir.  
C) Türkiye’de birçok endüstri sektöründe yaygın bir biçimde kullanılır.  
D) Kaza olasılığı çok düşük olan bir kaynak yöntemidir.  
E) Parçaların kalınlığı 7 mm’den daha fazla ise kaynak yapılması büyük güçler gerektirir.

# 3.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞI



### KONULAR

- 3.1. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 3.2. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞI İLE KAYNAK YAPILABİLEN MALZEMELER
- 3.3. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Yüksek frekans kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Yüksek frekans kaynağının üstünlükleri ve yüksek frekans kaynağı ile kaynak yapılabilen malzemeleri sıralama
- ★ Yüksek frekans kaynağının yapılış yöntemini açıklama

### ANAHTAR KELİMELER

Frekans  
Direnç  
Ergitme  
İndüksiyon  
Akım

### HAZIRLIK SORULARI

1. Frekans terimini bugüne kadar duymuş muydunuz? Bu terimle ilgili bildiklerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sizce yüksek veya düşük frekans ne olabilir? Tahminlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Frekanslar, uluslararası bir ölçü birimi olan Hertz cinsinden ölçülür ve Hz şeklinde kısaltılarak yazılır.

### 3. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞI

Yüksek frekans direnç kaynak yöntemi, elektrik direnç kaynak uygulamasının bir çeşididir. Bu kaynak uygulamasında malzeme, çok küçük bir alanda ısı altında bırakılır ve yüzeysel bir ısınma ile kaynak işlemi gerçekleştirilir. Yüksek frekanslı direnç kaynağında yüksek frekanslı akım kullanılarak kaynatılacak parçaların karşılıklı kenarlarında istenen sıcaklık sağlanır. Bu kaynak yönteminin yaygın kullanım alanı; dikişli yuvarlak boru, profil boru, ısı iletim araçları, kablo levhaları, yüksek hız gerektiren parçaların kaynağı gibi yerlerdir. Bu yöntemle kalınlıkları 0,1-12 mm'ye kadar olan çelik veya çelik olmayan malzemeler kaynatılabilir.

#### 3.1. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Yüksek frekans direnç kaynağı, yüksek hızlı dikişli boru imali ile sabit ve uzun kaynaklı sac plakaların kaynağı için geliştirilmiştir. Dikiş kaynağı; petrol, doğal gaz, su ve diğer akışkanların taşıma ve dağıtım hatlarında, ısıtma, soğutma ve havalandırma borularında, çelik yapı elemanı olarak ve diğer genel amaçlar için kullanılan boruların tamamında yüksek frekans direnç kaynağı yöntemiyle yapılır. Ayrıca bu kaynak yöntemi, çapı 16 metreye kadar olan dikişli boruların imalatında kullanabilmektedir. Metalin ısınması için rezistansta yüksek akımlar gereklidir. Voltaj düşerken nüfuziyet de düşer. Akımın etkili olarak derinliğe nüfuz etmesi malzemenin manyetik uygunluğuna da bağlıdır. Kaynak bölgesindeki akımın yoğunlaşması, direncin ya da bobinin konumuna bağlıdır. Yüksek frekans akımının metal üzerinde geçişi süresince metalin göstereceği dirençten dolayı kaynak için gerekli sıcaklık meydana gelmiş olur. Kaynak hızı ve kaynak nüfuziyeti, metalin cinsine ve kalınlığına bağlıdır. Bazı bronz malzemelerin kaynağının dışında dekapan kullanılmaz. Bazı malzeme türlerinin kaynağında  $O_2$  ve  $N_2$  hızlı bir şekilde tepkimeye gireceğinden bu gazdan etkilenmemek için kaynak bölgesi koruyucu bir gazla korunmalıdır. Bu yöntem genellikle sürekli dikiş gerektiren uzun parçaların kaynağında kullanılır. Yaklaşık 400 KHz'lik yüksek frekans akımı, bir çift kontak vasıtasıyla iş parçasına verilir. Metalin akıma gösterdiği dirençten dolayı kenarlarda çok az bir derinlikte ısınma meydana gelir. Kaynak hızı ve basınç değeri, iki kenardaki kaynak sıcaklığına göre ayarlanır.



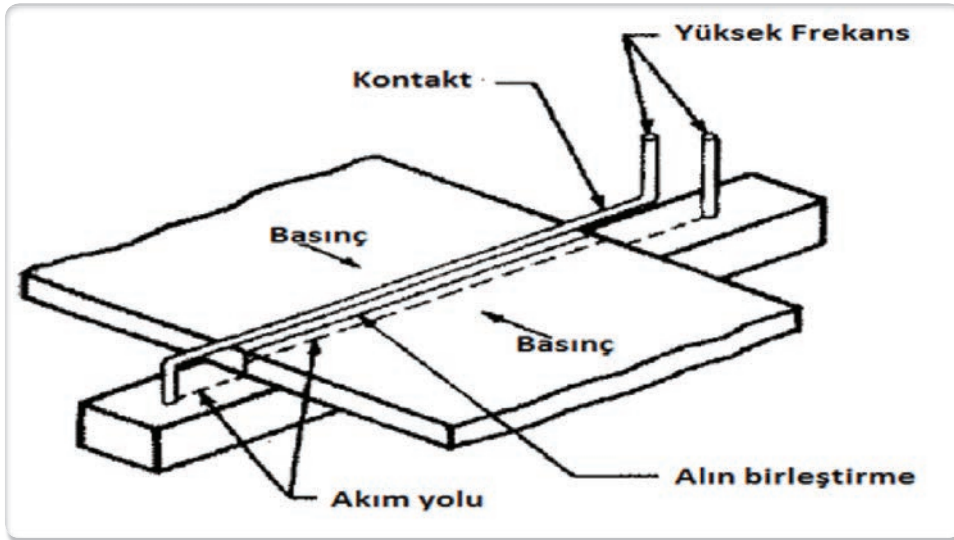
Tepe noktasında basınç silindirleri yardımıyla ısınmış olan kenarlar birbirine birleştirilerek kaynak yapılır (Görsel 3.1).



Görsel 3.1: Yüksek frekans direnç kaynağı

### » Yüksek Frekans Dirençle Sınırlı Uzunluktaki Sabit Parça Kaynağı

Bu yöntem, teknik olarak iki parçanın birleştirilmesinde kullanılan bir yöntemdir (Şekil 3.1). Birleştirilecek parçalar, alın altına getirilir ve kaynak yapılacak bölgeden yüksek frekans akımı geçirilir. Parça kalınlığına göre ayarlanan yüksek frekans akımının bütün yüzeyde üniform dağılması sağlanarak uygun bir sıcaklık meydana getirilir ve basınç uygulanarak uygun birleştirme yapılır. Küçük ebatların birleştirilmesinde düzgün bir kaynak verimi ve yüksek üretim elde edilir.



Şekil 3.1: Yüksek frekans direnç kaynağı ile sabit malzeme kaynağı



### 3. ÖĞRENME BİRİMİ

#### » Yüksek Frekans Dirençle Ergitme Kaynağı

Ergitme kaynağı; genellikle bir saniyenin altındaki bir sürede kontaklar ve metal parçaları arasından yüksek frekanslı akımın eriyik oluşturmasıyla yapılır. Sıvı hâle gelen metaller, kendi aralarında birbirleriyle kaynamaktadır. Endüstride bu kısa sürede üretim, elektrik motorlarının rotor ve stator sargılarının birleştirilmesinde kullanılır. Ergitme kaynağı yapılacak metal levhaların belirlenen bölgelerine yüksek frekans direnç kaynağının kontakları noktasal olarak bağlanır, daha sonra bu kontaklardan geçirilen yüksek frekanslı akım sayesinde ergitme veya nokta kaynağı yapılmış olur.

## 3.2. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI MALZEMELER

### Yüksek Frekans Direnç Kaynak Yönteminin Avantajları

- ★ Bu yöntemde 300-500 KHz'lik yüksek frekans bölgesinde çalışılır. Böylece alçak frekans direnç kaynağında görülen frekans atlaması bu yöntemde görülmez.
- ★ Çok yüksek kalitede kaynak dikişi sağlanır.
- ★ Kaynak zamanı çok kısadır.
- ★ Akımın kontrolü sayesinde çok hassas ve sabit kaynak akımı sağlanır.
- ★ Hassas parametre ayarı sayesinde yüksek kaynak kalitesi elde edilir.
- ★ Alüminyum ve titanyum gibi metaller ile yüksek mukavemetli ve sert çeliklerde yüksek kaynak kabiliyeti vardır.
- ★ Farklı ısı iletkenliğine sahip farklı tip metallerin birbiriyle kaynak edilebilme imkânı kolaylaşır.
- ★ Kaynak bölgesinin sınırlı olmasından dolayı ısıdan etkilenen bölge de sınırlı kalır.

### Yüksek Frekans Direnç Kaynak Yönteminin Dezavantajları

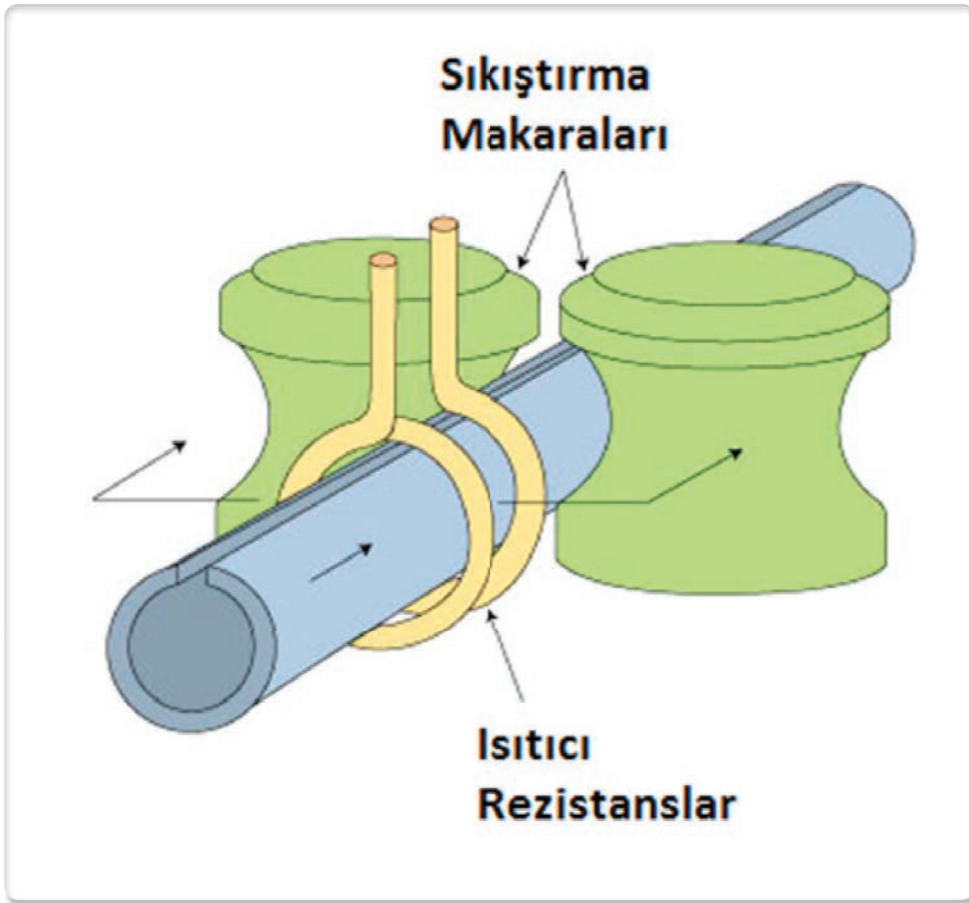
- ★ İmalat esnasında tahribatlı veya tahribatsız olarak üretilen borunun kalite kontrolden geçmesi zorunludur.
- ★ Yüksek frekans direnç kaynağının kurulum maliyeti yüksektir.
- ★ Bu kaynak yönteminde yüksek akımla çalışılır.

### Yüksek Frekans Direnç Kaynağı ile Boru İmalatı ve Boru Birleştirme

Bu yöntemde yüksek frekans akımı, borunun arasından geçtiği bir indüksiyon bobini tarafından kaynak üçgenine verilir. Frekansın artmasıyla nüfuziyetin derinliği düştüğünden bant kenarlarında çok düşük bir derinlikte ergime gerçekleşir. Kaynak sıcaklığında birleşen bant kenarları, kaynak merdaneleri arasından geçirilir. Ergiyen malzemenin hemen hemen tamamı, binme prosesinde boru iç ve dış çap doğrultusunda fışkırarak kaynak fitilini oluşturur. İç ve dış kazıma proseslerini sırasıyla kalibrasyon, boy kesme, doğrultma ve kalite kontrol işlemleri izler ve böylece boru imalatı tamamlanmış olur.



Şekil 3.2’de kaynak akımı, bir kutuptan akarak en yakın birleşme yerinde metal içine işlemekte ve kaynak dikişi oluşturup diğer kutba geçmektedir. Akımın geçişi ve kaynağın yapımı, Şekil 3.2’de belirgin bir biçimde görülmektedir. Akımın geçtiği yerde oluşan ani ve yüksek ısı ile parçalar birbirine bastırılırsa tam bir kaynak işlemesi sağlanır. Kaynatılacak iki metal, kontak teması olmaksızın tam olarak eriyik ortamına getirilir. Yüksek frekanslı akım akışı ile yeterli kaynak sıcaklığı oluşturarak eriyik ortamı hazırlar. Ergiyen kenarlar, basınçlı olarak birbirine yaklaştırılır ve kaynak işlemi tamamlanır. Bu kaynak türüyle bindirme ve alın birleştirme kaynakları yapılabilir.



Şekil 3.2: Yüksek frekans kaynağında kaynak dikişinin oluşması

Yüksek frekans direnç kaynak işlemi; birçok çelik türü, bakır ve alaşımları, alüminyum, nikel ve alaşımları ile titanyum ve zirkonyum elementlerinin kaynaklanmasında kullanılabilir. Bununla birlikte işlemin tipik uygulaması, çoğunlukla boru ve boru üretimidir. Kanal, I, T ve kutu bölümleri gibi yapısal bölümler de önemli oranda kaynak yapılabilir. Karbon çeliklerin ve diğer birçok alaşımın kaynaklanması, üzerlerinde su veya yağ akarken bile gerçekleştirilebilir.



### 3. ÖĞRENME BİRİMİ

Yüksek frekans direnç kaynağının yaygın olarak kullanıldığı alanlar şunlardır:

- Sürekli kaynak dikişi gerektiren boru ve profil imalatlarında
- Çeşitli ısı eşanjör profillerinin üretiminde
- Değişik profil şekilleri olan H, I ve T kesitli profillerin üretiminde
- Ticari olarak istenen ebatlarda olmayan sac levhaların birleştirilmesinde
- Düşük boylardaki sac şeritlerin alın altına bileştirilerek uzun sac şeritler elde edilmesinde

#### » Profillerin Yüksek Frekans Kaynak Tekniği ile Birleştirilmesi

Yüksek frekans kaynağı ile profillerin imalatında kaynak kalitesini etkileyen bazı faktörler vardır. İstenen niteliklerde birleştirme işleminin gerçekleştirilebilmesi için bu faktörlerin yerli yerinde ve uygun bir şekilde ayarlanması gerekir. Bu faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Malzemenin kalitesi, kimyasal ve mekanik özellikleri
- Sacın kesim kalitesi ve yüzey özellikleri
- Kalıpların yüzey ve ebat hassasiyeti
- İndüksiyon bobininin çapı, yeri, sargı sayısı ve ana malzeme arasındaki mesafe
- Kaynak akımı
- Kaynak hızı
- Jeneratörün, üretilecek boru çapına uygun frekans değerini karşılayabilmesi

#### » Profillerin Birleştirilmesinde Meydana Gelen Kaynak Hataları

Profillerin yüksek frekans kaynak tekniği ile birleştirilmesinde karşılaşılan bazı kaynak hataları şunlardır:

- Siyah benekler
- Beyaz benekler (ön ark)
- Yetersiz nüfuziyet
- Soğuk kaynak
- Açık renkli kaynak
- Gözenek oluşması
- Dikiş izlerinin oluşması

### 3.3. YÜKSEK FREKANS DİRENÇ KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

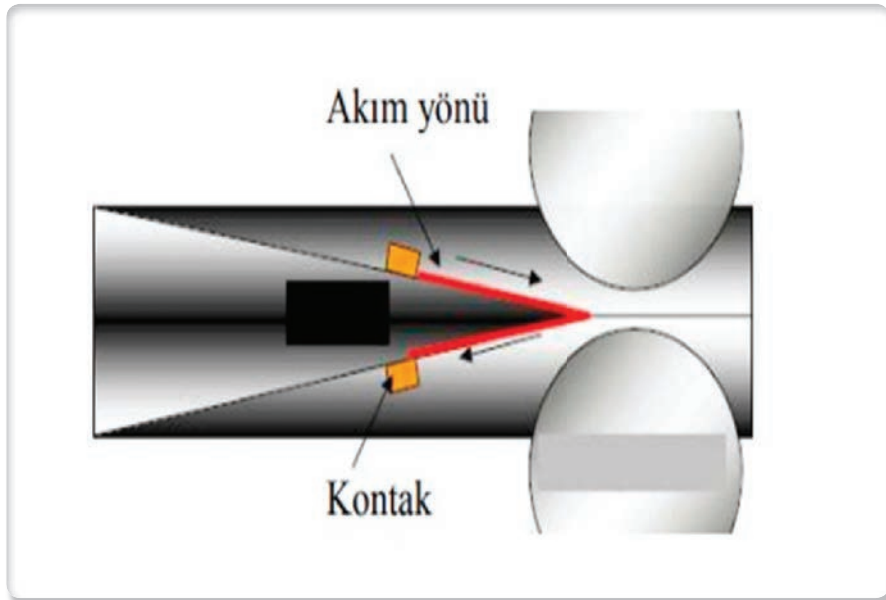
Yüksek frekans kaynağı; Lenz Kanunu ve joule (jul) etkisi prensibine dayalı, değişik özelliklerdeki malzemelerin birleştirilmesinde kullanılan bir birleştirme tekniğidir. Yüksek frekans kaynak tekniğinde kullanılan kaynak makineleri, 50-2.000 kW aralığında güce sahip makinelerdir. Bu makineler, düşük güç üniteleri için 800 KHz gibi yüksek ve en fazla 100-400 KHz frekans seviyesinde dikiş yapabilmektedir.



Sistem hem indüksiyon hem de kontak kaynak metodu için ayarlanabilmektedir. Kaynak işleminde, kaynak indüktörü tarafından oluşturulan akımın etkisinde kalan bölgede bir elektromanyetik alan meydana gelir. İndüksiyon bobini içerisinden geçirilen şekillendirilmiş sacın içine yerleştirilen ve indüksiyon alanına direnç gösteren empeder, direnç nedeniyle ısınır. Bu ısınma etkisine **joule etkisi** denir ve oluşturduğu ısı sacın kenar kısımlarında çeliği ergitir. Ergiyen sacın kenar bölgesine baskı makaraları (kaynak röleleri) yardımıyla bir baskı uygulanarak sacın birleşmesi sağlanır. Böylece kaynak işlemi tamamlanmış olur. Yüksek frekans kaynağında ısı ve basınç etkisiyle herhangi bir ilave tel veya elektrot kullanılmaksızın bant kenarlarının birleştirme işlemi gerçekleştirilir. Yüksek frekans ünitesi; genel olarak güç üretme ünitesi, vakum tüp osilatör ve katı hâl dönüştürücüler olmak üzere üç ana kısımdan oluşur. Uygulamaya göre istenilen frekans aralığı 100-400 KHz arasında değişebilir. Su soğutmalı bakır kondaktörler, yüksek frekanslı akımı kontaklara veya indüktör sargılarına taşımak için kullanılır. İndüksiyon bobinleri ise bir veya üç sarımlık su soğutmalı bakır kondaktörlerdir ve geometrik parçaların birleştirilmesinde kullanılan en ideal bobinlerdir. Bunlar, küçük çaplı boru ve profillerin imalatında tercih edilir. Elektrik kontakları, gücü doğrudan kaynak bölgesine ulaştırır.

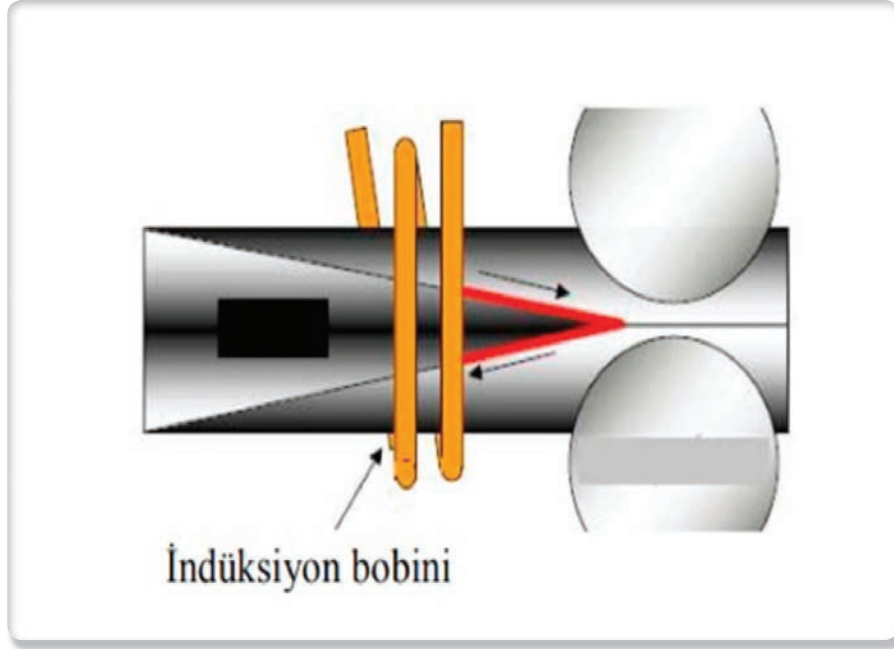
Yüksek frekans kaynak tekniğinde akımın iki farklı şekilde profile aktarılması nedeniyle kontaklı yüksek frekans kaynağı ve indüksiyon bobinli yüksek frekans kaynağı olmak üzere iki türlü uygulama tekniği kullanılır.

» **Kontaklı yüksek frekans kaynağı:** Genellikle bakırdan yapılan metal kontaklar, doğrudan boruya temas ederek yüksek frekanslı akımı verir ve profilin birleştirilmesi sağlanır. Şekil 3.3'te kontaklı yüksek frekans kaynak tekniğinde kontakların yerleştirme yerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.3: Kontaklı yüksek frekans kaynağı

» **İndüksiyon bobinli yüksek frekans kaynağı:** Bakırdan yapılmış dairesel bobin, bandın kenarlarına doğru akan akımı indükler ve bu akım kaynağın yapılmasını sağlar. Şekil 3.4'te indüksiyon bobinli yüksek frekans kaynak tekniğinde indüksiyon bobinlerinin yerleri gösterilmektedir.



Şekil 3.4: İndüksiyon bobinli yüksek frekans kaynağı

### SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **yüksek frekans direnç kaynağının endüstrideki yeri ve önemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **yüksek frekans direnç kaynağının üstünlükleri** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **yüksek frekans direnç kaynağının yapılış yöntemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A.** Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. (.....) Yüksek frekans direnç kaynağının kurulum maliyeti yüksektir.
2. (.....) Yüksek frekans direnç kaynağı, yüksek akım değerine ihtiyaç duyar.
3. (.....) Yüksek frekans direnç kaynağı ile en fazla 12 mm kalınlıktaki malzemeler kaynak yapılabilir.

**B.** Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

4. Yüksek frekans direnç kaynağı ..... kaynağının bir çeşididir.
5. Yüksek frekans direnç kaynağı daha çok ..... imalatında kullanılan bir kaynak yöntemidir.

**C.** Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

**6. Aşağıdakilerden hangisi yüksek frekans direnç kaynağının avantajlarından biri değildir?**

- A) Çok yüksek kalitede kaynak dikişi sağlanır.
- B) Kaynak zamanı çok kısadır.
- C) Yüksek kurulum maliyeti vardır.
- D) Hassas parametre ayarı sayesinde yüksek kaynak kalitesi elde edilir.
- E) Alüminyum ve titanyum gibi metallerde yüksek kaynak kabiliyeti vardır.

**7. Aşağıdakilerden hangisi yüksek frekans kaynağı ile yapılan profil kaynağında karşılaşılan sorunlardan biri değildir?**

- A) Yanaklarda nüfuziyet eksikliği
- B) Kaynağın orta kısmının nüfuz etmemesi
- C) Dikiş izlerinin oluşması
- D) Yüksek kaliteli kaynak elde edilmesi
- E) Gözenek oluşması

**8. Yüksek frekans direnç kaynağı ile ilgili aşağıda verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

- A) Çalışma prensibi Lenz Kanunu'na dayanır.
- B) Çalışma prensibi joule (jul) etkisine dayanır.
- C) 50-200 kW aralığında güce sahiptir.
- D) Sadece çeliklerin kaynak uygulamalarında kullanılır.
- E) Yüksek akımla çalışır.

**9. Aşağıdaki ürünlerden hangisi yüksek frekans direnç kaynak uygulaması ile üretilmektedir?**

- A) Boru
- B) Köşebent
- C) Lama
- D) Profil
- E) Sac

**10. Türkiye'deki her imalat atölyesinde yüksek frekans direnç kaynağının bulunmamasının temel nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Yüksek maliyetli olması
- B) Az üretilmesi
- C) Eski teknolojik ürün olması
- D) Kullanabilecek personel yetersizliği
- E) Sadece çelik malzemelerin kaynağında kullanılabilmesi

4.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# LAZER IŞIN KAYNAĞI



### KONULAR

- 4.1. LAZER IŞIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 4.2. LAZER IŞIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE LAZER KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI MALZEMELER
- 4.3. LAZER IŞIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Lazer ışın kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Lazer ışın kaynağının üstünlükleri ve lazer kaynak yöntemiyle kaynak yapılabilen malzemeleri açıklama
- ★ Lazer ışın kaynağının yapılış yöntemini açıklama

### ANAHTAR KELİMELER

Lazer  
Işın  
Radyasyon  
Barkod  
Isı girdisi

### HAZIRLIK SORULARI

1. Gündelik hayatta lazer ışını nerelerde gördünüz? Gördüklerinizi arkadaşlarınıza anlatınız.
2. Sizce radyasyon nedir ve nerelerde bulunur? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Lazer ışınları, 1970'li yılların başından itibaren barkod okuyucu olarak gündelik hayatta kullanılmaya başlanmıştır.

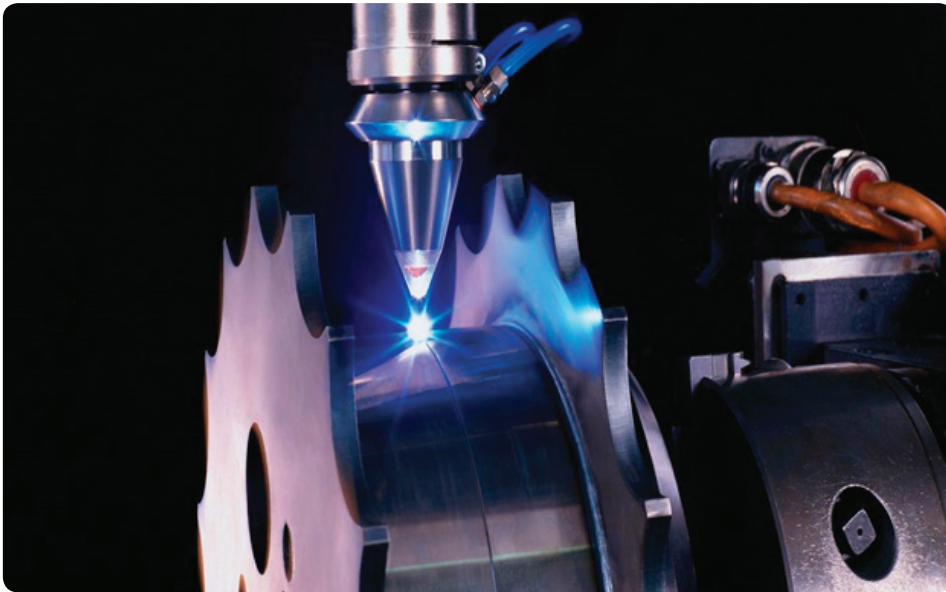
## 4. LAZER IŞIN KAYNAĞI

**Lazer**, İngilizcedeki Light Amplification by Stimulated Emission of Radition (Layt Emplifikeyşın bay Stimileydid İmişşın ov Reydieyşın) ifadesindeki kelimelerin baş harflerinin yan yana getirilmesiyle oluşturulmuş bir kelimedir. Türkçeye “ışınlandırmanın uyarılmış yayımı ile ışığın kuvvetlendirilmesi” olarak çevrilebilir. Günümüzde bilinen ve kullanılan kaynak yöntemleri, 19. yüzyılın sonlarına kadar kullanılmamışsa da, arkeolojik kazılarda elde edilen veriler eşliğinde Bronz Çağı'nda küçük dairesel altın kutuların basınç kullanılarak bir araya getirildiği bilinmektedir. Ark kaynağının geliştirilmesi ve direnç kaynağının yaygınlaşması, 19. yüzyılın ortalarında elektrik jeneratörünün icadından sonraya denk gelmektedir. Lazer kaynağı, aynı ya da birbirinden farklı olan, tek ya da birden fazla malzemedен oluşan parçaları birleştirme işlemi olarak günümüzde yaygın şekilde kullanılan bir teknolojidir. Lazer kaynağı; kontrol edilebilen sıcaklık, ayarlanabilen yüksek kaynak hızı, yüksek kaynak derinliği, dar kaynak genişliği, düşük ısı bozulma ile yüksek mukavemet özelliklerine sahip bağlantıların oluşmasını sağlayan yaygın birleştirme işlemlerindedir. Bu kaynak yöntemi, minimum ısı girişi ile maksimum verimde birleştirme sağlayan eşsiz bir yöntemdir. Geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen kaynaklı bağlantılarda yüksek ısı girdisi sebebiyle mekanik özelliklerin bozulması gibi ısının istenmeyen etkileri, lazer kaynak başlığı kullanılarak azaltılabilmektedir. Lazer kaynağı, farklı metallerin kaynağında diğer geleneksel yöntemlere göre oldukça avantajlı ve verimli bir yöntemdir. Görsel 4.1'de lazer kaynak makinesi görülmektedir.



Görsel 4.1: Lazer kaynak makinesi

Işın kaynağı olarak adlandırılan ve etkin lazer ortamında uyarı tekniği ile üretilen lazer ışını, ışın yönlendirici ve ışın şekillendirici sistemler aracılığıyla istenen güç yoğunluğu değerinde iki malzemeyi birleştirmektedir. Bu kaynak yönteminde malzeme etkileşim bölgesine yönlendirilen lazer ışını sayesinde kaynak işlemi yapılmaktadır. Lazer ışını, lazer kaynağında ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle elektron kaynağına benzeyen ama birçok yönüyle elektron kaynağına göre avantaj sağlayan lazer kaynağı, havacılık sektörü gibi yüksek hassasiyet ve mukavemet beklenen yüksek kaliteli kaynaklar için uygundur. Günümüzde otomobil, mikro elektronik ve tıbbi endüstri alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Lazer kaynağı; yüksek enerji yoğunluğu, yüksek kaynak hızı, yüksek hassasiyet, güvenilirlik, yüksek verimlilik ve üretkenliğin yanı sıra kısa çevrim süresiyle de diğer kaynak yöntemlerinden çok daha avantajlıdır. Ayrıca yüksek enerji yoğunluğu ve yüksek kaynak hızı nedeniyle daha iyi metalürjik ve mekanik özellikler elde edilebilmektedir. Tüm bunlar göz önüne alındığında lazer ışın kaynağı, 21. yüzyıl endüstrisinde önemli bir yere sahiptir (Görsel 4.2).



Görsel 4.2: Lazer kaynak uygulaması

## 4.1. LAZER IŞIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Kaynak ile malzeme birleştirme, metal kullanımının fazla olduğu sanayilerde çok yaygın kullanılan bir yöntemdir. Levha veya blok malzemelere lazer kaynağı işlemi uygulanması sonucunda daha karmaşık parçalar elde edilebilir. Lazer ışınının kolaylıkla parça üzerinde istenen noktaya odaklanabilmesi, birleştirilecek bölgeye istenen miktarda enerjinin tam olarak uygulanabilmesi, lazer ışını diğer enerji kaynaklarından ayıran en büyük özelliktir. Lazerler; yüksek miktardaki enerjiyi yol boyunca önemli kayıplar olmadan taşıyabilmesi, yoğunluğu, frekansının istenilen şekilde kontrolü ve ışın demeti şeklinde yayılması gibi özelliklerinden dolayı çok geniş alanlarda kullanılabilir. Lazer kaynağının kullanımı, otomotiv üretim süreci, savunma sanayisi

vb. alanlarda hızla yaygınlaşmaktadır.

Çok farklı alanlarda hızlı, kaliteli ve maliyet konusunda etkin bir sonuç vermesi nedeniyle lazer teknolojisi tercih edilmektedir. Lazer kaynağı, otomotiv sanayisinde ilk defa vites elemanlarının birleştirilme işleminde kullanılmıştır. Gelişen teknoloji ile günümüzde inşaat, otomotiv, makine, uzay gibi birçok üretim sürecinde etkin olarak kullanılmaktadır. Tüm bunların yanı sıra lazer kaynağının yaygın bir şekilde tercih edilmesinin önemli nedenleri arasında işlem uygulanan malzemenin temas edilmeden işlenebilmesi ve enerji tüketiminin düşük olması gibi hususlar yer almaktadır. Lazer kaynağı, otomotiv sektöründe yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Görsel 4.3). 21. yüzyılda lazer teknolojisinde güç parametresinin çok yüksek değerlere çıkabilmesi sayesinde lazer ile kaynak yapılabildiği gibi kesim ve pirinç lehimleme işlemleri de yapılabilmektedir. Bu şekilde birbirinden farklı sistemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmadan tek bir sistemle birçok işlem yapılabilmektedir. Tek bir sistemin kullanılması, cihazların maliyeti ve kapladıkları alanlar göz önüne alındığında lazer teknolojisinin otomotiv üreticileri tarafından çokça tercih edilmesinin nedenleri net bir biçimde anlaşılmaktadır.



**Görsel 4.3:** Otomotiv sektöründe lazer kaynak uygulaması

Askerî cihaz, makine ve silahların yapımında lazer üretim yöntemleri konvansiyonel üretim yöntemlerine göre daha çok tercih edilmekte ve günden güne yaygınlaşmaktadır. Bu sayede teknik ve ekonomik açıdan daha elverişli araç gereç tasarımlarının üretilmesi mümkün olmaktadır.

Bazı kaynak yöntemleriyle savunma sanayisi, havacılık, uzay gibi sektörlerde başlıca aşağıdaki sorunlar yaşanmaktadır:

- Karmaşık yapılı ve çok sayıda farklı elemanların yer alması
- Yüksek dayanımlı, alaşımli alüminyum hafif metallerin ve aynı zamanda kompozit malzemelerin kullanılması hâlinde karşılaşılan birleştirme ve bağlama sorunları
- Ergonomik bir üretimi amaçlayarak enerji tasarruflu, ağırlığı az, düşük maliyetli üretim, bakım ve onarım talebi
- Yüksek emniyet ve güvenilirlik ihtiyacı

Lazer kaynak yöntemiyle bu sorunların üstesinden gelinmiştir. Savunma sanayisi ile uçak ve havacılık sektöründe karşılaşılan bu gibi birçok teknik ve ekonomik sorunun üstesinden gelmek amacıyla günümüzün lazer teknolojisi kullanılmakta ve günden güne geliştirilmektedir. Bu nedenle savunma sanayisinde kullanılan lazerler ve lazer üretim yöntemleri hakkında çok sayıda araştırma ve bilimsel yayın bulunmaktadır. Lazer teknolojisi; kalite ve yüksek işlem hızları gibi çok sayıdaki olumlu özelliği sayesinde savunma sanayisi, lazer takviyeli kimyasal patlayıcı ateşli silahların geliştirilmesi ve üretimi, dolaylı olarak askerî silah ve araç gerecin üretim süreçleri ile imha edici lazer silahlarının yapım süreçlerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir.

## 4.2. LAZER IŞIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE LAZER KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANILDIĞI MALZEMELER

Lazer kaynak yöntemi, kaynak işlemlerindeki bütün sorunları çözen bir yöntem değildir fakat diğer kaynak yöntemleri ile kıyaslandığında lazer kaynağının bazı avantajlara sahip olduğu da bir gerçektir. Bu avantajlar arasında en önemlisi, çok yüksek güç yoğunluğuna ulaşılması ve bu gücü odaklama yardımıyla çok dar bir alanda kullanan bir yöntem olmasıdır. Yüksek enerji yoğunluğu ve odaklanması, derin nüfuziyet kaynaklarını ve derinlik/genişlik oranının büyük olmasını sağlamaktadır. Düşük ısı girişi ise ısının tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) genişliğinin küçük kalmasını sağlamakta ve parçanın çarpılmasını azaltmaktadır (Görsel 4.4).

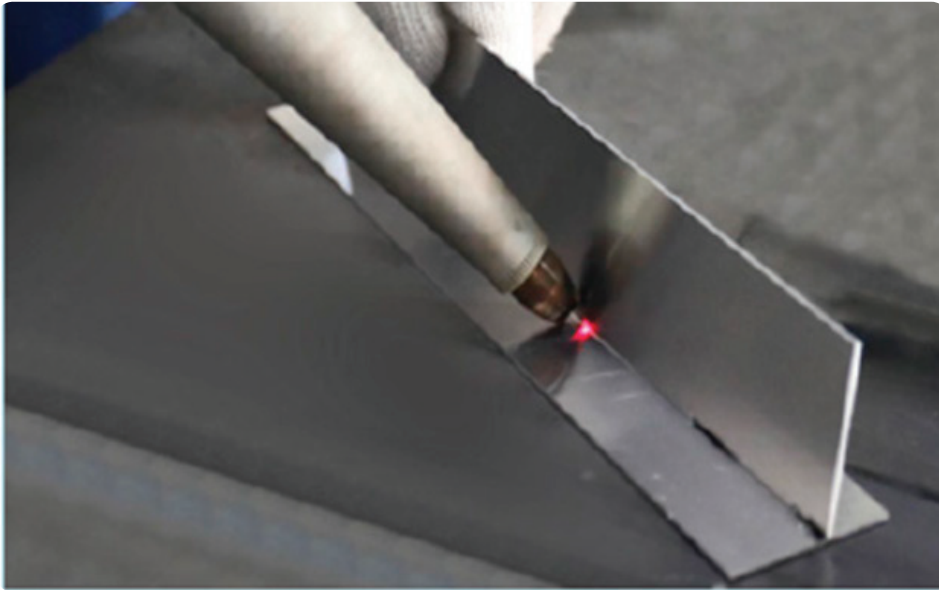


Görsel 4.4: Lazer ışın kaynağı dikişi ve ITAB

#### 4. ÖĞRENME BİRİMİ

Bu özellikleriyle lazer kaynağı, elektron ışın kaynağının avantajlarına sahiptir. Buna ek olarak elektron ışın kaynağına göre en büyük avantajlarından biri de işlemlerin elektron kaynağında vakumda yapılması mecburiyetine karşılık lazer kaynağında açık atmosferde yapılabilir olmasıdır. Lazer ışınının özelliklerinden dolayı iş parçasına temas gerekmeden sadece ışınla odaklanarak ulaşılması mümkün olmayan hatta görülmesi çok zor olan yerlerde bile kaynak yapılabilir. Geleneksel kaynak yöntemlerine kıyasla lazer kaynak kurulum maliyetleri yüksek olmasına rağmen ulaşılan yüksek üretim hızı ve kaynak kalitesi nedeniyle tercih edilen, ekonomik olarak da diğer yöntemlerle yarışabilecek bir yöntemdir. Isının etkisi altında kalan bölgenin sınırlı olmasından dolayı ark kaynağı ile kıyaslanırsa lazer kaynağında ısıl çarpılmalar belli limitlerde kalır ve yorulma, şekil verilebilirlik gibi bazı metalürjik özellikler daha az değişir.

Alüminyum ve magnezyum alaşımları gibi kaynağı güç olan malzemeler de lazer kaynağı ile birleştirilebilir. Genellikle dolgu metaline gerek duyulmaz. Alüminyum gibi geleneksel yöntemlerle kaynağı mümkün olmayan alaşımlar lazer ile kaynaklanabilir ve yüksek mukavemet, şekil alabilirlik özellikleri gösteren kaynaklar elde edilebilir (Görsel 4.5).



**Görsel 4.5:** Alüminyum malzemenin lazer ışın kaynağı

Bu yöntemin dezavantajları arasında lazer üreten cihazın ve ışın iletimini sağlayan sistemin kurulum maliyetinin yüksek olması sayılabilir. Ayrıca sistemin çalışması için çok miktarda kullanılan ve pahalı bir gaz olan helyumun maliyete olumsuz etkisi de unutulmamalıdır. İş parçalarının sabitlenmesi, ışının kaynak yapılacak yere yönlendirilmesi, odaklanması, işlem sırasındaki izlediği yol gibi ayarların dikkatli yapılması gerekir. Lazer ışın çapının küçük, etkilediği yerin dar olması sebebiyle en küçük ayarsızlık dahi büyük kaynak hatalarına neden olabilir.

Alüminyum ve bakır gibi lazer ışını yansıtma derecesi yüksek olan malzemeler kaynaklanırken geri yansıyan ışınlar hem sistem parçalarına hem de kaynak operatörlerine zarar verebilir. Bununla ilgili emniyet tedbirlerinin alınması gerekir. Düşük ısı girdisi, katılma esnasında yüksek soğuma hızlarına ulaşılmasını sağlar. Özellikle yüksek sertleşebilirlik özelliğine sahip malzemelerde bu yüksek soğuma hızları, sert ve kırılabilir fazların oluşumuna yol açabilir. Bu durumda ek maliyet getirecek olan kaynak sonrası ısıl işlemler de kaçınılmaz olur. Lazer ışın kaynağının temel üstünlüğü, ışın odaklaması sayesinde ısı yoğunluğunun diğer yöntemlerden oldukça yüksek olmasıdır. Bu özellik sayesinde derin nüfuziyet veya **anahtar deliği yöntemi** ismi verilen kaynağın gerçekleştirilmesi, yüksek derinlik/genişlik oranı, ısının tesiri altında kalan bölgenin küçük olması ve yüksek üretim hızlarına çıkabilme mümkün olmaktadır.

Malzemelerin işiğe karşı davranışları sahip oldukları bağ tiplerine bağlı olduğu için kaynak özellikleri doğrudan malzeme türü ile ilişkilidir. Farklı malzemelerin soğurma dereceleri de birbirinden farklıdır. Örneğin karbondioksit lazeri, iletkenliği olmayan seramik malzemeler tarafından iyi absorbe edilirken, iletkenliği olan metaller tarafından yüksek derecelere kadar yansıtılmaktadır. Malzeme işlemede kullanılan lazer ışını aynı zamanda ısı kaynağıdır. Lazer, bir ışık kaynağı olarak düşünülmesine rağmen aynı zamanda enerji içeren bir şekle sahiptir. Enerji, uygun şekilde odaklanarak konsantre hâle getirildiğinde malzeme işlemesi mümkün olur. Lazer kaynağında lazer ışını, malzeme etkileşimi, temel olarak enerji yutulmasını ve malzemenin ergimesini içeren fiziksel olaylar bütünüdür. Lazer ışını odaklanmış bir şekilde metal yüzeyine gönderildiğinde birçok faktör devreye girer. İyi bir şekilde odaklanmış lazer, metal yüzeyi üzerinde bir ısı noktası olarak düşünülürse sıcaklık burada dengededir çünkü malzemenin yutabileceği kadar ısı girişi olur, bir taraftan da malzemenin ısıyı iletmesiyle yüzeyde ısı kaybı meydana gelir. Kaynak işleminin karakteristik sıcaklıklarında ışın yoluyla ısı kaybının ihmal edilebileceği, ortamdaki gazlar tarafından taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kaybının ise ikincil bir etkisinin olduğu bildirilmiştir. Metalik malzemenin kaynağında birincil anlamda ısı kaybı iletim şeklinde olmaktadır. Metal yüzeyindeki sıcaklık metali sıvılaştıracak bir noktaya erişebilir. Bu durumda ısı kaynağı olan lazer ışını uzaklaştırılırsa sıvı metal havuzunu çevreleyen katı hâldeki malzeme tarafından iletim yoluyla ısı uzaklaştırılır ve metal yeniden katılaşır. İki farklı malzeme parçası arasındaki birleşme yerine lazer ışını gönderilirse bu malzemeler gelen enerji sebebiyle ergir ve ergiyen malzeme katılaştığında iki parça arasında kaynak sağlanmış olur. Sıcaklığın düşük olduğu katı-sıvı ara yüzeyinin yakınında yüzey gerilimi en yüksek seviyededir. Saf olmayan metallerde akış ters yönde gerçekleşebilir. Isı girişi artarken malzemenin buharlaşma sıcaklığına kadar sıcaklık artışı olur. Bu noktada lazer ışını, sıvı metal boyunca metal buharı dolu olan bir delik açar. Lazer ışını, bu metal buharını geçerek deliğin altındaki sıvıya ulaşır ve delme işlemine devam eder. Lazer ışını veya malzeme hareket ettirilirse malzemedeki deliğin önünde devamlı bir şekilde ergime gerçekleşir. Sıvı hâldeki bu malzeme, lazer ışınının yanlarından hareket ederek geçer, deliğin arkasında yeniden katılaşır ve kaynak elde edilmiş olur. Lazer kaynak işleminin verimi, iş parçasının lazer ışını yutma özelliği ile ilişkilidir. Malzeme tarafından soğurulan la-

zer enerjisinin sadece bir kısmı kaynak işleminde kullanılabileceğinden soğurma veya yutma çok önemli bir parametre hâline gelmektedir. Ancak yüksek soğurma özelliği derin nüfuziyet kaynağında anahtar deliği içinde çoklu yansımalara izin vereceğinden istenen bir özellik iken özellikle ince levhaların iletim kaynağında (Görsel 4.6) istenmeyen bir özelliktir.



Görsel 4.6: Paslanmaz çeliğin lazer ışın kaynağı

### 4.3. LAZER IŞIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

Gelişen teknoloji ile lazerler; haberleşme, lazer silahları ve lazerle bilgi işleme teknolojilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Lazer cihazlarının temel prensipleri, bir ışık kaynağından çıkan foton enerjisini belirli bir ortamdan geçirerek bu ortamın atomlarındaki elektronların dönüş hızının artırılması ve bunun sonucunda gelen ışınlardan çok farklı dalga boyunda ve tek bir doğrultuda ışın demeti şeklinde hareket eden yeni bir ışın elde edilmesidir. Lazer ışınlarını elde etmek için öncelikli olarak gereken radyoaktif bir ortamdır. Bu aktif ortam radyasyon emisyonu sağlamaktadır. Bu ortam katı, sıvı veya gaz bir ortam olabilmektedir.

Bazı lazer cihazlarının ışınlarının iletilmesi için fiber-optik bir iletken kablo gerekmektedir. Uyarılmış hâlde bulunan atomların bazıları, çok kısa bir zaman aralığında sabit duruma geçer ve bu geçiş esnasında bir foton enerjisi ortaya çıkar. Açığa çıkacak bu foton enerjisi, lazer sisteminin iki ucuna konulan rezonatör aynalar arasında gidip gelecektir. Rezonatör adı verilen bu aynalardan birisi tek taraflı aynadır. Aktif lazer aracının radyasyonu rezonatörde yükseltilir. Bir yandan da tek taraflı ayna ile yalnızca belirli bir miktarda radyasyon rezonatörden çıkabilir. Bunun anlamı meydana gelen enerjinin yarı geçirgen olan aynadan çıkarak, yeni bir ışık gibi boşlukta yayılarak ilerlemesidir. Boşlukta yayılacak olan bu ışık fiziksel özellikleri farklı olan lazer ışınıdır.

Moleküllerinin tahrik edilmesi için lazer aktif madde atomları, alt enerji seviyelerinden üst enerji seviyelerine ulaşmaları için gerekli enerjiyi sağlamaktadır. Tüm lazer tiplerinde atomları uyarılma enerji düzeyinin üzerine ulaştırabilmek için ortama enerji verilir. Üst enerji seviyelerine ulaşan atom ve moleküller kendiliğinden alt enerji seviyelerine düşer ve bu esnada da ışık saçar. Daha düşük enerji yörüngelerine düşen atomlar bu düşüş sırasında enerji açığa çıkarır. Bu enerji, salınan fotonun enerjisine eşittir ve fotonun dalga boyunu belirler. Bu da açığa çıkacak olan ışığın rengini belirlemektedir. Elektrik, ısı, atom, kimyasal reaksiyon, direkt güneş ve diyot lazer enerjisi gibi enerjiler, lazer üretiminde pompalama enerjisi olarak kullanılmaktadır.

Katı, sıvı, gaz ve yarı iletkenler lazer aktif madde çeşitleridir ve bu madde çeşitlerinden lazer ışığı elde edilebilmektedir.

**Katı lazerleri:** Katı cisim lazerlerinde maddenin, diğer bir deyişle aktif ortamın uyarılmasını sağlamak amacıyla maddenin çevresine sarılmış ya da paralel olacak şekilde konumlandırılmış flaş tüpü tercih edilmektedir. Birim hacimde daha çok atom bulunduran katı cisimlerin atomları, bir gaza kıyasla çok daha yoğun şekilde dizilir. Bu nedenle katı cisim lazerinin çıkış yoğunluğu diğer lazerlere oranla daha yüksektir. Katı hâl lazeri, yüksek titreşim kapasitesi ve kısa dalga boyu gibi özelliklere sahiptir.

**Sıvı lazerleri:** Katı lazerlerinde aktif maddenin kırılması veya hasara uğraması gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bunun nedeni, yüksek güçte çalışırken malzeme içinde oluşan ya da pompalama lambasından kaynaklanan çok yüksek ısının etkisidir. Sıvı lazerlerde kristal ya da camı çubuk tercih edilmez, onun yerine saydam bir bölme içinde yer alan neodim oksit eriyiği gibi sıvılar tercih edilir. Ayrıca sıvının içine konduğu bölme istenen genişlikte ayarlanabilir, bu sayede yüksek güçlerin elde edilmesi kolaylaşır. Foton üretimine başlamak için sıvı lazerlerde sıvı aktif maddeye optik pompalama yoluyla sıvı moleküller harekete geçirilir, ardından enerjiyi temin eden sıvı molekülleri foton üretimine başlar, bu foton üretimi aynalar tarafından gerekli seviyeye ulaştığında geri besleme tamamlanır ve son olarak kısmi yansıtıcı aynaya dik gelen ışın demetinin kısmi aynadan geçmesiyle lazer ışığı üretilir. Sıvı lazerleri, ayarlanabilen prizması sayesinde özellikle kimyasal analiz işlemleri için uygundur. Değişik renk ve dalga boyları elde edebilmek için prizma açısı ayarlanabilmektedir.

**Yarı iletken lazerler:** Lazer etkisi elde etmek için galyum arsenürlü lazer diyotları kullanılır ve bu lazer türlerine de **yarı iletken lazerler** denir. Yarı iletken lazerlerin oluşum prensibi, diyot

gibi davranan yarı iletken lazerlerin pozitif (p) ve negatif (n) kısımlardan meydana gelmesidir. Yüzeyde pozitif voltaj “p” tarafına ve negatif voltaj “n” tarafına uygulandığında elektronlar, “n” malzemesinden “p” malzemesine geçişi sırasında enerjilerini kaybederek foton yaymaya başlar. Bu fotonlar ise tekrar elektronlara çarparak bu elektronların daha fazla foton üretmesini sağlar. Bunun sonucunda yeterli seviyeye ulaşmış olan foton yayılımı, lazer ışını üretmiş olur. Genellikle boyları bir milimetreden büyük olmayan bu tür lazerler verimli ışık kaynaklarıdır.

**Gaz lazerleri:** Gaz hâlinde bulunan birçok elementten ve moleküler gazdan lazer ışığı elde edilebilir. Gaz lazerlerinde aktif olarak kullanılan madde, tüpün içerisinde düşük basınçlı olarak bulunur. Geleneksel ışık kaynaklarıyla katı cisim lazerlerinin pompalanma etkinliği gaz lazerlerinden daha yüksektir. Gaz lazerlerinde gaz veya gaz karışımını uyararak için iki yöntem mevcuttur ve bunlar lazer aktif madde olarak da kullanılır. Adı geçen yöntemler şunlardır:

- Elektrik boşalması ile gaz atomlarının ya da moleküllerinin uyarılması
- Optik uyarma yöntemi ile gaz atomlarının ya da moleküllerinin uyarılması

Gaz lazerlerinde aktif madde olarak helyum-neon karışımı kullanılmakta ve neon, yayılım çizgilerini veren gaz olarak bilinmektedir. Akım verilen güç kaynağı, tüp içinde elektron akımını deşarj ederek helyum atomlarını harekete geçirir. Helyum atomları da neon atomlarına çarparak neon atomlarının enerji düzeylerini yükseltir. Neon atomları, tekrar düşük enerji düzeyine geçerken aldıkları bu enerjiyi ısı ve kırmızı lazer fotonları olarak etrafa yayar.

#### SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **lazer ışın kaynağının endüstrideki yeri ve önemi** ile ilgili sınıf panosu hazırlayınız. Hazırladığınız panodaki bilgileri, arkadaşlarınızla sözlü olarak paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **lazer ışın kaynağının kullanıldığı malzemeler** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **lazer ışın kaynağının yapılış yöntemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A.** Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. (.....) Lazer teknolojisi 18. yüzyılda kullanılmaya başlanmıştır.
2. (.....) Lazer ışını rezonatörde üretilir.
3. (.....) Lazer ışın kaynağı uygulaması, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır.

**B.** Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

4. Işınlandırmanın uyarılmış yayımı ile ışığın kuvvetlendirilmesine ..... denir.
5. Lazer ışın kaynağının en büyük avantajlarından biri de kaynak esnasında malzemeye ..... ısı girdisidir.

**C.** Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

**6. Aşağıdakilerden hangisi lazer ışın kaynağının avantajlarından biri değildir?**

- A) Sınırlı ITAB bölgesi
- B) Malzemeye düşük ısı girdisi
- C) Farklı türdeki malzemelerde kullanılması
- D) Dar alanda başarılı kaynak uygulaması
- E) Maliyetinin yüksek olması

**7. Aşağıdakilerden hangisi lazer aktif madde çeşitlerinden biri değildir?**

- A) Katı
- B) Sıvı
- C) Plazma
- D) Yarı iletken
- E) Gaz

**8. Aşağıdaki cümlelerde lazer kaynak yöntemiyle ilgili verilen bilgilerden hangisi yanlıştır?**

- A) Gaz lazerlerinde aktif madde olarak helyum ve neon gaz karışımı kullanılır.
- B) Lazer ışın kaynak yöntemiyle alüminyum ve magnezyum alaşımları kaynak yapılabilir.
- C) Lazer ışın kaynak yöntemiyle paslanmaz çelikler kaynak yapılabilir.
- D) Lazer ışın kaynağı eski kaynak yöntemlerindedir.
- E) Lazer ışın kaynağı savunma, uzay ve otomotiv sektörlerinde yaygın olarak kullanılır.

**9. Lazer ışın kaynak uygulaması aşağıdaki sektörlerden hangisinde kullanılmaz?**

- A) Savunma sanayisi
- B) Kompozit yat-tekne imalatı
- C) Otomotiv sektörü
- D) Uzay sektörü
- E) Uçak sanayisi

**10. Lazer ışın kaynağının ülkemizdeki her imalat atölyesinde bulunmamasının temel nedeni aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Yüksek maliyetli olması
- B) Az üretilmesi
- C) Eski teknolojik ürün olması
- D) Kullanabilecek personel yetersizliği
- E) Sadece çelik malzemelerin kaynağında kullanılabilmesi

5.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# PLAZMA ARK KAYNAĞI



### KONULAR

- 5.1. PLAZMA ARK KAYNAK YÖNTEMİ
- 5.2. PLAZMA ARK KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 5.3. PLAZMA ARK KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ
- 5.4. PLAZMA ARK KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Plazma ark kaynağının yapılış yöntemini açıklama
- ★ Plazma ark kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Plazma ark kaynağının üstünlüklerini sıralama
- ★ Plazma ark kaynağının kullanıldığı malzemeleri sıralama

### ANAHTAR KELİMELELER

Plazma  
İyon  
Anahtar deliği  
Nozul  
Koruyucu gaz

### HAZIRLIK SORULARI

1. “Maddenin dördüncü hâli” terimi size ne ifade ediyor? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Plazma kelimesini gündelik hayatta nerelerde kullanırsınız? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Maddenin 4. hâli olarak kabul edilen plazma, yıldırım ve kutup ışıkları gibi doğa olaylarında görülmektedir.

## 5. PLAZMA ARK KAYNAĞI

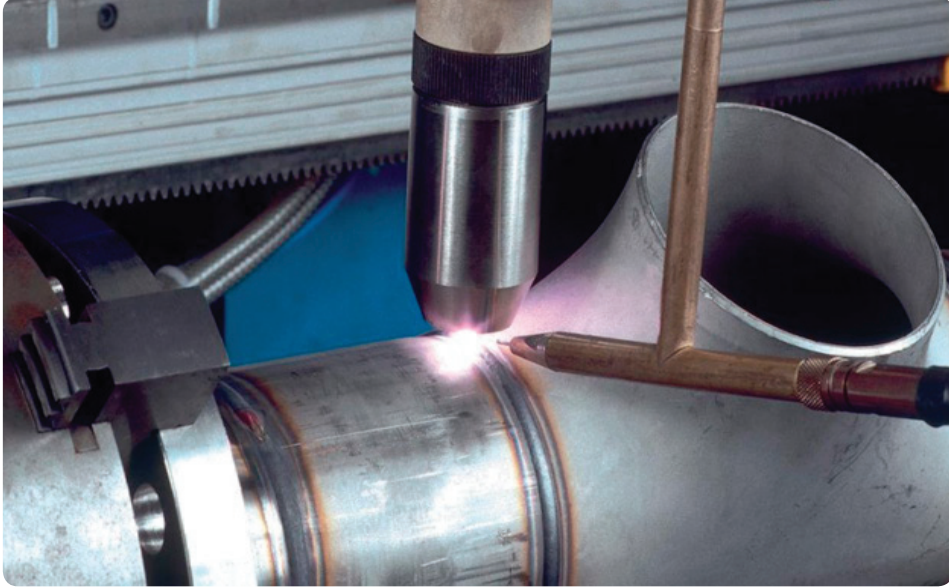
**Plazma**, iyonlaşmış bir gaz kütlesi anlamına gelir. Plazma, gazların pozitif iyonlarıyla negatif yüklü elektronlarına ayrışmaya yetecek bir sıcaklığa kadar ısıtılmasıyla oluşur. Bu ayrışmayı oluşturmak için bir enerjiye ihtiyaç vardır ve bu enerji, kaynak işleminde arkıtan sağlanır. Ark sütununun merkezindeki gaz, oluşan sıcaklıklarda ayrışır ve plazmayı meydana getirir. Özellikle paslanmaz çeliklerin kesilmesinde yaygın biçimde kullanılan plazma arkı, temel olarak TIG kaynak yönteminin bir uzantısıdır. Bu yöntemde TIG kaynağının konik şeklindeki arkı, çeşitli düzenlemelerle büzülerek ince silindirik hâle getirilir. Bir plazma ark üflecisi, ucunda küçük bir deliği bulunan meme ile bu memenin merkezindeki tungsten bir elektrottan oluşur. Bu gazın debisi genelde 0,25-5 l/dk. arasında değişir. Bu gaz, kaynak bölgesini atmosferden korumak için yeterli değildir. Bunun için dış nozulden 10-30 l/dk. arasında debi ile koruma gazı gönderilir. Ark sütunu çan şeklindedir ve gaz koruması altında serbestçe hareket edebilir. Ark, su soğutmalı bakır bir meme tarafından sarılı olduğu için daralır ve TIG kaynağında kullanılan tungsten arkından elde edilen sıcaklıklar 11.000 °C iken, buradaki sıcaklık 20.000 °C civarına yükselir. Plazma kaynağında genellikle redresör tipi kaynak makineleri tercih edilir (Görsel 5.1). Transformör tipi makinelerin kullanılması pek mümkün değildir. Bazı plazma ark uygulamalarında darbeli akıma gerek duyulabileceğinden bu amaçla inverter tip makineler de kullanılabilir.



Görsel 5.1: Redresör tipi plazma kaynak makinesi



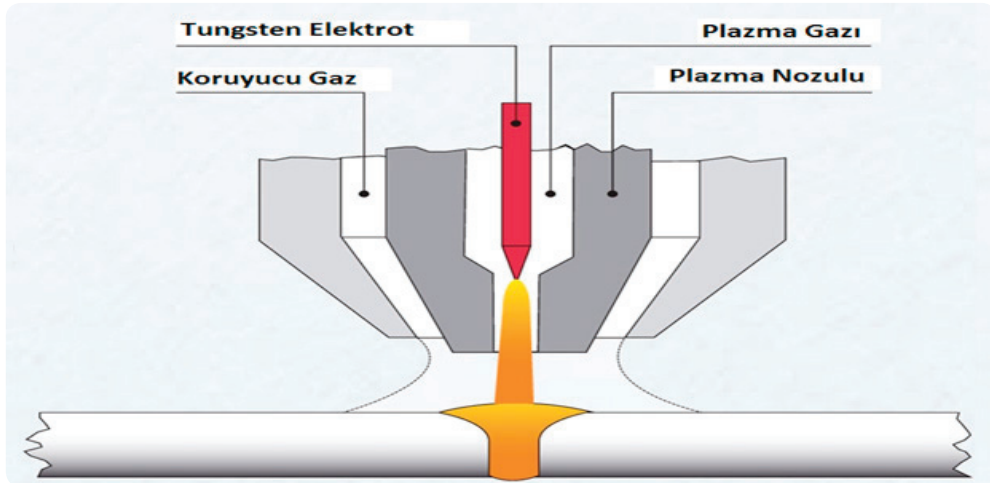
Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında kare akımlı değişen kutuplamalı kaynak makineleri kullanılır. Mekanize kaynak uygulamaları için geliştirilen plazma ark kaynak torçları, 50-500 amper akım şiddetinde kullanılacak şekilde, hem doğru akım ters kutuplama hem de doğru akım doğru kutuplama veya kare dalgalı değişen kutuplamalı alternatif akımda kullanıma uygun olarak üretilir (Görsel 5.2).



Görsel 5.2: Plazma ark torcu

## 5.1. PLAZMA ARK KAYNAK YÖNTEMİ

Plazma ark kaynağı, metallerin bir tungsten elektrot ile iş parçası arasında oluşturulan ark ısıyla birleştirildiği gaz korumalı bir ark kaynağı yöntemidir. Oluşturulan ark, bakır alaşımından bir nozul ile oldukça yoğunlaştırılarak bir sütun hâline getirilmektedir. Plazma arkı (Şekil 5.1), metallerin, metal olmayan malzemelerin ve türevlerinin birleştirme ve doldurma kaynağında kullanılmaktadır.



Şekil 5.1: Plazma arkının şematik gösterimi

Plazmanın elde edilmesi için ark düzenlemesinden iki şekilde yararlanılmaktadır.

### 1. Direkt plazma tekniği

Bu yöntemde ark, ergimeyen tungsten elektrot ile iş parçası arasında meydana gelmektedir. Elektrot negatif kutupta, iş parçası da pozitif kutuptadır ve bakır meme ise su ile soğutulmaktadır.

### 2. Endirekt plazma tekniği

Bu yöntemde ise ark, tungsten elektrot ile suyla soğutulan bir bakır meme arasında oluşmaktadır. Bu teknikte de genellikle elektrot negatif kutup, bakır meme ise pozitif kutuptur.

Arkın (Görsel 5.3) başlatılması bir pilot ark yardımıyla gerçekleştirilir, bu ise ünite içerisine yerleştirilen yardımcı bir küçük akım üretici ile sağlanır. Pilot arkı başlatmak için yardımcı üreteç 5 ampere ayarlanır. Pilot ark, düşük akımlı plazma ark kaynaklarında oluşturulan kaynak arkıyla desteklenir ve 10 amperin üzerindeki bir değere çıktığında pilot ark söner.



Görsel 5.3: Plazma ark

### » Elektrot

Plazma arkı ile kaynak yönteminde, TIG kaynak yönteminde olduğu gibi ergime sıcaklığı 3370 °C olan saf tungsten elektrotlar kullanılabildiği gibi toryum veya zirkonyum ile alaşımlanmış ergimeyen elektrotlar da kullanılabilir.

Elektrot çapı, kullanılacak akımın seviyesine göre seçilir. Elektrodun uç açısı, seçilen akıma bağlı olarak taşlanır ve sivriltilir (Görsel 5.4).



**Görsel 5.4:** Sivriltilmiş elektrot ucu

#### » Gazlar

Plazma ark kaynağında kullanılacak gazın seçimi kaynak edilecek malzemeye bağlıdır. Özellikle plazma gazının asal (soy) karakterde olması gerekir, aksi takdirde tungsten elektrodun hızlı tükenmesi sorunuyla karşılaşılabilir. Aktif koruyucu gazlar, kaynak metali özelliklerine ters etkiye bulduklarından kullanılamaz. Birçok uygulamada plazma gazı ile koruyucu gaz aynı seçilir. Farklı gaz kullanıldığında ark kararlılığını sağlamak zordur. Plazma ark kaynağında plazma gazı olarak genelde argon kullanılır. Helyumun kullanıldığı uygulamalarda arkta daha yüksek sıcaklıklar elde edilmesine karşın torç elemanlarının aşınması (tükenmesi) daha fazladır. Koruyucu gaz kullanımı durumunda, düşük akım şiddetli plazma ark kaynak uygulamalarında 10-15 l/dk.; yüksek akım şiddetli uygulamalarda 15-30 l/dk. ve biraz daha yüksek debiler önerilir. Plazma ark kaynağı uygulamalarında kaynak bağlantısının kök kısmını da korumak gerektiği durumlarda kök gazı kullanılabilir, kök gazı olarak kaynak edilecek malzemenin türüne göre argon, helyum ya da azot kullanılabilir (Tablo 5.1).

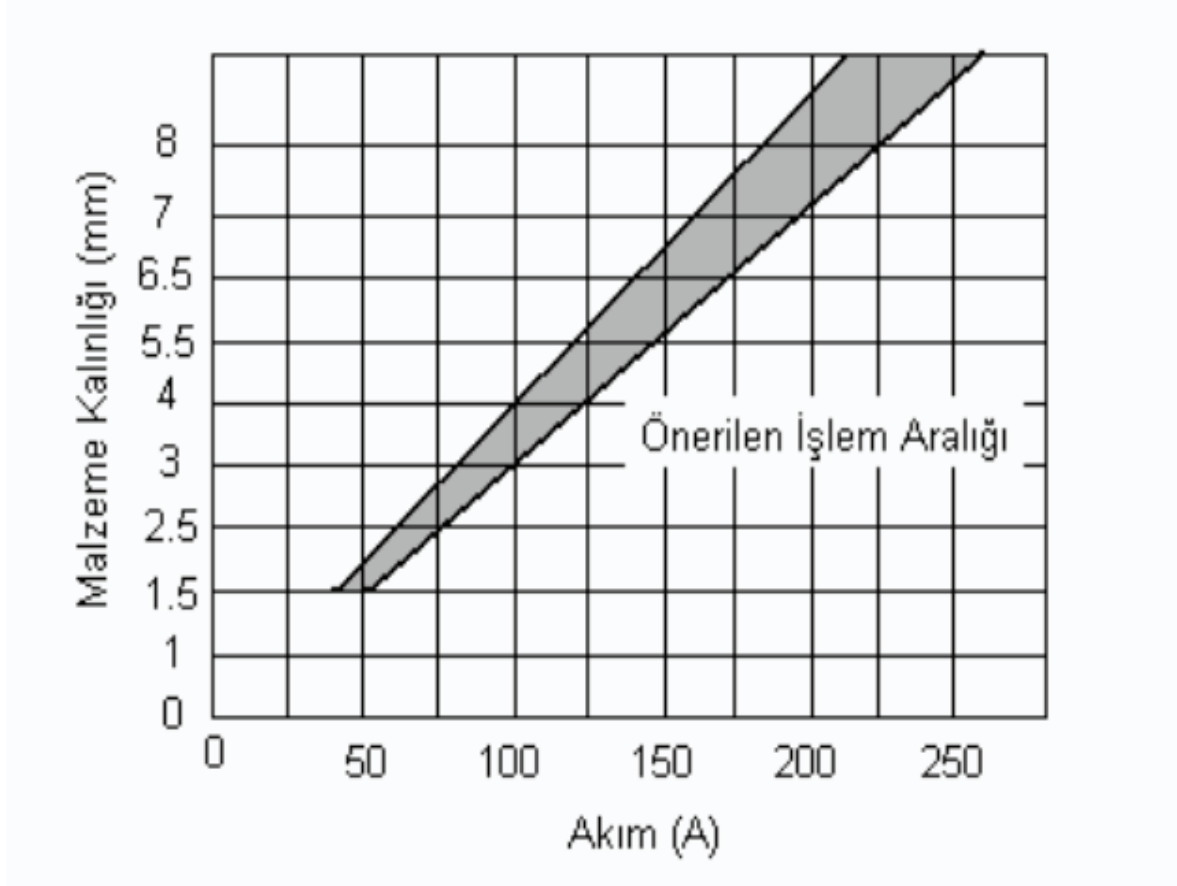
**Tablo 5.1:** Plazma Ark Kaynağında Malzeme Türüne Göre Gazlar

MALZEME	PLAZMA GAZI	KORUYUCU GAZ
Yumuşak Çelik	Argon	Argon Argon-(%2-5) H <sub>2</sub>
Düşük Alaşımlı Çelik	Argon	Argon

**Tablo 5.1 (Devamı):** Plazma Ark Kaynağında Malzeme Türüne Göre Gazlar

MALZEME	PLAZMA GAZI	KORUYUCU GAZ
Östenitik (Austenitik) Paslanmaz Çelik	Argon	Argon-(%2-5) H2
Nikel ve Nikel Alaşımları	Argon	Argon-(%2-5) H2
Titanyum	Argon	Argon 75 He-25 Ar
Alüminyum ve Alüminyum Alaşımları	Argon	Argon Helyum
Bakır ve Bakır Alaşımları	Argon	Argon 75 He-25 Ar

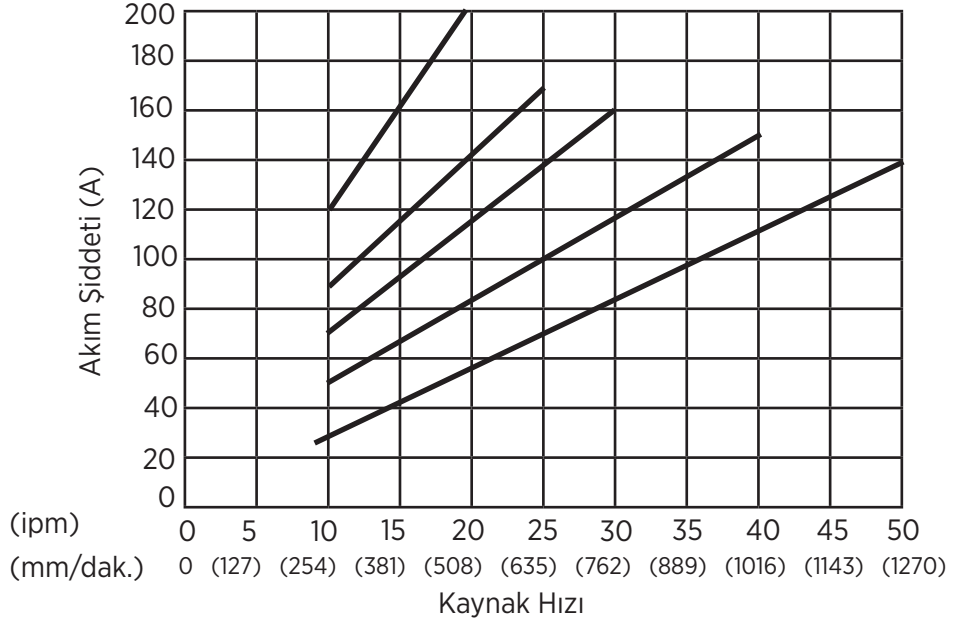
Malzeme kalınlığına bağlı olarak akım şiddeti (Şekil 5.2) seçilmelidir.



**Şekil 5.2:** Malzeme kalınlığına göre akım şiddeti

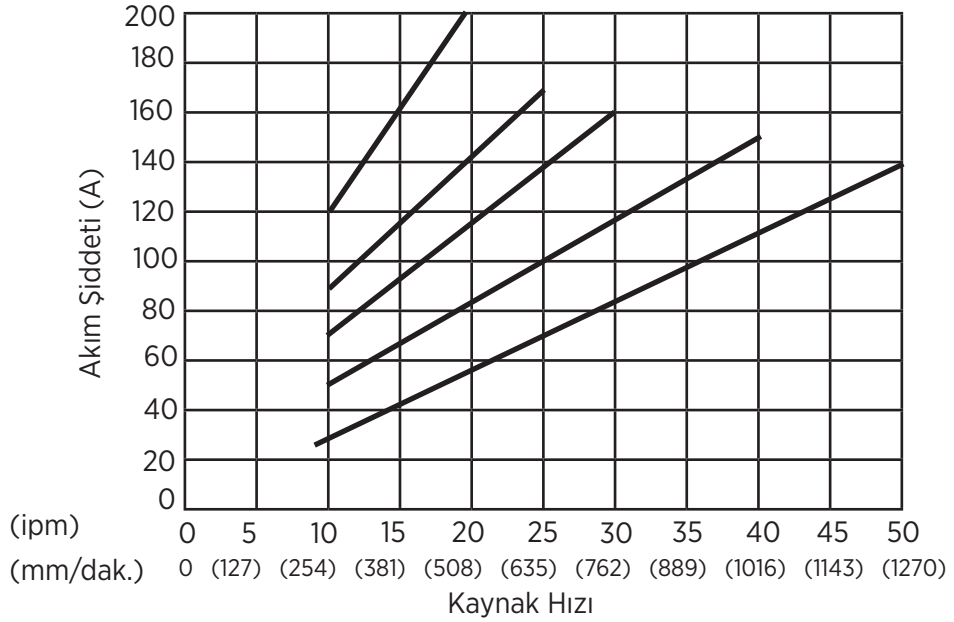


Akım şiddetine göre kaynak hızı (Şekil 5.3) seçilmelidir.



Şekil 5.3: Akım şiddetine göre kaynak hızı

Akım şiddetine göre plazma gazı akış hızı (Şekil 5.4) seçilmelidir.



Şekil 5.4: Akım şiddetine göre gaz akış hızı



## 5. ÖĞRENME BİRİMİ

Plazma ark kaynağında genellikle iki teknik kullanılır. Bunlar ergitme ve anahtar deliği tekniğidir.

### » Ergitme Tekniği

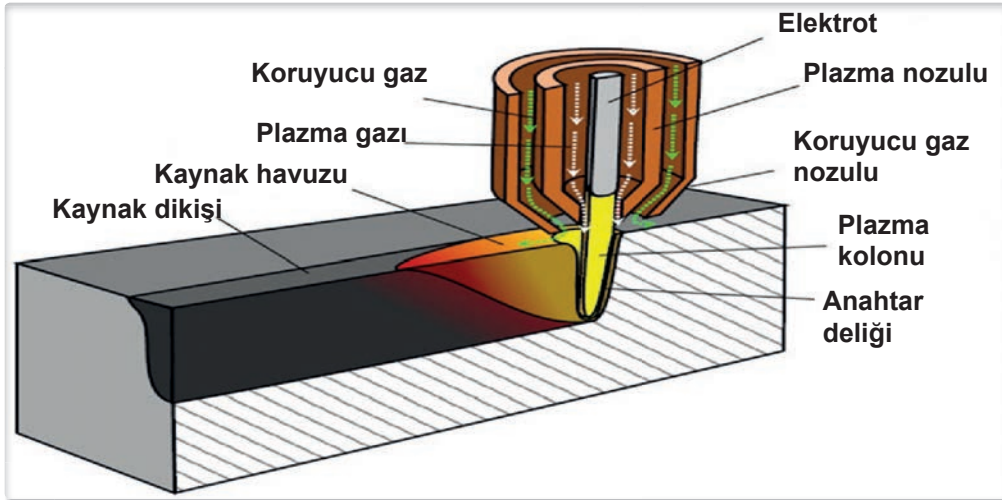
Ergitme tekniği, yüksek akım şiddeti (50-400 A) kullanılan kaynak işlemlerinde daha yaygın olarak kullanılır. Bu uygulama ile TIG yöntemine benzer bir kaynak dikişi oluşturulur. Özellikle aynı kaynak kalitesini sağlamak için mekanize uygulamalarda TIG yöntemine kıyasla tercih edilebilir. Ark kararlılığı ve akım şiddeti yüksek olduğundan daha nüfuziyetli kaynak dikişleri oluşturulur. Bunun yanı sıra kullanım sırasında ark kolayca kontrol altında tutulabilir, aynı zamanda kaynak süresi de azaltılır. Ek kaynak metali, malzeme kalınlığına bağlı olarak kullanılır veya kullanılmayabilir. Ergitme tekniği; boru kaynağı, kaplı çelik sacların ve anahtar deliği tekniği ile oluşturulmuş kaynak dikişlerinin kapak pasolarının gerçekleştirilmesi vb. işlemlerde kullanılır.

### » Anahtar Deliği Tekniği

Malzemenin derinliğine nüfuz eden bir delik ile çok küçük bir kaynak banyosu oluşturulması işlemidir. Anahtar deliği tekniği, genellikle yatay pozisyonda 1,5-10 mm kalınlığındaki malzemelere uygulanır. Bununla beraber uygun kaynak koşulları sağlanarak bazı metal kalınlıklarında da her pozisyonda kaynak yapılabilir. Gazaltı kaynak yöntemleri arasında bu özelliği gösteren tek yöntem plazma arkı ile kaynak yöntemidir.

Anahtar deliği tekniğinde (Şekil 5.5) plazma arkı, anahtar deliği oluşturmak için parçanın derinliğine doğru girdiğinden ergiyen metal parçanın yüzeyine doğru çıkar.

Plazma ark torcu, kaynak bağlantısı doğrultusunda hareket ettiğinde arkın ön kısmında bulunan ergimiş metal plazma arkının kenarlarından dolaşarak arkaya doğru hareket eder ve orada katılır. Anahtar deliği tekniğinin en önemli üstünlüğü, kaynağın tek pasoda yapılabilmesidir. Kalınlıkları 2,5 mm'den fazla olan parçaların kaynağında, malzemenin bütün kesitinin kaynak yapılabilmesi için krater boşluğu (anahtar deliği) oluşturulması gerekir. Kalınlığı 6 mm'den fazla olan parçalarda ise kaynak ağzı açmak suretiyle kaynak yapılmalıdır. Ayrıca bu yöntem, kalınlıkları 5 mm'ye kadar olan paslanmaz çelik boruların kaynağında kullanılabilir. Plazma kaynak yöntemiyle kalınlıkları 6 mm'ye kadar olan malzemelerin kaynağı tek paso ile yapılabilir. Çok iyi alıştırılmış alın birleştirmelerinde ilave tele gerek yoktur. Birden fazla dikiş gerektiren birleştirmelerde ilave tel kullanılması zorunludur.



Şekil 5.5: Anahtar deliği tekniği şematik gösterimi

### Anahtar Deliği Tekniğinin Avantajları

- ★ Tam nüfuziyet
- ★ Dikiş kökünün homojen olması
- ★ Krom-Nikel (Cr-Ni) çeliklerinde 3-9 mm birleştirmeleri imkânı
- ★ Yapı çeliklerinde 4-6 mm birleştirmeleri imkânı
- ★ Al alaşımlarında 5-7 mm birleştirmeleri imkânı
- ★ Kalın levhalarda kök paso imkânı
- ★ Düşük ısı girdisi
- ★ Malzemenin az çarpılma ihtimali
- ★ Çok yüksek kaynak hızı
- ★ Yüksek dikiş kalitesi

### Anahtar Deliği Tekniğinin Dezavantajları

- ★ Kaynakçının eğitilmesi gerekliliği
- ★ Yüksek yedek parça maliyeti
- ★ Kaynak ağzı zorunluluğu
- ★ Yapı çeliklerinde gözenek tehlikesi ihtimali

### Akım

Plazma kaynağında akım şiddetine göre ayarlanan üç akım konumu kullanılır.

#### » Mikroplazma: 0,1–15 Amper

Mikroplazma arki, çok düşük kaynak akımlarında (0,1-15 A) yapılabilir. Ark sütunu, ancak 20 mm'ye kadar olan ark uzunluğunda kararlıdır. Mikroplazma, 0,1 mm'ye kadar olan malzemelerin kaynağında kullanılır.

#### » Orta Akım: 15–200 Amper

Daha yüksek akım değerlerinde (15-200 A) plazma arkının gerçekleştirildiği konumdur. Bu plazma konumu, TIG kaynağıyla benzerlik gösterir fakat plazma kaynağında ark daraltılmıştır. Plazma gazının akış hızıyla kaynak havuzunun nüfuziyeti artırılabilir.

#### » Anahtar Deliği Plazması: 100 Amper Üzeri

Akım değeri, 100 amperin üzerindedir. Artan kaynak akımı ve plazma gaz akışıyla bir malzemede tam nüfuziyet elde etmek için lazer ve elektron ışın kaynağında olduğu gibi çok güçlü bir plazma ışını meydana getirilir. Kaynak esnasında eriyik metal, malzemenin kesiti boyunca anahtar deliği şeklinde bir boşluk oluşturarak ilerler. Bu yöntemle 10 milimetreye kadar olan parçalar tek pasoda kaynak edilebilir.

## 5.2. PLAZMA ARK KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Plazma ark kaynak yöntemi, üretim kaynağı olarak uzay, havacılık ve nükleer endüstrisinde çok yaygın bir biçimde kullanıma girer. NASA, bu yöntemi 1978 yılında uzay mekiği ve uzay istasyonu bileşenlerinin kaynağında kullanarak yöntemin ticari uygulamalarının yaygınlaşmasında önemli bir rol oynar.

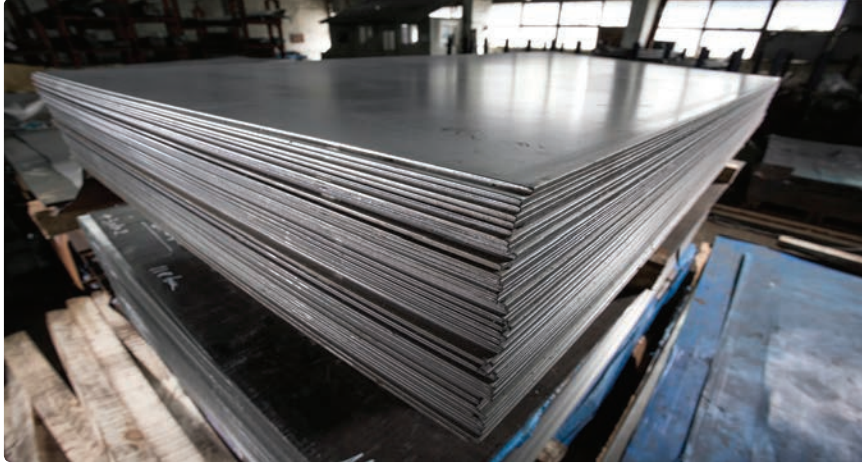


### Dezavantajları

- ★ Kaynakçının iyi eğitilmiş olması gerekir.
- ★ Koruyucu gaz seçiminin dikkatli yapılması gerekmektedir. Ergimiş kaynak metal banyosu ile reaksiyona giren aktif koruyucu gazlar, kaynak metali özelliklerine ters etkide bulduklarından kullanılamaz.
- ★ Kaynak ağzının doğru seçilmesi gerekir.
- ★ Koruyucu gaz debilerinin uygun seçilmesi gerekir.
- ★ Elektrot profili çok hassas olmalıdır.
- ★ Kaynağı yapılacak malzemenin kalınlığı fazla ise plazma üfleci, birleşmenin köküne ulaşamamaktadır.
- ★ Kurulum maliyeti yüksektir ve yedek parçaları pahalıdır.

### 5.4. PLAZMA ARK KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER

Plazma ark kaynağı ile karbonlu, az alaşımlı, paslanmaz çelikler (Görsel 5.5), alüminyum ve alaşımları, bakır ve alaşımları, nikel ve alaşımlarının kaynağı her pozisyonda başarıyla yapılabilmektedir. Yapı çeliklerinin kaynağında yüksek kalitede kaynak dikişleri elde edilmektedir. Paslanmaz çeliklerin plazma ark kaynağında ince saclar birleştirilebilir. Plazma ark kaynağı, azot eklenerek mukavemetleri artırılmış östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında da kullanılmaktadır.



Görsel 5.5: Paslanmaz çelik levha

#### SIRA SİZDE

Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **plazma ark kaynak yönteminin üstünlükleri, kullandığı malzemeler ve endüstrideki önemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.



6.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# SÜRTÜNME KAYNAĞI



### KONULAR

- 6.1. SÜRTÜNME KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 6.2. SÜRTÜNME KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ VE SÜRTÜNME KAYNAĞI İLE KAYNAK YAPILABİLEN MALZEMELER
- 6.3. SÜRTÜNME KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Sürtünme kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Sürtünme kaynağının üstünlükleri ve sürtünme kaynağı ile kaynak yapılabilen malzemeleri sıralama
- ★ Sürtünme kaynağının yapılış yöntemini açıklama

### ANAHTAR KELİMELE

Sürtünme  
Yığıma  
Devir  
Termoplastik  
Ergime

### HAZIRLIK SORULARI

1. Sürtünme kavramından ne anlıyorsunuz? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sizce endüstride niçin farklı kaynak yöntemleri kullanılmaktadır? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

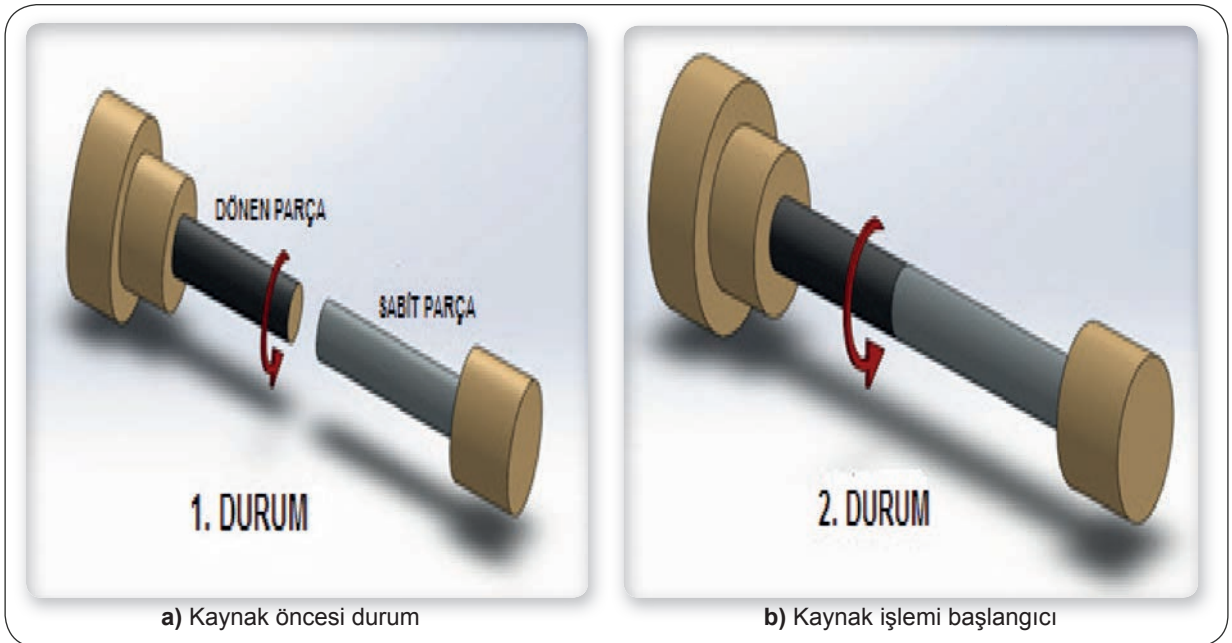
Otomotiv endüstrisinde fren milleri, vites kolları ve egzoz supaplarının üretiminin yanı sıra matkap ucu ve fotokopi makinesinin rulo borusu gibi parçaların imalatında da sürtünme kaynağının kullanıldığını biliyor muydunuz?

## 6. SÜRTÜNME KAYNAĞI

Metal kaynağı yöntemleri, uygulanan enerjinin şiddetine ve türüne göre **ergitme esaslı** ve **basınç esaslı** kaynak yöntemleri olarak incelenebilir. **Ergitme kaynağı**, iki veya daha fazla metalik malzemenin sıcaklığın etkisiyle yerel olarak ısıtılarak, gerektiğinde ek kaynak metali ile birlikte ergitilip birleştirilmesidir. Basınç kaynağı ise iki veya daha fazla metalik malzemeyi ısıtmadan veya ısıtarak ek kaynak metali kullanmadan basınç altında birleştirmek olarak tanımlanır. Ergitme kaynağında kaynak sıcaklığı, birleştirilen malzemenin ergime sıcaklığından daha yüksektir. Buna karşın basınç kaynağında metal ergimeden kaynak işlemi gerçekleştirilir. Bu nedenle bu kaynak yöntemleri **katı faz kaynak yöntemleri** olarak da adlandırılır.

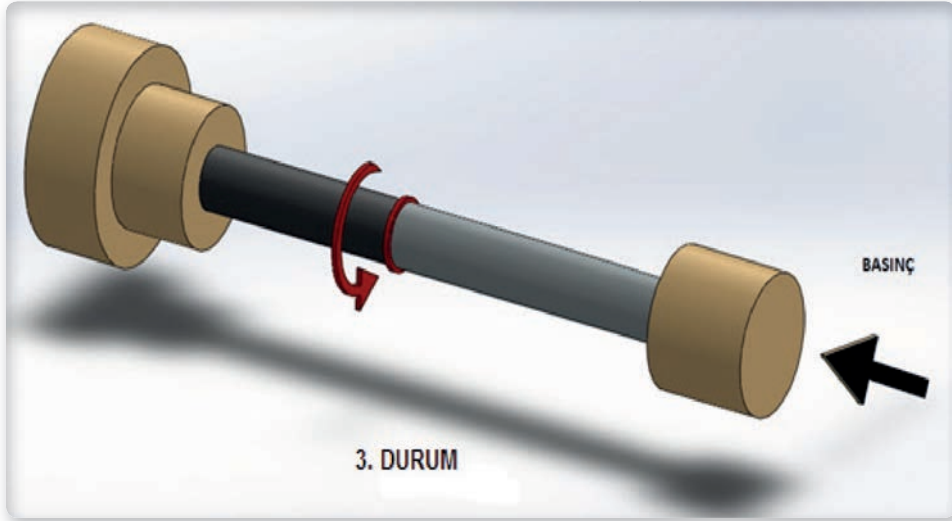
Birleştirme, imalatın en önemli alanlarından biridir. Metal esaslı malzemelerin birleştirilmesi için çeşitli birleştirme teknikleri kullanılır. Bunlardan biri de bir katı hâl kaynak yöntemi olan sürtünme kaynağıdır.

**Sürtünme kaynağı**, aynı eksen üzerinde birbirleriyle temas edecek düzeye getirilmiş aynı veya farklı cinsten ve genellikle silindirik geometriye sahip iki parçanın alın altına sürtünmesiyle meydana gelen ısıdan faydalanarak parçaların sürtünme yüzeylerinde birleşiminin sağlandığı bir katı hâl kaynak yöntemidir (Şekil 6.1 a, b).



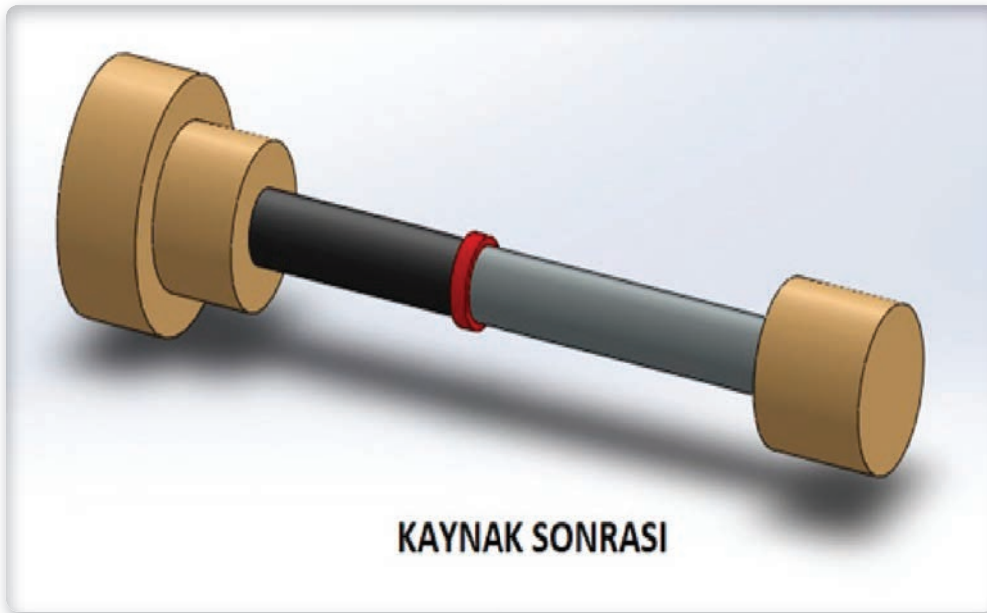
Şekil 6.1: Sürtünme kaynağı ile birleştirme işlemi

Sürtünme kaynağı ile birleştirme işleminde alın altına sürtünen yüzeyler arasında tam bir birleştirmenin sağlanabilmesi için bu parçaların belirli bir basınç altında olması gerekir (Şekil 6.2).



Şekil 6.2: Kaynak işlemi

Bu işlem, birleşimi sağlanacak parçalar için gerekli olan plastik şekil değişimi sıcaklığına erişene kadar devam eder. Daha sonra plastik şekil değişimi için gerekli olan ısıyı oluşturan sürtünme artırılarak birleşimi yapılacak parçaların ara yüzeylerinde ısıtılmış metal dışarıya doğru yığılır (Şekil 6.3). Böylece birleşim bölgesinde tane yapısı çok fazla değişmemiş olur.



Şekil 6.3: Kaynak sonrası



## 6. ÖĞRENME BİRİMİ

### 6.1. SÜRTÜNME KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Sürtünme kaynağı, gelişen teknolojiyle birlikte endüstride geniş uygulama alanı bulmuş bir birleştirme yöntemidir. Sürtünme kaynağı ile kaynak yapma fikri çok eskilere dayanmaktadır ancak bu kaynak yöntemiyle ilgili ilk patent 1891 yılında Amerikalı J.H. Bevington tarafından alınmıştır. Daha sonra 1924'te İngiltere ve Rusya, 1929'da ise Almanya bu kaynak yönteminin patentini almıştır. Başlangıçta boru ve plastiklerin kaynağında kullanılan bu teknikle Rus bilim adamı A. J. Chdicov (Çikof), 1956 yılında iki ayrı metali birleştirmeyi başarmıştır. Rusya'da Will (Vil) ve arkadaşları, sürtünme kaynağı yöntemini önce torna makinesinde uygulamış ve çelik çubuklarda yüksek kalitede bir birleşme sağlamışlardır. Bu başarılarından sonra 1961 yılından itibaren Amerikan yapımı kaynak makinesinin de piyasaya sürülmesiyle bu alandaki çalışmalar hız kazanmıştır. Yöntemin uygulama alanlarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar hâlen devam etmektedir.

Sürtünme kaynağı, uzun süredir bilinen bir yöntem olmasına rağmen hâlen imalat sektöründe diğer klasik kaynak yöntemleri kadar çok yaygın kullanılmamaktadır. Birçok teknik eleman ya sürtünme kaynağından haberdar değildir ya da bu yöntemi imalat sektöründe kullanılabilirliği ispatlanmamış yeni bir teknoloji olarak bilmektedir. Son yıllarda metal ve malzeme biliminde meydana gelen gelişmelerle birlikte metalik malzemelerin birleştirilmesi büyük önem kazanmıştır. Özellikle yeni ve özellikleri geliştirilmiş malzemelerin üretilmesi ve bu malzemelerin mevcut ergitme kaynak yöntemleri ile kaynatılmasından doğan sorunlar, sürtünme kaynağı için geniş bir uygulama alanı sağlamıştır. Katı hâl kaynak yöntemlerinden biri olan sürtünme kaynağında ergitme olayının olmaması ya da sınırlı oluşu, bu kaynak yönteminin çok daha az kaynak hatası içermesi ve kaynak sonrası minimum iç gerilmeler oluşturması, aynı veya farklı bileşimdeki malzemelerin birleştirilmesinde eğer boyutları ve şekilleri uygun ise diğer kaynak yöntemlerine göre sürtünme kaynağına büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Sürtünme kaynağı, dışarıdan ısı girdisi uygulanmadan malzeme yüzeyleri arasındaki mekanik dönme hareketinin ısı enerjisine dönüşmesiyle kaynak için gerekli ısının elde edilerek yapıldığı bir katı hâl kaynak yöntemidir. Sürtünme kaynağı, sabit bir iş parçasıyla dönen bir iş parçasının, sabit veya belirli olarak artan basınç altında, ara yüzey kaynak sıcaklığına ulaşana kadar döndürülmesiyle yapılıp ve sonunda dönme durdurularak işlem tamamlanır. Birbirine zıt yönlerde dönen her iki parçada hareketli olan sürtünme kaynağı sistemleri de bulunur. Sürtünme ısısı, iş parçasının ara yüzey sıcaklığını hızla artırarak ergime derecesinin altında belli bir değere getirir ve plastik sıcaklık aralığında ısınan bölgeye uygulanan basıncın etkisi altında birleşme meydana gelir.

## 6.2. SÜRTÜNME KAYNAĞI YÖNTEMİNİN ÜSTÜNLÜKLERİ VE KULLANILAN MALZEMELER

Sürtünme kaynağının diğer kaynak yöntemlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

### Avantajları

- ★ Sarfedilen enerji miktarı diğer yöntemlere göre oldukça azdır.
- ★ Ek olarak herhangi bir metal malzeme kullanma gerekliliği yoktur.
- ★ Birleşme süresinin kısa olması, zaman ve maliyet açısından avantaj sağlar.
- ★ Malzemelerde birleşme sırasında meydana gelen ısı tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) dar olması, iç yapılarda olan değişimin de çok az olduğunu veya hiç olmadığını gösterir.
- ★ Parametre kontrolü kolaydır, işlem otomatik gerçekleşir ve parçaların sökülüp bağlanması yöntemin pratikliğini ortaya koymaktadır.
- ★ İşlem sırasında kıvılcım, gaz ve duman gibi etkiler görülmez.
- ★ İşlem öncesi özel bir durum olmadığı sürece ön hazırlık yapma ihtiyacı yoktur.
- ★ Birleşme sırasında sürtünme meydana geldiğinden dolayı oksit, kir, pas gibi yabancı maddeler malzeme yüzeylerinden ayrılır.
- ★ Kaynak bölgesinin mukavemeti, birleştirilen parçaların dayanımına eşit ya da uygun parametreler seçilmesi durumunda birleştirilen malzemelerin dayanımından yüksek olabilmektedir.
- ★ Kaynak işlemi sırasında oluşan ısı malzemelerin ergime derecelerinin altında olduğu için farklı metallerin birleştirilmesi mümkün olabilmektedir.
- ★ Kaynak dikişi, işlem sırasında gerçekleşen yağma ile havanın zararlı etkilerinden korunur.

### Dezavantajları

- ★ Birleştirilecek parçaların geometrik şekilleri ve boyutları kaynak işlemi sınırlandırmaktadır. Genellikle silindirik malzemeler kullanılır.
- ★ Büyük parçalarda ısı dağılımının homojen olmaması birleşme işlemi zorlaştırır. Ayrıca yüksek güç ve yüksek basınç değerleri gerektirir.
- ★ Sürtünme kaynağı makinesinin kurulum maliyeti yüksektir.
- ★ Kaynak sonrası birleştirilen malzemelerde kısalma meydana gelmektedir.
- ★ Birleştirilen malzemelerin farklı açısız pozisyon almasını sağlamak için yüksek maliyetli değişikliklerin olması gerekir.
- ★ Kaynak için kullanılan malzemeler, ısı ve basınca karşı dayanıklı malzemeler olmalıdır.

### Kullanım Alanları

Sürtünme kaynak yöntemi, farklı malzeme kombinasyonlarının birleştirilmesine imkân veren özelliklerinden dolayı birçok endüstri dalında geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu yöntem; havacılık, uzay, savunma, otomotiv, elektrik, elektroteknik ve takım endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Özellikle diğer kaynak yöntemleriyle birleştirilemeyen malzeme kombinasyonlarının sürtünme kaynak yöntemi ile birleştirilmesi endüstride tercih edilme nedeni olmuştur (Tablo 6.1). Günümüzdeki sürtünme kaynak kapasitesi ile 0,6-200 mm çapa kadar makine parçaları birleştirilebilir. Bu değer, çelik borular için 900 mm çapa kadar çıkabilir ve kalınlık değeri ise 7 mm'dir.

**Tablo 6.1:** Malzemelerin ve Malzeme Kombinasyonlarının Sürtünme Kaynağına Uygunluğu

Malzemeler	Alüminyum	Alüminyum Alaşımları	Pirinç	Bronz	Seramik	Bakır	Bakır-Nikel	Kurşun	Magnezyum Alaşımları	Monel	Nikel	Nikel Alaşımları	Nimonic	Gümüş	Gümüş Alaşımları	Karbonlu Çelik	Alaşımlı Çelik	Maraging Çelik	Paslanmaz Çelik	Tantal	Titanyum	Tungsten Karbür	Zirkonyum Alaşımları	
Alüminyum																								
Alüminyum Alaşımları																								
Pirinç																								
Bronz																								
Seramik																								
Bakır																								
Bakır-Nikel																								
Kurşun																								
Magnezyum Alaşımları																								
Monel																								
Nikel																								
Nikel Alaşımları																								
Nimonic																								
Gümüş																								
Gümüş Alaşımları																								
Karbonlu Çelik																								
Alaşımlı Çelik																								

**Tablo 6.1 (Devamı):** Malzemelerin ve Malzeme Kombinasyonlarının Sürtünme Kaynağına Uygunluğu

Malzemeler	Alüminyum	Alüminyum Alaşımları	Pirinç	Bronz	Seramik	Bakır	Bakır-Nikel	Kurşun	Magnezyum Alaşımları	Monel	Nikel	Nikel Alaşımları	Nimonic	Gümüş	Gümüş Alaşımları	Karbonlu Çelik	Alaşımlı Çelik	Maraging Çelik	Paslanmaz Çelik	Tantal	Titanyum	Tungsten Karbür	Zirkonyum Alaşımları	
Maraging Çelik																								
Paslanmaz Çelik		●																		●	●			
Tantal																								
Titanyum																					●			
Tungsten Karbür													●											
Zirkonyum Alaşımları																								



Kaynak için uygun.

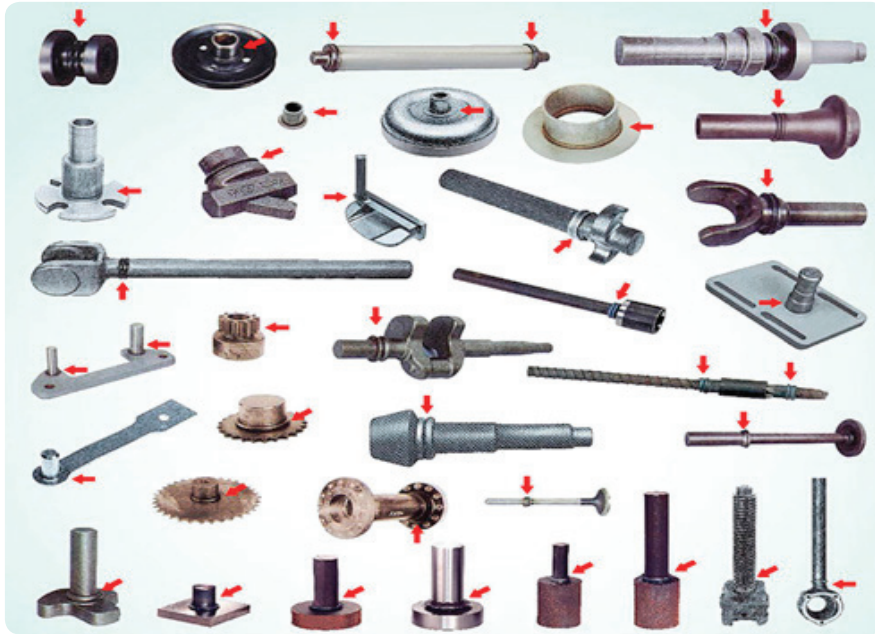


Kaynak bağlantısında tam birleşme olmayabilir.



Daha önce denenmemiş veya hiç yok.

Takım endüstrisinde genel olarak talaşlı imalatta kullanılan matkap uçları, raybalar (pürüzalılar), freze çakıları ve çelik kalemlerin üretiminin yanı sıra takım çeliklerinin karbonlu çeliklerle birleştirilmesinde kullanılmaktadır (Görsel 6.1).

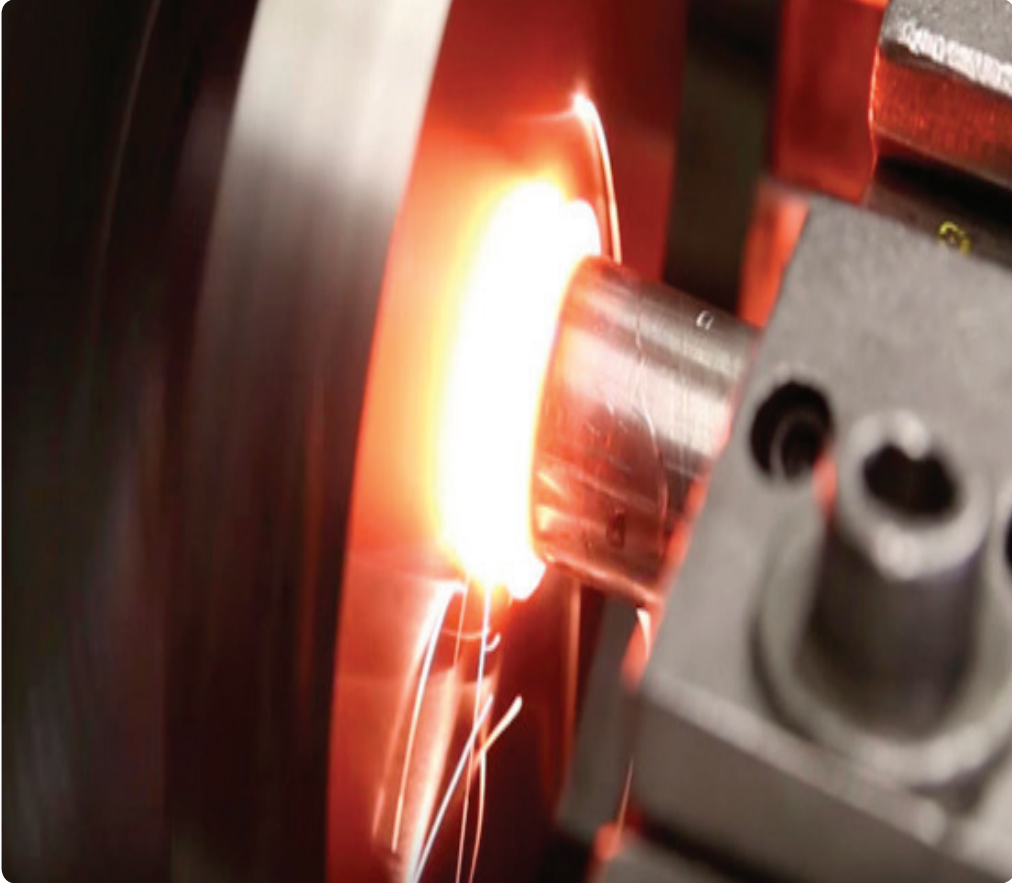


**Görsel 6.1:** Sürtünme kaynağı uygulamaları

Elektrik ve elektroteknik endüstrisinde ise lehim uçları, alıcı kameralar, gaz analiz cihazları ve geçiş parçaları için uygulanmaktadır. Ayrıca sürtünme kaynağı; tarım, petrol ve deniz endüstrisinde plastik deformasyona maruz kalmış ve arızalanmış parçaların onarımında verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

### 6.3. SÜRTÜNME KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

Sürtünme kaynağı, biri sabit diğeri dönen iki parçanın ara yüzeylerinde, mekanik olarak oluşturulan sürtünme yoluyla üretilen mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen sıcaklıktan yararlanarak basınç altında parçaların birleştirilmesini içerir (Görsel 6.2). Bu kaynak metodunda kaynak süresince sürtünen yüzeyler aksenal basınç altında kalır ve bu durum plastik deformasyon oluşuncaya kadar devam eder. Kaynak bölgesinde ergimenin görülmediği bu yöntemi bir tür basınç kaynağı olarak tanımlamak da mümkündür. Bütün kaynak yöntemlerinde olduğu gibi sürtünme kaynağında da kontrolü gereken çeşitli parametreler (değişkenler) vardır. Sürtünme kaynak yönteminde en önemli parametreler; dönme hızı (devir, m/s), sürtünme süresi (saniye veya dakika), yığma basıncı (bar) ve yığma süresidir (saniye veya dakika).

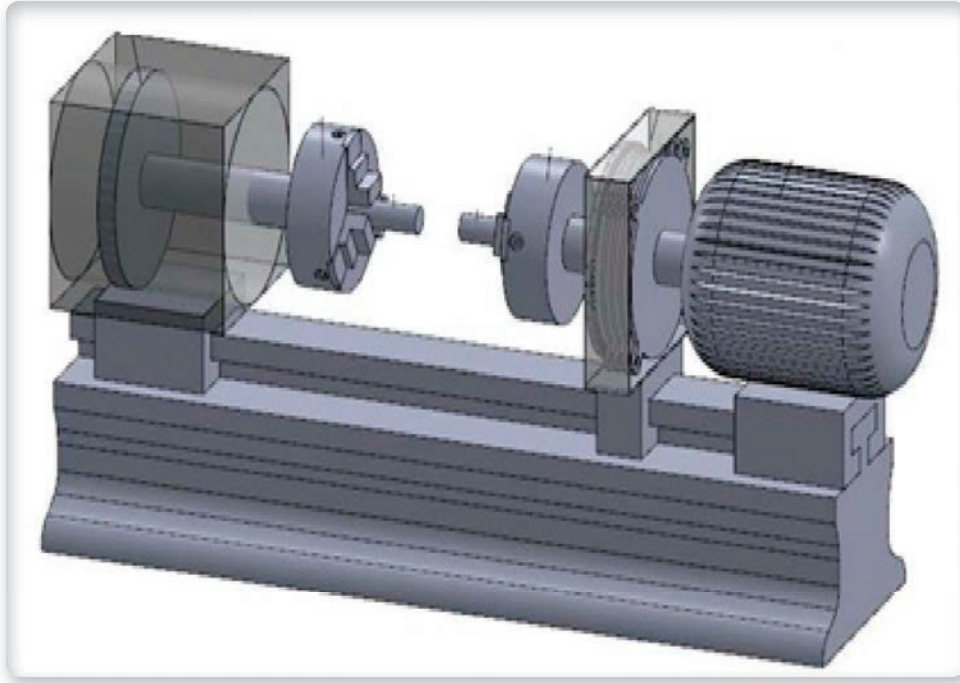


Görsel 6.2: Sürtünme kaynağı

Sürtünme kaynak yöntemindeki birleştirme esasları şu şekilde ele alınabilir:

- Parçalar birbirine yaklaştırılır.
- Birisi hareketli dönerken diğeri sabit tutulur.
- Bir süre dönme hareketi ve basınç uygulanır.
- Yeterli ısı oluşumu sonrası dönme hareketi durdurulur.
- İlk basınçta daha yüksek bir yığma basıncı uygulanarak parçalar birleştirilmiş olur.

Klasik sürtünme kaynağı makinesi şematik olarak Şekil 6.4'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4: Sürtünme kaynağı makinesi

### 6.3.1. Sürtünme Kaynağında Kullanılan Parametreler

Sürtünme kaynağı için kullanılan yöntem kadar kontrol edilmesi gereken parametre sayısı da önemlidir. Konuyla ilgili temel eserler incelendiğinde bu parametreler; kullanılan devir sayısı, sürtünme zamanı, sürtünme basıncı, frenleme, yığma süresi, yığma basıncı ve yığma sonu bekleme zamanı şeklinde sıralanabilir. Malzemeden kaynaklanan parametreler ise çap, geometri, kimyasal yapı ve ön işlem durumudur. Kaynak kalitesinin en ideal düzeyde olması için yapılan araştırmalar üç temel parametrenin önemli olduğunu göstermiştir. Bu parametreler şunlardır:

- Hız (devir sayısı)
- Basınç (sürtünme ve yığma)
- Zaman (sürtünme ve yığma)

### » Hız

Hız (devir sayısı), malzemelerin birleşmesi için büyük öneme sahiptir. Düşük devir sayılarında yeterli ısınma meydana gelmeyeceğinden verimli bir kaynaklı birleştirme işlemi elde edilemeyecektir. Aynı zamanda hızın (devir sayısının) yüksek olması da malzemenin iç yapısında değişimler oluşturacağından gereğinden fazla devir sayısı da istenen bir durum değildir. Bu nedenle sürtünme basıncının ve süresinin değerlerine dikkat edilmelidir.

### » Basınç

Sürtünme basıncı, malzemelerin ara yüzeyde oluşacak oksitleri giderecek ve malzeme ara yüzlerinde düzenli ısınmayı temin edecek şekilde seçilmelidir.

### » Zaman

Zaman seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken husus, malzemenin yüzeyinden en kısa sürede kalıntıların ayrılması ve kaynak ısısının oluşmasıdır. Gereğinden az ya da gereğinden fazla seçilen süre, kaynak özelliğini ve malzeme tüketimini olumsuz yönde etkilemektedir.

## SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **sürtünme kaynağının endüstrideki yeri ve önemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **sürtünme kaynağının üstünlükleri** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **sürtünme kaynağının yapılış yöntemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.**

1. (.....) Sürtünme kaynağı aynı malzemelerin kaynağında kullanılır.
2. (.....) Sürtünme kaynağı öncesi yüzeylerin temizlenmesi gerekir.
3. (.....) Sürtünme kaynağında koruyucu gaz ya da dolgu metaline ihtiyaç duyulur.

**B. Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.**

4. Yüzeyler arasındaki mekanik dönme hareketinin ısı enerjisine dönüşmesiyle kaynak için gerekli ısının elde edilerek yapıldığı kaynak yöntemine ..... denir.
5. Kaynak edilecek parçalardan biri kaynak sıcaklığına ulaşana kadar döndürülerek diğeri ..... parçaya alın olarak sürtülür.
6. Ergime derecesinin altında bir değere gelen yüzeyler uygulanan ..... etkisiyle birleştirilir.

**C. Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

**7. Sürtünme kaynağı ile ilgili,**

- I. Farklı metallerin alın kaynağı yapılabilir.
- II. Koruyucu gaz ve dolgu metali kullanılmaz.
- III. Kaynak sonrası parçaların boylarında kısalma olmaz.
- IV. Kaynak mukavemeti yeterince iyi değildir.

**ifadelerinden hangileri doğrudur?**

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II, III ve IV

**8. Sürtünme kaynağında kaynak için oluşan ısı aşağıdakilerden hangisiyle oluşmaktadır?**

- A) Elektrik enerjisi
- B) Isı enerjisi
- C) Basınç
- D) Mekanik dönme hareketi
- E) Işın kaynağı

**9. Aşağıdakilerden hangisi sürtünme kaynağının avantajlarından biri değildir?**

- A) Gemi borda saclarında sürtünme kaynağı kullanılır.
- B) Ek olarak herhangi bir metal malzeme kullanım gerekliliği yoktur.
- C) Birleşme süresinin kısa olması zaman ve maliyet açısından önemli bir kazanımdır.
- D) Bu yöntemde sarfedilen enerji miktarı diğer yöntemlere göre oldukça azdır.
- E) İşlem öncesi özel bir durum olmadığı sürece ön hazırlık yapma gereksinimi yoktur.

**10. Aşağıdakilerden hangisi sürtünme kaynak parametrelerinden biri değildir?**

- A) Frenleme süresi
- B) Dönme hızı
- C) Sürtünme basıncı
- D) Sürtünme süresi
- E) Koruyucu gaz cinsi

# 7.

## ÖĞRENME BİRİMİ

## DİFÜZYON KAYNAĞI



### KONULAR

- 7.1. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ
- 7.2. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ
- 7.3. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ
- 7.4. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Difüzyon alın kaynağının yapılış yöntemini açıklama
- ★ Difüzyon alın kaynağının endüstrideki yeri ve önemini açıklama
- ★ Difüzyon alın kaynağının üstünlüklerini sıralama
- ★ Difüzyon alın kaynağının kullanıldığı malzemeleri sıralama

### ANAHTAR KELİMELER

Difüzyon  
Yayıma  
Alın  
Titanyum  
Kompozit

### HAZIRLIK SORULARI

1. Şekerin çayın içinde erimesi bir difüzyon örneği ise buna benzer farklı difüzyon örneklerini arkadaşlarınıza anlatınız.
2. Farklı tür malzemeler (kompozit-metal vb.) sizce nasıl birleştirilir? Tahminlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Bir bardak suyun içine damlatılan bir damla gıda boyasının bardağın içinde tamamen yayılarak suya rengini vermesi basit bir difüzyon örneğidir.

## 7. DİFÜZYON KAYNAĞI

Atom, molekül ve iyonların sıcaklığa bağlı olarak yer değiştirmeleri sonucu meydana gelen kütle akışına **difüzyon** adı verilir (Görsel 7.1).



Görsel 7.1: Difüzyon örneği

Difüzyon, moleküllerin hareketlerinin meydana getirdiği, kendiliğinden oluşan yayılma, dağılma ya da madde hareketidir. Atomlar, yüksek konsantrasyonda buldukları bir bölgeden konsantrasyonlarının daha düşük olduğu bir bölgeye göç eder. Bu göç hareketinden difüzyon meydana gelir. Homojen malzemelerde tümüyle aynı olan parçacıkların yer değiştirme olayları düzensizdir. En hızlı difüzyon gazlarda meydana gelir. Difüzyon, sıvı ve katılarda daha yavaş olur. Difüzyon, katılarda atomların titreşimleri ve etraflarındaki boş noktalara sıçraması ile meydana gelir. Difüzyon, sıcaklıkla doğru orantılı olarak artar. Sıcaklık yükseldikçe moleküllerin hareket alanı genişler ve difüzyon hızı artar.

Katılarda difüzyonu, **hacimsel difüzyon** adı verilen kristal kafes içindeki difüzyona ek olarak **tane sınırı difüzyonu** ve **yüzey difüzyonu** olarak üç grupta toplamak mümkündür. Tane sınırları malzemelerin diğer bölgelerine göre atomik seviyede hatalı birer bölge oldukları için bir difüzyon olayı tane sınırları boyunca daha kolay gerçekleşir.

Tane sınırı difüzyonu, tane içinde olan difüzyona göre çok daha hızlıdır. Bir metalin yüzeyindeki atomlar, kafes içinde belli bir pozisyona daha zayıf bağlı olup yüzey difüzyonu tane sınırları difüzyonundan da daha hızlıdır. Her ne kadar yüzey ve tane sınırları difüzyonunun hızı hacim difüzyonundan çok daha yüksek ise de bunların toplam difüzyona katkısı, yüzey ve tane sınır bölgelerinde atom sayısının az olması nedeniyle daha az olur. İki yüzeyin ergime sıcaklıklarının altındaki bir sıcaklıkta ve belli bir basınç altında, malzemelerin özelliklerini değiştirmeden veya çok az değiştirerek yapılan kaynaklı birleştirme yöntemine **difüzyon kaynağı** denir.

Birçok benzer ya da farklı malzeme türleri difüzyon kaynağı (Görsel 7.2) ile birleştirilebilir.



Görsel 7.2: Difüzyon kaynak makinesi 1



## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

Ergime noktaları, yoğunlukları, genleşme katsayıları, kafes şekli ve kafes katsayıları farklı olduğu için farklı metal ve alaşımların birleştirilmesi zordur. Bu etkileri azaltabilmek için geliştirilen difüzyon kaynağı çeşitleri şu şekilde sınıflandırılabilir:

- ★ Benzer metaller, katı hâl kaynağı şeklinde doğrudan birleştirilebilir. Bu durumda kaynak parametrelerini malzemenin metalürjik ve mekanik özellikleri, geometrik veriler ve malzemenin kullanım yeri belirler.
- ★ Benzer metaller, aralarına farklı bir metalden ince bir tabaka konularak birleştirilebilir. Kaynak parametrelerini ara tabaka malzemesinin özellikleri belirler. Bu durumda ara tabaka, daha hızlı bir difüzyon sağlar.
- ★ İki farklı metal, kontrollü difüzyon ile bir bağ oluşturarak doğrudan birleştirilebilir. Mekanizma, farklı metallerin meydana getirdiği etkilerin ilavesiyle birinci gruba benzerdir. Kaynak parametrelerini birleştirecek çiftlerin özellikleri belirler. İntermetalik faz oluşturan malzeme kombinasyonları, ergitme kaynağı ile bağlanamaz ve difüzyon kaynağı gibi özel yöntemlerle birleştirilebilir. Difüzyon kaynağında intermetalik fazların oluşumu tamamen engellenemez ancak uygun işlemlerle kalınlıkları mekanik olarak zararsız olan değerlere indirgenebilir. Böylelikle alüminyum-çelik kombinasyonu, çok sert demir-alüminyum (Fe-Al) fazlarının oluşmasına rağmen difüzyon kaynağı ile alüminyum dayanımından yüksek olan genleşme ve dayanım değeri ile birleştirilebilir. İntermetalik faz oluşturan metal kombinasyonlu birleştirmeler yüksek gerilmeler için uygun değildir. Alüminyum-bakır, alüminyum-demir gibi bazı özel kombinasyonlarda kırılğan intermetalik faz oluşumu önlenemese de iyi birleştirmeler yapılabilir.
- ★ Farklı metaller, ilk tam teması sağlamak ve difüzyonu hızlandırmak için temas yüzeyleri arasına her iki kısım ile bağlantı oluşturabilen üçüncü bir metal ile bağlanabilir. Güç eriyen metallerdeki işlem, genellikle esas malzemenin yeniden kristalleşme sıcaklığının altında, kaynak sıcaklığından daha düşük bir ara tabaka malzemesinin kullanımıyla ilgilidir. Ara tabakayı oluşturan malzemeler, difüzyon bölgesindeki kadar fiziksel özellik göstermeli ve yüke dayanıklı uygun bir mikro yapı elde edilmesini sağlamalıdır. Ara metal tabakalarının sayısı, esas malzemelerin özellikleri arasındaki farka ve birleşimin geometrik şekline bağlıdır. Esas malzemeler arasındaki fark fazla ise birkaç difüzyon birleştirme işlemi yapılmalıdır.
- ★ Farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip metal ve ametallerin ara tabakalı veya ara tabakasız birleştirilmesinde elverişli kaynaklanma parametrelerinin az olmasına rağmen difüzyon kaynağı ile örneğin metal-seramik birleştirmeleri yapılabilir. Bu durumda birleşmenin gerçekleştirilebilmesi için farklı ısıl genleşmelerin dengelenmesi gerekir.

## 7.1. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ YAPILIŞ YÖNTEMİ

Difüzyon kaynağı, birleştirilen malzemeler arasında ilave bir malzeme kullanılıp kullanılmamasına göre 3 gruba ayrılır.

1. Difüzyon lehimleme (Folyo kullanılan)
  - a) Tek ara tabaka kullanılan difüzyonla lehimleme
  - b) Birden çok ara tabaka kullanılan difüzyonla lehimleme
2. Ani sıvı faz kaynağı
3. Direkt difüzyon kaynağı

Difüzyonla lehimlemede, birleştirilecek yüzeyler arasına ergime sıcaklığı ana malzemenin ergime sıcaklığından daha düşük olan levha şeklinde ilave bir malzeme yerleştirilir. Çok katlı ara tabakalar, hem termal gerilmeyi hem de diğer gerilmeleri giderici ek bir etkiye de sahiptir. Ani sıvı faz kaynağı, ilk safhasında hızlı ısıtma ile yüzeylerden biri ya da her ikisinin basınç altında çok kısa bir süre için ergitilip hızlı soğutulduğu bir difüzyon kaynağı olarak tanımlanır.

Difüzyon kaynağı, uygulama ortamına göre ise iki grupta incelenmektedir:

1. Koruyucu gaz atmosferinde difüzyon kaynağı
2. Vakum altında difüzyon kaynağı

Endüstriyel amaçlarla uygulanan difüzyon kaynağı, **büyük kütleli parçalara uygulanan difüzyon kaynağı** ve **ince parçalara uygulanan difüzyon kaynağı** olarak ikiye ayrılır. Büyük kütleli parçalara uygulanan difüzyon kaynağı, kalın kesitli işlenmiş parçaların, mekanik olarak uygulanan nispeten büyük basınç altında birleştirilmesini ihtiva etmektedir. Kaynak esnasında uygulanacak olan sıcaklık, zaman, basınç, yüzey pürüzlülüğü, kaynak atmosferi gibi faktörler birbirleriyle ilişkili olup kaynak yapılacak malzeme ve çiftinin özelliklerine bağlıdır. Diğer yandan malzemelerin tane boyutu, kristal yapısı, atom yarıçapı, yeniden kristalleşme sıcaklıkları, yüzey enerjileri gibi her iki malzemenin fiziksel ve kimyasal açıdan farklı ya da aynı olması gibi metalürjik faktörler de birleştirmeye etki eder.

### Kaynak Sıcaklığı

Difüzyon kaynağında sıcaklık; deformasyona, oksit çözünürlüğüne, allotropik dönüşümlere, yeniden kristalleşmeye ve işlemin kısa sürede yapılmasına etki eder. Aynı zamanda difüzyon mekanizmaları da sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle sıcaklık, difüzyon kaynağının en önemli parametresidir. Sıcaklık arttıkça ana malzemelerin akma gerilmeleri azalır. Böylece hem ilk deformasyon hem de yüzey pürüzlerinin sürünmesi kolaylaşır ve kaynak süresi azalır.



## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

Pratikte difüzyon kaynağında kullanılan sıcaklığın değeri şu şekilde formüle edilir:

**T:** Kaynak sıcaklığı

$$T > 0,5 \times T_e$$

**Te:** Kaynak yapılan malzemenin ergime sıcaklığı

### Kaynak Süresi

Kontrollü difüzyon reaksiyonlarında zamanın büyük önemi vardır. Difüzyon kaynağında zaman, bağımlı bir işlem parametresidir. Kaynak işlemi için yeterli zaman, yüzeylerde karşılıklı temas sağlanarak atomların hareketine yetecek ve bu aşamada tutularak birleşmenin sağlanabildiği süre kadardır. Düzgün bir bağlantı elde etmek için gerekli süre, sıcaklık ve basınca bağlıdır. Kaynak süresi, sıcaklık ve basınç artırılarak kısaltılabilir. Düşük sıcaklıkta çalışılması durumunda süre uzamaktadır. Örneğin çelik ve alüminyum birleştirilmesi için sıcaklığın 50 °C artmasıyla bağlama süresinin 30 dakikadan 10 dakikaya düştüğü bilinmektedir. Sabit basınç ve sıcaklıkta birleşme süresini uzatmanın, bağlantı mukavemetini bir noktaya kadar artırdığı görülmüştür. Bağlantı mukavemeti ile kaynak süresi arasındaki ilişki, aslında bu kadar basit değildir. Metaller arası bileşiklerin meydana gelmesi, tane büyümesi, özellikle süper plastik şekillenme performansı, boşlukların oluşumu ve bağlantı mukavemeti süre uzadıkça olumsuz bir şekilde etkilenmektedir.

### Kaynak Basıncı

Difüzyon kaynak işleminde basınç uygulanmasının ana sebebi, yeterli birleşme olması için iki yüzeyin tam temasını sağlamaktır. Yeterli basıncın, normal boşluk alanlarını doldurmak için plastik akışın ve deformasyonun oluşmasını engelleyecek miktarda olması gerekir.

Kaynak basıncı gerekenden daha düşük bir basınçta olursa, ara yüzeylerde küçük boşluklar kalır ve bu durum da kaynak özelliklerini olumsuz yönde etkiler. Basınç uygulanmasının ikinci bir işlevi de birleşme ara yüzeyinde temiz bir ara yüzey elde etmek için yüzey oksitlerinin kırılmasını sağlamaktır. Uygulanacak olan basıncın değeri, parçalarda makro deformasyon oluşturmayacak bir değerde seçilmelidir. Basınç, birleştirilecek yüzeyler arasında ilk temasın sağlanması ve atomik difüzyon için kimyasal potansiyel farkı oluşturmada gereklidir. Uygulanan basınç ile yüzey pürüzlerinin plastik akışı kolaylaşırken, yüzeyde çözünmeyen oksit filmleri kırılarak iki yüzey arasında atom akışı sağlanır.

### Yüzey Şartları

Difüzyon kaynağının kalitesine etki eden yüzey şartları şunlardır:

1. Yüzey pürüzlülüğü
2. Yüzey filmleri
3. Yüzey artıkları

Difüzyon kaynağı yapılacak kısımların yüzeyleri bağlantı yapılmadan önce dikkatle hazırlanmalıdır. Yüzey hazırlama, temizlikten daha çok parametreleri ifade eder. Başlıca yüzey hazırlama işlemleri; kimyasal yolla oluşmuş oksitlerin (Görsel 7.3) giderilmesi, işleme, aşındırma, taşlama, parlatma ve organik yüzey filmlerinin temizlenmesi gibi işlemlerdir.



**Görsel 7.3:** Oksit tabakası

Tam olarak hazırlanmış bir yüzeyin önemli bir özelliği düz ve pürüzsüz olmasıdır. Düzlüğün ve pürüzsüzlüğün minimum derecesine difüzyon kaynağında üniform bir temas temin edilmesi için gerek duyulur. Düzgünlük (dalgalılık) makro geometri, pürüzlülük ise mikro geometri olarak sınıflandırılabilir.



## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

Temiz, ideal bir durumda dalgalanma eğrisi ve pürüzlülük frekans eğrisinin her biri çizilerek profilin mikro profil veya makro profil olduğuna karar verilebilir. Pürüzlülük, yüzeyler arasında tam temasa ulaşmak için gereken süreyi etkiler. Pratikte bir metal, yükseklik ve dalga boyu küçük olan bir yüzey pürüzlülüğüne sahiptir yani yüzey dalgalılığı hâkim özelliktir. Difüzyon kaynağında ise özellikle uzun dalga boyuna sahip olan pürüzler önemlidir. Çünkü difüzyon kaynağının kendisi sıcaklık ve mesafeye bağlı olduğundan boşlukların yok edilmesi için hem çok yönlü basınç uygulamasına hem de uzun zamana ihtiyaç duyulur.

### **Kaynak Ortamı (Atmosferi)**

Difüzyon kaynağında parça yüzeylerinde oluşacak oksidasyonu önlemek için, kaynak koruyucu bir atmosfer altında yapılmalıdır. Koruyucu atmosfer olarak genellikle bir soygaz kullanılır. Saf hidrojen atmosferi, oksit miktarını minimuma indirir ve yüksek sıcaklıkta birçok metalin mevcut yüzey oksitlerini azaltır. Hidrojen; titanyum ve zirkonyum alaşımlarında hidrat oluşturduğundan bu malzemelerin kaynağında tercih edilmez. Argon, azot, helyum ve bazen nitrojen yüksek sıcaklıklarda temiz yüzeyleri korumak için uygundur.

### **7.2. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ENDÜSTRİDEKİ YERİ VE ÖNEMİ**

Difüzyon kaynağı, birçok avantaja sahip bir birleştirme yöntemidir. Yüksek dayanımlı kaynaklara ihtiyaç duyulan, karmaşık ve pahalı malzemelerin kullanıldığı uygulama alanları şu şekilde sıralanabilir:

- Havacılık ve uzay sanayisi
- Savunma sanayisi
- Nükleer sanayi
- Elektronik sanayisi

Difüzyon kaynağının özel avantajlar sunduğu bağlantı türleri şunlardır:

- ★ Yüzey kaplama
- ★ Difüzyon kaynağıyla bir defada birleştirilmesi mümkün karmaşık şekilli ve içi boş yapı ve elemanlar
- ★ Döküm ve dövme parçalarda difüzyon kaynağı
- ★ Dökümde karmaşık maçalardan, dövmede girinti açılardan doğan problemliler malzemeler
- ★ Piston, silindir blokları gibi hidrolik elemanlar

Yüksek hızlı makine, traktör, araba ve uçaklarda basınç plakaları ve fren pabuçları için seramiğin ve dökme demirin çeliğe birleştirilmesi difüzyon kaynağının sağladığı avantajlara birer örnektir. Difüzyon kaynağı, havacılık sanayisinde daha ucuz, verimli, hafif ve dizayna daha yakın parçaların üretimini sağlar.

Difüzyon kaynağı; havacılık ve uzay endüstrisinde (Görsel 7.4) yüzey yüzeye ya da kenar kenara temas eden bağlantıların üretiminde, genellikle dövme ve geleneksel kaynak usullerinin yerine kullanılmaktadır.



**Görsel 7.4:** Uzay uydusu

Difüzyon kaynağıyla roket başlığı için uygun malzemeler üretilebilmektedir. Difüzyon kaynağının silah sanayisindeki uygulamalarında amaç, diğer tekniklerle daha ekonomik ve entegre olarak üretilemeyen yapı ve elemanları üretmektir. Örneğin hidrojen mevcudiyetinin bir problem olduğu martenzitik yapıdaki kaynaklı bağlantılarda, geleneksel kaynak usulleri yerine difüzyon kaynağı uygulanmaktadır. Ayrıca planör tipi uçakların üretiminde çelik ve alüminyumun difüzyon kaynağıyla birleştirilmesi, büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Nükleer güç reaktörlerinde yaşanan tip alüminyum alaşımı ile 300 serisinden paslanmaz çelikler arasındaki tüp geçişi difüzyon kaynağı ile yapılmaktadır. Demir-alüminyum (Fe-Al) metallar arası bileşiklerin oluşmasını önlemek için kaynak bölgesinde tungsten bir difüzyon engeli kullanılmıştır. Mikro elektrik endüstrisinde silikon çiplerin bakır veya nikel-demir (Ni-Fe) esaslı led çerçevesine bağlanmasında, ara tabaka olarak devre paketlerinin imalinde kullanılan yöntemlerden biri de difüzyon kaynağıdır. Elektriksel vakum ekipman parçalarının yapımında da genellikle difüzyon kaynağı tercih edilmektedir. Difüzyon kaynağı; sıkı vakumlu, ısıtmaya, titreşime ve deformasyona dayanıklı birleştirmelerin gerektiği yerlerde başarıyla kullanılmaktadır.

### 7.3. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ ÜSTÜNLÜKLERİ

Difüzyon kaynak yöntemi, bilinen diğer kaynak yöntemlerine göre çok sayıda avantaja sahiptir. Bu kaynak, son derece özel bir kaynak yöntemi olup önemli alanlarda (sanayi, mühendislik uygulamaları vb.) kullanılmaktadır. Her kaynak yönteminde olduğu gibi bu kaynak yönteminin de avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Difüzyon kaynağı, çok farklı malzemelerde homojen ve gerilmemiş bağlantılar hazırlanmasını mümkün kılmaktadır. Diğer kaynak yöntemlerinde en büyük sorun, oluşan gerilmelerin fazlalığı ve ısı sebebiyle malzemede meydana gelen mikro yapı bozukluklarıdır. Bu sorunlar, difüzyon kaynağında büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Birleştirme esnasında ana malzemede istenmeyen metalürjik yapıların oluşma ihtimali difüzyon kaynağında düşüktür. Ana malzemede oluşan istenmeyen metalürjik yapılar, malzeme yapısını bozmakta ve kötü bir kaynak elde edilmesine sebep olmaktadır. Bazı malzemelerin ergitme kaynağı ile birleştirilmesi mümkün olamamaktadır. Ergitme kaynağında ısının tesiri altındaki bölgede malzemelerin ergimesi sebebiyle malzemenin mikro yapısı değişmektedir. Bu durum homojenliği bozmaktadır. Homojenlik söz konusu olduğunda difüzyon kaynağı tercih edilmelidir çünkü difüzyon kaynağı, malzemeler arasındaki potansiyel farkıyla yapılan bir katı hâl birleştirme kaynağıdır. Difüzyon kaynağı, herhangi bir özel ihtiyaca cevap vermeyen farklı yüzey geometrilerine sahip parçaların birleştirilmesini sağlar. Birleşme süresi, bağlantı alanından bağımsızdır. Dolayısıyla bir kerede karmaşık şekilli bağlantılar birleştirilebilmektedir. Bununla beraber basınç uygulanması sınırlayıcı bir faktör olabilir. Malzemeler, difüzyon kaynağı ile katı hâlde birleştirilir. Metalürjik şartlar genellikle uygun ve kolayca etkilenebilir durumdadır çünkü çekme az, gerilmeler küçüktür. Bu durum, difüzyon kaynak yöntemini diğer kaynak yöntemlerinden üstün kılar.

Difüzyon kaynağı, uzay (yer çekimsiz) ortamında bile iyi bir birleştirmeye imkân vermektedir. Bununla birlikte koruyucu gaz atmosferi kullanılması da kaynak kalitesinin daha iyi olmasını sağlamaktadır. Parçalardaki deformasyon, difüzyon kaynağında çok küçük sınırlar içerisinde tutulabilir; dolayısıyla pek çok uygulamada ikinci bir işleme gereksinim duyulmaz. Ergitme kaynağında öngörülen deformasyonlar ile ön ve son tavlama ihtiyaçları, bu teknikte görülmez. Kaynak işlemi, difüzyon kaynağında tam otomatik hâlde getirilebilir. Dolayısıyla kalifiye eleman ihtiyacı diğer kaynak yöntemlerine göre azalır. Metalürjik açıdan uyumsuz ve birbirinden tamamen farklı iki metal ya da bir metalle metal olmayan bir malzeme birleştirilebilir. Katı hâl kaynakları ile kıyaslandığında difüzyon kaynağı, esas itibarıyla difüzyon kontrollü bir tekniktir.

Seramiklerin kaynak tekniğini belirleyen en önemli faktör, bu malzemelerin gevrekliğidir. Dolayısıyla seramiklerin kaynağında difüzyon kaynağı, katı hâl kaynakları içerisinde uygulanabilir tek yöntemdir.

Günümüzde seramik ve kompozitlerin (Görsel 7.5) metal ve diğer malzemelerle birleştirilmesinde en etkili ve verimli yöntemdir.



Görsel 7.5: Kompozit gaz tankları

### Difüzyon Kaynağının Avantajları

- ★ Çok farklı malzemelerde, homojen ve gerilmemiş birleştirmeler sağlar.
- ★ Birleştirilen parçalarda sonradan işleme ve düzeltme işlemlerine ihtiyaç duyulmaz.
- ★ Ergitme kaynağı ile birleştirilemeyen malzemelerin birleştirilmesine imkân verir.
- ★ Herhangi bir özel ihtiyaca cevap vermeyen farklı yüzey geometrilerine sahip parçaların birleştirilmesini sağlar.
- ★ Malzemeler katı hâlde birleştirilir.
- ★ Sınırlı kenarlı parçalar birleştirilebilir.
- ★ Difüzyon kaynağı malzemelerde yüksek bağlantı kalitesi sağlamaktadır. Birleştirme, ana metalin kendisinin mikro yapısına ve özelliklerine çok benzer gerçekleşmektedir. Bu özelliğiyle hafif sanayide çok önemlidir. Ek yerinin mukavemeti ana metalin mukavemetine yaklaşmaktadır.

- ★ Ergitme kaynağı için yaygın bir şekilde ön ısıtmaya gerek duyan metallerin büyük bir bölümü difüzyon kaynağı ile birleştirilebilir [Örneğin kalın bakır malzemeler (Görsel 7.6)]. Ayrıca uygulanan kaynak sıcaklığının düşük olması, bu ısının aynı zamanda bir ısı işlem olarak da kullanılabilmesini sağlar.
- ★ Ergitme kaynağı ile yapılan birleştirmelerde görülen kusurlarla karşılaşılmaz. Sıcak plastik değişimle kazanılmış özellikler kaynak ile bozulmaz.
- ★ Birleştirilen parçalar ağırlık kazanmaz.



Görsel 7.6: Bakır çubuklar

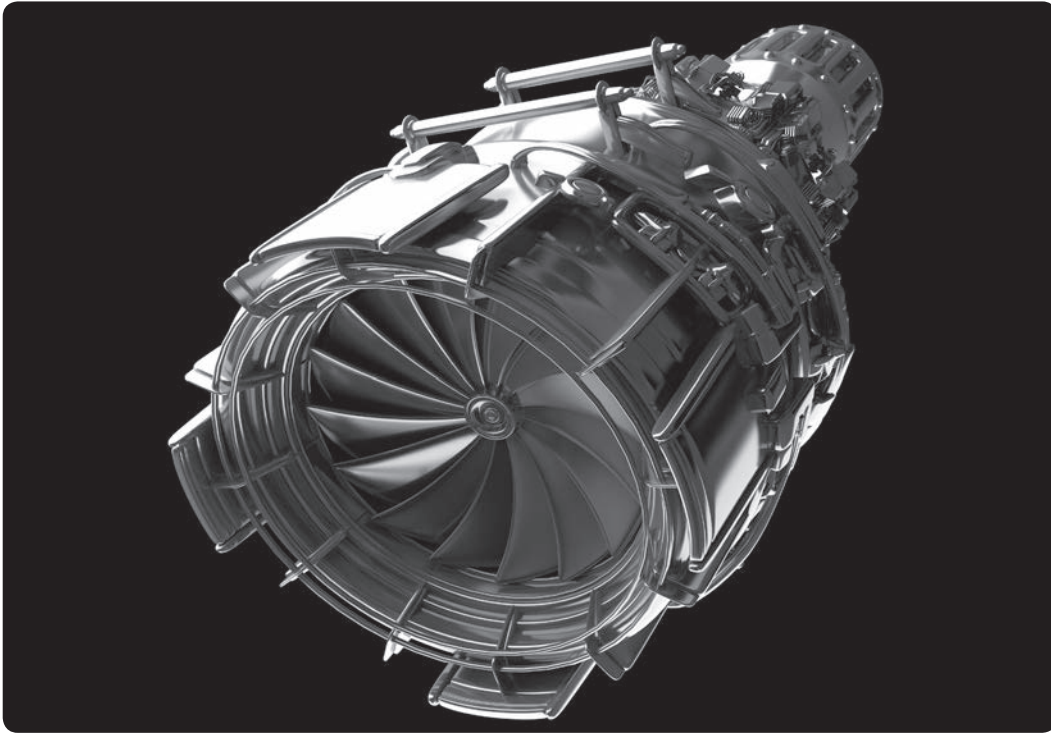
### Difüzyon Kaynağının Dezavantajları

- ★ Kaynak ekipmanlarının maliyeti genelde yüksektir. Bu durum, ekonomik olarak üretilen maksimum parça boyutunu sınırlandırır. Parça boyutları büyüdükçe maliyet artar.
- ★ Isıl çevrim, geleneksel kaynak işlemlerinkinden daha uzundur.
- ★ İşlem, büyük üretim miktarlarına uygulanamaz. Buna rağmen belirli sayıdaki bir grup aynı anda birleştirilebilir.
- ★ Vakum ve koruyucu atmosferin sınırlayıcı ortamında ısı ve yüksek sıkıştırma kuvvetinin aynı anda uygulanmasının gerekliliği, difüzyon kaynağında en temel ekipman problemidir.
- ★ Kalite kontrol için tahribatsız muayene yöntemleri kullanışlı değildir fakat kaynak kalitesinin yüksekliği nedeniyle güvenilirlik gerektiren birçok yerde kullanılmaktadır.

- ★ Birleştirme yüzeyleri ve parçalarının dolgusunda geleneksel sıcak basınç kaynağına göre daha fazla yüzey hazırlama özeni gerektirir. Bağlantı temizliğinin üniform olması ve düzlemlilik, difüzyon kaynağının kalite kontrolünde önemli faktörlerdir. Bu eksikler, işlemin klasik kaynak yöntemlerinin yerini almasına engeldir fakat özel kaynak problemlerini çözmede bu yöntemi kullanmak son derece etkilidir.

#### 7.4. DİFÜZYON ALIN KAYNAĞININ KULLANILDIĞI MALZEMELER

Günümüzde difüzyon kaynağı, çok sayıda ve çeşitli malzemelere farklı alanlarda ve amaçlarla geniş bir şekilde uygulanmaktadır. Aynı ya da farklı birçok malzeme, bu kaynak yöntemiyle birleştirilmektedir. En başarılı ve yaygın uygulama, titanyum alaşımlarından uçak parçaları yapımında görülmektedir (Görsel 7.7).



Görsel 7.7: Titanyum alaşımlı uçak motoru

Yüksek mukavemetli alüminyum alaşımları, nikel esaslı alaşımlar ve metal matrisli kompozitler difüzyon kaynağıyla birleştirilebilir. Benzer olmayan metal ve alaşımlarda, kaynak sonrası birleşme bölgesinde yeniden ergime ile malzeme gevrekleşiyorsa ya da dayanım azalıyorsa difüzyon kaynak yöntemi tercih edilmelidir. Tüm bu malzemelerde uygulanmakla beraber difüzyon kaynağının en çok uygulandığı metal, titanyumdur. Titanyum alaşımları, ara tabakaya ihtiyaç göstermeden kolayca kaynatılabilir. Titanyumun bu kaynak yöntemindeki en elverişli yönü, kendi oksidi de dâhil olmak üzere yüksek sıcaklıklarda basınç uygulandığı zaman yüzey atıklarını çözme kabiliyetidir.

Titanyumda katı çözeltili içindeki oksijen, sertliği arttırıp, kararlı fazı oluşturarak kaynağı güçleştirir ve yüzeyde çatlığa yol açar. Bu sebeple titanyumun difüzyon kaynağında koruyucu atmosfere ya da vakuma gerek duyulur. Koruyucu gaz olarak argon kullanıldığı takdirde argonun kaynak bölgesinde hareketliliğinin sağlanması gereklidir.

Titanyumu difüzyon kaynağı açısından cazip kılan diğer bir etken ise yüzeyinin temizlenmeye ihtiyaç göstermemesidir. Bununla beraber ergitme kaynağına yatkın olmaması, titanyumun difüzyon yoluyla birleştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Titanyumun yüksek bir mukavemet ve yoğunluk oranına, uzun bir yorulma ömrüne, iyi bir korozyon direnci ile yüksek sıcaklıkta mukavemet özelliklerine sahip olması, havacılık sanayisinde geniş bir alanda kullanılmasına imkân vermiştir. Kaynak esnasında yüksek sıcaklık (erime derecesi 1668 °C) uygulanmasının getirdiği maliyet artışı, bu nedenle göz ardı edilmektedir. Titanyum alaşımlarının difüzyon kaynağında kullanılan ara tabakaları, saf titanyumdan oluşmaktadır. Nikel esaslı alaşımlar, difüzyon kaynağının titanyumdan sonraki en önemli grubudur. Titanyum alaşımları ile paslanmaz çelik arasında da yüksek mukavemetli katı hâl difüzyon kaynağı gerçekleştirilmektedir. Ayrıca difüzyon kaynağı; metal matrisli kompozitlerin (Görsel 7.8), seramiğin seramikle ve metallerin seramiklerle olan birleştirilme işlemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.



Görsel 7.8: Metal matrisli kompozitli uçak motoru

### SIRA SİZDE

Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **difüzyon alın kaynağının üstünlükleri, kullanıldığı malzemeler ve endüstrideki önemi** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A. Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.**

1. (.....) Difüzyon kaynağında malzemenin ergimesi söz konusudur.
2. (.....) Kompozit malzemeler, difüzyon kaynak yöntemiyle birleştirilebilir.
3. (.....) Difüzyon kaynak yöntemi, en çok titanyumlu malzemelerin birleştirilmesinde tercih edilir.

**B. Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.**

4. Atom, molekül ve iyonların çok yoğun ortamdan az yoğun ortama doğru hareket etmelerine ..... denir.
5. En hızlı difüzyon maddenin ..... hâlinde gerçekleşir.

**C. Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.**

**6. Difüzyon kaynak yöntemi aşağıdaki hangi malzemenin birleştirilmesinde tercih edilmez?**

- A) Paslanmaz çelik
- B) Alüminyum ve alaşımları
- C) Nikel ve alaşımları
- D) Kalın bakır malzemeler
- E) Kalın çelik malzemeler

**7. Aşağıdakilerden hangisi difüzyon kaynaklı birleştirmeye etki eden parametrelerden biri değildir?**

- A) Malzemenin geometrik şekli
- B) Kaynak sıcaklığı
- C) Kaynak süresi
- D) Kaynak basıncı
- E) Malzemenin yüzey şartları

**8. Aşağıdakilerden hangisi difüzyon kaynak yönteminin avantajlarından biri değildir?**

- A) Farklı malzemelerde kullanılması
- B) Ergitme istenmeyen birleştirmelerde kullanılması
- C) Farklı yüzey şekillerine sahip parçaları birleştirebilmesi
- D) Kaynak ekipmanlarının düşük maliyetli olması
- E) Malzemelerin katı hâlde birleştirilmesi

**9. Aşağıdakilerden hangisi difüzyon kaynak yönteminin dezavantajlarından biridir?**

- A) Birleştirilen parçaların ilave ağırlık kazanmaması
- B) Tahribatsız muayene yöntemlerine kullanışlı olmaması
- C) Sınırlı kenarlı parçaların birleştirilebilmesi
- D) Malzemelerin birleştirilmeden önce ön ısıtmaya ihtiyaç duymaması
- E) Ergitme kaynağı ile birleştirilemeyen malzemelerin birleştirilebilmesi

**10. Difüzyon kaynak yöntemi aşağıdaki hangi malzemelerin bileştirilmesinde kullanılamaz?**

- A) Seramik-Seramik
- B) Seramik-Kompozit
- C) Seramik-Ahşap
- D) Kompozit-Titanyum
- E) Seramik-Paslanmaz çelik

# 8.

## ÖĞRENME BİRİMİ

# KAYNAK OTOMASYON SİSTEMLERİ



### KONULAR

- 8.1. ENDÜSTRİYEL ROBOTLAR
- 8.2. KAYNAK ROBOTLARI
- 8.3. ROBOTİK KAYNAK YÖNTEMLERİ

### NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- ★ Endüstriyel robotları açıklama
- ★ Kaynak robotlarını açıklama
- ★ Robotik kaynak yöntemlerini açıklama

### ANAHTAR KELİMELER

Otomasyon  
Robot  
Sistem  
Endüstri  
Yazılım

### HAZIRLIK SORULARI

1. Gündelik hayatta kullandığınız robot cihazlar nelerdir? Deneyimlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. "Endüstri robotları" terimi size ne ifade ediyor? Düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

Belli bir amaç için elektronik ve mekanik aksamalardan üretilmiş, programlanabilen cihazlara **robot** denir.

## 8. KAYNAK OTOMASYON SİSTEMLERİ

Endüstride işlerin insan gücü yerine programlanabilir robot veya yapay zekâlar tarafından otomatik olarak yapılması işlemine **otomasyon** denir. Bir otomasyonda yer alan tüm makine ve ekipmanların oluşturduğu sisteme ise **otomasyon sistemi** adı verilir.

Otomasyonlar, yarı veya tam otomasyon olabilir. İşlerin tamamı robotlar tarafından yapılıyorsa **tam otomasyon**, bir kısmı insan bir kısmı ise robotlar tarafından yapılıyorsa **yarı otomasyon** olarak adlandırılır. Endüstride otomasyon sistemleri birçok alanda kullanıldığı gibi kaynaklı birleştirmeler alanında da verimli bir şekilde kullanılır. Malzemelerin kaynaklı birleştirilmelerini esas alan otomasyon sistemlerine **kaynak otomasyon sistemleri** denir (Görsel 8.1).



Görsel 8.1: Kaynak otomasyon sistemleri

## 8.1. ENDÜSTRİ ROBOTLARI

Endüstride kullanılan, programlanabilir, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir, çok amaçlı kullanılabilen makinelere **endüstri robotları** denir (Görsel 8.2). Günümüzde yatırım masraflarını azaltmak, daha fazla üretim yapmanın yanı sıra kaliteyi yükseltmek ve verimi artırmak için birçok endüstri kolunda hızla kullanıma giren robotların kullanılmasında etkili olan ekonomik ve teknolojik faktörler bulunmaktadır. Gelişen teknolojiyi yakından takip eden endüstri kuruluşları, kendilerini daha fazla geliştirmek için robotların içinde bulunduğu sistemlerle çalışmaya başlamıştır. Günümüzde endüstride kullanılan robot sayısı hızla artmaktadır.



Görsel 8.2: Endüstriyel robotlar

Endüstride kullanılan robotların avantajları şu şekilde sıralanabilir:

**Üretim Maliyetini Düşürme:** Robot kullanılarak toplam kalitede artış sağlanır, böylece maliyet düşer. Çünkü insanlardaki dikkatsizlik veya yorgunluk sonucu meydana gelen hatalara robotlarda rastlanmaz.

Birçok endüstri şirketlerinin elastik üretime geçmesi, doğrudan işçilik maliyetleri ile ücret dışı işçilik maliyetlerinin çok yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle firmalar, fazla işçi çalıştırmak yerine onların birkaçının yapabileceği işleri, sadece bir robot ile yapma imkânlarını kullanmaktadır.

**Üretim artışı:** Endüstride robotlardaki iş hızları sayesinde kalite düşürülmeden hızlı üretim yapılabilmektedir. Endüstri şirketleri rekabeti sürdürebilmek için robotların yüksek kalitede seri üretim yapma yeteneklerinden faydalanmaktadır.

**Kalite artışı:** Robotlarda üretim hataları çok daha az olduğundan üretimdeki kaliteleri çok daha yüksektir. Yüksek kaliteli üretim için diğer bir avantaj ise çalışma hızıdır.

**Tehlikeli ve konforsuz çalışma koşulları:** Endüstride bazı çalışma koşullarında radyasyon, sıcaklık veya zehirli maddeler açığa çıkar. Bunların sonucu olarak insan sağlığına zarar verici bir ortam oluşur. Ayrıca endüstriyel alanlarda iş kazasına sebep olabilecek çok tehlikeli durumlar meydana gelebilir. Böyle durumlarda insan çalıştırmak yerine robotları tercih etmek doğru seçim olacaktır. Bu tür çalışma koşullarına örnek olarak sıcak dövme, metal kalıba enjeksiyon döküm, sprey boyama ve döküm işleri verilebilir. Dökümhanede sıvı metal eriyiklerini boşaltma, zehirli boya ile boyama, radyoaktif ortamlarda çalışma gibi işler insanlar için zararlıdır ve robot kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. İş emniyeti ve çalışma şartlarının iyileştirilmesinin yanı sıra elle yapılan işlerin azaltılması, sağlığa zararlı, kirli ve tehlikeli işler, robot uygulamasına geçişin zemininin oluşturan önemli etkenlerdendir.

**Yönetim kolaylığı:** Robotların programlanabilir olması, yönetim açısından kolaylıklar sağlar.

**Uzun ömür:** Robotların periyodik bakımlarının yapılması durumunda sistem ömürlerinin uzun olması endüstri şirketleri açısından avantaj sağlar.

**Sürekli tekrarlanan işler:** İş sisteminde sürekli aynı iş eylemleri tekrarlanıyorsa robotların kullanılması daha uygun olacaktır.

**Ağır veya tehlikeli iş parçalarının taşınması:** Üretimde kullanılan iş parçası tehlikeli veya ağır ise bir robot kullanılarak söz konusu iş parçası kolaylıkla taşınabilecektir. İnsan iş gücüyle bu tür iş parçalarını taşımak üretim süresinin uzamasına yol açar.

**Personel maliyeti:** Endüstriyel robotların tercih edilmesinin diğer bir nedeni, robotların kurulum maliyetlerinin personel giderlerinden daha düşük olmasıdır.

Robotlar, kullanıldıkları sektörlere ve kullanım amaçlarına göre 10 alanda incelenebilir:

### I) Taşıma Robotları

Endüstride bitmiş ürün veya yarı mamullerin pres, CNC tezgâhları, otomatik montaj ve dolun hatları gibi birçok üretim aracından alınması, doğru ve hassas bir şekilde istiflenmesi amacıyla kullanılan robotlardır (Görsel 8.3).



**Görsel 8.3:** Taşıma robotları

Bitmiş ürünleri istiflemek için depolara tek tek taşımak yerine önce bir palet üzerine yerleştirmek, ardından bu paleti taşımak daha uygun olmaktadır. Parçalar, robot tarafından palet üzerine belli bir sıraya göre dizilmektedir. Burada önemli olan hususlar; besleme hızı, taşıma erişim alanının doğru hesaplanması ve ürün tutucunun doğru seçilmesidir. Sanayide taşıma robotlarıyla ilgili yapılan seçimlerde yapılan hatalar genellikle fazla eksenli robot kullanmak, gereğinden daha ağır malzeme taşıyabilecek nitelikte fazla kapasiteli, gereğinden yüksek veya düşük tekrarlanabilirliğe sahip robot seçmek ve hatalı çevrim süresi hesaplamak olarak sıralanabilir. Robotun her bir eksenini, **serbestlik derecesi** olarak adlandırılır. Üç boyutlu karmaşık eğrisel dikişlerde uygun elektrot açısını sağlamak için kaynak robotlarında, nükleer santrallerde veya boruların içerisinde çalışması gereken robotlarda, açının ve konumun hassas olduğu noktalarda serbestlik derecesi, diğer bir deyişle eksen sayısının fazlalığı önemlidir. Taşıma, yükleme, boşaltma gibi basit süreçlerde çoğunlukla üç veya dört eksenli robotlar, doğru yerleşim ve yeterli erişim sağlandığında yeterli olmaktadır. Endüstride yer alan robotlar; genel olarak altı eksenli üretilmektedir. Bu tür robotların yedek parça teminlerinin kolay olması ve üretim maliyetlerinin düşürmeleri nedeniyle endüstri tarafından yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Tekrarlanabilirlik özelliği robotlarda bir diğer önemli husustur. **Tekrarlanabilirlik**, robotun kol ucu takımını tekrarlı ve tutarlı olarak önceden öğretilen noktaya götürebilme yeteneğini ölçen istatistiksel bir terimdir. Yük taşıma kapasitesi de taşıma robotlarında çok önemli bir husustur.

**Maksimum yük taşıma kapasitesi**, robotun minimum hızında tekrarlanabilirlik değerini koruyarak taşıyabileceği maksimum yük değeridir. Manivela etkisine (kaldıraç gücü) bağlı olarak yük, manipülatör gövdesine daha yakın olduğunda daha ağır yüklerin kaldırılabileceği açıktır. Bundan dolayı robota ait spesifikasyon belgesinde belirtilen maksimum yük, kol uzamalarında istenen yükün manipülasyonuna izin verecek şekilde olmalıdır. Aşırı yüklemenin meydana gelmesi ve maksimum yükle birlikte tutucu veya bilekte, takımla çalışırken kesinliği sağlayabilmek için doğru güce sahip robot kullanılması önerilmektedir. Aksi takdirde geri dönüşü mümkün olmayan donanım hasarı, yüksek hızla hareket eden ürünün iş güvenliği riski yaratacak şekilde savrulması, robotun devrilmesi gibi sonuçlara yol açılabilir. Doğru iş analizi ve ürün çalışması ile tamamlanması gerekli olan çeşitli operasyonlardaki döngü sürelerinin belirlenmesi gerekmektedir. Çeşitli robotların hız performanslarıyla ilgili dikkatli bir çalışma gerçekleştirilmelidir. Çalışma alanının ölçekli çizimleri ve robot çalışma alanının şablonları, robotun istenen noktalara ulaşabilmesini ve çarpışma noktalarının tanımlanmasını sağlamak için gereklidir. Alternatif olarak bilgisayar simülasyonu kullanılabilir.

## II) Yapıştırma

Montaj sanayisinde contalama, silikon mastikleme gibi çeşitli yapıştırma işlemlerinin tamamı artık robotlarla yapılmaktadır (Görsel 8.4). Otomotiv sektöründe bu işlemi robota yaptırmaktaki amaç, işlemin kalitesini ve hızını en yüksek seviyede gerçekleştirmektir. Burada robot için en kritik nokta, sürülen kimyasal malzemede istenilen şeklin ve dolgunluğun alınabilmesidir. Örneğin silindirik şekilde sürülen bir malzemede dönüş esnasında şekil ve nüfuziyette herhangi bir kayıp olmayacak ve süreç daha kolay işleyecektir. Özellikle ön cam ve arka bagaj gibi parçaların montajında conta miktarı, kalınlığı ve uygulanan kimyasalın nüfuziyeti güvenlik açısından büyük önem arz etmektedir.



Görsel 8.4: Yapıştırma robotu

### III) Kaynak

Kaynak robotları (Görsel 8.5), Türkiye’de ve dünyada bütün robot uygulamalarının %25’ini oluşturmaktadır. Üreticileri kaynak işlemlerinde robota yönlendiren etkenler; artan işçilik ve eğitim maliyetleri, nitelikli eleman sıkıntısı ve kaynak işleminin yapan kişide oluşturduğu olumsuz fiziksel etkilerden dolayı gerçekleşen, kısa vadede oluşan verimsizlik ve kalite kaybı ile uzun vadede meydana gelen mesleki hastalıklardır. Kaynak robotu, özellikle seri üretimde kalite, verimlilik ve maliyet açısından büyük avantaj sağlamaktadır ancak sanılanın aksine robotlu kaynak ile gerçekleştirilen işlemler, elle veya farklı mekanik sistemlerle yapılan kaynaktan çoğu zaman daha hızlı olmamaktadır. Kaynak ilminin getirdiği nüfuziyet, ısı yayılımı, eğilme-çarpılma gibi fiziksel etmenlerden dolayı robotlu kaynak hızı, farklı yöntemlerle yapılan kaynak işlemleriyle benzer hızlardadır. Robotla hız artışı, doğal olarak bu ilmin sunduğu çerçeve ile sınırlandırılmıştır ancak robotlu kaynak üretiminde kalifiye kaynak ustası yerine sadece malzeme yükleme ve boşaltma yapabilecek bir ara elemana ihtiyaç vardır. Bu yükleme boşaltma işlemi de birçok endüstri alanında taşıma robotları ile gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte robotlu imalatta kaynak teli, torç ve diğer sarf malzemeleri daha uzun ömürlü ve tasarruflu olmaktadır.



Görsel 8.5: Kaynak robotları

#### IV) Montaj

Seri imalat montaj işlemleri, robot kullanımının dünyada en yaygın olduğu alandır. **Montaj**, önceden imal edilmiş, hazırlanmış parçaların farklı yöntemlerle birleştirilmesi işlemidir. Bu işlem, genellikle sabit istasyonlarda yapılmaktadır. Gerekli parçalar, belli yerlerden belli bir sıraya göre alınıp birleştirilmektedir. Endüstriyel montaj robotları (Görsel 8.6), montaj hatlarında kullanılarak üretim hızı ve tutarlılığını artırmaktadır. Montaj robotları, üretim hızını ve kazancını artırarak iş güvenliğiyle ilgili ortaya çıkan sorunları ortadan kaldırmaktadır. Montaj robotları, tekrarlanan hareketlerden dolayı işçilerde oluşabilecek meslek hastalıklarının ve kalıcı hasarların önüne geçmektedir. Robotlar; üretim safhalarında yer alan ham maddeleri israf etmeyen ve mola vermeden çalışan, yüksek eğitim ve niteliklilik gereksinimini ortadan kaldıran, çalışma güven aralığı yüksek, güvenilir, hızlı bir üretim gücü sağlayan özellikleriyle işletmeye zaman ve maliyet avantajı sağlamaktadır.



Görsel 8.6: Montaj robotu

## V) Boyama

Boyama, günümüzde robotların yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biridir (Görsel 8.7). Boyama işlemi, özellikle otomotiv endüstrisinde ve hassas sonuç alınması istenen birçok alanda robotlar tarafından yapılmaktadır. Robotların bu alanda kullanılmasının diğer bir nedeni ise boyahanelerde çalışma şartlarının ve çalışma ortamının insan sağlığına zararlı olmasıdır. Boyama işleminde takip edilecek yol, başlangıç ve bitiş noktalarından çok daha önemli olduğundan sürekli yol denetimi uygulanmaktadır. Robota takip edeceği yol tecrübeli bir boyacı tarafından öğretildikten sonra boyama işlemi birçok defa hassas olarak tekrarlanabilmektedir. Boyama işleminde robot kullanılmasıyla birlikte boyahanelerdeki temiz hava ve enerji ihtiyacı azalmakta; temiz ve kaliteli bir boya elde edilmekte, böylece malzeme ve işçilik maliyetleri düşmektedir.



Görsel 8.7: Boyama robotu

## VI) Nükleer Santraller

Nükleer endüstride robotlar; test, kontrol ve besleme amacıyla günümüzde yaygın bir biçimde insan iş gücüne yerine tercih edilmeye başlanmıştır. Robotla yapılan test ve gözetim teknikleri genellikle görsel kontrol, ultrasonik kontrol ve radyasyon seviyesinin ölçülmesi olarak sıralanabilir. Buradaki amaç, nükleer enerji sektöründe çalışan kişilerin radyasyon maruziyeti ile buhar türbini, basınç hatları gibi tehlikeli ekipmanlardaki risklerini ortadan kaldırmaktır.

### VII) Tarım ve Zirai Aletler

Türkiye’de tarım, işçi temini yeterli bir sektördür. Tarım işçisi az, insan emeği pahalı ve tarımsal ürün kapasitesi yüksek ülkelerde (Avustralya, Japonya, ABD, İsveç vb.) tarım işletmeleri ile tarımda kullanılan makinelerin otomasyonuna ve robot teknolojisi kullanımına giderek artan bir eğilim bulunur. Otomasyon ile robot teknolojisi, üretken ve ekonomik tarım işletmeleri için olduğu kadar sağlıklı ürün elde etme, bu ürünleri uygun koşullarda koruma, taşıma gibi faaliyetlerde önemli rol oynar.



Görsel 8.8: Tarım robotu

Robotlar, tarım endüstrisinde de potansiyel olarak çok geniş bir kullanım alanına sahiptir. Robot teknolojisinin tarım endüstrisi ile kesişimi, çok çeşitli alanlarda olabilmektedir (Görsel 8.8). Bu kapsamda robot görme sistemli traktörler, dönemsel ürün sınıflandırma sistemleri, fide ve tohum ekim robotları, ürün hasat robotları, gübreleme, ilaçlama, yabancı otlar ve zararlılarla mücadele için kullanılan robotlar sayılabilir. Bitkileri parçalarına ayırma veya kabuklarını soyma (konserve gibi) işleri için de robot manipülatörler kullanılmaktadır.

Tarım sektöründe otomasyon teknolojisinin öne çıkan kullanım alanları şunlardır:

- Tohumlama, gübreleme ve ilaçlama (zararlılarla mücadele) amaçlı otonom veya uzaktan kumandalı gezer robotlar
- Ürün hasat robotları
- Besleme ve sulama sistemleri
- Süt sağma makineleri ve robotları
- Ürün sınıflandırma ve işleme robotları

### VIII) Su Altı

Günümüzde insanlar, büyük bölümünü kendisi için riskli veya erişimi olanaksız olarak kabul ettiği su altı ortamında farklı konular hakkında araştırma yapmak ve faaliyet göstermek çabasındadır. İnsan faktörü, su altı araştırmalarında daima çalışılacak derinlik ve çalışma süresi üzerinde belirleyici olmuştur. Yüksek basınç, düşük sıcaklık, suyun kimyasal yapısı ya da su altı canlılarından gelebilecek tehlikelerden dolayı birçok su altı çalışması insan gücü kullanımına izin vermez. Bu nedenle su altı robotları (Görsel 8.9), yavaş ama sürekli olarak kaydedilen ilerlemelerle su altında insanın yerini almaktadır. Günümüzde su altı robotlarının başlıca kullanım alanları; okyanus tabanı araştırmaları, su altı jeolojisi, su altı madenciliği, su altı arkeolojisi, su altı biyoteknolojisi, balıkçılık, su tarımı ve askerî amaçlı çalışmalardır. Su altı robotlarının tasarım problemi, daha önce kara robotlarında karşılaşılmayan birçok sorunu da beraberinde getirmiştir. Örneğin su altı robotları çalıştıkları ortamlarda karşılaştıkları su basınç değerlerine karşı dayanıklı olacak şekilde üretilmelidirler. Şüphesiz su altı robotlarının üretimlerinde karşılaşılan tek sorun yüksek basınç değildir. Nem, deniz suyunun kimyasal yapısından kaynaklanan korozif (aşındırıcı) etki, hareketli parçalar arasında yağlama problemi gibi birçok hususun tasarım sırasında göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Fakat bu tür robotların tasarımında karşılaşılan en büyük sorunlar; gezinim sisteminin tasarlanması, aracın denetimi, yörünge planlaması gibi konularda yaşanmaktadır.



Görsel 8.9: Su altı robotu

### IX) Askerî ve Savunma

Hayatın her alanında yerini alan ve büyük bir hızla gelişen robotik sistemler, askerî alanda da hızla gelişmektedir. Türkiye’de yerli ve millî olarak üretilen ve uluslararası arenada kritik öneme sahip olan insansız hava uçakları (Görsel 8.10) ile gözlem yapma, bombalama, hedef vurma gibi görevlerde elde edilen başarılar göz önünde bulundurulursa mekanikleşmenin, robotizasyon ve otomatik kontrolün savaş ve savunma sanayisindeki artan önemi ve yeri daha net anlaşılacaktır.



Görsel 8.10: Türkiye Cumhuriyeti’ne ait insansız hava aracı

### X) Özel Kullanım Alanları

- Eğitim robotları
- Eğlence sistemleri
- Ev ve ev çevresinde kullanılan makineler
- Kurtarma robotları
- Yangın söndürme robotları
- Duvar tırmanan robotlar (Yangın, boyama, kaynak, gözlem vb. işler için)
- Maden kazaları ve deprem sonrası kurtarma robotları
- Sağlık hizmetleri

## 8.2. KAYNAK ROBOTLARI

Endüstride robotların yaygın bir şekilde kullanıldıkları başlıca alanlar ergitme ve ark kaynağı alanlarıdır (Görsel 8.11). Ark kaynağı uygulamalarında bazı teknik ve ekonomik sorunlarla karşılaşma riskine rağmen robotik sistemler ark kaynağında da kullanılır. Sürekli ark kaynağındaki tehlikeler nedeniyle bu alanda endüstriyel robotlar kullanılmalıdır.

Sürekli ark kaynağı; düşük sayıda üretilen, birçok öge ve bileşenden oluşan ürünlerin imalatında sıklıkla tercih edilir. Ark kaynağı gerçekleştiren endüstriyel robotların bazı özelliklere sahip olması gerekir. Öncelikle robotun çalışma hacmi, kaynak edilecek parçaların boyutlarına yetecek büyüklükte olmalıdır. Ayrıca iş istasyonunda iki parça tutucu varsa her iki tutucuda da hareket döngüsü gerçekleştirmek için robot uygun erişime sahip olmalıdır. Ark kaynağı için sürekli-yol kontrolü gereklidir. Kaynak dikişinin düzgünlüğünü sağlamak için robot, hatasız sürekli harekete sahip olmalıdır. Buna ilaveten kaynak döngüsünde hareketin başlangıcında kaynak banyosunu oluşturmak için ve hareketin sonunda da kaynağı bitirmek için bir bekleme süresi gerçekleştirmelidir. Robotun tamlığı ve tekrarlanabilirliği, kaynak işinin kalitesini belirler. Kaynak işlerinin kesinlik gereksinimleri, boyut ve endüstrinin pratiğine bağlı olarak değişiklik gösterir; bu gereksinimler, en uygun robot seçilmeden önce her kullanıcı tarafından tanımlanmalıdır. Robot, hücredeki diğer ekipmanlarla birlikte çalışabilmek için yeterli giriş, çıkış ve kontrol yeteneklerine sahip olmalıdır. Bu diğer ekipmanlar, kaynak ünitesi ve parça pozisyonerleridir.



Görsel 8.11: Ark kaynak robotları

Hücre kontrolörü, robotun hızı ve yörüngesi ile parça manipülatörünün operasyonu ve tel besleme hızı gibi kaynak parametrelerini koordine etmelidir. Düzensiz şekillere sahip kaynak yolları için robotun hareket yolu boyunca fiziksel olarak hareket ettirildiği gösterme ile programlama metodunu kullanmak gerekir. Ark kaynağında kaynak, bir dikiş şeklinde olup bir nokta şeklinde değildir. Ark kaynağında metaller, ısı yardımıyla ergitilerek bir dikiş şeklinde birbirine bağlanır. Bu noktada robotların kaynak dikişlerinde hata yapmaması için özel sensörlerle kaynak dikişinin kontrol edilmesi sağlanır. Sistem genel olarak kaynak robotu, servo motorlu pozisyoner, yükleme vinci, palet-fikstür rayları ve tabla taşıyıcıdan oluşmaktadır. Bu ekipmanlar sayesinde sistem kendi çalışmasını kendisi belirler ve duruş zamanı olmadan çalışabilir.

Kaynak robotları 4 ana kısımdan oluşmaktadır:

» **Manipülatör:** Taşıma kapasitesinin fazla olmasına gerek yoktur çünkü sadece kaynak ekipmanlarını taşıması yeterlidir. Bu ise yaklaşık 4-5 kg civarındadır. Ark kaynağı işleminde genellikle hareket tekrarlama kabiliyetinin +0,1 ve -0,1 mm hata sınırında olması gereklidir.

» **Kontrol ünitesi:** Robotun tüm işlemlerini yöneten ünitedir. Kaynak robotlarında birden çok robotun kontrolünün gerekli olabileceği düşünülerek kontrol ünitesinin birden fazla robotu kontrol edecek tipte olması tercih edilir. Toplam 15 eksenli kontrol edebilen üniteler vardır.

» **Kaynak ekipmanları:** Robotlarda ağırlıklı olarak MIG-MAG, direnç ve TIG ark kaynağı yöntemleri kullanılır. MIG-MAG ark kaynağı, eriyen elektrotla kaynak; TIG kaynağı ise erimeyen elektrotla koruyucu gaz altında gerçekleştirilen ark kaynağı yöntemidir. Koruyucu gaz, MIG kaynağında saf argon ya da argon+helyum; MAG kaynağında argon-karbondioksit karışımı; TIG kaynağında ise saf argon ya da argon+helyum gazıdır. Otomasyon sistemlerinde hızlı ark kontrolü ile çıkış akımı ve gerilimini daha hassas ayarlayabilen inverter kontrollü üniteler de bulunur. Bu üniteler ile ark başlama ve bitiş kabiliyeti iyileşir, kısa devre ark transferi rahatlıkla yapılabilir. Herhangi bir frekans ve dalga formundaki darbeleri akım kontrolü, dikiş yüzeyinin kontrolü ve metal transferinin dengeli yayılması sağlanabilir.

» **Pozisyonerler ve sliderlar (slaydırılar):** Pozisyonerler, kaynaklanacak parçayı kaynaklanmış olan parça ile değiştiren sistemlerdir. Sliderlar ise robotun çalışma alanını artıran sistemlerdir.

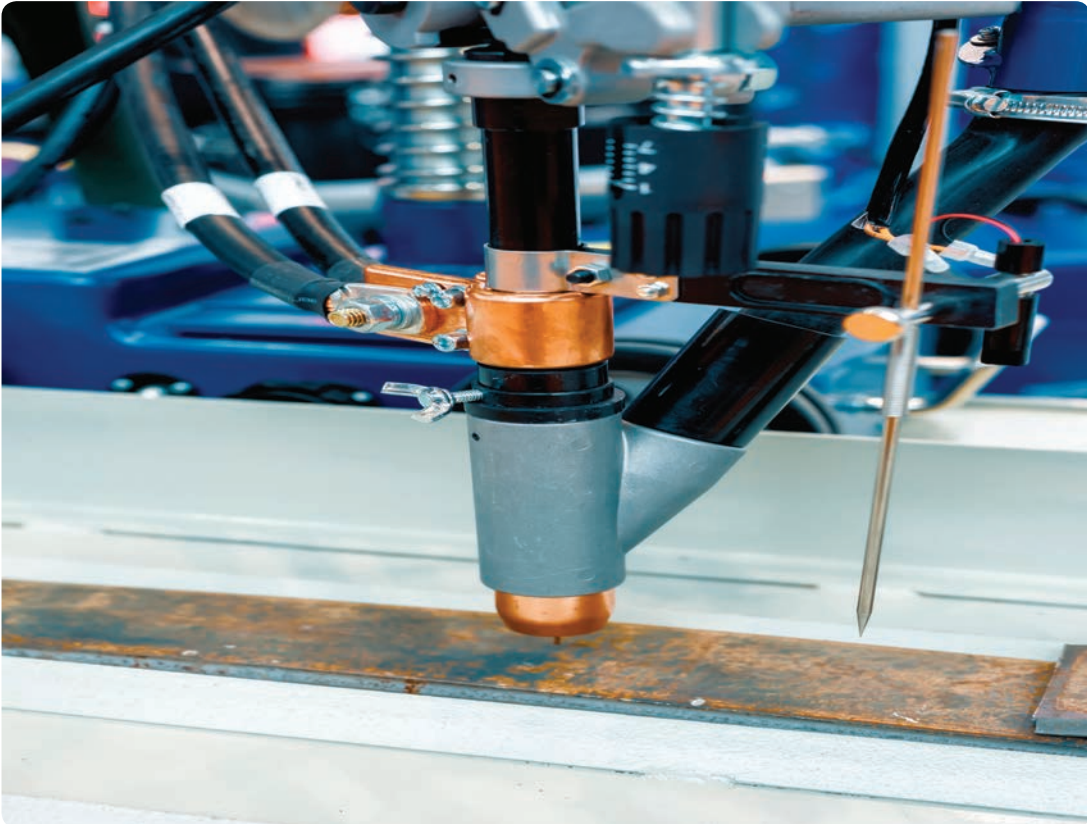
### **Robot Kaynak İşleminde Dikkat Edilecek Hususlar**

- Gerilim sabit tutulmalıdır.
- Akımın şiddetine dikkat edilmesi gerekir.
- Uzun süre kesintisiz kaynak uygulaması yapılacağı zaman su soğutmalı torç gerekir.
- Hava soğutmalı torç, robot kaynak operasyonlarında kullanılmaz.
- Birleştirilecek parçalarda yapılacak kaynağın kalınlığına göre tel çapı belirlenir.
- Doğru akım (DC) gerilim kaynağı kullanılması gerekir.
- Yatay karakteristikli makineler kullanılır.

### 8.3. ROBOTİK KAYNAK YÖNTEMLERİ

#### » Robotlu Gazaltı (MIG-MAG) Kaynağı

Gazaltı kaynağı, bilindiği üzere kaynak yöntemleri içinde mekanizasyona/otomasyona uygunluğu ile bilinmektedir. Robotun gelişimiyle bu mekanizasyonun robotla gerçekleştirilebileceği düşünülmüş, robota uygun ekipmanların yapılabilmesiyle birlikte de uygulanmaya başlamıştır. Robotlu MIG-MAG kaynak sistemlerinde kullanılan kaynak fikstürleri ise bu sistemlerin en önemli unsurlarının başında gelmektedir. Kaynak fikstürlerinin teknik özellikleri istenilen koşulları sağlamıyorsa istenilen ürün kalitesi elde edilememekte ve üretim durma noktasına gelebilmektedir. Bazı kullanıcılar özellikle satın alma süreçlerinde sadece robota ve robotun maliyetine odaklanırlar. Çok önemli olan fikstür ve diğer yan ekipmanlar göz ardı edilir. Bu durum ilerleyen süreçte ciddi sorunlara yol açabilir. Robotlu MIG-MAG kaynak sistemlerinin (Görsel 8.12) en önemli özelliği, doğrudan kaynak kalitesi ve buna bağlı olarak ürün kalitesinin artışıdır. Yüksek sayıların ve ciddi kalite gerekliliklerinin söz konusu olduğu otomotiv sanayisi, bu gelişmeye çok çabuk tepki vermiş ve kısa sürede yüksek miktarda robot, otomotiv sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde de en büyük robot kullanıcısı sektör otomotiv ve yan sanayileridir. Bununla birlikte beyaz eşya, genel makine, gemi inşa ve metal sektörlerinde her geçen gün daha fazla sayıda robot kullanılmaktadır.



Görsel 8.12: MIG-MAG kaynak robotu



## 8. ÖĞRENME BİRİMİ

Robot tabanlı gazaltı kaynak yönteminin avantajları şu şekilde özetlenebilir:

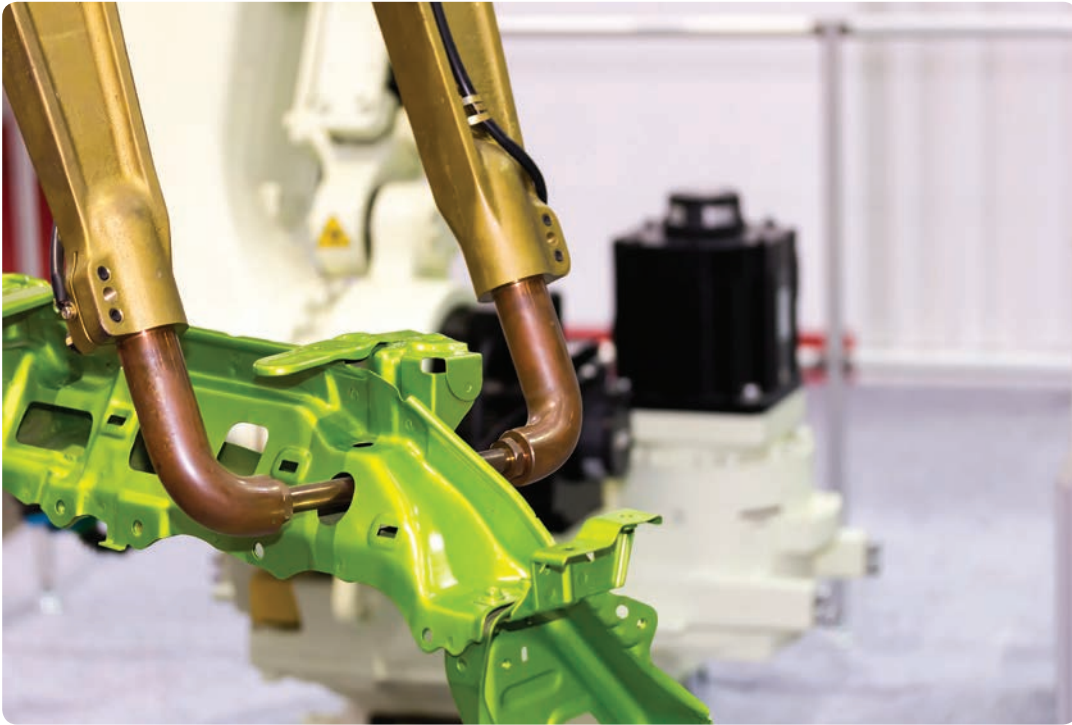
- ★ **Ürün kalitesinin artışı:** Kaynağın yapılması için gerekli torç hareketlerinin robot tarafından hep aynı kararlılık ve etkinlikle yapılması sonucu kaynak kalitesindeki artış sağlar.
- ★ **Azalan imalat maliyetleri:** Kaynak sürelerinde manuel/insanlı kaynağa göre 2 ile 5 kata kadar hız artışı ile düşen imalat süreleri ve azalan işçilik maliyetleri sağlar.
- ★ **Verimlilik artışı:** Parça üretim sürelerinin kararlı ve önceden bilinebilir olmasıyla verimi artırır.
- ★ **Müşterinin ihtiyacına göre tasarlanan sistemler:** Elle yapılması çok zor olan kaynakların tamamen müşterinin ihtiyacına göre tasarlanan sistemlerle yapılabilmesi sağlar.
- ★ **Çalışma ortamının iyileştirilmesi:** Operatörlerin kaynak gibi ağır ve insan sağlığı için riskler barındıran bir süreçten uzaklaştırılması sağlar.

MIG-MAG kaynağı yapmak için kurulan robotlu bir istasyonda/sistemde bulunması gereken bazı yan ekipmanlar vardır. Bu yan ekipmanların bazıları şunlardır:

- ★ **Robot:** Parçaya uygun erişim ve taşıma kapasitesine sahip olmalıdır.
- ★ **Robot kontrolörü:** Gazaltı kaynak yöntemine uygun yazılım yüklenmiş olmalıdır.
- ★ **Güç kaynağı:** Kaynak yapılacak malzemeye uygun akım ve gerilim özelliklerini sağlamalı, robot bilgisayarı ile entegre olmalıdır.
- ★ **Torç:** Parçaya ve kaynak yapılan malzemeye uygun olmalıdır. Su soğutmalı olması, sarf malzemelerinin ömrünü uzatmaktadır.
- ★ **Tel sürücü:** Kaynak telinin uygun hız ve diğer koşullarda torca sürülmesini sağlar.
- ★ **Hortum paketi:** Kaynak için gerekli tel, gaz ve enerjinin tel sürücüden alınarak torca uygun bir şekilde iletilmesini sağlar.
- ★ **Torç servis merkezi:** Kaynak nedeniyle kirlenen torcun temizlenmesini ve torcun kalibrasyonunu sağlar. Aksi takdirde torcun kaynak cürufu ile dolması nedeniyle kaynak, yapılamaz hâle gelir.
- ★ **Parça fikstürleri:** Robotlu kaynağa uygun ve teknik gereklilikleri sağlayan (rijitlik, ayarlanabilirlik) fikstürler, robotlu kaynak sisteminin en önemli parçasıdır. Manuel veya otomasyonlu olabilir.
- ★ **Fikstürler için pozisyoner (opsiyonel):** Parçanın kaynakları parçanın dönmesini gerektiriyorsa çoğunlukla fikstürler, yine robot tarafından kontrol edilen pozisyonerler ile döndürülmekte ve parça akışı sağlanarak robotun durmaması temin edilmektedir.
- ★ **Güvenlik ekipmanları:** Çevre çitleri, ışık bariyerleri ve mekanik anahtarlardan oluşan sistemdir. İnsanları robotun çalışma sahasından uzak tutmak için uygun şekilde robotlu sisteme entegre edilir.
- ★ **Servo kontrollü hareketli ray sistemi:** Robot erişiminin artırılabilmesi için robotun üzerinde hareket edebildiği ray sistemidir.

### » Direnç Nokta Kaynağı (Punta)

Endüstride, 21. yüzyılda robot kullanılarak yapılan en yaygın kaynak yöntemi direnç nokta kaynağıdır (Görsel 8.13). Yeni nesil endüstriyel robotlar, ilk defa 1975'te gazaltı kaynağında, 1979'da punta kaynağında kullanılmaya başlanmıştır. O yıllardan bugüne kadar robotlu kaynak otomasyonu hızla gelişmiştir ve dünya çapında yüz binlerce robot, uygun çevre ekipmanlarıyla birlikte özellikle gazaltı ve punta kaynak yönteminde kullanılmaktadır. Direnç nokta kaynağı, en çok otomotiv ve benzeri sanayi sektörlerinde kullanılan bir kaynak yöntemidir. Otomobil üretiminde binek arabaların yapımı için kullanılan otomasyon sistemleri; yaklaşık olarak 5.000 adet nokta, 30 metre kadar ark, 1 metre elektron ışın ve 15 adet sürtünme kaynaklarından oluşmaktadır.



**Görsel 8.13:** Direnç nokta kaynak robotu

Direnç nokta kaynağında kullanılan kaynak robotları, bu kaynak işlemini yerine getirebilecek donanıma sahip olmalıdır. Robotun çalışma hacmi, işlem yapılan parçaların boyutlarına uygun olarak seçilmelidir. Robot; parça üzerinde ulaşılması güç olan yerlerde kaynak tabancasını konumlayabilmeli, kaynak işlemini bu pozisyonlarda uygun basınç ve akım değerini sağlayarak en uygun sürede tamamlayabilecek şekilde, uygun basınç ve akım değerini sağlayarak kaynak işlemini yapabilmelidir. Bu nedenlerden robotların serbestlik dereceleri yeterli ölçüde olmalıdır. Ayrıca robotun kontrolör hafızası, nokta direnç kaynak döngüsü için gerekli birçok konumlama adımlarını gerçekleştirebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Robotlar, değişik parçaların üretimine izin verecek derecede esnek bir yapıya sahip olmalı ve bu esnek imalatı sağlayacak nitelikte kolay programlanabilmelidir.



## 8. ÖĞRENME BİRİMİ

Çok yönlü robotların bulunduğu kaynak hatları için çeşitli kaynak istasyonlarında değişik modellerin izlenebilmesi ve iş istasyonlarındaki robotlara programların yüklenebilmesi için programlanabilir kontrolör kullanılmalıdır. Nokta kaynağının robotlarla yapılması, bu kaynak yöntemiyle üretilen ürünlerin kalitesini artırmış ve operatörün güvenliğini sağlamıştır. Kalitenin artması, kaynak dikişlerinin daha tutarlı olması ve kaynakların konumundaki tekrarlanabilirliğin daha iyi olmasından kaynaklanır. Göreceli olarak çok iyi bir tekrarlanabilirliğe sahip olmayan robotlar bile insanlara nazaran nokta kaynaklarını daha doğru bir şekilde konumlandırabilir. İnsanın elektriksel şok ve yanık tehlikelerinin bulunduğu çalışma alanından uzak tutulması ile güvenlik artırılmış olur. Nokta direnç kaynağı yöntemini otomatik hâle getirmek için robotların kullanılması, ayrıca üretim planlama ve kontrol alanında da gelişmelerin meydana gelmesini sağlayacaktır. Punta kaynağında kullanılan robotlu istasyonda/sistemde bulunan yan ekipmanlar şu şekilde sıralanabilir:

- ★ **Robot:** Oldukça ağır olan servo punta tabancasını taşıma kapasitesine ve erişime sahip olmalıdır.
- ★ **Robot kontrolörü:** Punta kaynak yöntemine uygun yazılım yüklenmiş olmalıdır.
- ★ **Punta robotu için özel hortum paketi:** Punta tabancasının ihtiyaç duyduğu soğutma suyu, sinyal, enerji ve havanın robotun üzerinden tabancaya iletilebilmesi için özel tasarlanmış olmalıdır.
- ★ **Kaynak kontrol ünitesi:** Kaynak akım ve çalışma süresini ayarlamak için robot bilgisayarı ile tam entegre, genellikle AC gerilim tabanlı, tristör kumandalı kaynak kontrol ünitesidir [Weld Controller (Veld Kontrolür)].
- ★ **Elektrot bileyici:** Punta tabanca elektrotlarının bilenmesi için kullanılır ve robot tarafından kontrol edilir.
- ★ **Parça fikstürleri:** Robotlu kaynağa uygun ve teknik gereklilikleri (rijitlik, ayarlanabilirlik) sağlayan fikstürler, robotlu kaynak sisteminin en önemli parçasıdır. Manuel veya otomas-yonlu olabilir.
- ★ **Fikstürler için pozisyoner (opsiyonel):** Parçanın kaynakları parçanın dönmesini gerektiriyorsa çoğunlukla fikstürler, yine robot sistemi tarafından kontrol edilen pozisyonerler ile döndürülür ve aynı zamanda parça akışı sağlanarak robotun durması engellenir. Her sistemde olması gerekmez.
- ★ **Güvenlik ekipmanları:** Çevre çitleri, ışık bariyerleri ve mekanik siviçlerden (switch) oluşan sistemdir. Bu ekipmanlar, robotun çalışma sahasından insanları uzak tutmak için uygun şekilde robotlu sistem entegre edilir.
- ★ **Servo kontrollü hareketli ray sistemi:** Robot erişiminin artırılabilmesi için robotun üzerinde hareket edebildiği sistemdir.

Punta kaynağında kullanılan ekipmanların (punta tabancası, hortum paketleri vs.) ağırlığı ve entegrasyon zorlukları nedeniyle robotlu punta kaynağı, gazaltı kaynağından daha sonra uygulanmaya başlanmıştır. Robotlu punta kaynağı, gazaltı kaynağından farklı olarak daha çok otomotiv ve otomotiv yan sanayisi ile beyaz eşya üretiminde yoğun olarak kullanılmakta ve daha farklı robot ve çevre ekipmanları gerektirmektedir. Endüstriyel robotlu punta istasyonları, %100 kaynak kalitesi ve 0,1 mm hassasiyetle üründe en yüksek kaliteyi elde edebilmektedir.

### » TIG Kaynağı

Çok ince, özellikle beyaz eşya sektöründe kullanılan paslanmaz sacların kaynak robotlarında birleştirilmesi, TIG kaynağı ekipmanının entegrasyonu ile mümkün olmaktadır.

### » Saplama Kaynağı

Özellikle otomotiv parçalarının saplama kaynakları, robotla çok etkin bir şekilde yapılabilmektedir.

## SIRA SİZDE

1. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **endüstri robotları** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
2. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **kaynak robotları** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.
3. Sınıf arkadaşlarınızla gruplar oluşturarak **robotik kaynak yöntemleri** hakkında iş birliği içerisinde bir sunum hazırlayınız. Hazırladığınız sunumu, size verilen süre içerisinde arkadaşlarınızla paylaşınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

**A.** Aşağıdaki cümlelerin başındaki boşluklara, cümleler doğru ise “D”, yanlış ise “Y” yazınız.

1. (.....) Malzemelerin kaynaklı birleştirilmelerini esas alan otomasyon sistemlerine kaynak otomasyon sistemleri denir.
2. (.....) Otomasyonlar, yarı veya tam otomasyon olmak üzere iki çeşittir.
3. (.....) Direnç nokta ve MIG-MAG, kaynak otomasyon sistemlerinde en çok tercih edilen kaynak yöntemleridir.

**B.** Aşağıdaki cümlelerde yer alan boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

4. Belli bir amaç için elektronik ve mekanik aksamardan üretilmiş, programlanabilen cihazlara ..... denir.
5. Endüstrinin bilimsel veya idari işlemlerinde işlerin insan gücü yerine programlanabilir robot veya yapay zekâlar tarafından otomatik olarak yapılması işlemine ..... adı verilir.

**C.** Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

**6. Otomasyon sistemlerinin en yaygın şekilde kullanıldığı sektör aşağıdakilerden hangisidir?**

- A) Taşıma
- B) Yapıştırma
- C) Kaynak
- D) Tarım ve zirai aletler
- E) İmalat ve montaj

**7. Aşağıdakilerden hangisi tarım alanında kullanılan robotlardan biri değildir?**

- A) Tohumlama
- B) Gübreleme ve ilaçlama
- C) Ürün hasadı
- D) Yapıştırma
- E) Süt sağma

**8. Aşağıdaki kaynak yöntemlerinden hangisi otomasyon sistemlerinde en çok kullanılan yöntemdir?**

- A) Direnç nokta
- B) Elektrik ark
- C) Tozaltı
- D) Oksi-gaz
- E) Su altı

**9. Aşağıdakilerden hangisi kaynak robotlarının ana kısımlarından biri değildir?**

- A) Manipölatör
- B) Kontrol ünitesi
- C) Güç kaynağı
- D) Kaynak ekipmanları
- E) Pozisyonerler

**10. Aşağıdakilerden hangisi gazaltı kaynak otomasyon sisteminin avantajlarından biri değildir?**

- A) Yüksek ürün kalitesi
- B) Artan imalat maliyetleri
- C) Verimlilik artışı
- D) Hızlı ve seri üretim
- E) Müşteri ihtiyacına göre tasarlanmış üretim

# KAYNAKÇA

- Abak, D. (2021). Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilen AISI1020/RAMOR500 Çelik Çiftinin Mikroyapı ve Mekanik Davranışlarının Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Baysal, E. (2019). AA6013/AA7075 Alüminyum Malzemelerin Sürtünme Kaynağı Yöntemiyle Birleştirilmesi ve Analizi (Yüksek Lisans Tezi). Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Çetkin, E. (2020). Farklı Kaynak Parametrelerinde Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş AISI304/AISI140 Çelik Çiftlerinin Mekanik ve Mikroyapılarının Araştırılması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi.
- Çil, E. (2009). Sürtünme Kaynağıyla Birleştirilmiş Paslanmaz Çelik ve Bakır Parçaların Kaynak Bölgesi Özelliklerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Edirne.
- Dursunlar, M. (2019). Termit ve Yakma Alın Kaynağı ile Birleştirilmiş R260 Kalite Rayın Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Ersöz, H. (2007). Endüstriyel Robotlar ve Uygulama Alanları (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Ankara.
- Fidan, L. (2006). Saf Alüminyum ve Saf Bakırın Difüzyon Kaynağında Arafazların Oluşumu ve Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Balıkesir.
- İnce, İ. (2011). Demir Esaslı Malzemelerin Sürtünme-Karıştırma Kaynağında, Kaynak Parametrelerinin Dikiş Özelliklerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kahraman, N. ve Gülenç, B. (2020). Modern Kaynak Teknolojisi. 4. Baskı. Ankara: Epa-Mat Basım Yayın Limited Şirketi.
- Karataş, B. (2010). Sürtünme Kaynağında Kırılma Davranışının İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Manisa.
- Kumru, E. (2007). Farklı Malzemelerin Sıcak Basınç Kaynağı ile Birleştirilmesinde İşlem Parametrelerinin Etkilerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Oğuz, B. (1975). Ark Kaynağı El Kitabı. İstanbul: Oerlikon.
- Olkun, O. (2019). 304L Çeliklerin Alın Kaynağında Mekanik Özelliklerin Kaynak Parametrelerine Bağlı Olarak İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Hitit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çorum.

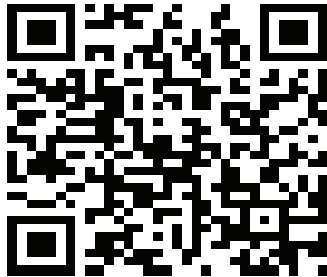
- Pamuk, Ç. (2022). Farklı Malzemelerin Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmesinde Kaynak Parametrelerinin Bağlantının Mekanik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şimşek, E. S. (2015). Farklı Malzemelerin Yakma Alın Kaynağı ile Birleştirilmesi Ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Taşkın, M. (2000). Yüksek Karbonlu Çeliklerin Süperplastik Hâlde Difüzyon Kaynağı ile Birleştirilmesinin Araştırılması (Doktora Tezi). Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Elâzığ.
- Türker, K. S. (2015). Endüstride Kaynak Robotları (Proseslerin İncelenmesi ve Geliştirilmesi) (Yüksek Lisans Tezi). Gedik Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, İstanbul.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı. (2012). Metal Teknolojisi Bireysel Öğrenme Materyali. Elektrik Direnç Kaynağı. Ankara: MEB.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü. (2020). Gemi Yapımı Alanı Çerçeve Öğretim Programı. Ankara: MEB.
- Tdk (2011). Türkçe Sözlük. Ankara: TDK.
- Tdk (2021). Yazım Kılavuzu (27. Baskının Tıpkı Basımı). Ankara: TDK.

\*Kaynakça, APA6.0 referanslama sistemi kullanılarak oluşturulmuştur.

## GENEL AĞ KAYNAKÇASI

İNTERNET ADRESİ	ERİŞİM BİLGİLERİ
<a href="https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/ilgi-cekici-bir-meslek-su-alti-hekimligi">https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/ilgi-cekici-bir-meslek-su-alti-hekimligi</a>	12.05.2022 21.35
<a href="http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrik%20Diren%C3%A7%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf">http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Elektrik%20Diren%C3%A7%20Kayna%C4%9F%C4%B1.pdf</a>	16.07.2022 21.25

## GÖRSEL KAYNAKÇASI



1937

# CEVAP ANAHTARI

## 1. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Doğru	2. Doğru	3. Doğru		
<b>B</b>	4. su altı kaynağı	5. kaynak donanımları	6. dalış elbisesi		
<b>C</b>	7. E	8. B	9. A	10. A	11. C

## 2. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Doğru	2. Yanlış	3. Yanlış		
<b>B</b>	4. basınç kaynağı	5. flaş	6. üzgün		
<b>C</b>	7. D	8. A	9. B	10. E	11. A

## 3. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Doğru	2. Doğru	3. Doğru		
<b>B</b>	4. elektrik direnç	5. boruların			
<b>C</b>	6. C	7. D	8. D	9. A	10. A

## 4. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Yanlış	2. Doğru	3. Doğru		
<b>B</b>	4. lazer	5. düşük			
<b>C</b>	6. E	7. C	8. D	9. B	10. A

## 5. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Doğru	2. Doğru	3. Yanlış		
<b>B</b>	4. plazma	5. TIG			
<b>C</b>	6. E	7. E	8. C	9. D	10. B

## 6. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Yanlış	2. Yanlış	3. Yanlış	
<b>B</b>	4. sürtünme kaynağı	5. sabit olan	6. basınç	
<b>C</b>	7. C	8. D	9. A	10. E

## 7. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Yanlış	2. Doğru	3. Doğru		
<b>B</b>	4. difüzyon	5. gaz			
<b>C</b>	6. E	7. A	8. D	9. B	10. C

## 8. ÖĞRENME BİRİMİ

<b>A</b>	1. Doğru	2. Doğru	3. Doğru		
<b>B</b>	4. robot	5. otomasyon			
<b>C</b>	6. E	7. D	8. A	9. C	10. B

## NOTLAR

A large rectangular area with a red border, containing numerous horizontal dotted lines for writing notes.

A large rectangular area with a red border, containing numerous horizontal dotted lines for writing.