

**T.C.  
MARMARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ROBOTLU İMALAT HÜCRELERİNDE TASARIM  
KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE ÖRNEK  
BİR TASARIM UYGULAMASININ İNCELENMESİ**

**Mutlu BALKAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MEKATRONİK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Nihat AKKUŞ**

**İstanbul 2009**

**T.C.**  
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ROBOTLU İMALAT HÜCRELERİNDE TASARIM**  
**KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ VE ÖRNEK**  
**BİR TASARIM UYGULAMASININ İNCELENMESİ**

**Mutlu BALKAN**  
**(141103720050005)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**MEKATRONİK ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Nihat AKKUŞ**

**İstanbul 2009**



**T.C.**  
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABUL ve ONAY BELGESİ**

Mutlu BALKAN'ın, "Robotlu İmalat Hücrelerinde Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi ve Örnek Bir Tasarım Uygulamasının İncelenmesi" başlıklı Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/11/2009 tarih ve 2009/26-48 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Mekatronik Anabilim Dalı Mekatronik Programı'nda YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Nihat AKKUŞ, Marmara Üniversitesi

1. Üye : Yrd. Doç. Dr. Recep YENİTEPE, Marmara Üniversitesi

2. Üye : Yrd. Doç. Dr. Ferdi BOYNAK, Marmara Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.12.2009

**ONAY**

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 28/12/2009 tarih ve 2009/29-07 sayılı kararı ile Mutlu BALKAN'ın Mekatronik Anabilim Dalı Mekatronik Programında Y.Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

***Prof. Dr. Meral ÜNAL***

## **TEŐEKKÖR**

Bu çalışmanın baőlamasına vesile olan ve tez süresi boyunca sabır ve desteğini esirgemeyen, eleőtirileri ile tezime yön veren Sayın Prof. Dr. Nihat AKKUŞ'a sonsuz teőekkürlerimi arz ederim.

Tezin yazımı sırasında bana destek olan Efe ERDEM'e teşekkür ederim.

**03.11.2009**

**Mutlu BALKAN**

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET.....	v
KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER.....	viii
BÖLÜM I. ....	1
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
I.1. GİRİŞ.....	1
I.2. ROBOTLAR VE ROBOTLU İMALAT HÜCRELERİ.....	1
I.3. AMAÇ.....	2
BÖLÜM II.....	3
ROBOT VE GAZALTI KAYNAK TEKNOLOJİLERİ.....	3
II.1. ROBOT VE TANIMI.....	3
II.2. ROBOTUN TARİHÇESİ.....	3
II.3. ROBOTLAR VE KULLANIM ALANLARI.....	7
II.3.1 Servis Robotları.....	7
II.3.2 Endüstriyel Robotlar.....	12
II.3.2.1 Kartezyen Robotlar.....	12
II.3.2.2 SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) Robotlar.....	13
II.3.2.3 Üniversal (Articulated) Robotlar.....	13
II.4. GAZALTI KAYNAK TEKNOLOJİSİ.....	29
II.4.1 Dolgu Malzemesi Teknolojileri.....	29
II.4.2 Kaynak Makinesi Teknolojileri.....	30
II.4.3 Koruyucu Gaz Teknolojileri.....	30
BÖLÜM III. ....	33
ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ TASARIM KRİTERLERİ.....	33
III.1. ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ TASARIMI.....	33
III.2. ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ İÇİN ROBOT SEÇİM KRİTERLERİ.....	34
III.2.1 Robotun Mekanik Yapısı.....	34
III.2.2 Robotun Taşıma Kapasitesi.....	37

III.2.3 Robotun Çalışma Alanı .....	38
III.2.4 Robotun Hızı .....	40
III.2.5 Robotun Tekrarlanabilirliği .....	41
III.2.6 Tekillik .....	42
<b>III.3. GAZALTI KAYNAK MAKİNESİ SEÇİMİ.....</b>	<b>42</b>
<b>III.4 POZİSYONER SEÇİM KRİTERLERİ .....</b>	<b>50</b>
III.4.1 Pozisyoner Tahrik Şekli .....	50
III.4.2 Pozisyoner Taşıma Kapasitesi .....	50
III.4.3 Pozisyoner Eksen Sayısı.....	51
III.4.3.1 Tahrik Kafalı Gezer Puntalı Tek Eksen Pozisyoner.....	51
III.4.3.2 Eğimli Döner 2 Eksenli Pozisyoner .....	51
III.4.3.3 H Tipi Pozisyoner.....	53
III.4.3.4 H Tipi Eğimli Döner Pozisyoner .....	54
<b>III.5 ÖRNEK POZİSYONER TASARIMI.....</b>	<b>55</b>
III.5.1 Örnek Pozisyoner Hesabı .....	57
<b>III.6 ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRELERİ İÇİN FİKSTÜR TASARIMI.....</b>	<b>65</b>
III.6.1 Fikstür Kavramı ve Fikstür Çeşitleri .....	65
III.6.2 Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımı (CAFD) .....	69
III.6.3 Çatı Kancası Kaynağı İçin Fikstürün Tasarımı .....	76
III.6.3.1 Sıkma Noktalarının ve Dayama Yüzeylerinin Belirlenmesi .....	76
III.6.3.2 Kavramsal Tasarımın Oluşturulması.....	79
III.6.3.3 Fikstür Yerleşimi ve Detaylandırılması.....	80
<b>III.7 ROBOTLU GAZALTI KAYNAĞI İÇİN KABİN TASARIMI .....</b>	<b>81</b>
III.7.1 Kabin Tasarım Kriterleri .....	81
III.7.2 Örnek Kabinler .....	81
III.7.2.1 Örnek 1 .....	82
III.7.2.2 Örnek 2 .....	83
III.7.2.3 Örnek 3 .....	84
III.7.2.4 Örnek 4 .....	85
III.7.2.5 Örnek 5 .....	86
III.7.2 Gazaltı Kaynak Hücresi Ayrıntılı Tasarımı.....	87

<b>BÖLÜM IV .....</b>	<b>92</b>
<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....</b>	<b>92</b>
<b>IV. SONUÇLAR.....</b>	<b>92</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>93</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>95</b>

## ÖZET

# ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRELERİNDE TASARIM KRİTERLERİ VE ÖRNEK BİR TASARIM UYGULAMASININ İNCELENMESİ

Robotlu imalat sistemlerinin gelişmesine paralel olarak ilerleyen CAM (Computer Aided Manufacturing) ve CIM (Computer Integrated Manufacturing) sistemleri üretim işlemlerinde yeni bir imalat yapılanmasının önünü açmıştır. Bir üretim tesisine CAD, CAM, CIM gibi sistemlerin girmesi üretime; esneklik, hız, doğruluk, hassasiyet, kalite, ucuzluk katacaktır. CIM sistemlerinde çoğunlukla bir ya da daha fazla robot bulunur. Bunun yanında herhangi bir imalat sisteminin tasarımı, üretimi, satışı ve satın alınması süreçlerinde dikkat edilmesi gereken birçok husus vardır ki bu hususlara gereken dikkat sarf edilmediği takdirde sistemin verimi daha başlangıçta düşük olacaktır. Bu hususlardan bazıları;

1. Sistemin amacı çok iyi belirlenmelidir.
2. Tasarım sistemin amacına uygun bir biçimde yapılmalı aynı zamanda gereksiz karışıklıklardan uzak olmalıdır.
3. Sistemin maliyeti yapacağı işe uygun olmalıdır.
4. Servis ve bakım ihtiyacı minimum olmalıdır.
5. Kullanımı kolay olmalı, operatör insiyatifi minimum olmalıdır.

Yukarıda sayılanlara yapılacak uygulamanın özelliklerinden kaynaklanan teknolojik özellikler eklendiğinde sistem veriminde çok önemli artışlara ulaşılabilecektir.

Günümüzde kullanılan robotların % 70'i kaynak yapmak üzere kullanılmaktadırlar. Bu yüzdeler dilimin içine punta kaynağı %45, ark kaynağı %20 ve geriye kalanı ise diğer kaynak yöntemleri ile yapılan kaynak kapsamaktadır. Bu nedenle çalışmada örnek tasarım olarak robotik gazaltı kaynağı seçilmiştir. Bu çalışmada çatı kancasının gazaltı kaynağı ile üretimini yapmak üzere bir gazaltı kaynak hücresi fikstürleri ile birlikte tasarlanmıştır. Aynı zamanda, güvenlik devresi tasarlanmış ve kaynak zaman analizleri yapılmıştır. Bu çalışma ile robotlu gazaltı kaynak hücresi tasarım kriterleri sistematik bir şekilde ortaya konmuştur.

01.11.2009

Mutlu BALKAN

# **ABSTRACT**

## **DESIGN CRITERIA IN ROBOTIC ARC WELDING CELL AND INVESTIGATION ON AN EXAMPLE DESIGN**

The parallel development in robotic manufacturing cell systems and CAM (Computer Aided Manufacturing) and CIM (Computer Integrated Manufacturing) made improvement in automation of production systems. Flexibility, speed, accuracy, precision, quality, cheapness were achieved by using CAD, CAM, CIM systems in a production plant. One or more robots are employed in CIM systems. The design, production, sale and purchase processes are important issues to be cared of, beside the robots. The correct chose of those parameters will increase the efficiency of the manufacturing automation if carefully selected. Some are the important are as follows;

1. The purpose of the system must be determinated clearly.
2. Design should be in a format appropriate to the purpose of the system and have to be clear from confusions.
3. The cost of the system must be appropriate for the process.
4. Service and maintenance requirement should be minimal.
5. Using the system must be easy and the initiative of the operator must be very small.

When the technological features of the application are added to the issues above, the efficiency of the system will be higher.

Today, 70 % of industrial robots are used in welding industry. 45 % of those robots are for spot welding, 20 % of them for arc welding and the other 5 % are used in the other welding applications. Shield gas arc welding process, which was a case study in this thesis, should have a precise working capacity with high accuracy welding ability. In this study, an arc welding cell has been designed to manufacture the roof hook by arc welding. At the same time the emergency circuit has been designed and the weld time analysis has been done. In this thesis, the design criteria in robotic arc welding cell have been laid out in a systematic manner.

**01.11.2009**

**Mutlu BALKAN**

## **KISALTMALAR**

<b>A.B.D.</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>USB</b>	: Universal Serial Bus
<b>DOF</b>	: Degrees Of Freedom
<b>DC</b>	: Direct Current
<b>AC</b>	: Alternative Current
<b>ROM</b>	: Read Only Memory
<b>RAM</b>	: Read Access Memory
<b>PLC</b>	: Programmable Logic Controller
<b>SCADA</b>	: Supervisory Control and Data Acquisition
<b>DSP</b>	: Digital Signal Processor
<b>EEPROM</b>	: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
<b>RAM</b>	: Random Access Memory
<b>MSPS</b>	: Million Sample Per Second
<b>MATLAB</b>	: Matrix Laboratory
<b>PDL</b>	: Programming Description Language, Page Description Language
<b>ANSI</b>	: American National Standards Institute
<b>CAD</b>	: Computer Aided Design
<b>CAM</b>	: Computer Aided Manufacturing
<b>CIM</b>	: Computer Integrated Manufacturing
<b>CE</b>	: Conformité Européenne
<b>T.C.</b>	: Türkiye Cumhuriyeti
<b>ISO</b>	: International Standards Organization
<b>SG</b>	: Shield Gas
<b>RS</b>	: Retract Start
<b>AWS</b>	: American Welding Society
<b>DP</b>	: Digital Pulse
<b>CBT</b>	: Controlled Bridge Transfer
<b>OTC</b>	: Osaka Transformer Corporation



# ŞEKİLLER

Şekil II.1 Yakıt Doldurma Robotu.....	8
Şekil II.2 Bomba İmha Robotu.....	8
Şekil II.3 Lufthansa Airways'ın Kullandığı Uçak Temizleme Robotu.....	9
Şekil II.4 Mariana Çukuru'na Dalmak Üzere Suyu Bırakılan Nereus Adındaki Mobil Robot.....	9
Şekil II.5 Maden Arama Robotu.....	10
Şekil II.6 Ninja I Cam Temizlik Robotlar.....	10
Şekil II.7 Da Vinci Ameliyat Robotu.....	10
Şekil II.8 Uluslararası Uzay Üssü'nde Kullanılan Robot Kol.....	10
Şekil II.9 T-53 Enryu Adlı Arama Kurtarma Robotu.....	11
Şekil II.10 Boston Dynamics şirketi tarafından geliştirilen Big Dog.....	11
Şekil II.11 ROBOCUP 2009 'dan Bir Sahne.....	12
Şekil II.12 Shunk marka kompakt Kartezyen robot.....	13
Şekil II.13 Robotech Marka Bir SCARA Robot.....	13
Şekil II.14 OTC AX-V16 Üniversal Robotu.....	14
Şekil II.15 Robotlu Enjeksiyon Pres Hattı Otomasyonu.....	16
Şekil II.16 Dövme İşleminde Çıkan Malzemeyi Taşıyan.....	17
Şekil II.17 Dökülen Parçanın Kalıptan Alınması İşlemi.....	19
Şekil II.18 Kalıptan Parçanın Alınan Parçanın Soğutulması İşlemi.....	19
Şekil II.19 Robotlu Çapak Alma Uygulaması.....	20
Şekil II.20 OTC MR20 Robotu CNC Tezgah Yüklerken.....	21
Şekil II.21 Punta Anı.....	23
Şekil II.22 OTC AX V166 SPOT PRO Punta Kaynak Robotu.....	24
Şekil II.23 Servo Motor Tahrikli Punta Tabancası.....	24
Şekil II.24 Punta Kaynak Hattı.....	25
Şekil II.25 Punta Kaynak Hattı.....	26
Şekil II.26 OTC AX-V6 Gazaltı Kaynak Robotu.....	28
Şekil II.27 TS EN 439'a Göre Koruyucu Gazlar.....	31
Şekil II.28 TS EN 439'a Göre Koruyucu Gazların Özellikleri.....	32
Şekil III.1 Gazaltı Kaynak Robotu.....	35
Şekil III.2 Uzun Seçilmiş Bir Koaksiyel.....	36

<b>Şekil III.3</b> Kaynak Kabloları İçinden Gececek Şekilde Tasarlanmış Kaynak Robotu .....	37
<b>Şekil III.4</b> Robot Taşıma Kapasitesi Grafiği .....	38
<b>Şekil III.5</b> Temsili Yatay Yerleşim Planı .....	39
<b>Şekil III.6</b> CAD Programında Tasarlanmış Temel Yerleşim Planı .....	40
<b>Şekil III.7</b> Torcun Robot Koluna Bağlantısı.....	42
<b>Şekil III.8</b> Kaynak Arkı Ve Kaynak Makinesi .....	43
<b>Şekil III.9</b> Gazaltı Kaynak Makinesinin Dijital Kontrolü .....	44
<b>Şekil III.10</b> Al Kaynağında Tipik Akım Dalga Şekli .....	45
<b>Şekil III.11</b> Yumuşak Çeliklerin Kaynağında Tipik Akım Dalga Şekli.....	45
<b>Şekil III.12</b> CBT İşleminin Temeli.....	46
<b>Şekil III.13</b> CBT İşlemi İle Gerçekleştirilen MAG Eriyik Metal Transferinde Akım Ve Gerilim Dalga Formlarının İlişkisi (Yüksek Hızlı Kamera İle Çekilmiştir).....	47
<b>Şekil III.14</b> Enkoder Geri Beslemeli Tel Besleme Ünitesi.....	48
<b>Şekil III.15</b> AC Servo Motorlu Çekme Sitemli .....	48
<b>Şekil III.16</b> RS Kontrol Metodu İle Ark Oluşumu .....	49
<b>Şekil III.17</b> Ark Oluşumu Esnasındaki Çapak Karşılaştırması .....	49
<b>Şekil III.18</b> Tahrik Kafalı Gezer Puntalı Tek Eksen Pozisyoner.....	51
<b>Şekil III.19</b> Eğimli Döner 2 Eksenli Pozisyoner .....	52
<b>Şekil III.20</b> Doğalgaz Bağlantı Elemanı.....	52
<b>Şekil III.21</b> Çift Robotlu Ve H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Çizimi ..	53
<b>Şekil III.22</b> Çift Robotlu Ve H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi .....	54
<b>Şekil III.23</b> H Tipi Eğimli Döner Pozisyoner (5 Eksenli).....	55
<b>Şekil III.24</b> Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi.....	56
<b>Şekil III.25</b> İş Parçası .....	57
<b>Şekil III.26</b> Sistemin Genel Görünümü .....	57
<b>Şekil III.27</b> Tahrik Sistemi .....	58
<b>Şekil III.28</b> Pozisyoner Hız – Zaman Grafiği.....	59
<b>Şekil III.29</b> Maksimum Eksantriklik.....	60
<b>Şekil III.30</b> Redüktör Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi.....	61
<b>Şekil III.31</b> Servo Motor Bağlantı Şekli.....	62
<b>Şekil III.32</b> Motor Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi.....	64
<b>Şekil III.33</b> Modüler Fikstür .....	66

Şekil III.34 3-2-1 Konumlama Sistemi .....	67
Şekil III.35 Yetersiz Bağlantı Biçimi .....	68
Şekil III.36 Birbirinden Farklı İki Doğru Bağlantı Biçimi.....	69
Şekil III.37 İdeal Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımının Safhaları .....	71
Şekil III.38 Foolproofing Sistemi.....	71
Şekil III.39 Şimleme Tekniği Kullanılmış Manüel Klempli.....	73
Şekil III.40 Modüler Fikstür Örneği.....	75
Şekil III.41 Çatı Kancası 3B Modeli .....	76
Şekil III.42 Kaynak Sonrasında Parça-1’de Oluşabilecek Distorsiyonlar.....	77
Şekil III.43 Kaynak Sonrasında Parça-2’de Oluşabilecek Distorsiyonlar.....	77
Şekil III.44 Dayama Yüzeyleri.....	78
Şekil III.45 Baskı Noktaları.....	78
Şekil III.46 Dayama Ve Klemplerin Yerleştirildiği Kavramsal Tasarım.....	79
Şekil III.47 Torç Ve Robot Erişiminin Kontrol Edilmesi .....	80
Şekil III.48 İki İstasyonlu Kaynak Hücresi .....	82
Şekil III.49 İki İstasyonlu Kaynak Hücresi Boyutları .....	82
Şekil III.50 Döner Tablalı Gazaltı Kaynak Hücresi .....	83
Şekil III.51 Döner Tablalı Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları .....	84
Şekil III.52 2 X 1 Eksen Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi.....	84
Şekil III.53 2 X 1 Eksen Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları.....	85
Şekil III.54 H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi.....	85
Şekil III.55 H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları.....	86
Şekil III.56 2 X 2 Eksenli Eğimli Döner Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi.....	86
Şekil III.57 2 X 2 Eksenli Eğimli Döner Pozisyonerli .....	87
Şekil III.58 Çatı Kancası Robotlu Gazaltı Kaynak Hücresi .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
Şekil III.59 Risk Değerlendirme ve Güvenlik Seviyesi Tayini .....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
Şekil III.60 Güvenlik Devresi.....	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
Şekil III.61 Servis Kapısı Ve Robot Kontrolörü .	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>

# BÖLÜM I.

## GİRİŞ VE AMAÇ

### I.1. GİRİŞ

Günümüzde robotlu imalat sistemleri insansız fabrikalar yapılmasına yol açmıştır. CAM (Computer Aided Manufacturing) ve CIM (Computer Integrated Manufacturing) sistemleri sayesinde üretim ortamlarında insanlar sadece izleyici konumuna gelmiştir. Globalleşen dünyada teknoloji transferi de gayet hızlı olmaya başlamıştır. Öyle ki geçmişte, geliştirilen yeni bir teknolojinin ülkemize girişi on yıllar alırken bu gün sadece birkaç ay sonra gerçekleşmektedir. Buna en canlı örnek 3G teknolojisidir. Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler yeni teknolojiler için çok iyi bir pazar olmaktadır. Üretim tesisleri için geçmişte yüksek maliyetten başka bir anlamı olmayan CAD, CAM, CIM, CNC, robot, otomasyon, kelimeleri günümüz insanının yüksek tüketimi ve kalite beklentisini karşılayabilmek adına en küçük işletmeler tarafından bile kullanılır olmuştur. Böylelikle üretim işlemleri; standart, hız, kalite, ucuzluk, hassasiyet gibi kavramlarla tanışmıştır [1].

Bu çalışmada herhangi bir robotlu imalat sisteminin tasarımı, üretimi, satışı ve satın alınması süreçlerinde dikkat edilmesi gereken konular ele alınarak ülkemize özellikle son yıllarda büyük bir hızla girmekte olan endüstriyel robotların verimli kullanılabilmesi adına bilimsel bir yaklaşım yapılmıştır. Bu bağlamda öncelikle robot teknolojisi hakkında genel bilgiler verilecektir. Ardından örnek tasarımı yapılacak olan gazaltı kaynak hücresi bileşenleri tanıtılacaktır. Örnek olarak kaynak işleminin seçilmesinin ana nedeni günümüzde kullanılan robotların %70'inin kaynak yapmakta olmasıdır [5].

### I.2. ROBOTLAR VE ROBOTLU İMALAT HÜCRELERİ

**Robotlar;** çeşitli malzemeleri, özel amaçlı aletleri ve parçaları, bir dizi görevin gerçekleştirilmesi için programlandığı hareketler boyunca taşıyan ve farklı görevler için yeniden programlanabilen mekanik kollar olarak tanımlanır. [2]

Robotlar bugün mevcut olan otomasyon sistemlerinden sadece birini

oluşturmasına rağmen, en esnek otomasyon sistemi olma özelliğine sahiptir. Bir çok ileri sanayi ülkesinde, verimliliği arttırma, kaliteyi yükseltme, insan sağlığını koruma, maliyeti düşürme ve ürün esnekliğine adaptasyon sağlama gibi özellikler öncelikle otomotiv endüstrisinde robotları ön plana çıkarmıştır.

Robot kullanım alanları temelde iki grupta incelenir.

1. Servis robotları
2. Sanayi robotları

Bu gruplar ileriki bölümlerde ayrıntılandırılacaktır. Konumuz olan robotlu imalat hücrelerinin en yaygın kullanım alanları otomotiv ana ve yan sanayileridir. Özellikle binek otomobil fabrikalarındaki gövde hatları sayıları 100-300 arasında olabilen robotlar dizisinden oluşur. Bu hatlardaki robotların bir kısmı parçaları taşıyıp yerlerine yerleştirir, bir kısmı punta yapar, bir kısmı delik açar, bir kısmı da mastik sıkar.

### **I.3. AMAÇ**

Bu tezin amacı bir robotlu imalat sisteminin tasarımı, üretimi, satışı ve satın alınması süreçlerinde dikkat edilmesi gereken kriterlerin belirlenmesi ve kullanımı son yıllarda hızla artan endüstriyel robotların verimli kullanılabilmesi adına bilimsel bir yaklaşım yapmaktır. Bu çalışmada öncelikle robot teknolojisi hakkında genel bilgiler verilecek ardından örnek tasarımı yapılacak olan gazaltı kaynak hücresi bileşenleri tanıtılacaktır. Örnek olarak kaynak işleminin seçilmesinin ana nedeni günümüzde kullanılan robotların %70 'inin kaynak yapmakta olmasıdır [5]. Özellikle robotlu gazaltı kaynak hücreleri daha çok otomotiv yan sanayi firmaları tarafından kullanılmaktadır. Bu güne kadar ülkemizde kurulan robotlu gazaltı kaynak hücrelerinde robot seçimi, hücre tasarımı, güvenlik, gibi konularda hatalar olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile ortaya konulacak kriterler ile sağlayıcı ve kullanıcı konumunda bulunan firmalarımıza katkıda bulunmak hedeflenmektedir.

## BÖLÜM II.

### GENEL BİLGİLER (KONUyla İLGİLİ TEKNOLOJİLER)

#### II.1. ROBOT ve TARİHÇESİ

**Robotlar**; çeşitli malzemeleri, özel amaçlı aletleri ve parçaları, bir dizi görevin gerçekleştirilmesi için programlandığı hareketler boyunca taşıyan ve farklı görevler için yeniden programlanabilen mekanik kollar olarak tanımlanır. [2]

Robotun, Amerikan Robot Enstitüsü tarafından yapılan tanımı ise, “malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir manipülatör veya farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araç” şeklindedir.

**ISO TR 8373 standardında robot**;“Üç veya daha fazla **programlanabilir eksen** olan, otomatik kontrollü, **programlanabilir, çok amaçlı**, bir yerde sabit duran veya hareketli (tekerlekli) olan endüstriyel uygulamalarda kullanılan manipülatör” olarak tanımlanmıştır.

#### II.2. ROBOTUN TARİHÇESİ

Robot kelimesi ilk olarak 1920 yılında kullanılmış olsa da, robotlara ait ilk kavramlar ve robot benzeri ilk makinelere ait bilgiler MÖ 3000 yıllarına kadar uzanmaktadır. Eski Mısır, eski Yunan ve Anadolu uygarlıklarında otomatik su saatleri benzeri makinelerin geliştirildiği biliniyor. Homeros’un İlyada eserinde insan yapımı kadın hizmetçilerden söz ediliyor. Daha yeniçağda Leonardo da Vinci’nin yürüyen mekanik aslanı olduğu söylenmektedir. Bu süreç içinde özellikle Batı dünyasında iyi bilinmeyen El Cezeri’nin (MS 12.yüzyıl) robot teknolojisi konusunda çok sayıda ve zamanına göre çok ileri öneri ve uygulamaları bulunuyor. Robotların gelişim süreci ve tarihinin kısaca gözden geçirilmesi, bu teknolojik gelişim sürecinin önemli kilometre taşlarını belirlemek adına ilginç olabilir. Aşağıda verilen

ve otomatik makinelerin gelişimini özetleyen liste günümüzde kullanılan robotların tarihi hakkında bilgiler içeriyor.

MÖ 270: Ctesibus adlı bir eski Yunan bilgini hareketli parçalardan oluşan organ ve su saatleri üretmiş.

MÖ 100: Otomatik açılan tapınak kapıları (İskenderiye).

1136–1206: El Cezire'ye ait çeşitli otomatik makineler ve bunların tasarımlarını içeren Kitab-ul Hiyel

1800: Jacques de Vaucanson, Pierre & Henri-Louis Jacquet-Droz, Henri Maillerdet otomatik yazı yazan ve müzik enstrümanı çalan makineler geliştirdiler.

1801: Joseph Jacquard ilk kez delikli kart kullanarak çalıştırılan otomatik dokuma makinesi geliştirdi.

1818: Mary Shelley, Frankenstein adlı hikâyesinde yapay bir yaşam şeklini kullandı.

1830: Christopher Spencer mekanik kam denetimli otomatik bir torna tezgâhı geliştirdi.

1892: Seward Babbitt sıcak metal parçaları fırından almak üzere motorlu tutucuya sahip vinç tasarladı.

1920 – 1921: Çekoslovak Karel Capek'in yazdığı bir tiyatro oyununda ilk kez **ROBOT** kelimesi kullanıldı. Yazar bu kelimeyi Çek dilinde "hizmet eden" anlamında kullanılan "robota"dan türetti. Tiyatro oyunu, "insan makineyi yapar, makinede insanı öldürür" teması üzerine kuruluydu.

1938: DeVillbis firması için Willard Pollardve Harold Roselund programlanabilir püskürtme boyama makinesi geliştirmişlerdir.

1940: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde(MIT) radar teknolojisinin geliştirilmesi, cisimleri insan etmeni olmadan algılama konusunda en önemli adımlardan birisi oldu.

1940: Grey Walter ışığa yönelen ilk gezer robotları(machina speculatrix) üretti.

1941: Isaac Asimov "Robot" kelimesinden "**Robotik**" kelimesini türeterek ilk kez kullandı. Robotik, robot teknolojisiyle ilgili tüm alanları kapsayan bir tanım olarak kabul ediliyor.

1942: Isaac Asimov, Runaround isimli hikâyesinde Robotların üç yasasını yazdı.

#### Robotların Üç Yasası

1. Bir robot bir insana zarar veremez, ya da kayıtsız kalarak bir insanın zarar görmesine neden olamaz.
2. Birinci yasayla çatışmamak koşuluyla, bir robot insanlar tarafından verilen emirlere uymak zorundadır.
3. Birinci ve ikinci yasayla çatışmamak koşuluyla, bir robot kendi varlığını korumalıdır.

1946: George Devol, genel amaçlı, manyetik kayıt yapabilen ve tekrar çalıştırılabilen bir cihaz geliştirdi ve çeşitli makinelerde kullandı.

1946: J. Presper Eckert ve John Mauchly, Pennsylvania Üniversitesi'nde ilk elektronik bilgisayar olarak bilinen ENIAC isimli bilgisayarı geliştirdi. Whirlwind adlı bir başka bilgisayar, MIT' de ilk olarak bir bilimsel problemi çözdü.

1948: MIT'den Norbert Wiener Elektronik, Mekanik ve Biyolojik sistemlerin denetim ve iletişimini inceleyen, "Sibernetik" başlıklı kitabı yayınladı.

1951: Raymond Goertz, ABD Atom Enerjisi Komisyonu için uzaktan işletilen bir kol tasarladı.

**1954: George Devol, programlanabilir genel amaçlı robotu tasarladı ve patent başvurusunu yaptı.**

**1956: G. Devol ve Joseph F.Engelberger, Unimation Inc. Adlı dünyanın ilk robot firmasını kurdular.**

**1958: Satış amaçlı ilk ticari robot üretildi.**

1959: MIT' de servo mekanizma laboratuvarında robot kullanılarak bilgisayar destekli üretim amaçlı bir gösteri yapıldı.

1959: Planet firması, ilk genel amaçlı ticari robotu pazarlamaya başladı.

1960: Harry Johnson ve Veljko Milenkovic'in tasarladığı Versatran isimli robot pazarlanmaya başlandı. Unimation robotlarının adı Unimate Robot Sistemleri olarak değiştirildi.

1962: General Motors ilk kez bir endüstriyel robotu (Unimate) üretim hattında kullanmaya başladı. Robot, sıcak parçaları kalıp döküm makinesinden alarak istiflemek amacıyla kullanıldı.

1963: Bilgisayar denetimli, altı eklemlilik ilk yapay kol (Rancho arm) geliştirildi.



1964: Dünyanın önde gelen bazı üniversite ve araştırma merkezlerinde (MIT, Stanford Araştırma Enstitüsü, Stanford Üniversitesi, Edinburgh Üniversitesi) ilk kez Yapay Zekâ araştırmaları başladı ve laboratuvarları açıldı.

1965: DENDRAL isimli ilk uzman sistem yazılımı geliştirildi.

**1966: Nokta kaynağı yapan ilk robotlar üretildi.**

**1967: Japonya, ilk kez robot ithal ederek robot teknolojisini kullanmaya başladı.**

1968: Marvin Minsky, on ayaklı ahtapot benzeri bir robot geliştirdi.

1968: Stanford Araştırma Enstitüsü'nce Shakey isimli ve görme yeteneği olan ilk gezer robot üretildi.

1970: Stanford Üniversitesi'nce bir robot kol geliştirildi ve bu robot kol **Stanford Kolu** adıyla araştırma projelerinde bir standart olarak yerleşti.

1973: Richard Hohn, Cincinnati Milacron Corporation adına ilk mini-bilgisayar denetimli robotu geliştirdi. Geliştirilen robotT3 (The Tomorrow Tool) olarak adlandırıldı.

1974: Stanford kolunu geliştiren Profesör Scheinman, Vicarm Inc. İsimli bir firma kurarak mini-bilgisayar kullanan robot kollarının pazarlamasına başladı.

1974: Dokunma ve basınç algılayıcıları kullanarak küçük parçaların montajını yapabilen ilk robot, üretim hattında kullanılmaya başlandı.

1976: Viking 1 ve Viking 2 uzay araçlarında robot kollar kullanıldı.

**1977: ASEA isimli Avrupalı bir robot firması, iki ayrı boyutta robot üretimine başladı.**

1977: Star Wars sinema filmindekiC3PO ve R2D2 robot animasyonlarıyla robot kelimesi geniş insan kitlelerine yayıldı.

**1978: PUMA isimli robot üretildi ve pazarlanmaya başladı.**

1979: Stanford Cart isimli gezer robot, üzerine monte edilmiş bir kameradan alınan görüntüleri kullanarak engellerle dolu bir odayı engelleri aşarak boydan boya geçti.

1984: SRI tarafından Shakey'den daha fazla gelişmiş bir gezer robot olan Lakey üretildi.

**1990: ABD'de 12 dolaylarında robot firması görülürken, Japonya'da40'dan fazla robot firması kuruldu.**

Yukarıdaki listede de görüldüğü üzere robot Amerika'da üretildiği halde bu gün robot denilince akla Japonya gelmektedir. Türkiye'de robot teknolojisi kullanımı hakkında aşağıdaki tablo bize ışık tutabilir.

### **II.3. ROBOTLAR VE KULLANIM ALANLARI**

Robotlar tarihçesinden de anlaşılacağı üzere öncelikle otomotiv sanayi tarafından ilgi görmüş ve buna yönelik çözümler sunacak şekilde geliştirilmişlerdir. Fakat günümüzde neredeyse her sanayi koluna hizmet etmek üzere tasarlanmış endüstriyel robotlar mevcuttur. Bunların yanı sıra hizmet sektöründe çalışmak üzere geliştirilen robotlar da vardır. Bu yüzden robotları;

1. Servis robotları
2. Endüstriyel robotları

Şeklinde 2 ana grupta incelemek doğru olur.

#### **II.3.1 Servis Robotları**

Servis alanında kullanılan robotlara ülkemizde çok fazla rastlamıyoruz. Bunun sebebi henüz bu robotların sokaklara çıkmış gezmiyor ya da evlerde hizmetçilik yapmıyor oluşudur. Oysa hizmet robotları hastanelerde doktorlara yardım ediyor, bomba imha ekipleri tarafından kullanılıyor, üniversitelerin robot kulüplerinde sumo güreşi dahi yapmaya başladılar. Gelişmiş ülkelerde ise kendi askeri ile düşman askerini ayıran, düşmanları yok eden, denizin 11.000 m altında keşifler yapan hatta futbol takımı kurup maçlar yapan, lokantalarda garsonluk yapan, diskolarda insanları eğlendiren robotlar da mevcuttur. Aşağıda Servis robotları ve kullanım alanlarına örnekler verilmiştir.

- **Otomatik Benzin İstasyonlarında;** pompacı personel yerine robotlar kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil II.1 Yakıt Doldurma Robotu

- **Bulaşma Riski Olan Virütik Hastalık Testleri** insansız test odalarında robotlar tarafından yapılmaktadır.
- **Bomba İmha Çalışmaları** günümüzde mobil robotlar tarafından icra edilmektedir.



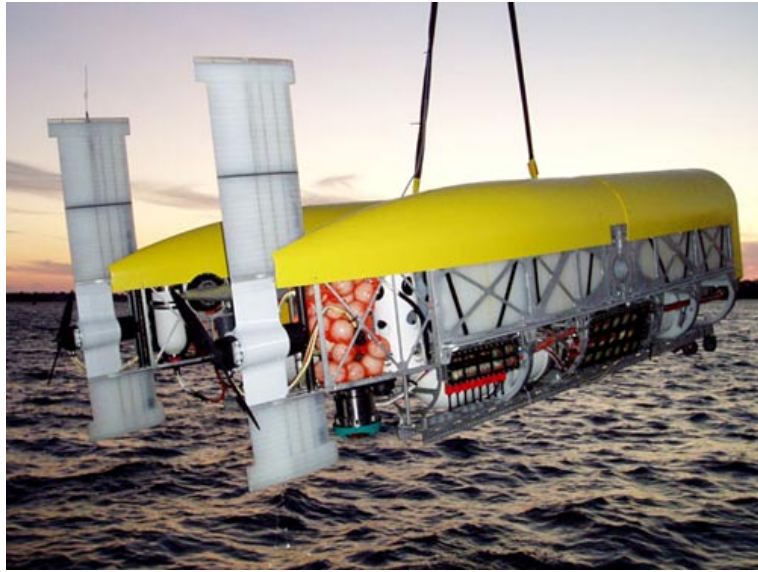
Şekil II.2 Bomba İmha Robotu

- **Uçak Dışı Temizliği** konusunda da robotlar hizmet vermektedir. ülkemizde İstanbul Sabiha Gökçen Uluslar arası hava Limanı'na yapılmakta olan Uçak Bakım Merkezi'nde bu robotlar kullanılacaktır.



Şekil II.3 Lufthansa Airways'ın Kullandığı Uçak Temizleme Robotu

- **Deniz Dibi Araştırmalarında;** yüzer mobil robotlar kullanılmaktadır. Böylece derin sularda olabilecek arızalar ve kazaların insana etkisi minimuma indirilmiş olmaktadır.



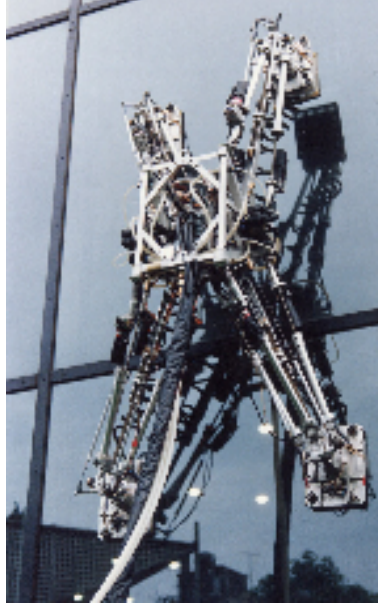
Şekil II.4 Mariana Çukuru'na Dalmak Üzere Suyu Bırakılan Nereus Adındaki Mobil Robot

- **Maden Araştırmaları;** insanlar için çok tehlikeli olabilen konulardan biridir. Günümüzde açılan maden çukurlarına öncelikle robotlar gönderilmekte böylece insanlar tehlikeli yerlerden uzak tutulmuş olmaktadır. Ayrıca yer altı mağaralarının keşfi konusunda da robotlar kullanılmaktadır.



**Şekil II.5 Maden Arama Robotu**

• **Yüksek Bina Cephe Temizliği** konusunda da tırmanma robotları kullanılmaktadır. Günümüzde inşa edilen gökdelenlerin dış cephelerinin tamamen cam olması sürekli temizlik ihtiyacını gündeme getirmiştir. Bu konuda birçok farklı robotik sistem geliştirilmiş ve hali hazırda kullanılmaktadır. Şunu da unutmamak gerekir ki biyomimetik biliminin gelişmesiyle bataklık bitkileri taklit edilmek suretiyle kendi kendisini temizleyen camlar üretilmeye başlanmıştır.



**Şekil II.6 Ninja I Cam Temizlik Robotlar**

• **Zor Ameliyatlarda Cerrahlara Destek Olmak** üzere geliştirilen Da Vinci robotu da servis robotlarına çok iyi bir örnektir.





Şekil II.7 Da Vinci Ameliyat Robotu

- **Uzay Çalışmalarında** robot kullanımı her zaman daha kullanışlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle NASA geliştirdiği robotlar ile uzayda kurduğu uluslar arası uzay üssünün inşaatını yapmakta ve aynı robotları onarım işlemlerinde de kullanmaktadır.



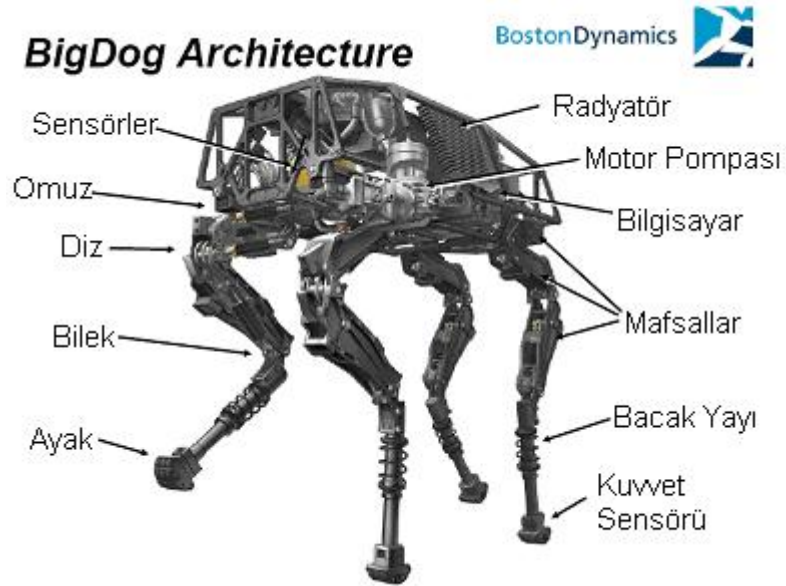
Şekil II.8 Uluslararası Uzay Üssü'nde Kullanılan Robot Kol

- **Arama ve kurtarma çalışmalarında** robotlar aktif görev almaya başlamıştır. Bu alanda da öncülüğü hem robotik hem de deprem konusunda başı çeken Japonya almaktadır. 3 Temmuz 2009 tarihinde tanıtımı gerçekleştirilen T-53 Enryu adlı robot ağır nesnelere güvenli bir biçimde kaldırmak üzere tasarlanmıştır. Bir operatörün kullandığı robot arama kurtarma personeline yardım ediyor.



Şekil II.9 T-53 Enryu Adlı Arama Kurtarma Robotu

• Robotlar askeri amaçla da kullanılmaktadırlar. Aşağıda ABD Savunma Bakanlığı İleri Araştırma Projeleri Ajansı'nın (DARPA) finanse ettiği Boston Dynamics şirketi tarafından geliştirilen engebeli arazilerde karda buzda hatta su altında da yoluna devam edebilen Big Dog adlı robot görülmekte.



Şekil II.10 Boston Dynamics şirketi tarafından geliştirilen Big Dog

Üzerinde 69 ayrı sensör bulunan Big Dog önünde giden insanı her arazi koşulunda takip edebilecek şekilde tasarlanmıştır.

• **Servis robotları bunların dışında** fabrika alışveriş merkezi gibi yerlerin temizliğinde, yaşlı insanlara yardım etmekte, elektrik iletim hatlarının onarımında, eğlence sektöründe, vs birçok alanda kullanılmaktadırlar. Aşağıda Robocup 2009 turnuvasından alınan bir fotoğraf görülmekte. Robocup 2011 Boğaziçi Üniversitesi'nin ev sahipliği ile Türkiye'de düzenlenecek olması da sevindiricidir. Ülkemizde hizmet robotu tasarım ve imalatı sadece hobi amaçlı yapılmakta ya da üniversitelerde tez amaçlı çalışmalara rastlanmaktadır. Buna karşılık Güney Kore 640 şanslı aile'ye Eylül 2008'de ev işlerine yardım amacı ile ürettiği robotlardan dağıtmıştır.



Şekil II.11 ROBOCUP 2009 'dan Bir Sahne

### II.3.2 Endüstriyel Robotlar

Endüstriyel robotlar; en temel anlamda sanayide çeşitli görevleri yerine getirmek üzere kullanılan, fiziksel olarak genellikle sıralı eklemlerden oluşan bir manipülatör ve kontrol ünitesinden meydana gelen, farklı görevleri yapmak üzere defalarca programlanabilen robotlardır. Endüstriyel robotlar 3 ana bölümde incelenir.

- Kartezyen robotlar
- SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) robotlar
- Üniversal (Articulated) robotlar

#### II.3.2.1 Kartezyen Robotlar

Kartezyen robotlar yalnızca ana eksen takımlarında (X,Y,Z) hareket eden genellikle 3 eksenli robotlardır. Çalışma alanları dikdörtgenler prizması şeklinde olan



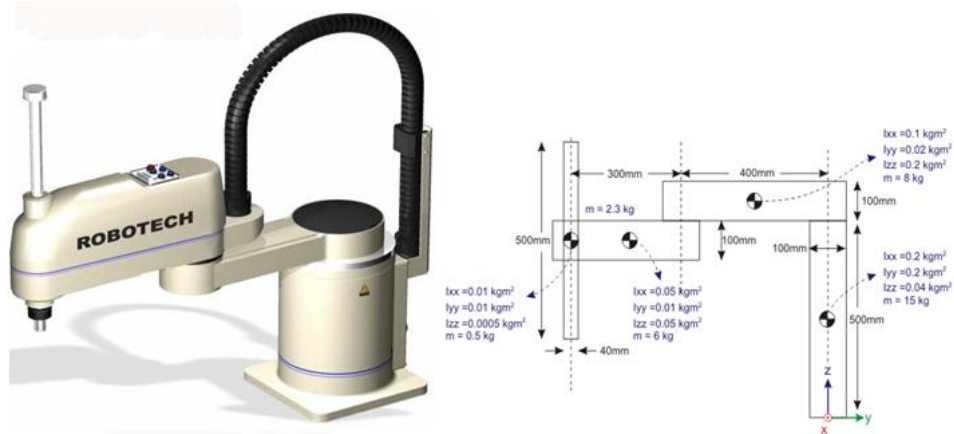
Kartezyen robotların birçok uygulama alanı vardır. Gayet yüksek hızlara ulaşabilen Kartezyen robotlar özellikle pick and place uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. 10 m/s hıza ve  $120 \text{ m/s}^2$  (yerçekimi ivmesinin yaklaşık 12 katı) ivmeye ulaşabilen kartezyen robotlar en hızlı robot mimarisidir.



Şekil II.12 Shunk marka kompakt Kartezyen robot

### II.3.2.2 SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) Robotlar

SCARA robotlar dikey ekseninde döner eklemleri bulunan daha çok montaj ve taşıma işlemlerinde kullanılan robotlardır.

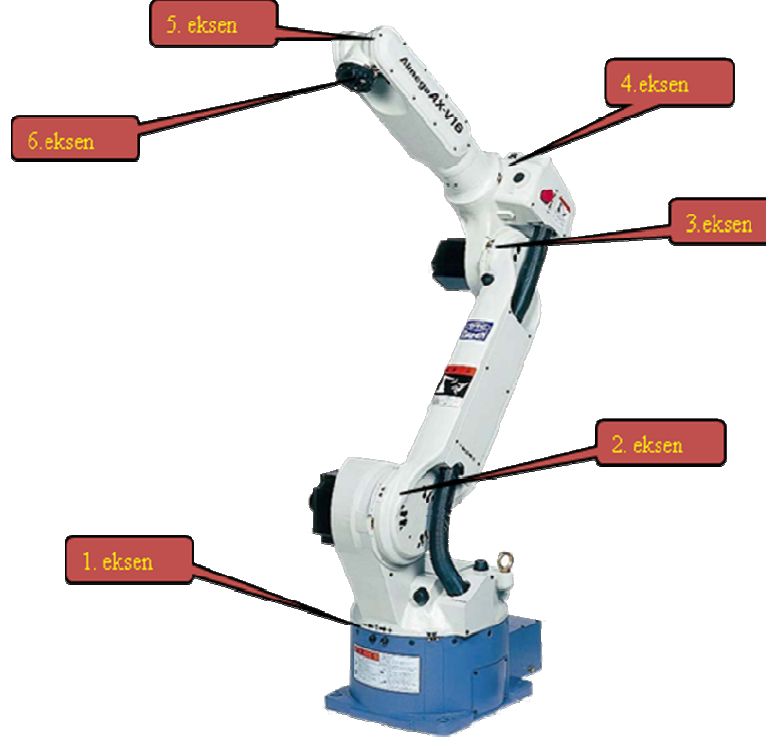


Şekil II.13 Robotech Marka Bir SCARA Robot

### II.3.2.3 Üniversal (Articulated) Robotlar

Üniversal robotlar küresel bir çalışma alanına sahip 6 eksenli robotlardır. Artiküle robot ismi ile de anılan üniversal robotlar endüstriyel robotların en gelişmiş

versiyonlarıdır. Şekil II.14 'de OTC (Osaka Transformer Corporation) tarafından üretilmiş AX-V16 robotunun eksenleri görülmektedir. Üiversal robotların her bir eksenindeki hareketi birer servo motor tarafından sağlanır. Böylelikle robotun konumu hassas bir şekilde bilinebilir.



Şekil II.14 OTC AX-V16 Üiversal Robotu

Artiküle robotlar sanayinin neredeyse tüm kollarında hizmet vermektedirler. Üzerlerinde kullanıldığı uygulamalar için özel yazılımları bulunan artiküle robotlar genellikle otomotiv endüstrisi tarafından kullanılmaktadır. Buna karşılık elektronik, beyaz eşya, gıda, optik, ilaç, döküm, havacılık, kimya gibi sektörlerde de kendisine geniş bir yer edinmeye başlayan üiversal robotları nerede kullanıldıklarından ziyade yaptıkları işe (uygulamaya) göre sınıflandırmak daha doğru olacaktır.

- **Plastik Enjeksiyon Makinelerinde Kullanılan Robotlar**

Enjeksiyon kalıplama, plastik ürünlerin imalatı için en yaygın kullanılan ve en ekonomik yöntemdir. Besleyici hunideki granül halindeki plastik tozu, içinde hareketli bir ekstrüzyon vidası bulunan ısıtılmış silindire düşmektedir. Bu vida, plastikleştirici ve enjeksiyon ünitesi olarak rol oynamaktadır. Plastik, silindir boyunca beslendiğinde gösterilen bölgelerden geçmektedir. Besleme bölgesini geçtikten sonra, vida ilerleme derinliğinde azalmanın olduğu basma bölgesinde

plastik, basılmaya zorlanmaktadır. Plastik aktığında burada gerçekleştirilen iş, ısıya dönüşmektedir ve böylece yarı sıvı akışkan haline gelmektedir. Son olarak dozaj bölgesinde (metering zone) ısıtıcı bantlardan iletim yoluyla ilave ısı uygulanmaktadır. Vidanın önünde bir bölme bulunmaktadır ve dolduğunda vidayı geri gitmeye zorlamaktadır böylece sınır anahtarı devreye girer. Bu ise vidayı ileri gitmesi için zorlayan hidrolik silindiri aktive eder ve kapalı kalıba sıvı plastiği enjekte eder.

Kalıp takımı en az iki parçadan oluşur ve görevi, malzemeye istenen şekli vermek ve şekil verilen ürünü soğutmaktır. Ürünün çıkarılmasına izin vermek için kalıp, ayırma çizgisi boyunca açılmaktadır. Kalıp içerisindeki ergimiş plastik, kalıp çekirdeğine besleyici aracılığıyla gönderilmektedir. Daha sonra yolluk sistemi aracılığıyla plastik esas ürün boşluğuna gönderilmektedir. Bu besleyici ve yolluk sistemi genellikle komponent boyunca soğutulmaktadır ve böylece bitmiş üründen elle veya mekanik olarak uzaklaştırılmaktadır. [3]

İşte bu noktada robotlar devreye girerler. Geleneksel olarak, enjeksiyon makineleri, parçaları kalıptan çıkarmak için operatörlerin kullanıldığı yarı otomatik döngüyle çalışırlar. Günümüzde enjeksiyon kalıplama operasyonu, döngü sonunda kalıptan parçaların çıkarılmasını sağlayacak bir metodla tam otomatik olarak çalışabilir. Eğer parça kalıba yapışır, bir sonraki döngünün başlangıcında kalıp kapandığında kalıpta önemli hasar meydana gelebilir. Endüstriyel robotlar, diğer ucuz otomatik metodlar güvenilir olmadığında, enjeksiyon kalıplama makinesini boşaltmak için kullanılırlar. [1]

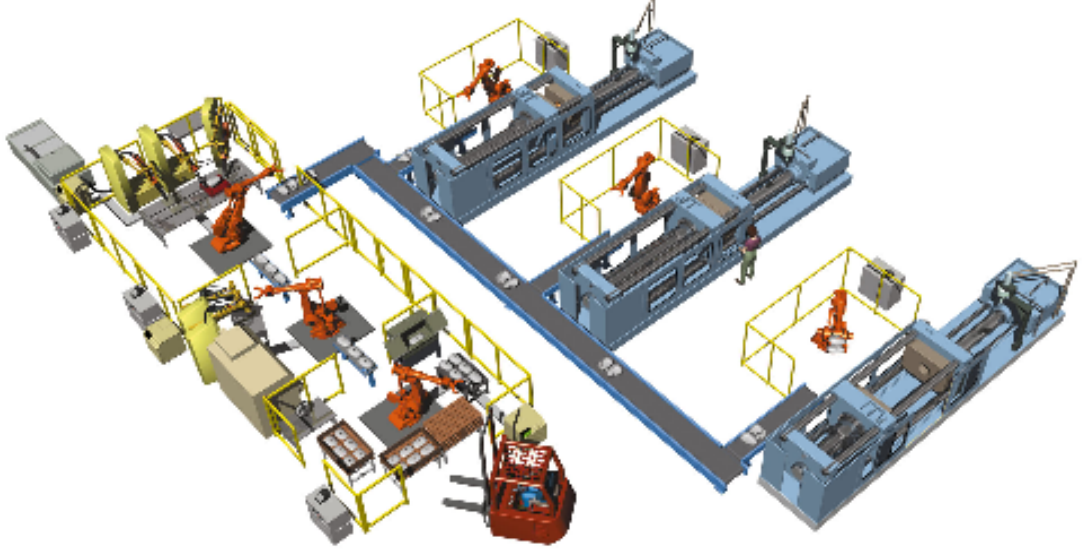
**Şekil II.15**'te örnek bir robotlu enjeksiyon hattı otomasyonu görülmekte olup 3 adet enjeksiyon makinesinde basılan parçalar robotlar tarafından alınmaktadır. Sistemde ayrıca konveyörden gelen parçaları ayıklayıp kalite kontrolünü yaptıktan sonra paletize eden robotlar da bulunmaktadır. Özellikle binek araçların farları ve iç giydirmelerinin plastik aksamaları bu gibi sistemlerle üretilmektedirler. Aksi takdirde sağlayıcı firma günde 1.000 araç kapasiteli ana sanayi firmasına yetişemeyecektir.

Robotların tipik hareket sırası şu şekildedir:

1- Enjeksiyon kalıplama makinesi açılır ve yolluk sistemine sahip bitmiş ürün çıkartılır.

2- Robotik boşaltma kolu hareket eder; parçayı tutar ve yeni parçaların kalıplanmasına izin vermek için geri çekilir.

3- Robot kolu, bitmiş ürünü konveyör veya paletin üzerine bırakır. [3]



**Şekil II.15** Robotlu Enjeksiyon Pres Hattı Otomasyonu

Bu gibi otomasyon sistemleri tasarlanırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus robot ile enjeksiyon makinesi arasındaki haberleşmenin güvenilirliğidir. Aksi takdirde robot parçayı alıp dışarı çıkmadan önce pres yeniden kapanırsa gayet büyük bir kaza olur. Böyle bir sistemdeki kalıpların maliyeti çoğunlukla 2-3 robot fiyatını bulduğu ve kalıbı onarmak ya da yeniden imal etmenin en azından bir iki hafta alacağı göz önünde bulundurulduğunda bu gibi bir olayın kesinlikle yaşanmaması gerektiği anlaşılır.

Bitmiş parça bırakılmadan önce, üzerindeki yolluk ve çıkıcıların kesilmesi için robot koluna bir kesici takım eklenebilir. Robotların kontrol sistemleri genellikle güvenlik ve verimi arttırmak için diğer makine ve elemanlarla ara yüzlenmeye izin vermektedir. Robotun ucuna bağlanan ve parçaları kalıptan alma işini gören vakumlu tutucular da tamamen robotun kontrolünde çalışırlar. [3]

Enjeksiyon makineleri gayet tehlikeli olabilirler. Bunun nedeni, kenetlenme basınçları 5000 ton'a kadar çıkabilen hareketli takımlardır. Ayrıca plastik yaklaşık 300°C'de enjekte edilmektedir ve yüksek basınçta beklenmeyen bir sızıntı, tehlikeli olabilmektedir. Buna ilaveten oluşan ısı ve gazlar yüzünden ortam rahatsız edici olabilmektedir. Bu yüzden enjeksiyon makinelerinde robot kullanımı güvenlik açısından büyük bir avantaj sağlar.

Enjeksiyon kalıplama için robotların uygulanmasının diğer bir avantajı da yüksek imalat adetlerine izin veren döngü süresinin kısılmasıdır. Bu sebeplerden dolayı dünyanın önde gelen enjeksiyon makinesi üreticileri genellikle makinelerini

ya kendi ürettikleri bir kartezyen robotla ya da anlaştıkları bir üniversal robot firmasının uygun robotu ile satışa sunmaktadırlar.

- **Dövme İşleminde Kullanılan Robotlar**

Dövme işlemi, metalin preslenerek veya çekiçlenerek istenen şekle getirildiği bir metal işleme prosesidir. En eski işlemlerden biridir ve eski zamanlardaki demircilerin gerçekleştirdiği metal işleme operasyonlarından esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Çoğunlukla, dövme öncesi metalin yüksek sıcaklığa ısıtıldığı sıcak işleme prosesi olarak gerçekleştirilir. Ayrıca soğuk işlem prosesi olarak da gerçekleştirilebilir. Soğuk dövme metale fark edilir bir mukavemet kazandırır ve bu, el aletleri (örneğin, çekiçler ve İngiliz anahtarları) gibi mukavemet özelliği gerektiren yüksek kaliteli ürünler için kullanılır. Sıcak dövmede bile, çekiçleme prosesinin neden olduğu metal akışı, şekillendirilen parçaya mukavemet katar. [1]



**Şekil II.16** Dövme İşleminde Çıkan Malzemeyi Taşıyan Comau Marka Foundry Robot

Dövme, özellikle sıcak dövme operasyonları, insanlar için en kötü endüstriyel işlerden biridir. Çevre gürültülüdür ve sıcak dövme için 40°C'nin üzerinde ortam sıcaklıkları vardır. Dövme, atölyesindeki hava, genellikle kir, fırın dumanları ve yağlayıcıların buharı ile doludur. Operasyon tekrarlamalıdır ve sıklıkla operasyon esnasında ağır parçaların hareket ettirilebilmesi için fiziksel kuvvet gerektirmektedir. Ayrıca operatör zeminden gelen çeşitli titreşimlere de maruz kalmaktadır. [1]

Genellikle karmaşık programlar gerektirmediği için dövme uygulamaları için robot idealdir. Çalışma ortamı pis ve sıcak olduğundan bu ortamlarda FOUNDRY ROBOT olarak isimlendirilen ağır hizmet tipi robotlar tercih edilmelidir. Bu robotların kurulumu yapıldığında şahmerdanın çevrim süresi düşmese bile üretkenlik artmaktadır. Üretkenlikteki artış, dinlenme zamanı, öğle tatili veya vardiya değişimleri gibi imalatın olmadığı sürelerin azaltılmasından ileri gelmektedir. Gerekli olduğu durumlarda 24 saat çalışma yapılabilmektedir. Operatörün presi hatalı yüklemesi nedeniyle oluşan hatalı ürünler ve kalıp bakım süresi ve giderleri de azalmaktadır. [3]

- **Dökümhane Robotları**

Döküm, ergimiş metalin yüksek basınç altında kalıp boşluğuna gönderildiği bir imalat işlemidir. Döküm, metal parçaları yeterli tamlıkla dökmek ve böylece işlem sonrası bitirme operasyonlarını minimize etmek için kullanılmaktadır.

Kalıp, basınçlı döküm makinesi tarafından açılıp kapanan iki yarıdan oluşmaktadır. Operasyon esnasında kalıp kapanmakta ve ergimiş metal kalıp boşluğuna pompa aracılığıyla basılmaktadır. Kalıp boşluğunun tam olarak dolduğundan emin olmak için yeterli ergimiş metal akıtılıp içine gönderilmektedir ve metalin fazlası kalıp yarıları arasındaki boşlukta çapak oluşturmaktadır. Metal katılaştıktan sonra kalıp açılmakta ve parça, pimler tarafından kalıp boşluğu dışına çıkartılmaktadır. Parça makineden alındıktan sonra su banyosunda soğutulmaktadır. Döküm esnasında meydana gelen çapak, parçanın etrafını kesen trimleme operasyonu ile uzaklaştırılmaktadır. Bu yüzden tipik basınçlı döküm imalat döngüsü, döküm, parçanın makineden alınması, soğutma ve trimlemeden oluşmaktadır. [1]

Şekil II.17’de bir alüminyum döküm işleminde parçanın kalıptan alınması işlemi görülmektedir. Bu esnada Al malzeme katılmış olsa da hala yüksek bir sıcaklıktadır. Bu yüzden robot kalıptan aldığı parçayı Şekil II.18’de görüldüğü gibi suya sokarak soğutur. Soğutma sıvısı dökülen malzemeye göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu aşamadan sonra parçaların yollukları kesilip çapak alma işlemi uygulanacaktır ki bu uygulamalar da robotlar tarafından icra edilmektedirler.





**Şekil II.17** Dökülen Parçanın Kalıptan Alınması İşlemi



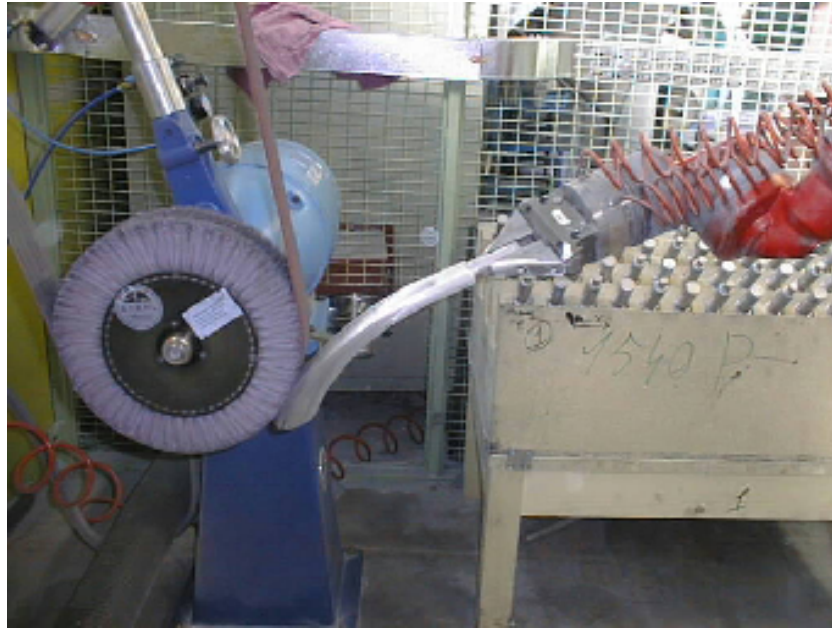
**Şekil II.18** Kalıptan Parçanın Alınan Parçanın Soğutulması İşlemi

Döküm işleminde imalat sayıları, makine tipi, dökülen metal ve parça tasarımına bağlı olarak saatte 100 ile 700 arasında olabilmektedir. Küçük parçalar için kalıp, birden fazla boşluklu tasarlanabilmektedir böylece her döngüde elde edilen parça sayısı birkaç katına çıkabilmektedir. Basınçlı döküm makineleri genellikle operatörler tarafından çalıştırılmaktadır. Sıcak, tekrarlı ve kirli olduğundan dolayı,

döküm işçiliği, insana uygun bulunmamaktadır. Bu şartlar yüzünden basınçlı döküm, robotların ilk uygulandığı işlemlerden biri olmuştur. Robotların basınçlı dökümde ilk kullanımını 1961 yılında gerçekleştirmiştir. İlk endüstriyel robot imalatçısı olan Engelberger, Unimate robotun basınçlı döküm uygulamasında 90.000 saatten fazla kullanıldığını söylemektedir. [1]

- **Çapak Alma İşleminde Kullanılan Robotlar**

Çapak alma işlemi daha çok dökümhanelerde uygulanan bir işlemdir. Çapak alma, kesici veya aşındırıcı takımlar kullanarak parçalardan istenmeyen metal kalıntılarının uzaklaştırılması işlemidir. Döküm parçalardan yolluklar gibi istenmeyen parçaların uzaklaştırılması işlemi çapak almaya güzel bir örnektir. Talaşlı işleme operasyonlarından sonra kenarların temizlenmesi de çapak alma işlemlerine örnek olarak verilebilir.



**Şekil II.19** Robotlu Çapak Alma Uygulaması

Döküm parçaların yolluklarının kesiminde parçanın ağırlığına bağlı olarak, robot tarafından tutulup kesici takıma götürülmesi söz konusudur. Çapak alma, robotun bileğine eklenen ve yüksek hızda dönen küçük kesici takım ile gerçekleştirilebileceği gibi parçayı robota taşıyıp kesici veya aşındırıcı takımı sabit tutarak da mümkündür.

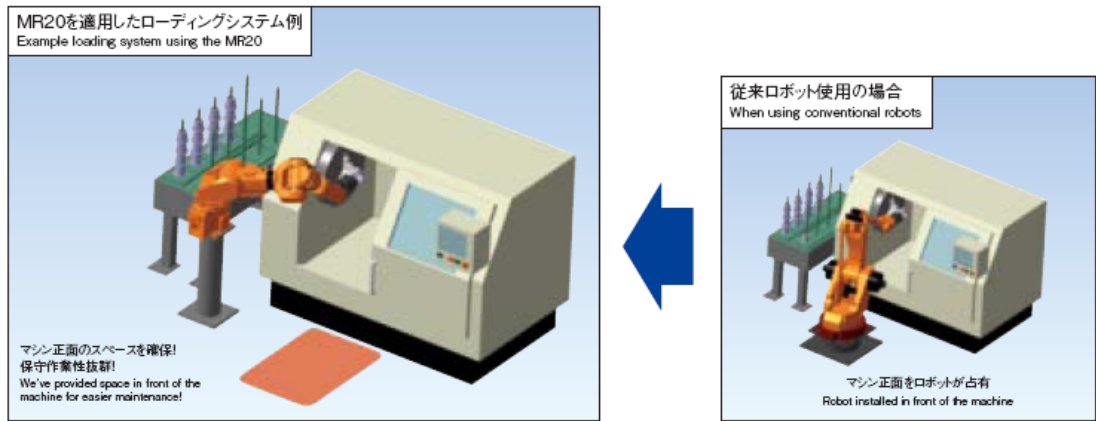
Çapak alma işlemlerine robotlar kullanılmaktadır çünkü bu uygulamalar yorucu olduğu gibi genellikle pis, sıcak ve gürültülü ortamlarda gerçekleştirilmektedir. Kesici takımlar ve işlem esnasında çıkan çapaklar operatörler için tehlikeli olabilirler.



## • Taşıma ve Paletleme Uygulamalarında Kullanılan Robotlar

Taşıma uygulamaları hem kullanılan sektör açısından hem de taşınan parçanın ağırlığı açısından geniş bir uygulama alanını içermektedir. Taşınan parçaların ağırlığı birkaç gramdan birkaç tona kadar çıkabilmektedir.

Noktadan noktaya programlama ve kontrol gerekli olmaktadır. Robot kontrolörü, çok sayıda noktayı saklayabilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Yatay ve dikey koordinatlarda kaydedilen birkaç noktayı ötelemek ve bu şekilde bir dizi oluşturmakta mümkündür. Böylece istifleme operasyonu için başlangıç noktasının tanımlanmasıyla, x-y-z eksenleri boyunca eşit adımlarla ürünlerin alınması ve yerleştirilmesi için robota uzunluk, yön ve tekrar sayısı öğretilerek programlama kolayca yapılabilir. Aksi takdirde günde 5000 adet parçayı 5000 ayrı noktadan alıp bir ortak noktaya koyacak bir robotun programlanması günler sürecektir. Eğer seçilen robotta nokta kaydırma (SHIFT) özelliği mevcut ise böyle bir program birkaç saat içinde yazılabilir. Benzer şekilde böyle bir programda tanımlanan noktalar herhangi bir sebeple bozulduğunda bu noktaları yeniden tanımlamak çok daha kolay olacaktır. [3]



Şekil II.20 OTC MR20 Robotu CNC Tezgah Yüklerken

Tutucu tasarımı, tüm işlemi etkileyeceğinden dolayı, uygulama için doğru seçimin yapılması büyük önem taşır. Taşıma uygulamalarında robot kontrolörü, takım tezgâhı veya konveyör gibi diğer bir ekipman ile ortak çalışmak zorundadır. İstiflenecek veya diğer bir ekipmana yüklenecek malzeme, robotun önüne rastgele sıralarda gelebilir. Bu durumda robot görüntü işleme teknolojileri ile de donatılmış olmalıdır.[3]

Robot firmaları son yıllarda tezgâh yükleme işlemi için 7 eksenli robotlar geliştirmeye başlamışlardır. Bu robotlar çok daha esnek hareketleri daha dar alanlarda

gerçekleştirebildikleri için daha başarılı olmaktadır. Şekil II.20’de OTC Robotics tarafından geliştirilen MR20 robotu görülmektedir.

- **Su Jetiyle Kesme İşleminde Kullanılan Robotlar**

Su jeti hafif cam katkılı plastikler ve karbon fiber gibi malzemelerin kesilmesinde kullanıldığı gibi demir ve diğer metallerin kesilmesinde de sıkça kullanılmaya başlamıştır. Bunu sebebi su jetiyle kesme yönteminin hızlı olması, tehlikeli gaz ve toz oluşturmaması ve doğru koşullar altında düzgün kesme yüzeyi meydana getirmesidir. Proseste, yüksek basınçlı suyu kesilecek malzemeye yönlendiren su jeti tabancası kullanılmaktadır. Su jeti genişliği 0.2 mm’den 2.5 mm’ye kadar değişiklik gösterebilirken 3500 bar’a kadar basınçlar kullanılabilir. Malzeme kalınlığına ve cinsine 50 mm/s’den 125 mm/s’ye kadar kesim hızlarına ulaşılabilir. [3]

Mümkünse su jeti, yüzeyle her zaman 90° açı yapacak şekilde uygulanmalıdır. Bu ise insan eliyle mümkün olmamaktadır. Aynı zamanda yüksek basınçlı su insan içinde tehlike arz eder. Bu faktörler bu prosesi robotlar için daha uygun kılmaktadır. Robotlu su jeti kesme işleminde robotun görevi su jeti tabancasını tutmak ve tabancayı kesilecek iş parçası etrafında gezdirmektir. İş parçası fikstürünün sabit olması gerekmektedir ve robot hareketleri yumuşak şekilde gerçekleştirilmelidir aksi halde kesme yüzeyinde **testere dişi** görünümü meydana gelebilecektir. İş parçası fikstüre mekanik kısıtlamalar ya da vakum vasıtasıyla sabitlenebilir.

- **Punta Kaynağı İşleminde Kullanılan Robotlar**

Punta kaynağı çeşitli isimlerle karşımıza çıkabilir. Bunlardan en çok kullanılanları nokta direnç kaynağı ve elektrik direnç kaynağıdır. Kısaca direnç kaynağı, üst üste konulmuş iki sacın belli noktalarından yüksek elektrik akımı geçirilmek vasıtasıyla gerçekleştirilen bölgesel bir kaynak işlemidir. Parçaların temas noktalarında tutulması ve üzerlerinden kaynak akımı geçirilmesi için kullanılan iki bakır (veya bakır alaşımı) elektrod aracılığıyla rölatif düşük gerilim seviyeleri uygulanarak ergime elde edilmektedir. Elektrik akımı, temas noktasında iki metal parçanın ergimesine yetecek yeterli ısı oluşumuna ve kaynağın oluşmasına yol açmaktadır.

Elektrodlar, parçaların kaynatılacağı noktada konumlanmaktadır. Parçaların proseste bir arada tutulmaları için fikstürlenmesi gerekmektedir. İki elektrod

parçaları sıkıştırmakta ve temas yüzeylerinde ısı ve kaynak oluşumu için parçaların üzerinden akım geçirilmektedir. Daha sonra elektrodlar açılmakta ve bir sonraki kaynak için elektrodların soğumasına izin verilmektedir. Elektrodların soğutulmasını çabuklaştırmak için genellikle punta tabancasının içinde su sirkülasyonu ile soğutma gerçekleştirilmektedir. Kaynağın gerçekleştiği süre bir saniyeden az sürmektedir. Bu yüzden, nokta direnç kaynağındaki imalat süreleri büyük çoğunlukla elektrodların ve parçaların birbirine göre konumlanması için geçen süreye bağlı olmaktadır. İmalat miktarını etkileyen diğer bir faktör elektrodların aşınmasıdır. Proseste üretilen ısı yüzünden elektrodların uçları periyodik olarak taşlanmalı ve otomatik olarak kalibre edilmelidir. [1]



**Şekil II.21** Punta Anı

Elektrik akımı elektrotlardan geçmekte ve iş parçalarının birleşme yüzeylerinin elektriksel dirençlerinin sonucu olarak ısı oluşturulmaktadır. İş parçalarını birbirine temas halinde tutmak için kaynak döngüsünün başında belirli bir miktar basınç uygulanmaktadır. Bu, uygun sıcaklığa erişilene kadar birleşme yüzeyindeki elektriksel direnci kontrol etmekte ve bu sıcaklığa erişildikten sonra birleşmeye yardımcı olmak için bu basınç artırılmaktadır.

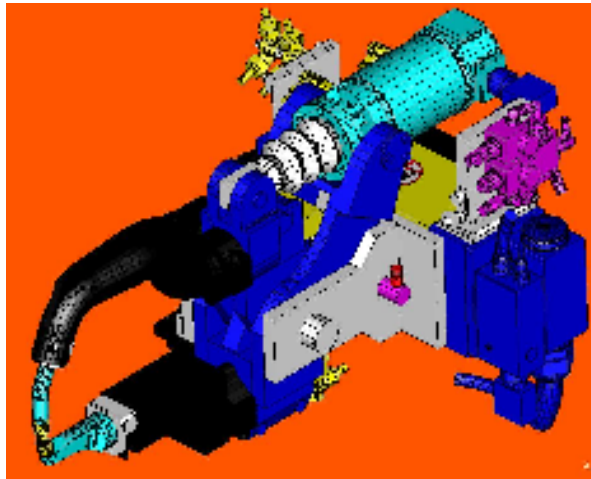
Robotik nokta kaynağında elektrotlar, **Şekil II.22**'de görüldüğü gibi robotun bileğine yerleştirilen nokta kaynak tabancası üzerinde bulunmaktadır. Elektrotlar su soğutmalıdır ve basınç, pnömomatik silindir ya da servo motor aracılığıyla uygulanmaktadır.



**Şekil II.22** OTC AX V166 SPOT PRO Punta Kaynak Robotu

Elektrotlar kapandıktan sonra basınç uygulanmaktadır ve kaynağı gerçekleştirmek için kontrollü şekilde yüksek elektrik akımı geçirilmektedir. Kaynak bölgesi mercimek şeklinde oluşmaktadır. Daha sonra elektrotlar açılmakta ve kaynak tabancası robot tarafından yeni bir konuma hareket ettirilmektedir. [3]

Nokta direnç kaynağı geleneksel olarak manüel biçimde iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. İlk metod, parçaların elektrotların arasına yerleştirilip sabitlendiği nokta direnç kaynağını kullanmaktır. Bu metod genellikle taşınması kolay göreceli olarak küçük parçalar için kullanılmaktadır. [1]



**Şekil II.23** Servo Motor Tahrikli Punta Tabancası

İkinci metod, nokta direnç kaynak tabancasının parçalara göre hareket ettirilmesidir. Bu, otomobil gövdeleri gibi daha büyük işler için uygun olmaktadır. Kaynak tabancası, elektrotlar ve elektrotları açıp kapamak için gerekli iskeletten

oluşmaktadır. (Şekil II.23) Buna ilaveten, yakındaki iş istasyonuna konumlanmış kontrol panelinden elektrotlara kaynak akımını iletmek için büyük elektrik kabloları kullanılmaktadır. Kablolarla sahip kaynak tabancası oldukça ağırdır ve ağırlığı 40-150 kg arasındadır. Tabancanın hareket ettirilmesinde operatöre yardımcı olmak için, tabanca yakındaki bir vinç sistemine bağlı durmaktadır. Buna rağmen, otomobil gövde montaj hattında gerekli yüksek imalat oranlarını yakalamak, operatörün oldukça ağır nokta direnç kaynak tabancasını hareket ettirmesindeki güçlük yüzünden imkânsızdır. Aynı zamanda Bu tip manüel bir hatta elde edilen kaynak ürünlerinin kalitelerinin tutarlılığından da söz etmek güç olacaktır. [1]

Bu yüzden Nokta direnç kaynağı operasyonlarının neredeyse tamamında robotlar başarıyla kullanılmaktadır. Her robotun bileğine end efektör olarak kaynak tabancası yerleştirilmektedir ve robot iş istasyonuna vardığında, kaynak sırasını gerçekleştirmesi için programlanmaktadır. Bazı robot nokta direnç kaynağı hatları, her biri ürün üzerinde farklı bir kaynak döngüsü gerçekleştirmek üzere programlanmış birkaç düzine robota sahip bulunmaktadır. Tipik nokta kaynak hattı Şekil II.24'te gösterilmektedir. [3]



Şekil II.24 Punta Kaynak Hattı

Günümüzde, otomobil imalatçıları nokta direnç kaynağı için robotları yoğun olarak kullanmaktadırlar. Bunun birçok nedeni bulunmaktadır. Yüksek iş hacmi ve



yüksek işçi giderleri nedeniyle bu endüstri mümkün olan her yerde otomasyona gitmeye çalışmaktadır. Farklı talepleri olan müşteri sayısının artması nedeniyle otomobillerin birçok farklı stile, kapı sayısına, renge vb. sahip olacak şekilde imal edilmesi gerekmektedir. Bu farklı talepler nedeniyle günlük 1000 araçlık üretim kapasitesine sahip bir fabrikada birçok farklı otomobil kombinasyonu mevcut olmaktadır. Bundan dolayı otomasyon vazgeçilmez olmaktadır. Robotlar, kaynak tabancasının kullanışsızlığı ile başa çıkmaya çalışan kaynak operatöründen daha kaliteli ve daha tutarlı bir kaynak dikişi elde etmektedirler.

Nokta direnç kaynağında kullanılan robotlar, prosesi gerçekleştirmek için bazı yetenek ve özelliklere sahip olmalıdır. Çalışma hacmi, parçanın boyutuna uygun olmalıdır. Kontrolör hafızası, nokta direnç kaynak döngüsü için gerekli birçok konumlama adımlarını gerçekleştirebilecek kapasiteye sahip olmalıdır. Bazı uygulamalarda, kaynak hattı, birçok farklı model ürünün üretimi için tasarlanabilmektedir. Bu yüzden, modeller değiştiğinde, robotlar bir programdan diğerine geçebilmelidir.



**Şekil II.25** Punta Kaynak Hattı

Robotlar aracılığıyla gerçekleştirilen nokta direnç kaynağı prosesinin otomasyonundan elde edilen faydalar, artırılmış ürün kalitesi, operatör güvenliği ve imalat operasyonuna daha fazla hâkim olunmasıdır. Kalitenin artması, kaynak dikişlerinin daha tutarlı olması ve kaynakların konumundaki tekrarlanabilirliğin daha

iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Göreceli olarak çok iyi bir tekrarlanabilirliğe sahip olmayan robotlar bile insanlara nazaran nokta kaynaklarını daha doğru bir şekilde konumlandırabilmektedirler. **Şekil II.25**'te görüldüğü gibi kaynak çapağı ve yanık tehlikelerinin bulunduğu çalışma alanından insanın uzak tutulması ile güvenlik artırılmış olmaktadır. Nokta direnç kaynağı prosesini otomatize etmek için robotların kullanılması, üretim planlama ve süreç içi envanter kontrolü gibi alanlarda gelişmelere neden olacaktır. Robotların ve kaynak donanımının bakımı, nokta direnç kaynağı hattının otomatizasyonunun başarıyla gerçekleştirilmesi için önemli bir faktör olmaktadır. [1]

- **Gazaltı Kaynağı İşleminde Kullanılan Robotlar**

Gazaltı kaynağı, sürekli bir kaynak işlemidir. Sürekli gazaltı kaynağı, birleştirilecek iki metal arasında uzun kaynaklı bağlantılar oluşturmak gerektiğinde kullanılmaktadır. [1] İnsanlar tarafından gerçekleştirildiğinde ark kaynağı dikkate değer eğitim, yetenek ve konsantrasyon gerektirmektedir. İyi kalitede dikiş elde etmek için göz önünde bulundurulması gereken birçok değişken olduğundan, ark kaynağı bir bilimden çok bir sanat olmaktadır. Oluşan ısı, radyasyon ve duman yüzünden çalışanın bu ortamdan uzak tutulması gereklidir. Kaynak işi iyi eğitilmiş ve yetenekli işçiler gerektirmektedir bununla birlikte bu koşullar altında çalışmaya hevesli ve yetenekli işçi bulmak giderek zorlaşmaktadır. Ayrıca üretkenliğin artırılması için olan talepler, arkın devrede olduğu sürenin artırılmasını gerektirecektir. Böylece bu uygulama için endüstriyel robotların kullanımını gerektiren neredeyse tüm sebepler bulunmaktadır. [3]

Gazaltı kaynak robotları günümüzde özellikle otomotiv yan sanayi kuruluşları tarafından kullanılmaktadır. Gazaltı kaynak robotları punta kaynak robotlarının aksine hat şeklinde değil daha çok bir veya iki robotlu hücreler şeklinde karşımıza çıkar. Bu tez çalışmasının konusunun gazaltı kaynak hücresi tasarım kriterlerinin belirlenmesi olması dolayısıyla ileriki bölümlerde bu konuda geniş bilgi verilecektir.

**Şekil II.26**'da tipik bir gazaltı kaynak robotu görülmektedir. Robotlu gazaltı kaynak sistemlerinde kaynak telini besleme görevini yürüten tel sürme üniteleri çoğunlukla robotun üzerine yerleştirilir. Tel besleme ünitesinden çıkan koaksiyel kablo vasıtasıyla kaynak teli robotun ucuna monte edilmiş kaynak torcuna kadar beslenir.



**Şekil II.26** OTC AX-V6 Gazaltı Kaynak Robotu

Gazaltı kaynağındaki robotların kullanımı ilk olarak 1974'te gerçekleşmiş ve 1978'lere kadar ticari olarak mevcut olmuştur. Bununla birlikte, son zamanlarda tecrübelerin ve gelişmiş kontrol sistemlerinin bir araya getirilmesi ve bazı durumlarda sensörlerin de sisteme entegre edilmesiyle proses ekonomik olarak ilgi çekici hale gelmiştir. Robot ark kaynak sistemi genellikle robot kolu, iş parçası fikstürü, kaynak torcu, kaynak ünitesi güç kaynağı ve tel besleme ünitesi, robot güç kaynağı ve kontrol dolabı ile sistem kontrol panelinden oluşmaktadır. Hareketli hatların karşısında olan kaynak hücreleri için, sabit denge ve tamlik sağlamak amacıyla robot ve iş parçası fikstürleri sıklıkla aynı baza üzerine monte edilmektedir. Bu çalışmada örnek bir gazaltı kaynak hücresi tasarlanacak ve yapılan tasarım esnasında dikkate alınması gereken ayrıntılar ortaya konacaktır.



## **II.4. GAZALTI KAYNAK TEKNOLOJİSİ**

Gazaltı kaynak işlemi bu çalışmanın önemli bölümlerinden birini oluşturduğu için bu konudaki yeni teknolojiler hakkında bilgi verilecektir. Gazaltı kaynağı sürekli bir kaynak işlemidir. Kaynak makinesine bağlı kaynak telinin, bir torç içerisinde beslenerek kaynak boyunca kaynak havuzuna akitıldığı ve bu esnada havuzun koruyucu gaz ile muhafaza edildiği kaynak işlemi diye tanımlanabilir.

Buna göre Gazaltı kaynağı, dolgu malzemesi (kaynak teli), kaynak makinesi ve koruyucu gaz bileşenlerinden oluşmaktadır. Gazaltı kaynağındaki gelişmeler bu bileşenlerin her birinde gerçekleşmektedir.

### **II.4.1 Dolgu Malzemesi Teknolojileri**

Gazaltı kaynağında kullanılan dolgu malzemelerine sürekli kaynak teli adı verilmektedir. Bunun sebebi kaynak tellerinin elektrotlardaki 30-50 cm arasındaki boy engelini aşmak üzere geliştirilmiş olmasıdır. Gazaltı kaynağında genellikle 15 kg ağırlığında makaralara sarılmış üzeri bakır tabaka ile kaplı teller kullanılır.

Demir malzemeler için kullanılan gazaltı kaynak teli temelde 3 sınıfa ayrılır. Bunlar SG1, SG2, SG3 telleridir. Buradaki SG, shield gas demektir. Bu telleri çeşitli standardizasyonlarda farklı isimler ile görmek mümkündür.

SG1 kalite teller ince parçaların kaynağında, kök paso kaynaklarında, emaye ve galvaniz kaplanacak malzemelerin kaynaklarında, özellikle boruların TIG yöntemi ile kaynağında kullanılır.

SG2 kalite gazaltı kaynak telleri çelik konstrüksiyon ve makine yapımında gemi kazan tank ve boru kaynaklarında, ince taneli çeliklerin kaynaklarında ince sac, çelik mobilya, kaporta ve karoseri imalatı gibi birçok alanda kullanılır. SG2 kalite tel kaynak dolgu malzemeleri pazarında en çok kullanılan dolgu malzemesidir.

SG3 kalite gazaltı kaynak telleri de yukarıda sayılan yerlerde özellikle yüksek çekme ve çentik dayanımına ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır.

Günümüzde çok çeşitli gazaltı kaynak telleri üretilmiştir. Paslanmaz çeliklerin her bir ayrı kalitesine uygun kaynak teli bulmak mümkündür. Aynı durum alüminyum malzemeler içinde söz konusudur.

Gazaltı kaynak tellerinde gelinen son nokta özlü kaynak teli imalatı olmuştur. Kaynak telleri her ne kadar birçok çeşitte üretilse de kaynak elektrotlarına nispeten daha dar bir yelpaze sunmaktaydılar. Çünkü kaynak elektrodunun üzerindeki örtü maddesindeki çok küçük bir değişim yeni bir elektrodu ortaya çıkarmaktaydı.

Böylelikle her çeşit kaynağı başarıyla yapmak üzere uygun örtülü elektrot üretilebiliyordu. Özlü tel teknolojisi sayesinde elektrodun örtüsünü oluşturan toz kısmı telin içine yerleştirilmiş oldu. Böylelikle hem en uygun kaynak dikişini verecek tel üretilmekte hem de kaynak banyosu örtü ile de korunabilmektedir. Özlü teller kaynak teknolojisinde yeni bir çığır açmıştır. Ülkemizin önde gelen kaynak sağlayıcısı kuruluşlarından olan Gedik Kaynak A.Ş. tarafından ilk özlü tel imalat hattı devreye alınmıştır. Kaynak tüketim malzemeleri üretimindeki teknolojik yeniliklere bağlı olarak CO<sub>2</sub>/MAG kaynağında kullanılan gaz altı kaynak teli üretimi yıldan yıla artarak örtülü kaynak elektrodu üretiminin yaklaşık üç katına ulaşmıştır.

#### **II.4.2 Kaynak Makinesi Teknolojileri**

Son yıllarda kontrol teknolojileri ve elektronikteki gelişmeler, konvansiyonel olarak isimlendirilen büyük transformatörlü kaynak makineleri yerine daha elektronik ağırlıklı olan invertör kontrollü kaynak makinelerinin geliştirilmesine ve kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu durum çeşitli dalga şekillerinin kontrol edilebildiği dijital kontrol teknolojilerinin kullanılması ile mümkün olmuştur. Ayrıca gazaltı kaynak makinelerinin en önemli sistemleri arasında yer alan servo ve enkoder kontrollü, geri beslemeli, tel sürme üniteleri ile sadece hassas tel besleme işlemi gelişmekle kalmayıp aynı zamanda çapaksız bir ark elde edilmesi yönünde çok önemli bir yol alınmıştır.

İleri elektronik teknolojilerinin kullanıldığı invertör kontrollü kaynak makineleri geliştirilmiş ve yeni gelişen çıkış kontrolü teknolojileri ile kaynak performansı arttırılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda dijital kontrollü invertör tip kaynak makinelerinin kontrol devrelerinde mikroişlemci kullanılarak karmaşık ark şekilleri daha kesin bir şekilde kontrol edilmeye başlanmıştır. Bu konuda Bölüm III'te ayrıntılı bilgi verilecektir.

#### **II.4.3 Koruyucu Gaz Teknolojileri**

Gaz altı kaynak yöntemlerinin üç tür sarf malzemesi vardır, bunlar elektrik enerjisi, koruyucu gaz ve kaynak metalidir. Kaynak telinin kimyasal bileşimi ve koruyucu gazın türü kaynağın görüntüsünü ve mekanik özelliklerini belirleyen en önemli faktörlerdir.

Koruyucu gazın MIG - MAG yönteminde ark bölgesini tamamen örtmesi ve atmosferin olumsuz etkilerinden koruması gereklidir. Atmosferde bilindiği üzere

%78 azot ve %21oksijen gazı mevcuttur. Bütün metaller oksit oluşturmak üzere oksijenle birleşmeye eğilim gösterir. Aynı şekilde birçok metal, metal nitritleri oluşturmak üzere azotla birleşme eğilimindedir. Bu istenmeyen birleşimleri engellenen yolu kaynak havuzunu doğru koruyucu gaz ile korumaktır.


Koruyucu gaz	Grup	Yöntem	Malzeme
Argon (Ar)	I	TIG	Tüm metaller
Helyum (He)		MIG	Tüm demirdışı metaller
Argon / Helyum			
Ar/O <sub>2</sub> (Ar/CO <sub>2</sub> )	M1	MAG	Yüksek alaşımlı çelikler
Ar/CO <sub>2</sub>	M2		Alaşımsız ve düşük alaşımlı çelikler
Ar/CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub>	M3		
Karbondioksit (CO <sub>2</sub> )	C		
Ar/He	I	Kök koruma	Özellikle hassas metaller; örn. Titanyum
Şekillendirici gaz (N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> )	F		Diğer metaller

Şekil II.27 TS EN 439'a Göre Koruyucu Gazlar

Şekil II.27'da da görüldüğü gibi MIG -MAG kaynağında soy gazlar ve aktif gazlar veya bunların çeşitli oranlarda karışımı kullanılır. Genel olarak asal gazlar, reaksiyona girmediklerinden demir dışı metallerin kaynağında, aktif gazlar veya aktif ve asal gaz karışımları da çeşitli tür çeliklerin kaynağında uygulama alanı bulmaktadır.

Kaynak işlemi için gaz seçiminde çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulması gereklidir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Kaynatılan metal veya alaşımın türü,
2. Ark karakteristiği ve metalin damla geçiş biçimi,
3. Kaynak hızı,
4. Parça kalınlığı, gereken nüfuziyet ve kaynak dikişinin biçimi,
5. Tedarik edilebilirlik ve gazın maliyeti,
6. Kaynak dikişinden beklenen mekanik özellikler.(şükru yiğit)

Etkisi	Argon	Karışım gaz	CO <sub>2</sub>
Eriyikle reaksiyon	Yok	Zayıf	Kuvvetli
İyonizasyon	Çok iyi	İyi	Orta
Dikiş taşkınlığı			
Nüfuziyet			
Dikişin görünümü	Düz	Hafif tırtıllı	Kaba tırtıllı
Sıçrama oluşumu	Çok düşük	Düşük	Daha yüksek
Hava girişine hassasiyet	Çok fazla	Fazla	Orta

**Şekil II.28** TS EN 439'a Göre Koruyucu Gazların Özellikleri

TS EN 439 standardında koruyucu gaz özellikleri ile ilgili yapılan karşılaştırma Şekil II.28'de görülmektedir.

Bu hususlara dikkat edilerek seçilen koruyucu gaz sadece kaynak havuzunu atmosferin zararlı etkilerinden korumakla kalmaz, birçok kaynak parametresini de etkiler. Bu parametreler şöyle sıralanabilir:

1. Kaynak havuzunu atmosferin zararlı etkilerinden koruma.
2. Arkın kararlılığını sağlama
3. Metal transfer forumunu oluşturma
4. Nüfuziyet, ıslatma ve kaynak geometrisi
5. Isı girdisi
6. Kaynak metalinin kimyasal bileşimi
7. Kaynak dumanı oluşumu

Gazaltı kaynak işleminde koruyucu gazın doğru seçimi kadar seçilen gazın doğru kullanılması da büyük önem taşır. Koruyucu gaz debisi doğru bir şekilde ayarlanmalıdır. Aksi takdirde beklenen koruma alınamayacaktır. Gaz debisi yüksek olduğu takdirde ark üflemesi oluşacağı gibi düşük olursa da yeterli koruma sağlanamayacaktır.

## BÖLÜM III.

### ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ TASARIM KRİTERLERİ

#### III.1. ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ TASARIMI

Bu aşamaya kadar robotların tarihçesi, kullanım alanları ve kaynak teknolojisinin geldiği son durum hakkında bilgiler verildi. Bu bölümde robotlu imalat hücrelerinin tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken noktalar robotlu gazaltı kaynak hücreleri temel alınarak incelenecektir. Robotlu gazaltı kaynak işlemi en zor robotik uygulamalarının başında gelmektedir. Bunun nedenleri şöyle sıralanabilir:

1. Robotlu gazaltı kaynak işleminin tekrarlanabilirliği kullanılan tel çapının yarısı olarak kabul edilir. 0.8mm tel kullanılan bir gazaltı kaynak uygulamasının tekrarlanabilirliği  $\pm 0.4$ mm olmak zorundadır.
2. Gazaltı kaynağının kalitesine kaynak makinesi, torç açısı, serbest tel mesafesi, kaynak teli, koruyucu gaz, akım, gerilim, fikstür, kaynak parçasının pozisyonlanması ortamdaki hava akışı gibi birçok parametre etki eder. Bu parametrelerden herhangi birinde yapılacak yanlışlık kaynağı bozar.
3. Gazaltı kaynak robotlarının büyük kısmı binek otomobil parçası imalatında kullanılır. Fakat bu robotların çok azı ana üretici firmalardadır. Otomotiv ana sanayi firmaları gazaltı kaynak işlemlerini oluşturdukları yan sanayi firmalarına yaptırmaktadır. Yan sanayi firmaları, özellikle robotla yeni tanışan firmalar kaynak öncesi imalatlarında yapmaları gereken iyileştirmelerden robot olarak kurtulmanın mümkün olacağını öngörmektedirler. Bu öngörünün sebebi ülkemizde robotik konusunda yetişmiş personel eksikliğidir.
4. Gazaltı kaynağı yapılacak malzeme çok çeşitlilik gösterebilmektedir. Örneğin iki farklı özellikteki metali birbirine kaynatmak gerekebilir ya da çok ince veya çok kalın malzemelerin kaynatılmasında dikkat edilecek birçok parametre ortaya çıkar.
5. Gazaltı kaynağı esnasında malzemeye yüksek bir ısı girdisi olduğu için malzemede çarpılmalar oluşur. Bu çarpılmaların doğru fikstür yapımı, doğru kaynak metodu seçimi ve doğru kaynak sırası ile telafi edilmesi gerekir.

Yukarıda sayılan nedenlerden dolayı robotlu gazaltı kaynağı hayli zor bir prosestir. Konuda uzman personelin yetersizliği de göz önünde bulundurularak bu çalışmada robotlu gazaltı kaynağı temel alınmıştır.

Robotlu imalat hücresi tasarımı öncelikle kullanılacak robota karar verilmesi ile başlar. Robot seçilmeden sonra kaynatılacak parçaya ve robota uyumlu kaynak makinesi seçilir. Ardından parçanın üzerindeki kaynakların doğru pozisyonlara getirilmesi için pozisyoner tasarımı yapılır. Pozisyoner yeni bir tasarım olabileceği gibi robot firmalarının standart pozisyonerleri de kullanılabilir. Bu bölümde standart pozisyonerler ayrıntılı biçimde anlatılacak ardından bir eksenli pozisyoner imalat hesabı yapılacaktır. Robotlu gazaltı kaynak hücresinde kullanılacak robot kaynak makinesi pozisyoner belirlendikten sonra parçayı uygun şekilde sabitleyecek fikstür tasarımı ve imalatı gerçekleştirilir. Bunların yanında hücrenin nasıl bir kabin içersine konulacağına karar verilip tasarımı yapılır. Ardından hücrenin güvenlik standartlarına uygunluğunu sağlayacak güvenlik elemanları seçilerek güvenlik devresi oluşturulur. Böylelikle robotlu gazaltı hücresi tasarım ve imalatı gerçekleştirilmiş olacaktır. Robotlu imalat hücresi tasarım basamakları şöyle sıralanabilir:

1. Robot seçimi
2. Kaynak makinesi seçimi
3. Pozisyoner seçim ya da tasarımı
4. Fikstür tasarımı
5. Kabin tasarımı
6. Güvenlik devresi tasarımı

Bu bölümde yukarıda sıralanan basamaklar ayrıntılı biçimde incelenecektir.

## **III.2. ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRESİ İÇİN ROBOT SEÇİM KRİTERLERİ**

### **III.2.1 Robotun Mekanik Yapısı**

Gazaltı kaynak işleminde kullanılacak endüstriyel robotu mekanik yapısı büyük önem taşır. Seçilecek robotun dış yüzey alanı rijitliğini bozmayacak ölçüde küçük tercih edilmelidir. Böylelikle robotun çalışma alanı büyür ve hız artar. Aşağıda tipik bir gazaltı kaynak robotu görülmektedir. Kaynak torcu ile tel besleme ünitesi

arasında teli aktarmaya yarayan koaksiyel kablo robotun üzerinden geçiyor bu şekildeki bağlantı klasik 6 eksenli robotların tümünde böyledir.

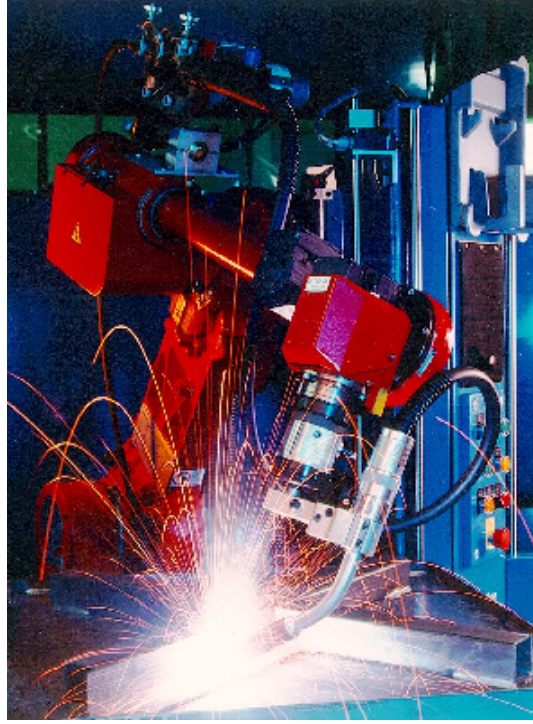


**Şekil III.29** Gazaltı Kaynak Robotu

Bu konuda en önemli nokta koaksiyel kablonun uzunluğunun belirlenmesi ve robotun hareketleri esnasında istenmeyen burulmalar yapmasının engellenmesidir.

Koaksiyel kablo uzunluğu olması gerekenden kısa olduğu takdirde robotun erişim uzayı kablo ile kısıtlanmış olur. Bu durumda robotun eksenleri yazılımsal olarak kısıtlanabiliyor olmalıdır. Aksi durumda robot koaksiyel kabloyu zorlar. Bu durumda ya robotun eksen kalibrasyonu bozulur ya da koaksiyel kablo zarar görür.

Koaksiyel kablo uzunluğu olması gerekenden uzun olursa tel sürme problemleri ortaya çıkacaktır. Bilindiği gibi gazaltı kaynak problemlerinin büyük bölümü tel sürmeden kaynaklanır. Uzun koaksiyel kablo istenmeyen burulmalar meydana getirip tel sürme problemine yol açar. **Şekil III.2**'de gereğinden uzun seçilmiş koaksiyel kablolu bir robotik sistem görülmektedir. Bu durum her ne kadar kaynağı imkânsız kılmasa da kalitesini etkilemektedir.



**Şekil III.30** Uzun Seçilmiş Bir Koaksiyel Kablo Ve Hortum Paketi

Gazaltı kaynağı için kullanılacak robotun bileğinin çok büyük olması da robotun erişimi açısından dezavantaj olacaktır. Bu yüzden gazaltı kaynağı yapmak üzere tasarlanan robotların bilek yapısı 4-5 eksenleri birbirine bağlayan eklem ile aynı kalınlıkta üretilmektedir. Şekil III.2’de görülen robotun bilek yapısı olması gerekenden biraz kalındır.

Günümüzde sadece gazaltı kaynağı yapmak üzere tasarlanmış robotlar mevcuttur. Bu robotların mekanik yapısı koaksiyel kablo ve hortum paketinin robotun içinden geçmesine izin verir. Şekil III.3’te böyle bir robot görülmektedir. Hortum ve kabloların robotun içinden geçmesi robotun erişimini arttıracaktır. Özellikle üzerinde dairesel bir kaynak bulunan bir parçanın kaynağı yapılacaksa bu yapıdaki bir robotun tercih edilmesi daha uygundur. Böylece robot daire şeklindeki yörüngeyi gezerken torç kablosu robotun bileklerine çarpması önlenmiş ve kaynak işlemi duraklama olmaksızın bitirilmiş olacaktır.





**Şekil III.31** Kaynak Kabloları İçinden Geçecek Şekilde Tasarlanmış Kaynak Robotu

Ayrıca gömülü kaynak kablolu robotların Şekil III.3'te görülmekte olan kabin gibi parçaların kaynağında kullanımı kolay olacaktır. Böyle bir kabinin kaynağında dıştan kablolu bir robotun kabloları parça ya da fikstüre takılıp zarar görebileceği gibi tel sürme üniteleri de bu ekipmanlara çarpabilir.

### **III.2.2 Robotun Taşıma Kapasitesi**

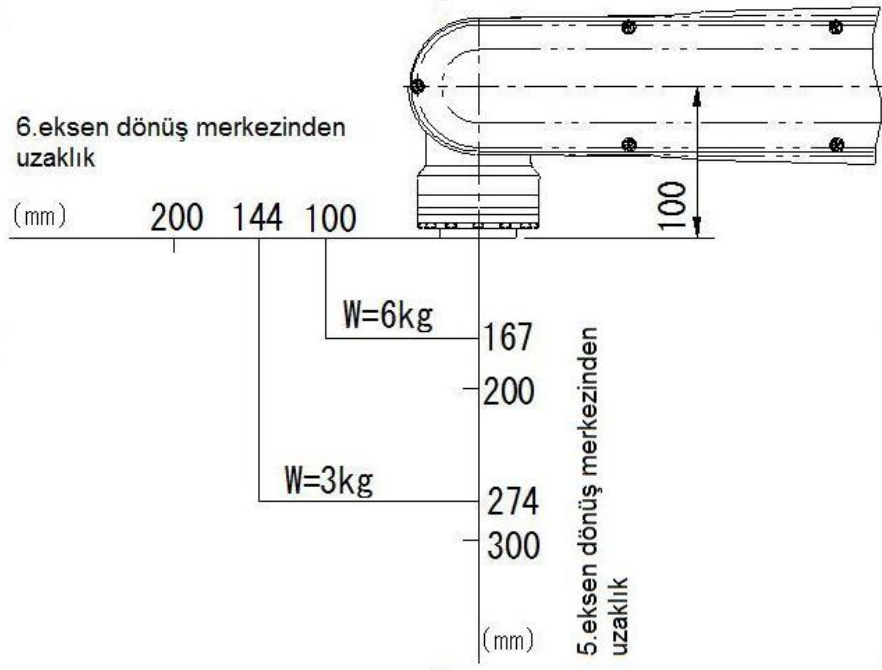
Endüstriyel robotlar genellikle taşıma kapasiteleri ya da erişimleri ile adlandırılıp gruplara ayrılır. Taşıma kapasitesine göre robotlar üç grupta incelenirler.

1. Hafif yük robotları (0,1-20 kg)
2. Orta yük robotları (20-200 kg)
3. Ağır yük robotları (200-1000 kg)

Robotun kullanılacağı uygulama yük kapasitesi seçimi için belirleyici niteliğindedir. Gazaltı kaynağı için kullanılacak robotun 3-16 kg arasında bir yük kapasitesine sahip olması yeterli iken otomotiv gövde hatlarında otomobili taşıyan robotlar 500-1000kg kapasiteli olmaktadır.

Robotun taşıma kapasitesi tayin edilirken dikkat edilecek en önemli nokta robota bağlanacak torcun robot TCP'sinden ne kadar uzakta konumlandırılacağıdır. Robot

bileğinin yük grafiği robot kullanım kitapçıklarında mevcuttur. Şekil III.4'te bu grafiğe bir örnek verilmiştir.



Şekil III.32 Robot Taşıma Kapasitesi Grafiği

Şekil III.4'te 6 kg yük kapasiteli bir robota ait grafik görülmektedir. Buna göre 6. Eksenin merkezinden 144 mm ve 5. Eksenin merkezinden 274 mm ilerideki noktalar kümesinde robot 3 kg taşıma kapasitesine sahip olmaktadır.

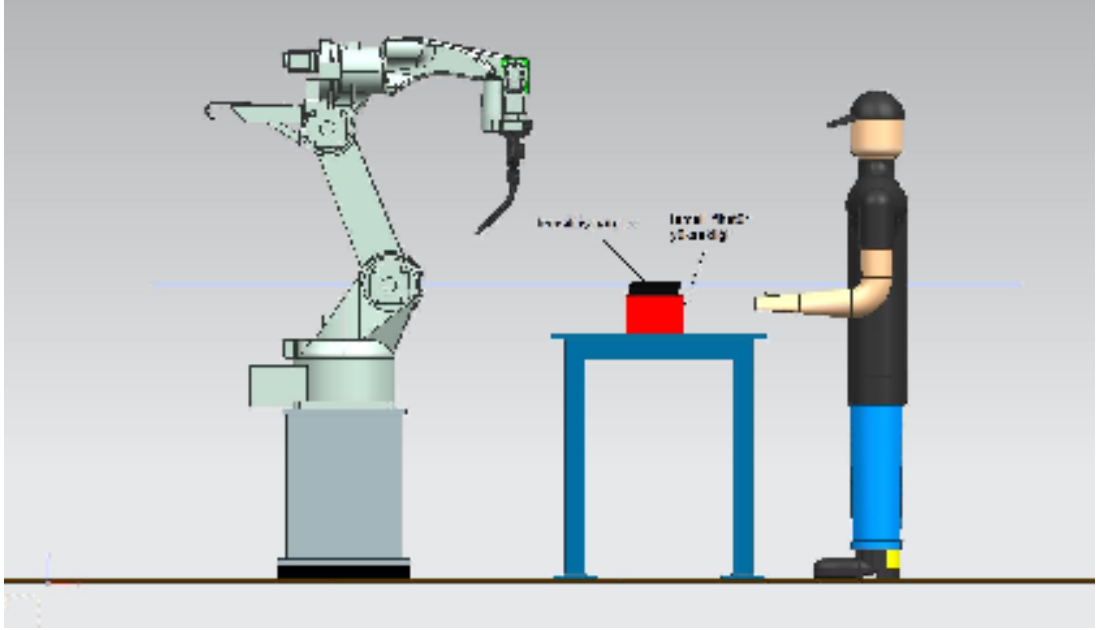
### III.2.3 Robotun Çalışma Alanı

Endüstriyel robotların belirleyici özelliklerinden birisi de çalışma alanıdır. Çalışma alanı yerine erişim tabirinin kullanıldığı da görülmektedir. Robot seçiminde robotun kaynağı yapılacak parçanın bütün kaynak noktalarına erişebiliyor olması gerekir. Doğru erişimli robot seçebilmek için kaynatılacak parçanın robota göre nasıl konumlanacağını bilmesi gereklidir.

Gazaltı kaynak robotları, kaynatılacak parça robotun 2. ekseninin merkezi ile aynı yükseklikte yerleştirildiğinde en iyi erişimi sağlayacak şekilde tasarlanmaktadır. Kaynatılacak parçanın bu yükseklikte sabitlenmesi için tasarlanacak masa fikstür ya da pozisyoner ölçülerinde de bu duruma uyulması gerekmektedir. Parçanın ağırlığı da yerleştirme için önemlidir. Parça hafif olduğunda yerleştirme yüksekliği operatör

için en ergonomik yükseklik olacak şekilde seçilmelidir. Bu işlemler şu şekilde sıralanabilir:

1. Parça ağırlığı ve ergonomiklik dikkate alınarak operatör yükleme yüksekliği belirlenir.
2. Operatör yükleme yüksekliği ve parça fikstür yüksekliğine göre masa yada pozisyoner yüksekliği belirlenir.
3. Son adım olarak bu verilere göre robotun üzerine yerleştirileceği bazanın yüksekliği belirlenir.

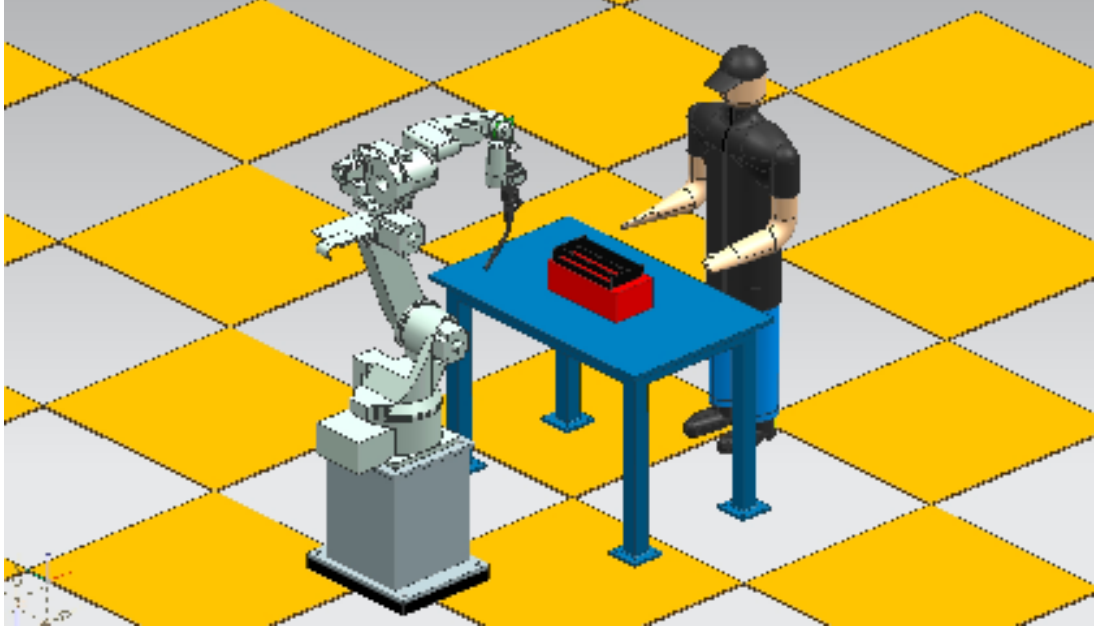


**Şekil III.33** Temsili Yatay Yerleşim Planı

**Şekil III.5'**te kaynatılacak iş parçasının yüksekliğinin robotun 2. eksen merkezi ve operatör ile uyumu görülmektedir.

Ağır ve büyük parçalar için yerleştirme yüksekliklerinin tayininde operatörün parça yükleme metodu belirleyici olacaktır.

Robotun yataydaki erişimi 5. eksenin dönme merkezine göre verilmektedir. Bu nokta P (pitch) noktası olarak isimlendirilmektedir. Robot sürekli aynı işi yapacağı uygulamalarda erişim bir kez hesaplanır. Fakat robot ile farklı parçaların kaynatılması söz konusu ise masa ölçüleri ve yerleşim planı maksimum erişimi sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Robot yerleşim planları CAD programlarında tasarlanmaktadır. Böylelikler tasarlanan sistemin operatör ve robot erişimi açısından uygunluğu denetlenmiş olmaktadır. Şekil III.6'da tasarlanmakta olan robotlu gazaltı kaynak hücresinin perspektifi görülmektedir.



**Şekil III.34** CAD Programında Tasarlanmış Temel Yerleşim Planı

### **III.2.4 Robotun Hızı**

Robotun hızı TCP noktasının hızıdır. Gazaltı kaynak robotlarının TCP noktası torcun ucundan çıkan telin merkezidir. Kaynatılacak parçanın geometrisine göre kaynak esnasında robotun çok kısa bir mesafede büyük bir açıda hareket etmesi gerekebilmektedir. Bu gibi durumlarda kaynak dikiş uzunluğu kısa olmakla birlikte robot kolunun süpüreceği açı büyük olacağından robotun hızlı olması gereklidir. Endüstriyel robotların hızları 1,2 – 2,5 m/s arasında değişmektedir. Bunun yanında kaynak makinesinin hızı da kaynatılacak malzeme çeşidi, kalınlığı ve temizliğine göre 7 – 8 mm/s ile 25 mm/s arasında olabilmektedir.

Bu durumda kısa bir kaynak için büyük bir açı süpürülmesi gerekiyorsa ve kaynak makinesi bu mesafedeki kaynağın 15 mm/s hızla yapılmasına izin veriyorsa robotunda makinenin hızına yetişecek şekilde seçilmesi gerekmektedir.

Gazaltı kaynağında daha geniş kaynak dikişi elde edebilmek adına torca dalga hareketleri yaptırılmaktadır. Bu dalga hareketleri sinüs eğrisi, testere dişi ya da el dikişi şeklinde olabilir. Bu tip uygulamalarda iki çeşit dalga hareketi metodu kullanılmaktadır.

- 1. Altıncı Eksen Dalga Metodu:** Bu metotta dalga sadece 6. Eksen kullanılarak testere dişi şeklinde dalgalanma sağlanır. Altıncı eksen dalga metodu kullanılırken torcun ölü bölgede olmamasına dikkat edilmesi gerekir. Aksi takdirde robot işlemcisi yörünge hesaplarken zorlanacağı için

istenmeyen yavaşlamalara neden olacaktır. Altıncı eksen dalga metodu ile yüksek frekansta (8,5 Hz) dalga hareketi yapılabilirken genlik çok geniş ayarlanamaz. Genlik geniş ayarlandığında kaynak telinin kaynak havuzuna olan mesafesi (ark boyu) değişeceğinden kaynak hataları ortaya çıkar.

2. **Kartezyen Dalga Metodu:** Kartezyen dalga metodunda robotun bütün eksenleri kullanıldığı için bütün dalga şekilleri verilebilir ve ark boyunda değişme olmaz. Buna karşılık kartezyen dalga metodu altıncı eksen dalga metoduna göre daha düşük frekanslara (5 Hz) izin vermektedir.

Gazaltı kaynağında çok yüksek frekanslı dalga işlemlerine gerek olmamakla birlikte yüksek frekans koruyucu gazın oluşturduğu kaynak atmosferinin delinmesine neden olacağından kaynağa bozucu etki de yapabilir. Kullanılan robotun hızı kartezyen dalga metoduna uygun olduğu durumlarda bu metodun tercih edilmesi daha uygun olacaktır. Fakat robotun birim kaynak uzunluğu için dolaşacağı açı büyüdükçe robot kaynak hızına yetişemeyeceğinden altıncı eksen dalga metodu seçilebilir. Kartezyen dalga metodundan özellikle 2. Ve 3. eksen motorları sürekli kalkınma akımında çalışacağından çok ısınırlar. Böyle bir uygulama için seçilecek robotun bu motorlarının kalkınma akımının düşük olması özellikle dikkat edilmesi gereken bir konudur.

### **III.2.5 Robotun Tekrarlanabilirliği**

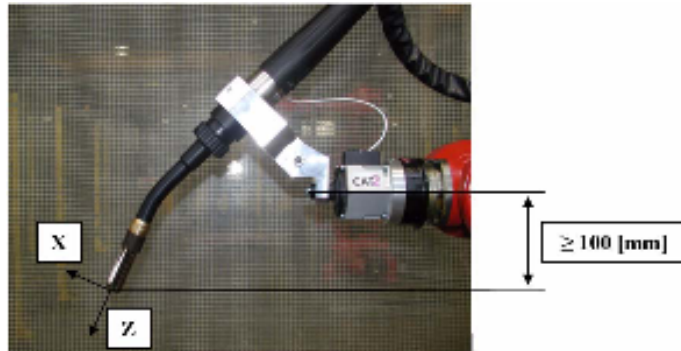
Tekrarlanabilirlik, uzayda robota önceden öğretilen bir noktaya, robotun, bileğini veya bileğine eklenen end efektörünü götürebilme yeteneğidir. Robotun öğretilen bir noktaya göre tekrarlanan hareketlerinin sonucunda, robot uç noktası ile öğretilen nokta arasında oluşabilecek maksimum hata miktarıdır. Genel amaçlı robotlarda tekrarlanabilirlik değerinin 0,1 mm ila 0,2 mm olması yeterli olabilmektedir. Özel olarak ark kaynağı uygulaması düşünülürse tekrarlanabilirlik değerinin kaynakta kullanılacak tel çapının yarısından küçük olması istenir. Gazaltı kaynak robotunun tekrarlanabilirliğini kullanılan tel kesiti ile karşılaştırılarak belirtmekte fayda vardır. Zira 0,8 mm'lik tel kullanılan bir gazaltı kaynak işleminde robotun tekrarlanabilirliğinin 0,4 mm den düşük olması gereklidir. Böylece robot yazılan yörünge programını yapacağı kaynağa zarar vermeden gezebilir. Günümüz gazaltı kaynak robotlarının tekrarlanabilirliği 0,05 mm değerine kadar indirilmiştir. Bu yüzden tekrarlanabilirlik özellikle ikinci el robotlarda önemini korumaktadır.

### III.2.6 Tekillik

Jakobyen matrisinin rankının azaldığı ( $\det(J)=0$ ) manipülatör konfigürasyonları tekillikler veya tekil konfigürasyonlar olarak adlandırılabilir. Ranktaki bu azalma serbestlik derecesinde azalma olarak da kabul edilebilir. Bunun sonucunda robot erişim problemleri ile karşılaşacaktır. Tekilliklerin belirlenmesi şu sebeplerden dolayı önemlidir:

1. Tekillikler yapılamayacak hareketleri veya ulaşılamayacak noktaları belirtebilir.
2. Tekilliklerde küçük torç hızları büyük eklem hızlarına sebep olabilir.
3. Tekilliklerde ters kinematik problemleri için çözüm olmayabilir veya sonsuz sayıda çözüm olabilir.

Şekil III.7’de görüldüğü gibi robot koluna bağlanan torcun ölü bölgeye en az neden olacak şekilde bağlantısı robot firmaları tarafından robotların kullanım kılavuzlarında belirtilmektedir.



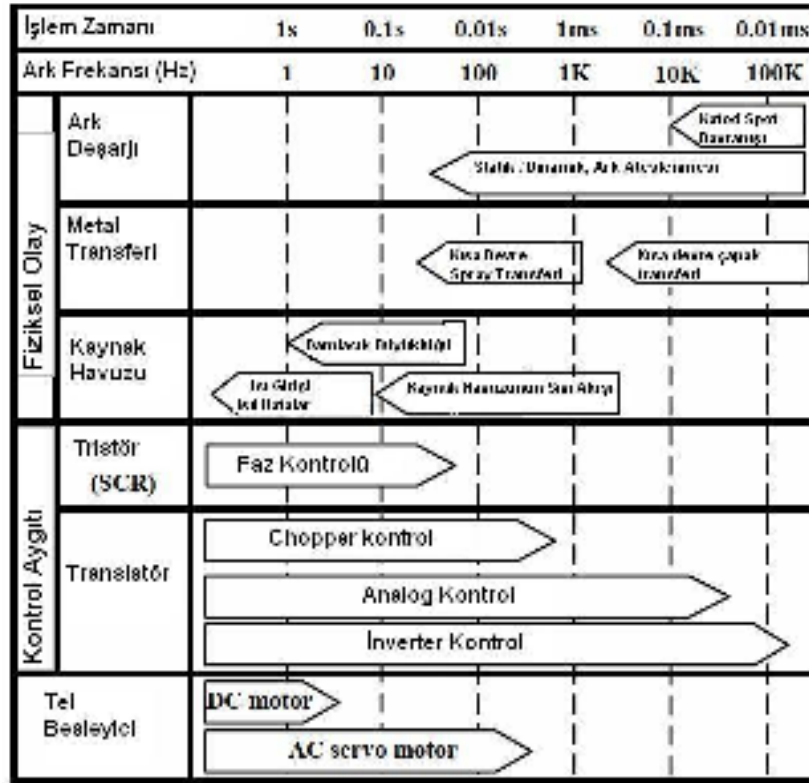
Şekil III.35 Torcun Robot Koluna Bağlantısı

### III.3. GAZALTI KAYNAK MAKİNESİ SEÇİMİ

İleri elektronik teknolojilerinin kullanıldığı invertör kontrollü kaynak makineleri geliştirilmiş ve yeni gelişen çıkış kontrolü teknolojileri ile kaynak performansı arttırılmaya başlanmıştır. Son zamanlarda dijital kontrollü invertör tip kaynak makinelerinin kontrol devrelerinde mikroişlemci kullanılarak karmaşık ark şekilleri daha kesin bir şekilde kontrol edilmeye başlanmıştır.

Yüksek hızlı cevap, kesin kontrol kararlılığı ve geniş uygulama alanı kaynak kıvılcımını kontrol etmek için kaynak makinelerinde aranan en önemli özelliklerdir. Gaz altı kaynak makineleri üzerine geçmişte yapılmış ar-ge çalışmalarının

sonuçlarına göre, ark olayı kaynak makinesinin karakteristiğini doğrudan etkiler: (1) ark ateşlenme olayı artı/eksi kutup (2) kaynak elektrodunun içeriği ve transfer şekli. (3) eriyik havuzunda meydana gelen olaylar ve katılma sonrası dikiş şekli. [Ref.3]. Kontrol frekansının yaklaşık aralığı ve uygulama zamanı Şekil II.26’da gösterilen her bir olayın zaman sabitine eşittir. Uygulama süreleri çoğunlukla 1s-0.01ms arasındadır. Bu şekil ayrıca karşılaştırma yapabilmek adına kaynak makinesinin kontrol edilebilir frekans aralığını da göstermektedir. Bu şekle göre kaynak makinesinin cevap süresindeki iyileşmenin kaynak makinesinin kontrol edilebilirliğini arttıracacağı çok açıktır. Başka bir deyişle kaynak makinelerinde dijital kontrol teknolojileri kullanıldığı takdirde yukarıda sayılan kaynak parametreleri uygulama zamanına bağlı olarak esnek bir biçimde kontrol edilebilir.



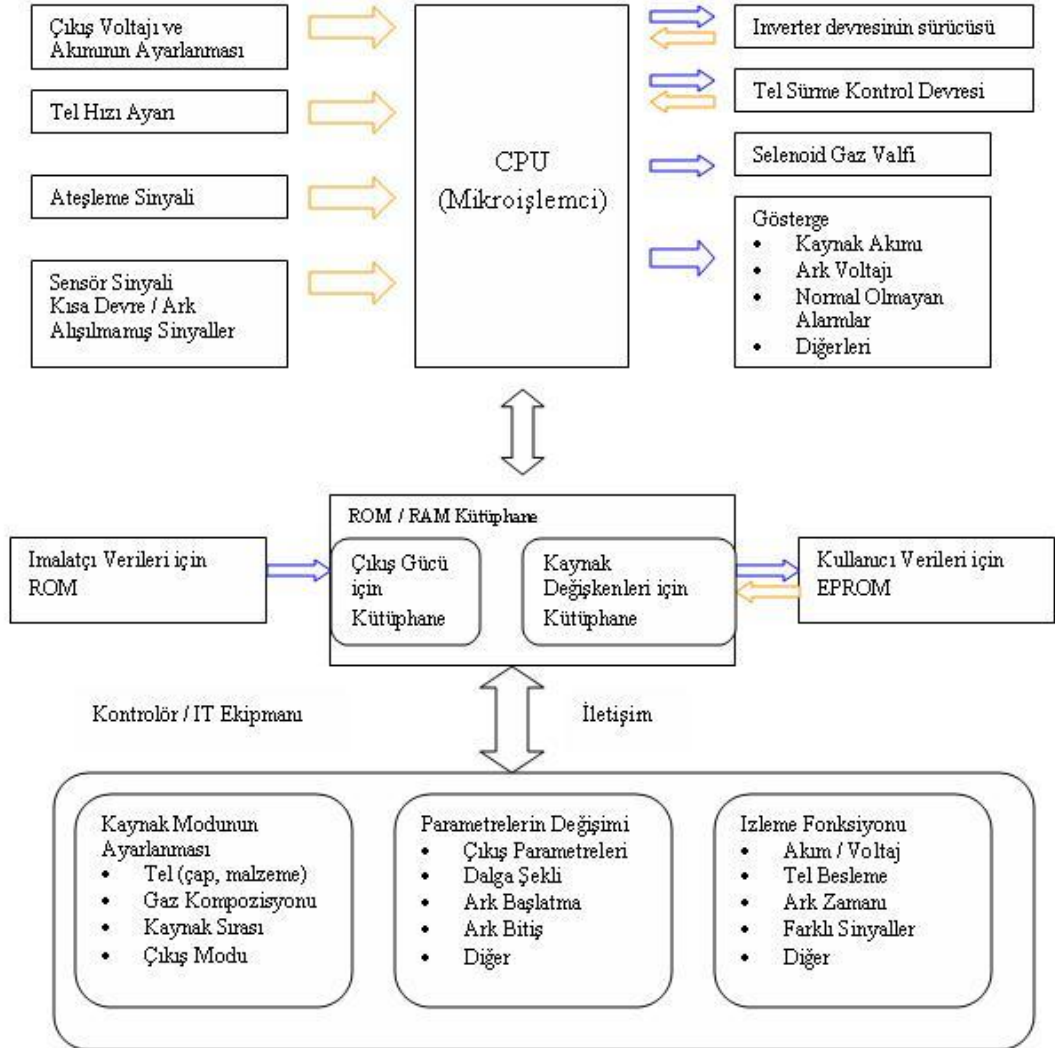
Şekil III.36 Kaynak Arkı Ve Kaynak Makinesi Çıkış Gücü - Kontrol Tipi Arasındaki İlişki

İnvertör kontrollü kaynak makinelerine gelince, sekans kontrol kartları daha pazardaki ilk günlerinde dijital olarak üretilmişken kaynak işlemini direk olarak etkileyen dalga şekli kontrol kartları ise 1990’ların ikinci yarısında dijitalleştirilebilmiştir. Bu kaynak akımının dalga şeklini kontrol edebilmek için gerekli olan yüksek hızda karmaşık hesapları yapabilecek yeterli çıkış kapasiteli genel amaçlı mikroişlemcilerin henüz popüler olmamasından kaynaklanmaktaydı.



Son zamanlarda DSP (dijital sinyal işlemcisi) adı verilen yüksek işlem hızına sahip mikroişlemcilerin yaygınlaşması, invertör çıkış kontrol devrelerinin dijitalleştirilmesine olanak vermiştir. [Ref. 4].

Modern dijital kontrollü kaynak makinelerinde kullanılan mikro işlemci kaynağın başlangıcından sonuna kadar aynı anda çeşitli kontroller gerçekleştirir: Sekans kontrolü, kaynak akımı dalga şekli kontrolü ve kaynak teli damla boyutu kontrolü. Ek olarak bu tip kaynak makineleri operatörün; tel çeşidini, tel çapını, koruyucu gaz karışımını ve kaynak metodunu dokunmatik ekrandan seçmesine izin verir ve bu veriler ile çeşitli kontrollerin yapılmasına olanak sağlar. Aynı zamanda operatör bu verilerden oluşan kaynak parametrelerini kaydedebilir. Ayrıca bu dijital kontrollü kaynak makineleri sayesinde tel besleme motorunun devir hızını enkoder vasıtasıyla ölçmek suretiyle, tel besleme kalitesi artırılabilir.

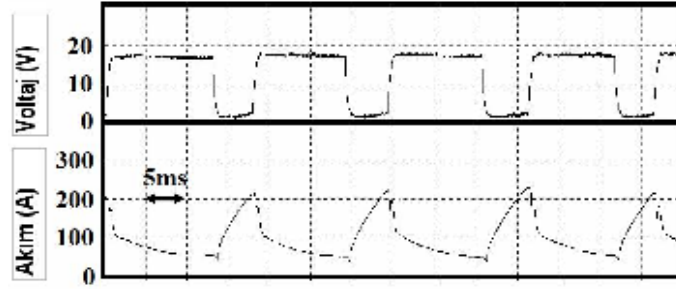


Şekil III.37 Gazaltı Kaynak Makinesinin Dijital Kontrolü



**Şekil III.9** en son dijital kontrollü kaynak makinelerinin; çeşitli IT ekipmanlarına ve robotlar gibi harici kontrol cihazlarına bağlanabilmesini sağlayan, kontrol sistem detaylarını göstermektedir. [Ref. 4].

Konvansiyonel kontrollü kaynak makinelerinde darbesiz gazaltı kaynağı performansı kullanılan donanımdan özellikle DC şok bobininden direk olarak etkilenir. Bilhassa kısa devrede kısa devre ve ark yüksek frekansta yer değiştirerek tekrarlanırken (10 Hz - 130 Hz),şok bobini görevini yapar ve kısa devre ve ark zamanlarında telin erimesini dengeleyerek az çapaklı bir kaynak elde edilmesini sağlar. En uygun şok bobini boyutu kullanılan telin çeşidine, çapına ve kaynak akım aralığına göre değişir ve böylelikle özgün kaynak koşullarına uygun optimum kontrol gerçekleştirilebilir.



**Şekil III.38** Al Kaynağında Tipik Akım Dalga Şekli

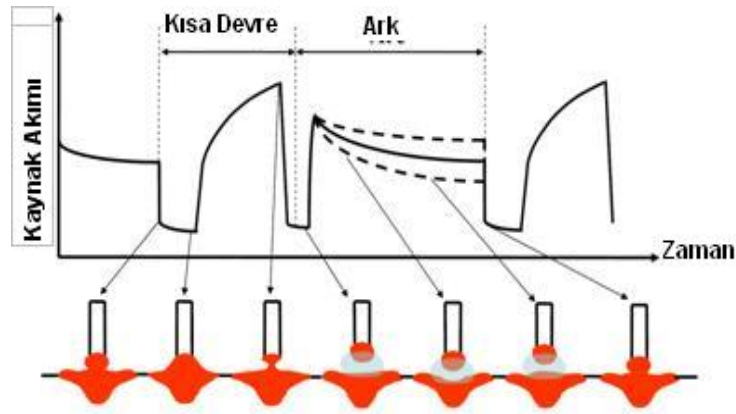
Şekil II.28 alüminyum kaynağında elektronik reaktör (şok bobini) ile kontrol edilen tipik akım ve gerilim dalga şekillerini göstermektedir. [Ref. 5] Bu durumda, çıkış; DC reaktörlü sabit bir gerilim kaynağı kullanılarak işlemci tarafından hesaplanan akım ve gerilim değişimine göre kontrol edilir. Şekilde görüldüğü gibi, çıkış akımı; ark süresi ve kısa devre arasında yük dalgalanmasına cevap verebilmek üzere DC reaktörün akım değişim sınırı içinde yavaşça değişir.



**Şekil III.39** Yumuşak Çeliklerin Kaynağında Tipik Akım Dalga Şekli

Şekil II.29 yumuşak çelik kaynağında DAC (Dynamic Arc Control) metodu ile kontrol edilen tipik kaynak akım ve gerilim formlarını göstermektedir. [Ref. 2] DAC metodu DC reaktörün performansına aldırmaksızın kaynak akımını hızlı bir şekilde değiştirir. Böylelikle MAG kaynağında kararsızlaşma eğiliminde olan kaynak damlası daha kesin bir şekilde kontrol edilebilir.

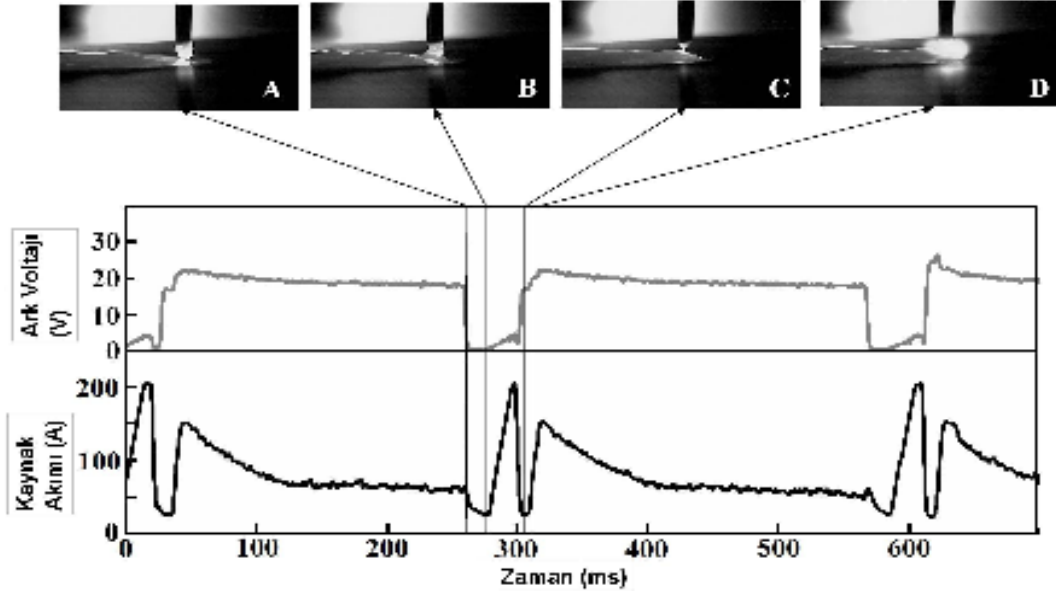
Yukarıda bahsedilen iki kontrol metodunda da çıkış dalga formunu kontrol etmek üzere DC reaktör (şok bobini) yerine bir mikroişlemci tarafından icra edilen dijital hesaplamalar kullanılmıştır.



Şekil III.40 CBT İşleminin Temeli

Şekil III.12, dijital kontrol teknolojisinin bir ürünü olan Kontrollü Köprü Transferi (CBT) sürecini göstermektedir. [Ref 8] Gazaltı Kaynağında, kısa devre transfer durumlarında, çapak; kısa devreden hemen sonraki yeniden ark başlangıcı sırasında meydana gelmektedir. Bu süredeki çapak oluşumunu kontrol etmek için, yeni ark başlangıcının bu işlem ile başarılı bir şekilde algılanmasından hemen önceki kısa devre durumundaki pinch etkisi tarafından eriyik metal sıkıştırılır. Böylece yeni ark başlangıcından önce tipin uç kısmında yalnızca yüzey gerilmesi tarafından kaynak havuzuna iletilebilen eriyik metal meydana getirmek için kaynak akımı aniden azaltılır. Ancak, eriyik metal damlacığının sıkıştırma zamanı, tel uzunluğundaki değişim, kaynak hızı, kaynak pozisyonu, eriyik metal damlacığının ölçüsü, geometrisi ve viskozitesi ve kaynak havuzundaki titreşim hareketlerindeki değişimindeki dengesizliklere bağlı olarak değişebilir. Bu dengesiz durumun üstesinden gelmek için, kısa devre transfer döngüsünün kararlılığını kontrol eden ark periyodu sırasındaki her aşamada değişen ark voltajının görüntülenmesi vasıtası ile ark akımı optimum değere ulaşmaya çalışır. Bu kontrol metodu ile yeniden ark

başlatma zamanında eriyik metal damlacık kolaylıkla algılanır ve böylece, çapak oluşumu önlenmiş olur.



**Şekil III.41** CBT İşlemi İle Gerçekleştirilen MAG Eriyik Metal Transferinde Akım Ve Gerilim Dalga Formlarının İlişkisi (Yüksek Hızlı Kamera İle Çekilmiştir)

**Şekil III.13**, CBT işlemi ile gerçekleştirilen MAG kaynağında (80%Ar + 20%CO<sub>2</sub>), akım ve gerilim dalga formlarının ilişkisindeki eriyik metal transferini göstermektedir. Bu görüntüler yüksek hızlı kamera ile çekilmiştir. MAG kaynağı; 1.0mm masif tel, 80A ortalama kaynak akımı, ortalama 16,2 V gerilim ve 50cm/dk kaynak hızında gerçekleştirilmiştir. A kısmı kısa devreden hemen sonraki durumu göstermektedir. Zaman B den C ye doğru geçtiğinde, eriyik metal kaynak havuzuna transfer olur ve eriyik metal sıkıştırılır. C kısmı, tam olarak akımın önceden azaltıldığı zamandaki durumu gösterir ve bu nedenle D kısmında ark yeniden tutuşturulduğunda hiçbir suretle çapak oluşmaz.

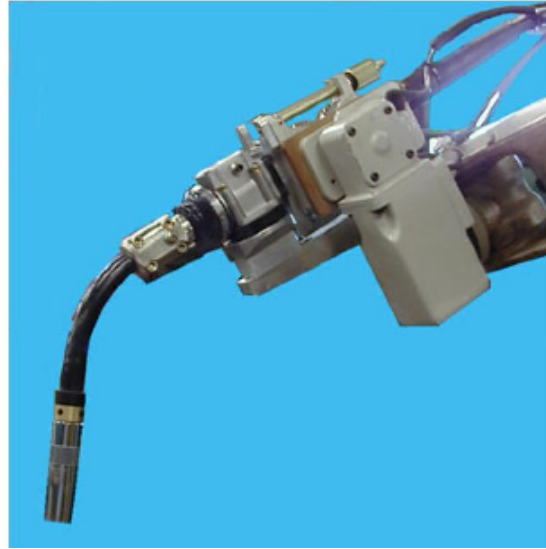
Konvansiyonel tel besleme ünitelerinde, motor devri tam olarak kontrol edemediğinden, tel besleme hızı; yük ve kaynak makinesi voltajındaki kararsızlıklardan dolayı, dalgalanabilir. Dijital tel besleme üniteleri bu problemi çözmek için geliştirilmiştir. Dijital tel besleme ünitelerinde, tel sürme makaralarını döndüren motor servo kontrollüdür. Anı zamanda kaynak arkındaki akım ve gerilim değişimleri sürekli olarak algılanıp geri beslendiği için bu servo kontrollü tel besleme üniteleri geri besleme sinyali de alarak kontrol edilirler. Böylece tel beslemedeki kararsızlıklar önlenmiş olur.

**Şekil III.14**, tipik bir enkoder geri beslemeli tel besleyici ünitesini göstermektedir. Bu sürücü, ortam sıcaklığından ve giriş voltajındaki değişimlerden etkilenmeden yüksek doğruluklu besleme işlemi gerçekleştirir (artı eksi %1 içerisinde).



**Şekil III.42** Enkoder Geri Beslemeli Tel Besleme Ünitesi

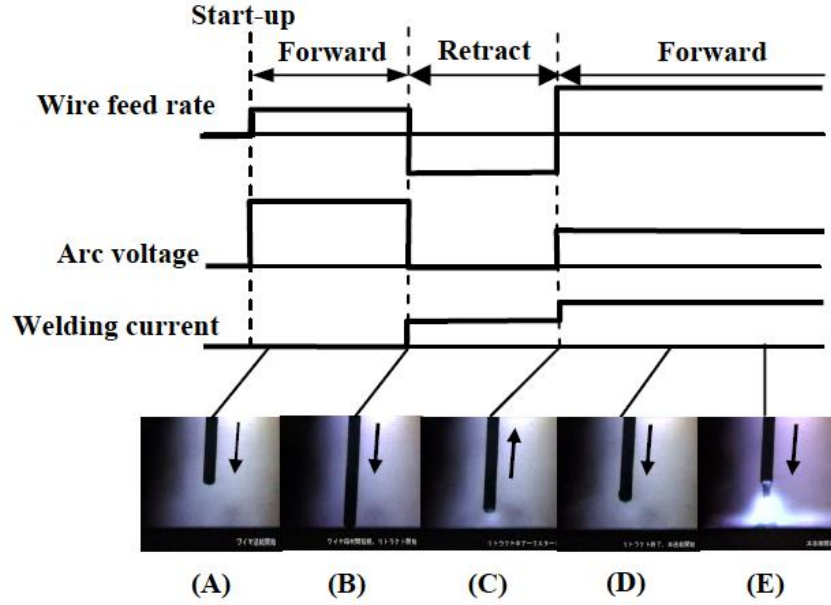
Aynı zamanda bu sürücü; güç kablosunun bükülmesi gibi tel beslemenin zorlandığı durumlarda daha kuvvetli bir besleme sağlayarak tel beslemeyi sabitleştiren dört makaralı tel sürme sistemine sahiptir.



**Şekil III.43** AC Servo Motorlu Çekme Sistemli Tel Besleme Ünitesi

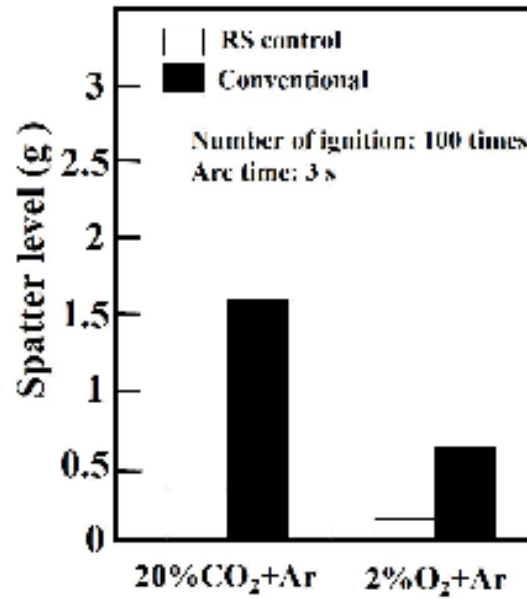
Son zamanlarda kaynak sistemlerine, torcun üzerinde AC servo motor bulunan ek bir sürme ünitesi daha eklenmiştir. Bu tel besleyici; tel ana metale dokunduktan hemen sonra teli geri çekerek ark bölgesi oluşturan, yeni geliştirilmiş ark ateşleme

kontrol metodu RS (Rocket Start) kontrolü kullanır. Bu yeni metot, ateşlemedeki hataları önemli ölçüde indirerek, çapak oluşumunu da azaltır.



Şekil III.44 RS Kontrol Metodu İle Ark Oluşumu

Şekil III.16, RS kontrol dizilimini göstermektedir. Başlangıç sinyali girildiğinde, tel, düşük bir hızda ileri doğru beslenir ve bu sırada kaynak makinesi voltaj çıkışını verir. Böylece tel ve ana metal arasında kısa devre meydana gelir (A-B). Kısa devre bilgisini aldıktan sonra tel, ark oluşana dek geriye doğru hareket eder (B-C). Ark başladıktan sonra kaynak makinesi belirlenen voltaja gelir ve tel besleme ünitesi, teli önceden girilen değerde beslemeye başlar (C-E).



Şekil III.45 Ark Oluşumu Esnasındaki Çapak Karşılaştırması

**Şekil III.17**, 1.2mm SG2 tel ve iki tip koruyucu gaz (%20 CO<sub>2</sub> + Ar ve %2 O<sub>2</sub>+Ar) ile gerçekleştirilmiş kaynak sırasındaki 3 saniye için çapak üretim miktarını göstermektedir. Değerler, sırasıyla gerçekleştirilen 100 kez ölçümün toplamıdır. RS kontrol metodu vasıtası ile, iki tip koruyucu gazla ayrı ayrı kaynak yapıldığında konvansiyonel makinelerle kıyaslandığında, kaynakta çapak oluşumu, %77 oranında azalır. Yumuşak çeliklerin kaynağında RS kontrolünün çapak oluşumunu önemli ölçüde azalttığı kanıtlanmıştır.

### **III.4 POZİSYONER SEÇİM KRİTERLERİ**

Robotlu gazaltı kaynağı uygulamalarının çoğunda kaynak açısını ayarlamak ya da üretkenliği arttırmak amacıyla kaynak edilecek parçaların pozisyonlanması gerekmektedir. Bu yüzden gazaltı kaynak hücresi tasarımında pozisyonerin önemi büyüktür. Bu bölümde pozisyoner tasarım ve seçimi incelenip bir tasarım örneği gerçekleştirilecektir.

#### **III.4.1 Pozisyoner Tahrik Şekli**

Gazaltı kaynak hücrelerinde kaynatılacak parça şekli, ağırlığı ve adedine göre pozisyoner tahrik şekli değişebilir. Örneğin çok ağır parçaları hidrolik tahrikli bir pozisyoner ile konumlandırmak mümkün olurken, hafif parçalar pnömatik pozisyonerler ile konumlandırılabilir. Konumlandırma her ne şekilde olursa olsun servo motor kullanılmayan sistemlerde pozisyonerin kaynak konumları pimlenmelidir. Servo motor kullanılan pozisyonerlerde motor freni olduğu için herhangi bir pimleme tekniğine başvurulmaz. Ancak servo pozisyonerler her durumda ekonomik olmayabilir. Özellikle parça sayısı çok ve kaynak yörüngesi dairesel olduğu durumlarda servo pozisyonerler etkili şekilde kullanılabilirler. Bu bölümde bir eksenli servo pozisyoner tasarımı ayrıntılı olarak gerçekleştirilecektir.

#### **III.4.2 Pozisyoner Taşıma Kapasitesi**

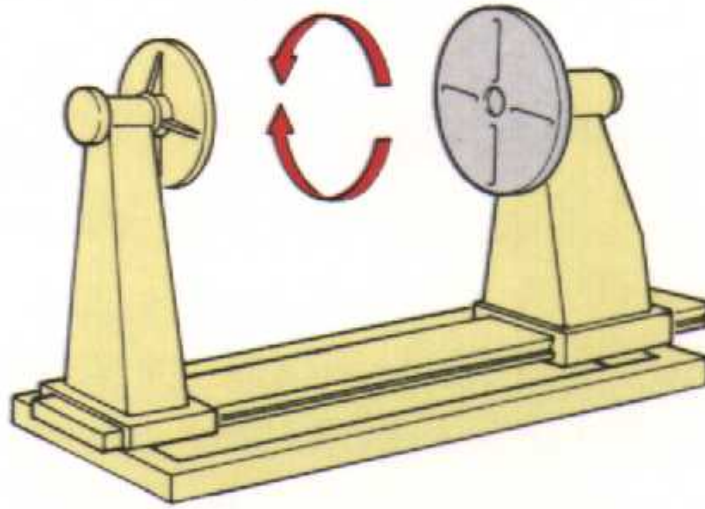
Herhangi bir parçayı konumlandırmak için kullanılacak pozisyonerin taşıma kapasitesi parçaya uygun olmalıdır. Çok yüksek taşıma kapasiteli bir pozisyoner ile çok küçük bir parça taşıyorsa pozisyoner çok yavaş kalacaktır. Tasarlanan pozisyonerde birden çok parçanın kaynatılacağı durumlarda pozisyoner ağır parçanın ve bu parçayı taşıyacak fikstürün ağırlığı göz önünde bulundurularak seçilmelidir.

### III.4.3 Pozisyoner Eksen Sayısı

Pozisyonerler üretim adetlerini arttırmak ve parçayı daha iyi konumlandırmak adına bir ya da daha çok eksenli olarak üretilebilirler. Özellikle servo pozisyonerlerin çok eksenli olanları sıklıkla kullanılmaktadır.

#### III.4.3.1 Tahrik Kafalı Gezer Puntalı Tek Eksen Pozisyoner

Bu pozisyonerin bir tarafında servo motor ve redüktörlerden oluşan tahrik sistemi diğer tarafında ise gezer punta bulunmaktadır. Gezer punta sayesinde çeşitli boylardaki parçaların kaynatılmasına olanak verir.



Şekil III.46 Tahrik Kafalı Gezer Puntalı Tek Eksen Pozisyoner

Tüm durumlarda, tahrik kafalı-gezer punta pozisyonerin kesin (hassas) kurulumu ve hizalanması gereklidir böylece dönme eksenleri hizalanmış olmaktadır. Bunun aksi durumda pozisyoner veya kaynaklı parçalar zarar görebilmektedir. Genel olarak, tahrik kafalı-gezer punta pozisyonerlerin konsept ve uygulaması, torna makinelerine benzerdir. Yük kapasitesi aşılmadığı sürece, yatay eksen etrafında kaynak edilecek parçaların döndürülmesi için tahrik kafalı pozisyoner kullanılabilir. Buna bir örnek, kısa borulara dirseklerin veya flanşların kaynak edilmesidir.

#### III.4.3.2 Eğimli Döner 2 Eksenli Pozisyoner

Konumlamada çok yönlülük gerektiğinde eğimli-döner pozisyonerler tavsiye edilmektedir. Bu durum çoğunlukla dairesel olmayan eğrilerden oluşan kaynak yörüngeleri olduğunda geçerli olacaktır.





**Şekil III.47** Eğimli Döner 2 Eksenli Pozisyoner

Böyle bir pozisyoner ile otomobil egzozları, doğalgaz bağlantı elemanları gibi parçaların kaynağı kolaylıkla yapılabilir. Eğimli döner pozisyonerler robot kontrolörü tarafından kontrol edildiklerinde senkronize hareket yapmaya olanak verdiklerinden kaynak kalitesinin sabit tutulmasını mümkün kılarlar. **Şekil III.20'**de eğimli döner pozisyonerde kaynatılmış doğalgaz bağlantı elemanlarının resmi görülmektedir.

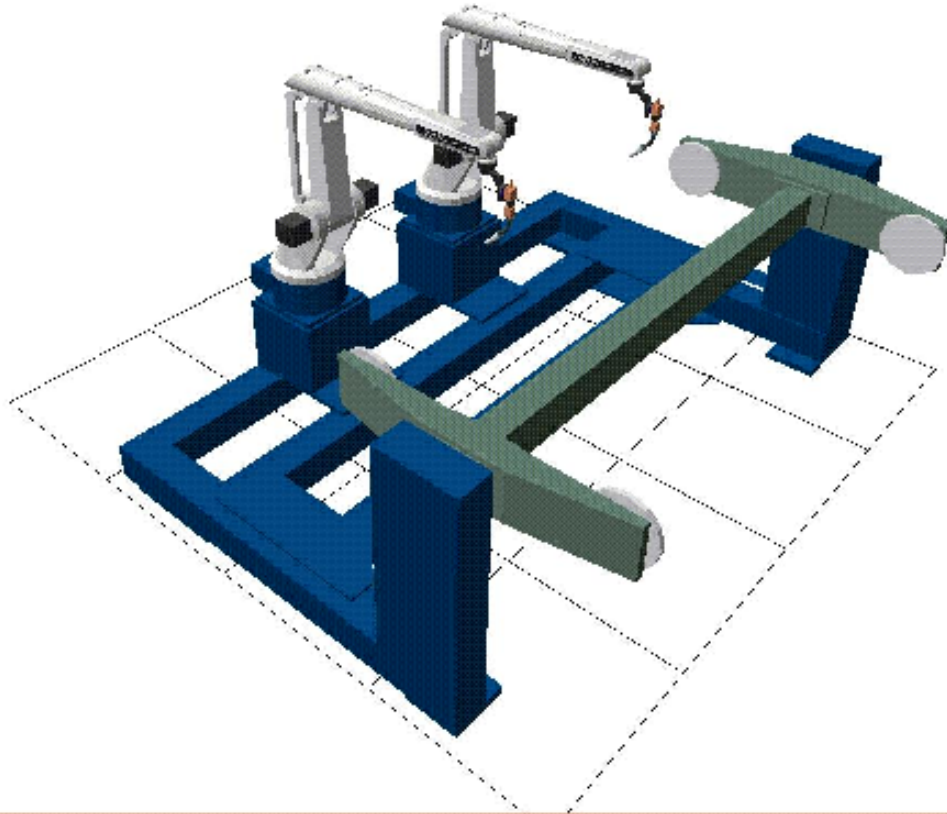


**Şekil III.48** Doğalgaz Bağlantı Elemanı



### III.4.3.3 H Tipi Pozisyoner

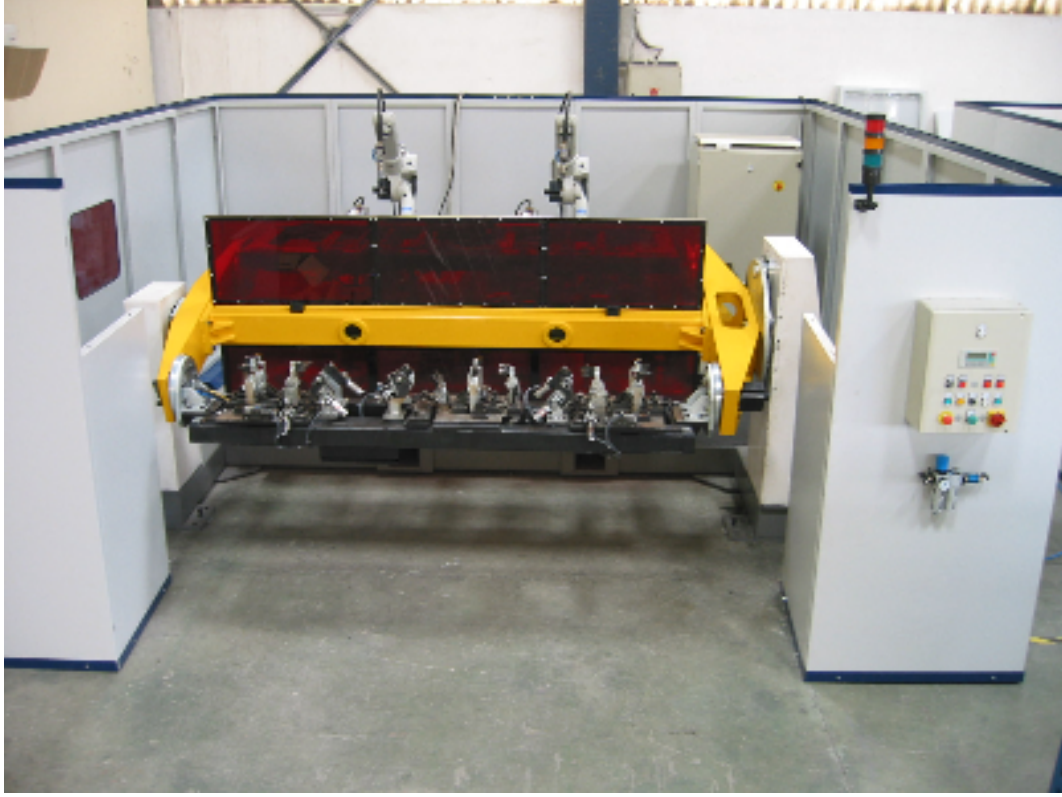
H tipi pozisyonerler 3 eksenli olarak üretilmektedirler. H tipi pozisyoner kullanarak robotun kaynak yapma süresince operatörün parça yüklemesine izin verilmiş olur. Böylece robotun hiç durmadan çalışması sağlanmış olacaktır. Şekil III.20’de özellikle otomotiv firmaları tarafından tercih edilen H tipi pozisyonerin kullanıldığı örnek bir hücrenin çizimi görülmektedir.



**Şekil III.49** Çift Robotlu Ve H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Çizimi

Şekil III.21’de görüldüğü gibi bu tip bir hücrede robotlar ve pozisyonerin aynı platform üzerine oturuyor olması büyük avantaj sağlayacaktır. Böylelikle herhangi bir zamanda hücrenin taşınması gerektiğinde yapılan programların kaybedilmesi söz konusu olmayacaktır. H tipi pozisyonerler çok büyük konstrüksiyonlardır ve operatör pozisyoner ile birlikte çalışır. Bu yüzden operatörün sağlığını korumak amacıyla kesinlikle güvenlik önlemlerinden taviz verilmemelidir. Bu durumdaki en etkili güvenlik önlemi robotun motorları etkin durumda çalışırken H tipi pozisyonerin ortasındaki motor ile operatör tarafındaki motorun enerjisini kesilmesi ve fren konumunda tutulması ile birlikte mekanik anahtarlarla da sınırlanması yöntemidir.

Bunların yanı sıra pozisyonerin dönmesi esnasında operatörün çalışma alanının dışında olduğu da ışın bariyeri benzeri bir sensör kullanılarak denetlenmelidir.

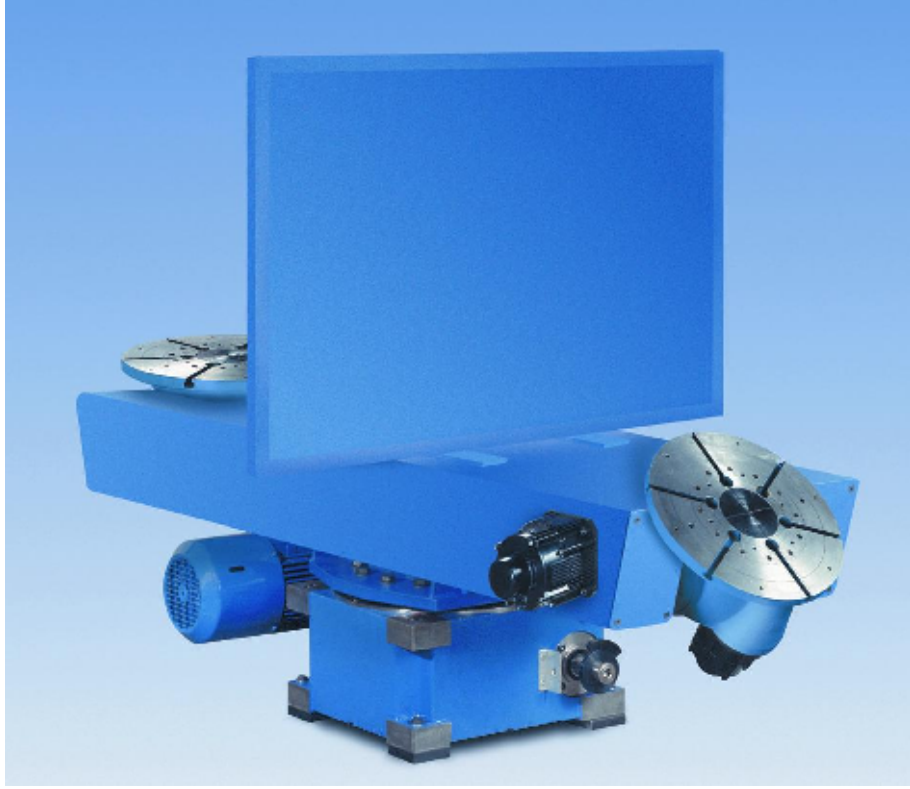


**Şekil III.50** Çift Robotlu Ve H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi

**Şekil III.22**'de çift robotlu ve H tipi pozisyonerli gazaltı kaynak hücresi görülmektedir. Hücresinin çevresi bir kabin ile çevrilerek güvenlik sağlanmıştır. Bu kabinin içine sadece emniyet nihayet şalteri ile denetlenen servis kapısından girilebilmektedir.

#### **III.4.3.4 H Tipi Eğimli Döner Pozisyoner**

Toplam 5 eksenenden oluşan, iki adet eğimli döner pozisyonerin bir döner tabla vasıtasıyla konumlandırılmasının sağlayan pozisyoner çeşididir. H tipi eğimli döner pozisyonerlere çok nadir rastlanmaktadır. **Şekil III.22**'de 5 eksenli H tipi eğimli döner pozisyoner görülmektedir. Bu pozisyonerin maliyeti çok yüksek olacağından kaynağı yapılacak parçanın adedi ve değeri çok yüksek olmalıdır. Aksi takdirde bu pozisyonerin kullanılması tavsiye edilmez.



**Şekil III.51** H Tipi Eğimli Döner Pozisyoner (5 Eksenli)

### III.5 ÖRNEK POZİSYONER TASARIMI

Bu bölümde bir eksenli pozisyoner tasarımı ile ilgili temel bilgiler verilir ve örnek bir hesaplama yapılacaktır. Pozisyoner hesabı aşağıdaki basamaklar takip edilerek gerçekleştirilir.

1. Gerekli tork hesabı
2. Redüktör seçimi
3. Motor seçimi

Pozisyoneri tasarlamak için öncelikle konumlandıracağımız parçanın taşınması için gerekli torku hesaplamamız gerekmektedir. Yapacağımız tork hesabında taşıyacağımız yük, taşıma hızı, hızlanma ve yavaşlama zamanı, taşıma momenti, atalet momenti, kullanım oranı ve yük çevrim süresi parametrelerinin doğru belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu parametreler aşağıda açıklanmıştır.

<b>Yük (Load Weight)</b>	W(kg)
Fikstür, flanş ve iş parçasının toplam ağırlığı	
<b>Çıkış hızı (Output speed)</b>	N(min <sup>-1</sup> )
<b>Hızlanma ve Yavaşlama Zamanı (Acc&amp;dec)</b>	t(s)

Standart olarak 0,15 sn alınır.

**Taşıma Momenti (Load Moment)**  $T(N.m)$

İş parçasının Eksantrikliğine göre aşağıdaki işlem uygulanır:

$T(N.m) = \text{Maks. Eksantriklik (m)} \times \text{Taşınacak yük (kg)} \times 9,8$

**Atalet Momenti (Moment of Inertia)**  $I(kg.m^2)$

**Kullanım Oranı (Duty Cycle)** (%)

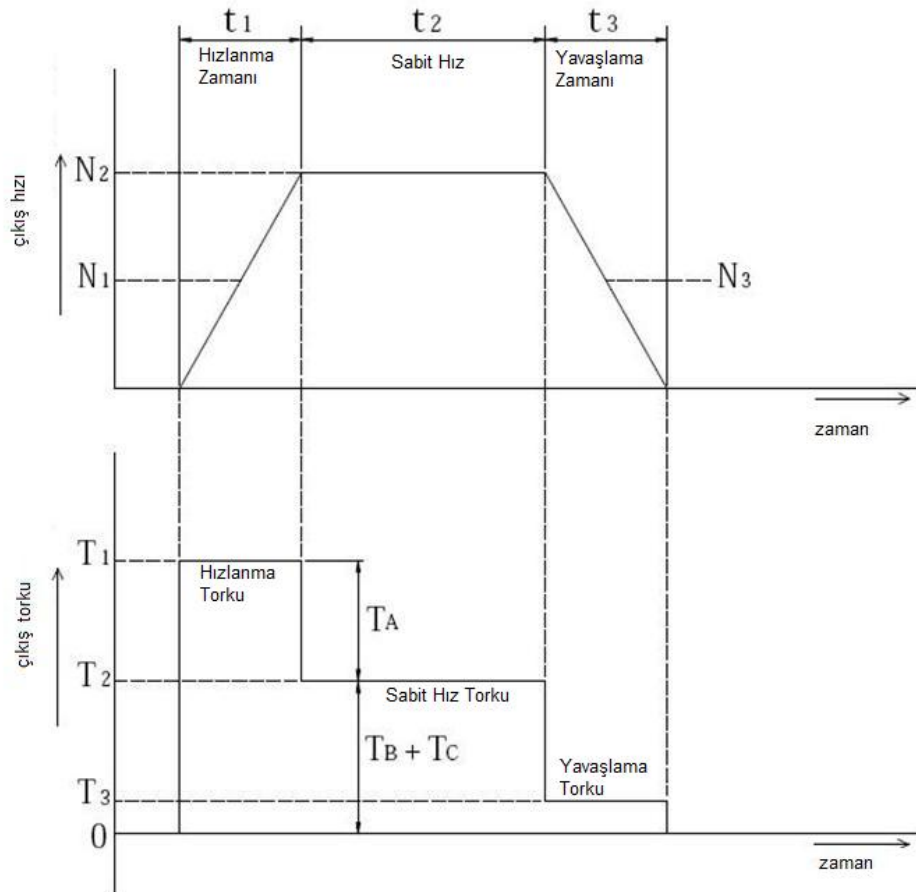
Ör: (Çevrim süresi 10 dk iken) %30 kullanım oranı;

3 dk: yüksek hızda işlem

7 dk: düşük hızda işlem anlamına gelir.

**Yük Çevrimi (Load Cycle)** Çevrim süresi (s) =  $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$

Kullanım Oranı(%) =  $\frac{t_1 + t_2 + t_3}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4} \times 100$



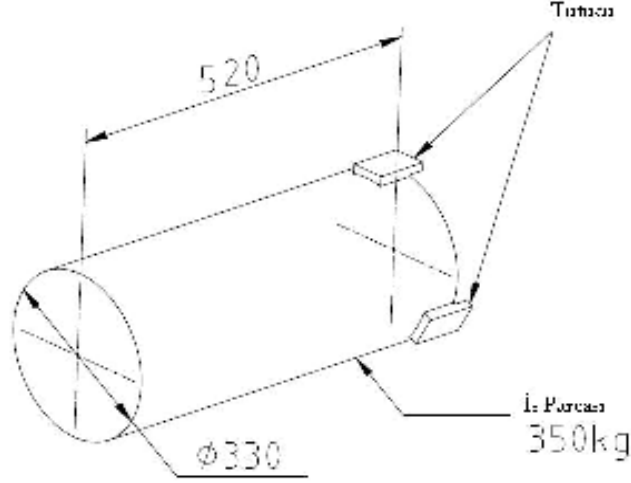
Şekil III.2452 Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi

Şekil III.24'te çıkış hızı ve çıkış torkunun zamanla ilişkisi görülmektedir. Redüktör seçimi yapılmadan önce bu grafik çizilebiliyor olmalıdır. Bu grafikteki değerler

dışında emniyet torku ( $T_{em}$ ), emniyet zamanı ( $t_{em}$ ) ve emniyet hızı ( $N_{em}$ ) değerlerinin de bilinmesi gerekmektedir.

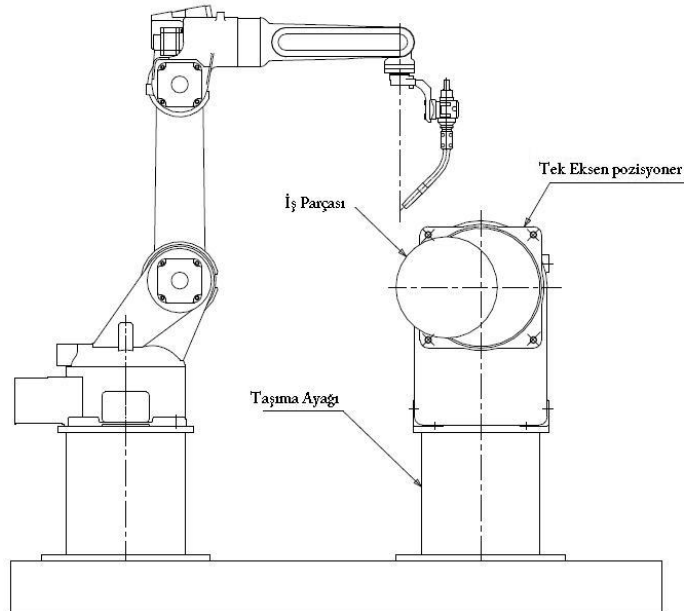
### III.5.1 Örnek Pozisyoner Hesabı

Bu örnek çalışmada Şekil III.25'teki iş parçasının kaynağı için kullanılacak tek eksenli pozisyonerin hesabını yapılacaktır.



Şekil III.25 İş Parçası

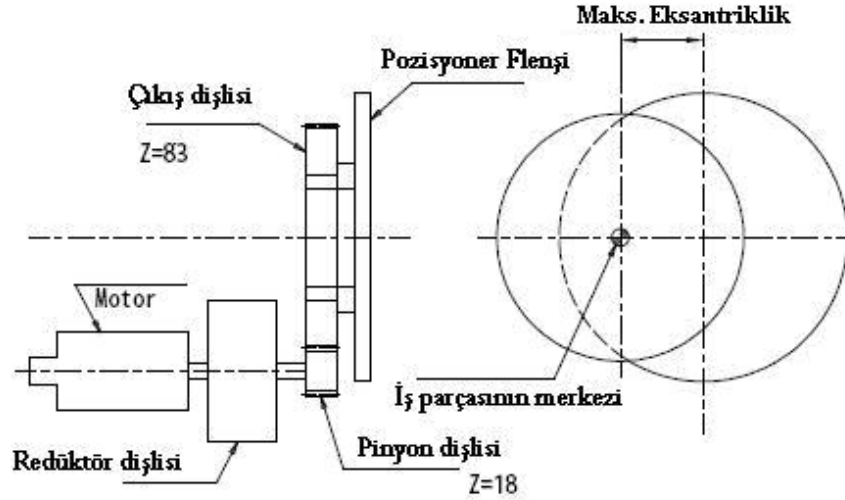
Sistemde 1.4m erişimi olan bir gazaltı kaynak robotu ve bir eksenli pozisyoner kullanılacak olup genel görünümü Şekil III.26'daki gibi olacaktır.



Şekil III.26 Sistemin Genel Görünümü

Pozisyonerin iç yapısını oluşturan tahrik sistemi Şekil III.27'deki gibi kurulacaktır. Motor mili redüktöre, redüktör pinyona, pinyon da çıkış dişlisine güç

aktaracak şekilde bağlanacak olup pozisyoner flanşı çıkış dişlisi tarafından tahrik edilecektir.



Şekil III.27 Tahrik Sistemi

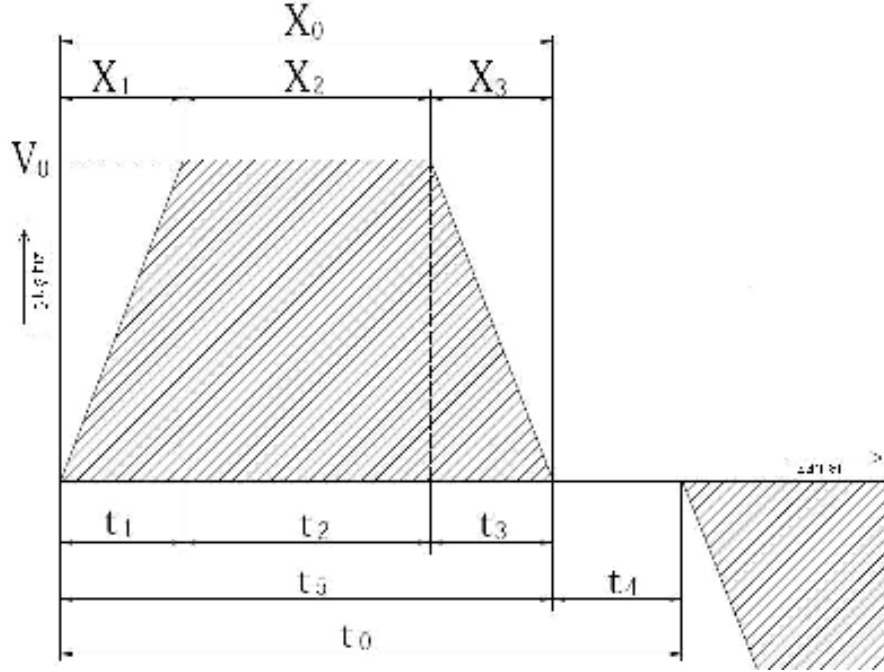
Şekilde görüldüğü gibi pinyon dişlisi ile çıkış dişlisi arasında 18/83 çevrim oranı vardır. Buna göre pozisyoner dönüş hızı;

- Motor çıkış hızı  $3000 \text{ (min}^{-1}\text{)}$
- Maks. Eksantriklik  $100 \text{ (mm)}$
- Redüksiyon oranı  $1/81$
- Rotasyon limiti  $\pm 180^\circ$
- Toplam atalet momenti  $0,47 \text{ (kg.m}^2\text{)}$

olmak üzere  $3000 \times (1/81) \times (18/83) = 8 \text{ (min}^{-1}\text{)}$  olarak hesaplanır.

- Uygulama hızı  $V_0 = 8 \text{ (min}^{-1}\text{)} \times (1/60) \times 360 = 48 \text{ (}^\circ\text{/s)}$
- Hızlanma ve yavaşlama  $t = 0,15 \text{ (s)}$
- Kullanım oranı  $\%60$
- $t_1$  (Hızlanma)  $0,15 \text{ s}$
- $t_2$  (Sabit hız)  $3,6 \text{ s}$
- $t_3$  (Yavaşlama)  $0,15 \text{ s}$
- $t_4$  (Duruş zamanı)  $3 \text{ s}$
- $t_5$  ( $180^\circ$  dönüş)  $3,9 \text{ s}$
- $t_6$  (Bir tam dönüş zamanı)  $7,5 \text{ s}$
- $X_0$  (Hareket Açısı)  $180^\circ$

- $X_1$  (Hızlanma Açısı)  $3,6^\circ$
- $X_2$  (Sabit hız Açısı)  $172,8^\circ$
- $X_3$  (Yavaşlama Açısı)  $3,6^\circ$



**Şekil III.28** Pozisyoner Hız – Zaman Grafiği

**Şekil III.28**'de görülen pozisyoner hız - zaman grafiği elde edildikten sonra redüktöre etkiyen maksimum tork ( $T_{max}$ ) hesaplanır.

$$T_{max} = T_A + T_B + T_C$$

$T_{MAX}$  = Redüktöre etkiyen maksimum tork

$T_A$  = Atalet momentinden oluşan tork

$T_B$  = Taşıma momentinden oluşan tork

$T_C$  = Dönüş Sürtünmesinden oluşan tork

Açısal hız ( $V_0$ ) hesabı;

$$V_0 = 8 \times (\pi/180) \times (1/60) \times 360 = 0,838 \text{ rad/sn}^2$$

Döner tablanın açısal hızı ( $\alpha_T$ );

$$\alpha_T = 0,838 / 0,15 = 5,59 \text{ rad/sn}$$

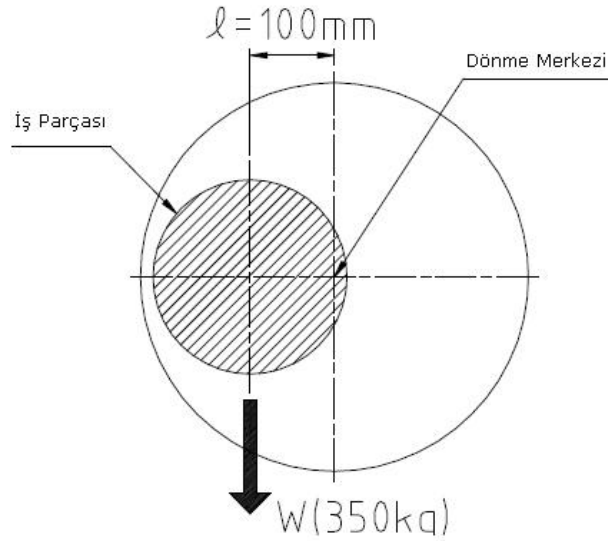
Dişli çevrim oranı 18/83 olduğundan

$$\alpha_c = \alpha_T \times (83/18) = 5,59 \times (83/13) = 25,8 \text{ rad/sn}^2$$

Atalet momentinden oluşan tork ( $T_A$ );

$$T_A = I_R \times \alpha_c = 0,47 \times 25,8 = 12,12 \text{ N.m}$$

Taşıma momentinden oluşan Tork ( $T_B$ );



Şekil III.53 Maksimum Eksantriklik

$$T = W \times 9,8 \times l \quad \begin{array}{l} W: \text{Maksimum Yük (kg)} \\ l: \text{Maksimum Eksantriklik} \end{array}$$

$$T = 350 \times 9,8 \times 0,1 = 343 \text{ N.m}$$

$$T_B = 343 \times (18/83) = 74,39 \text{ N.m}$$

Dönüş Sürtünmesinden oluşan Tork ( $T_C$ );

Pozisyoner dönerken ;

- Yatağın sürtünme dayanımı
- Yatağın yağlama dayanımı
- Pinyon dişlisinin sürtünme dayanımı
- Redüktörün yağlama dayanımı

Baz alınarak  $T_C = 49 \text{ (N.m)}$  seçilir.

Buna göre Redüktöre etkiyen maksimum Tork  $T_{MAX}$

$$T_{max} = T_A + T_B + T_C$$

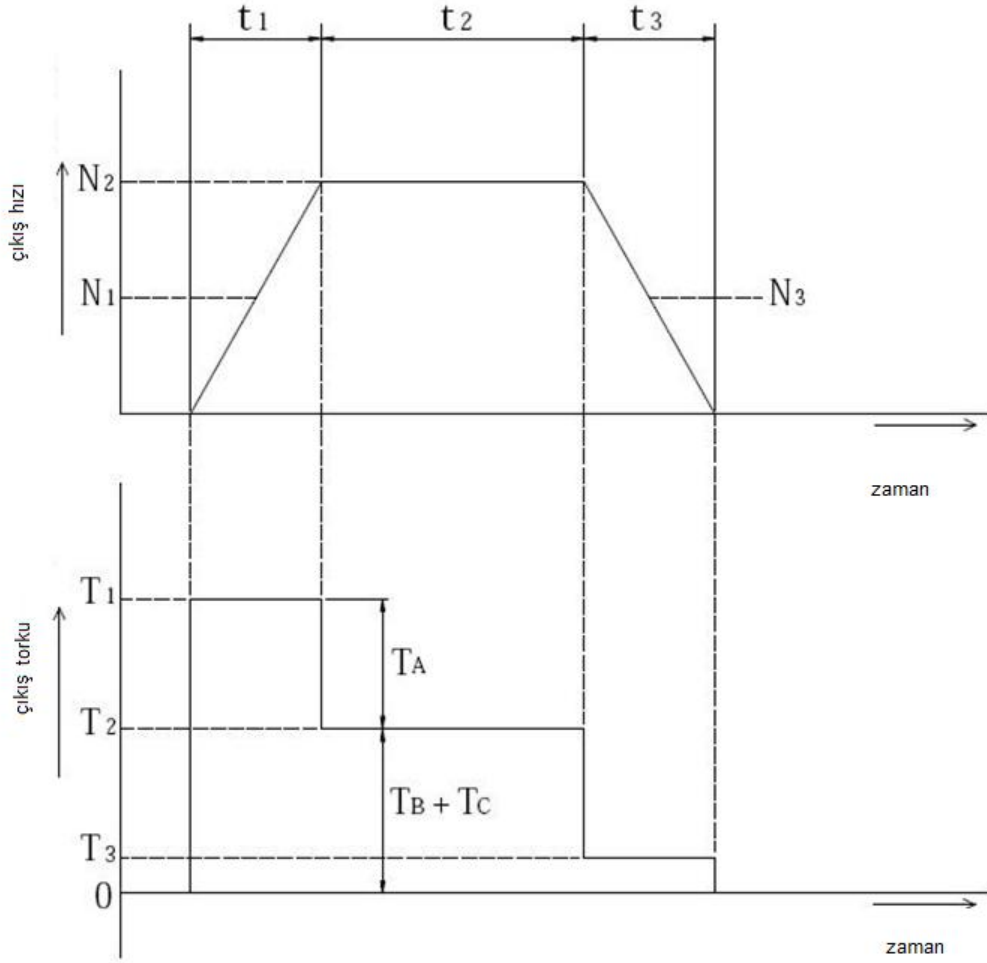
$$T_{max} = 12,12 + 74,39 + 49 = 135,51 \text{ N.m olarak hesaplanır.}$$

Ortalama tork ( $T_m$ ) hesabı;

$$N_2 = 8 \times (83/13) = 36,89 \text{ min}^{-1}$$

$$N_1 = N_3 = 36,89/2 = 18,45 \text{ min}^{-1}$$





**Şekil III.54** Redüktör Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi

$$\begin{aligned}
 T_1 = T_{\max} &= 135,51 \text{ N.m} \\
 T_2 = T_B + T_C &= 123,39 \text{ N.m} \\
 T_3 = T_B + T_C - T_A &= 111,27 \text{ N.m} \\
 t_1 &= 0,15 \text{ s} \\
 t_2 &= 3,6 \text{ s} \\
 t_3 &= 0,15 \text{ s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_m &= \sqrt[10]{\frac{t_1 \cdot N_1 \cdot T_1^{\frac{10}{3}} + t_2 \cdot N_2 \cdot T_2^{\frac{10}{3}} + t_3 \cdot N_3 \cdot T_3^{\frac{10}{3}}}{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2 + t_3 \cdot N_3}} \\
 T_m &= \sqrt[10]{\frac{0,15 \times 18,45 \times 135,51^{\frac{10}{3}} + 3,6 \times 36,89 \times 123,39^{\frac{10}{3}} + 0,15 \times 18,45 \times 111,27^{\frac{10}{3}}}{0,15 \times 18,45 + 3,6 \times 36,89 + 0,15 \times 18,45}} \\
 &= 123,4 \text{ [N.m]}
 \end{aligned}$$

Ortalama çıkış hızı ( $N_m$ ) hesabı;

$$N_m = \frac{t_1 \cdot N_1 + t_2 \cdot N_2 + t_3 \cdot N_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

$$= \frac{0.15 \times 18.45 + 3.6 \times 36.89 + 0.15 \times 18.45}{0.15 + 3.6 + 0.15}$$

$$= 35.47 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

Ortalama Çıkış Hızında İzin verilen Tork ( $T_{me}$ )

$$T_{me} = \left(\frac{15}{N_m}\right)^{0.3} \times T_0$$

$$= \left(\frac{15}{35.47}\right)^{0.3} \times 167$$

$$= 129.0 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

$T_0 = 167 \text{ N}\cdot\text{m}$  ( $15 \text{ min}^{-1}$  çıkış hızındaki tork)

Sonuç olarak;

F2CS-T155-81 kodlu cyclo marka redüktör bu pozisyoner için uygundur.

İzin verilen hızlanma yavaşlama torku  $412 \text{ N}\cdot\text{m}$

İzin verilen maksimum çıkış hızı  $60 \text{ min}^{-1}$

Atalet momenti  $0,138 \times 10^4$

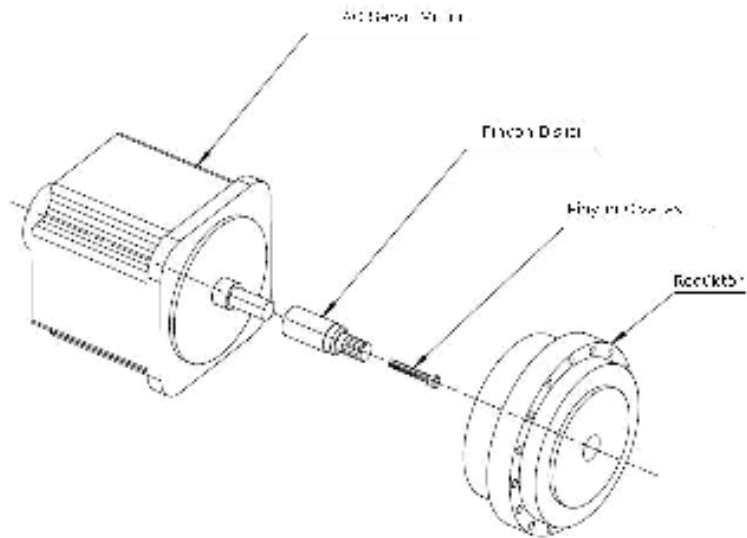
Ağırlığı  $5,8 \text{ kg}$

Ortalama çıkış hızı  $N_m = 35,47 < 60$

Ortalama tork  $T_m = 23,4 < 129$

Maksimum tork  $T_{max} = 135,3 < 412$

Servo Motor Seçimi içinde aynı hesabı yaptığımızda;



Şekil III.55 Servo Motor Bağlantı Şekli

Belirlenen redüktörün çıkış hızı  $35,47(\text{min}^{-1})$   $0,5\text{KW} - 0,69\text{KW}$  arası bir değere denk geldiğine göre  $750\text{W}$ 'lık bir motor ile hesaplamalara başlamalıyız. Buna göre motorun etiket değerleri;

• Çıkış Gücü	750 W
• Hız	$3000 \text{ min}^{-1}$
• Maksimum Çıkış Hızı	$4500 \text{ min}^{-1}$
• Tork	2,5 (N.m)
• Maksimum Hızlanma&Yavaşlama Torku	8,8 (N.m)
• Frenlerin Statik Sürtünmesi	9 (N.m)
• Rotor Atalet Momenti	$4,1 \times 10^{-4} (\text{Kg.m}^2)$
• Fren Atalet Momenti	$0,5 \times 10^{-4} (\text{Kg.m}^2)$

Motoru Etkiyen Tork Hesabı;

$$T_{MP} = T_{MA} + T_{MB} + T_{MC}$$

$T_{MA}$  = Atalet momentinden oluşan tork

$T_{MB}$  = Taşıma momentinden oluşan tork

$T_{MC}$  = Dönüş Sürtünmesinden oluşan tork

Motor şaftı atalet momentini  $I_{ML}$ ;

$$I_{ML} = I_{M1} + I_{M2} + I_{M3}$$

$$I_{M1} = I_R \times R^2 = 0,47 \times (1/81)^2 = 0,72 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

$$I_{M2} = 0,138 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2 \text{ (redüktörden gelen)}$$

$$I_{M3} = 4,1 \times 10^{-4} + 0,5 \times 10^{-4} = 4,6 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

$$I_{ML} = I_{M1} + I_{M2} + I_{M3} = 0,72 \times 10^{-4} + 0,138 \times 10^{-4} + 4,6 \times 10^{-4} = 5,46 \times 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

Açısal hız hesabı;

$$\alpha_M = \alpha_C/R = 25,8 \times 81 = 2089,8 \text{ rad/sn}^2$$

Atalet momentinden oluşan Tork  $T_{MA}$ ;

$$T_{MA} = I_{ML} \times \alpha_M = 5,46 \times 10^{-4} \times 2089,8 = 1,14 \text{ N.m}$$

Taşıma momentinden oluşan Tork  $T_{MB}$ ;

$$T_{MB} = T_B \times R = 74,39 \times (1/81) = 0,92 \text{ N.m}$$

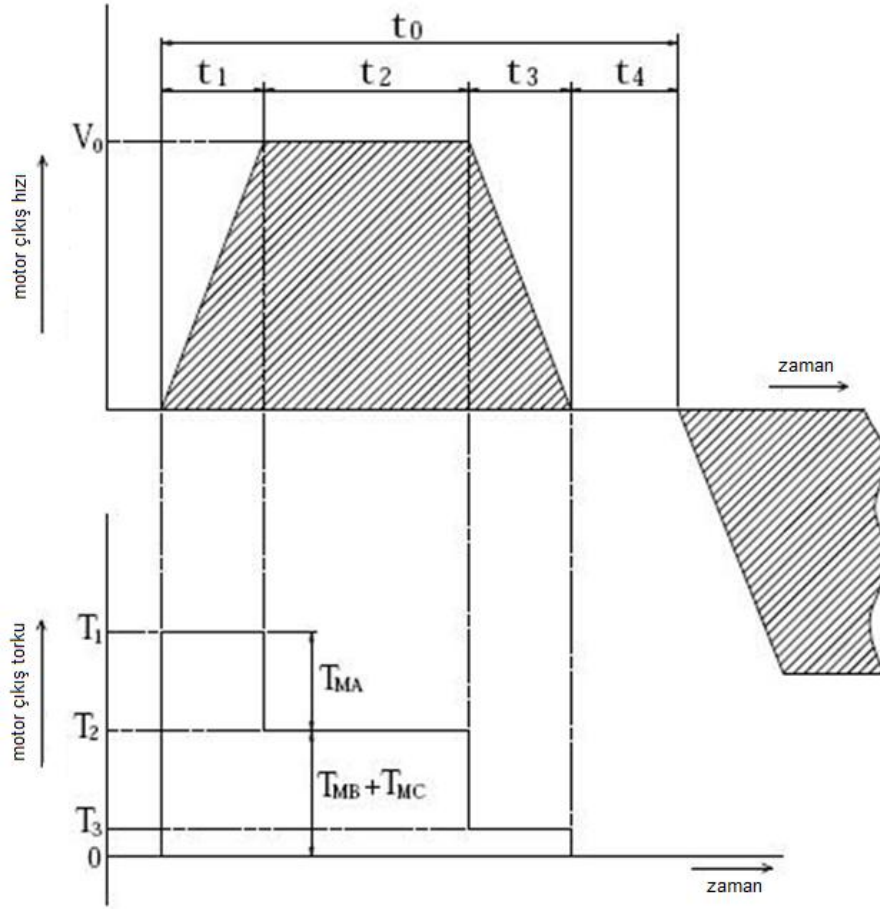
Dönüş Sürtünmesinden oluşan Tork  $T_{MC}$ ;

$$T_{MC} = R \times T_C + T_{CNLR} \quad (T_{CNLR} = \text{YÜKSÜZ ÇALIŞMA TORKU})$$

$$T_{MC} = 49/81 + 0,86 = 1,46 \text{ N.m}$$

Motora etkiyen maksimum Tork  $T_{MP}$ ;

$$T_{MP} = T_{MA} + T_{MB} + T_{MC} = 1,14 + 0,92 + 1,46 = 3,52 \text{ N.m}$$



Şekil III.56 Motor Çıkış Hızı Ve Çıkış Torkunun Zamanla İlişkisi

Ortalama tork;

$$T_{MM} = \sqrt{\frac{t_1 \cdot T_1^2 + t_2 \cdot T_2^2 + t_3 \cdot T_3^2}{t_1 + t_2 + t_3 + t_4}}$$

$$T_{MM} = \sqrt{\frac{0,15 \times 3,52^2 + 3,6 \times 2,38^2 + 0,15 \times 1,24^2}{0,15 + 3,6 + 0,15 + 2,6}}$$

$$= 1,86 \text{ [N}\cdot\text{m]} < 2,5 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

$$T_1 = T_{MP} = 3,52 \text{ N.m}$$

$$T_2 = T_{MB} + T_{MC} = 0,92 + 1,46 = 2,38 \text{ N.m}$$

$$T_3 = T_{MB} + T_{MC} - T_{MA} = 2,38 - 1,14 = 1,24 \text{ N.m}$$

$$t_1 = 0,15 \text{ s}$$

$$t_2 = 3,6 \text{ s}$$

$$t_3 = 0,15 \text{ s}$$

$$t_4 = 2,6 \text{ s}$$

$$t_0 = 6,5 \text{ s}$$

Atalet oranı hesabı (C);

$$C = (I_{M1} + I_{M2}) / I_{M3} = (0.72 \times 10^{-4} + 0.138 \times 10^{-4}) / 4,6 \times 10^{-4} = 0,19 < 5$$

Sonuç olarak;

$$3000\text{min}^{-1} \leq 3000\text{min}^{-1}$$

Çıkış Hızı

$$T_{MM} = 1,86 \text{ N.m} < 2,5 \text{ N.m}$$

Efektif Tork

$$T_{MP} = 3,52 \text{ N.m} < 8,8 \text{ N.m}$$

Maksimum Çıkış Torku

$$C = 0,19 < 5$$

Atalet Oranı

Motor ve redüktör istenilen özellikler için **UYGUNDUR.**

## **III.6 ROBOTLU GAZALTI KAYNAK HÜCRELERİ İÇİN FIKSTÜR TASARIMI**

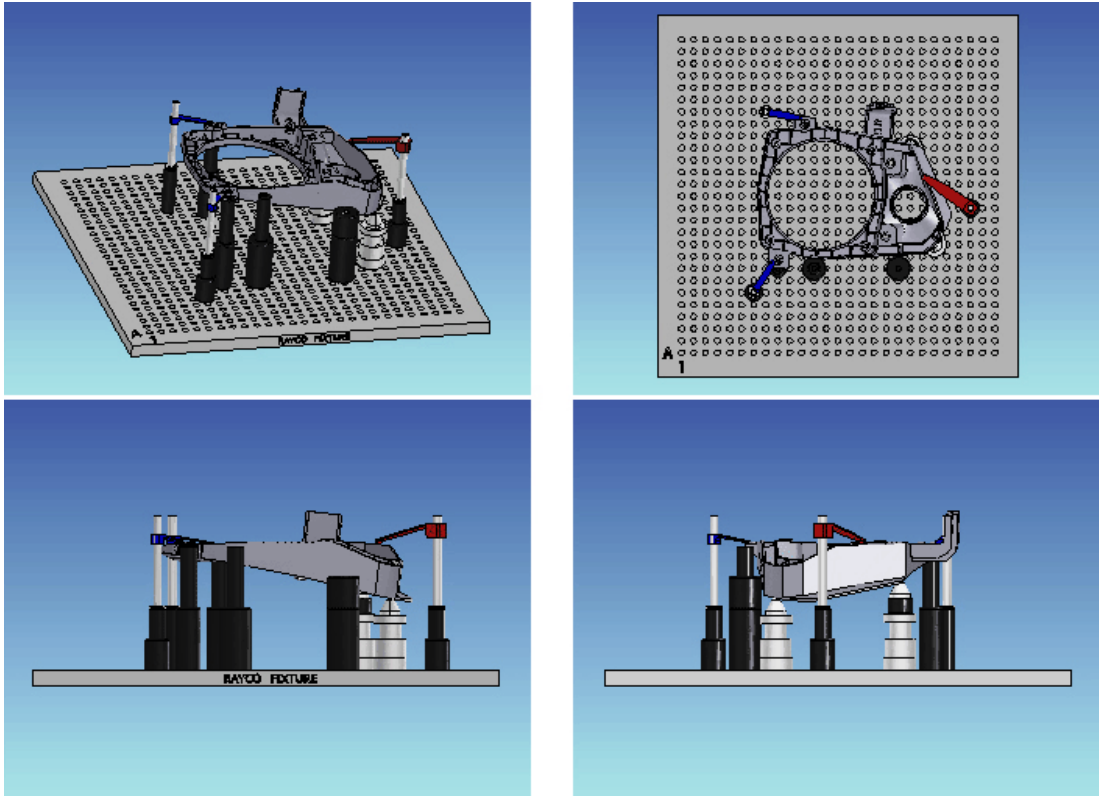
### **III.6.1 Fikstür Kavramı ve Fikstür Çeşitleri**

İş parçasını, makine takımı ya da kaynak işlemi için öngörülen pozisyonda doğru koordinatlarında düzgün pozisyonda konumlayan ve tutan ekipmana “fikstür” denir. [12,13] Fikstür, iş parçasının geometrik tamlığını sağlaması ve üretim kalitesini arttırmasının yanı sıra, üretim çevrim sürelerini de azaltarak maliyetlerin düşmesinde önemli bir rol oynar. Bir fikstürden beklenen temel özellikler, iş parçasının pozisyon tamlığını sağlaması, operasyon rahatlığı ve güvenliğini sağlaması, iş parçasına belli bir rijitlik ve stabilite kazandırması, seri imalatta üretkenliği artırması ve kendi üretim maliyetlerinin düşük olması şeklinde özetlenebilir.

Fikstür teknolojisinin tarihi üretim teknolojisi tarihi kadar eskilere dayanmaktadır. İlk imalat hatları ortaya çıktıktan sonra, konumlama, destekleme, hizalama ve kademelendirme vb. fonksiyonları yerine getirmek üzere işe özel fikstürler kullanılarak imalat kalitesinin sürekliliği sağlanırken bir yandan da düşük yükleme boşaltma zamanları sayesinde seri imalattaki üretim hacimleri artmıştır. Zaman içerisinde fikstür teknolojisindeki gelişmelerle fikstür üretim maliyetini düşürmek üzere fikstür bileşenleri yüksek oranda standartlaşmıştır. Aynı zamanda, mengene, tutma çenesi, klempeler gibi standart ve genel amaçlı fikstürler

geliştirilmiştir. Aynı fikstürleme ihtiyacı için birden fazla çözüm bulunması ve fikstür tasarımının büyük ölçüde tecrübeye dayalı bir iş olması fikstür dizaynının standart hale gelememesine sebep olmaktadır.

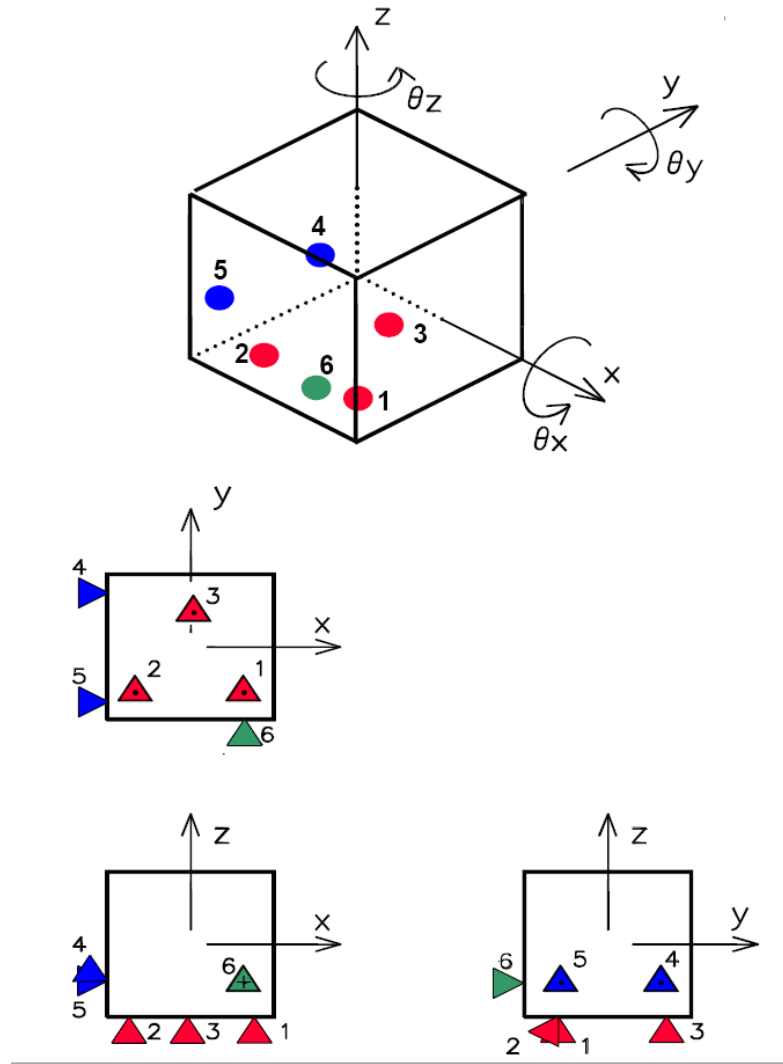
Temel olarak iki çeşit fikstür bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, tek tipte parçanın imal edilmesi için tasarlanmış olan işe özel fikstürlerdir (dedicated fixture). Bu tip fikstürler, seri imalata uygun olup, operasyon kolaylığı ve alanın verimli kullanılması gibi avantajlar sunmakla beraber, daha uzun tasarım ve imalat süreleri ve buna bağlı olarak yüksek maliyetlere sahiptir. Çoğunlukla üretimi amaçlanan parçanın üretimden kalkması ile birlikte işe özel fikstür de ömrünü tamamlamış olur. Diğer bir fikstür çeşidi ise genel amaçlı olarak nitelendirilebilecek olan modüler fikstürlerdir. Modüler fikstür, standart bileşenler ve nispeten dar geometrik toleranslarla üretilmiş hazır ünitelerden oluşur. Bu fikstürler farklı dizayn konfigürasyonları ihtiyacı duyan farklı fikstür ihtiyaçlarını karşılamak üzere kolay ve hızlı bir şekilde monte edilerek tekrar tekrar kullanılabilirler. T-kanallı ve pimli tipte iki çeşidi mevcuttur. Şekil III.33'te pim delikli tablası bulunan bir modüler fikstür görülmektedir.



Şekil III.57 Modüler Fikstür

Bir fikstürde temel olarak üç tip yapı elemanı bulunur. Bunlar sırasıyla, konumlayıcı (locator) , sıkıcı (clamp) ve destektir (support). Konumlayıcı,

çoğunlukla sabit olan ve fikstürdeki parçanın pozisyonlamasını yaparak hareket serbestliğini kısıtlayan birimdir. Pim veya yüzey formundaki dayamalar parçanın konumlanmasını sağlarlar. Klempler, fikstürün hareketli kısmını teşkil ederler. Parçayı tutmak için gerekli olan kuvvetler klempler tarafından tatbik edilir. Destek ise fikstür üzerinde çoğunlukla sabit olan ve klemp, parçanın kendi ağırlığı ve kaynak işlemindeki ısıl gerilmeler veya talaş kaldırma işleminden doğan kuvvetlere karşı iş parçasının geometrisini korumasına yardımcı olan birimdir. Destek ayakları genel bir fikstür montajının alt montajları olarak değerlendirilebilirler ve üzerlerinde hareketli veya sabit pim, dayama veya klemp ünitesi gibi diğer alt birimleri barındırırlar.

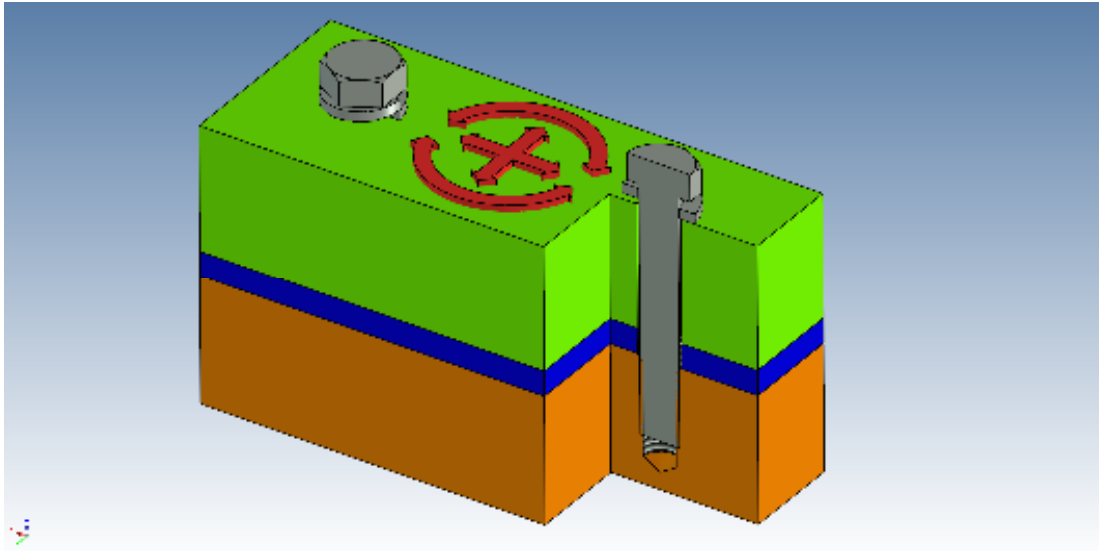


Şekil III.58 3-2-1 Konumlama Sistemi

Bir fikstürde iş parçasının stabilitesinin kontrolü **geometrik kontrol** olarak adlandırılır. Fikstür üzerindeki iş parçasının pozisyonu konumlayıcılarla tanımlanır.

Düzgün bir geometrik kontrol için iş parçası operatörün becerisinden bağımsız olarak bütün konumlayıcılarla temasta olmalıdır. Rijit bir iş parçası altı serbestlik derecesi ve on iki hareket doğrultusuna sahiptir. Buna dayanarak altı noktadan konumlanan bir iş parçası tam olarak kısıtlanabilir. Tasarım ve ölçüm mantığında kullanılan “3-2-1 konumlama sistemi” olarak bu yaklaşım **Şekil III.34**'te görülmektedir. [15]

Otomotiv sektöründe yoğun olarak kullanılan kaynak fikstürleri için belli kaideler doğrultusunda her firma kendi standartlarını yaratmıştır. Temelde aynı prensiplere dayanan fikstürler imalat yöntemleri ve tasarım yapılarıyla birbirinden ayrılır. Örneğin, Ford ve Mercedes firmasında kullanılan fikstürler konum ayarı için 5 mm kalınlığında şim (shim) diye tabir edilen tek bir plaka kullanırken, Toyota firması iki adet 0,5 mm ve 2 adet de 1 mm olmak üzere toplam kalınlığı 3 mm olan şim grubu kullanır. Aynı şekilde Mercedes firmasının kullandığı fikstürlerde konumlayıcı pimler monte edilip ölçüm sonrasında şimleri taşlanarak olması pozisyona komple pimin bağlı olduğu blok hareket ettirilerek ayarlanırken, Toyota firmasının uygulamalarında pimlerin bağlanacağı delikler ölçümle yerleri belirlendikten sonra delinir ve tekrar şim ayarı gibi bir gereksinim duymazlar.

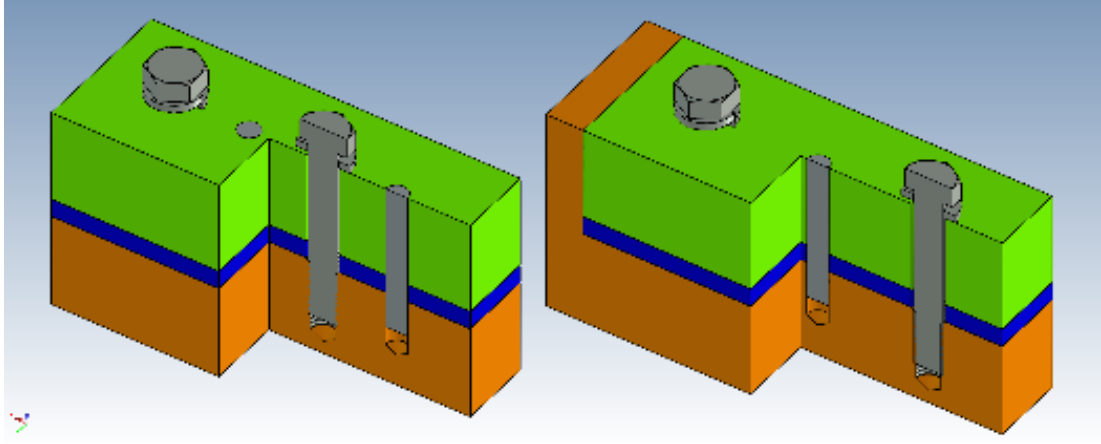


**Şekil III.59** Yetersiz Bağlantı Biçimi

Örneğin bir dayama plakasını tüm eksenlerde kısıtlamanın ve pozisyonunu stabil kılmanın çeşitli yöntemleri var **Şekil III.35**'te görülen üst kısımda yer alan dayama plakası alt kısımda yer alan destek üzerine iki civata ile bağlanmıştır ve boş deliklerde bulunan aralık yüzünden x-y düzleminde dönme ve öteleme yapabilir. **Şekil III.36**'da ise aynı plakanın iki pim ve bir pim-bir dayama konfigürasyonlarında



tüm eksenlerde kısıtlandığı görülmektedir. Burada kullanılan pimler H7 (kayar geçme) toleransında olduğundan plakanın hareketi geçme boşluğu oranında ihmal edilebilir mertebede olacaktır.



**Şekil III.60** Birbirinden Farklı İki Doğru Bağlantı Biçimi

Burada iki plakanın arasında yer alan şim kalınlığı değiştirilerek üst kısımda yer alan dayama plakasının istenen -z yüksekliğine ayarı yapılır. Dayama ve pimlerle plakanın x-y düzlemindeki hareketleri tamamen kısıtlanırken civatalar ile dayamanın monte edileceği yere sabitlenmesi sağlanır.

### **III.6.2 Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımı (CAFD)**

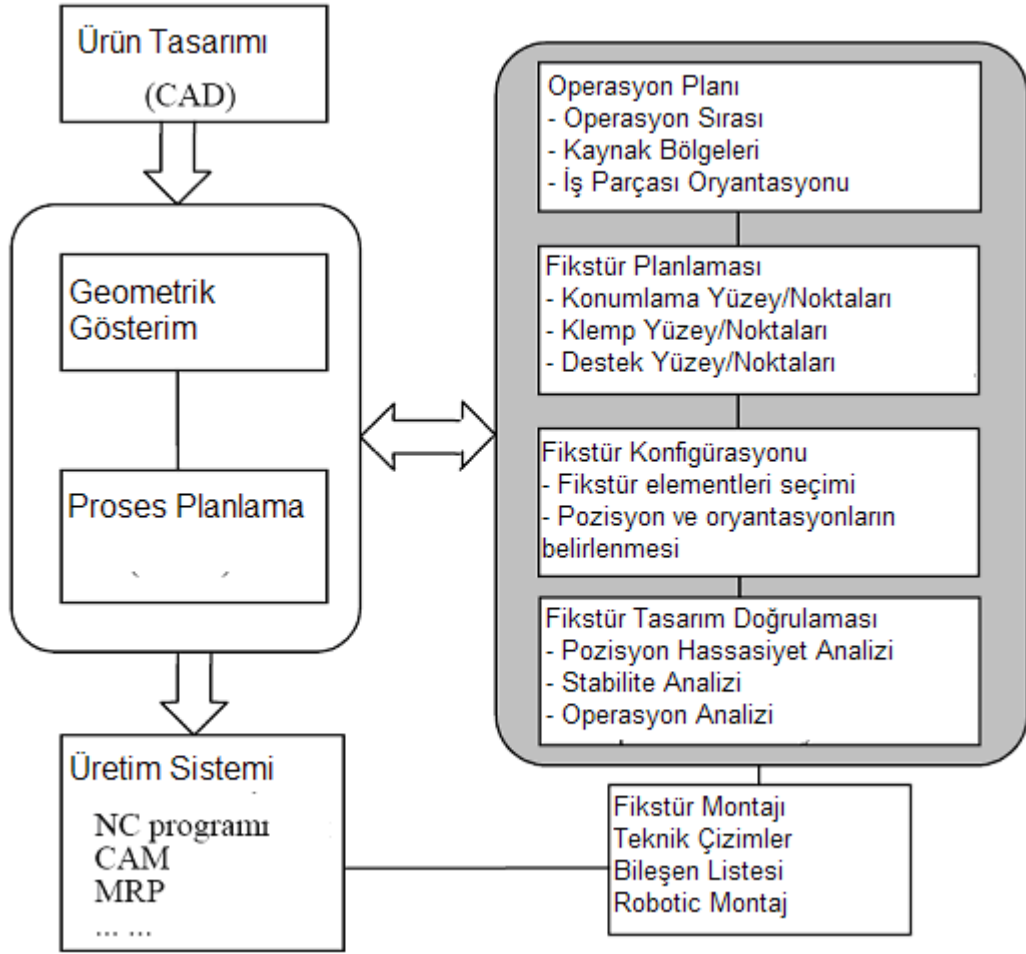
Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımı (CAFD), fikstür tasarım işlemine yardım ve basitleştirmek için bilgisayardan faydalanılarak belirli kriterlere bağlı kalarak fikstür tasarlama işlemi yapılmasıdır.

Bilgisayar destekli fikstür tasarımının günümüzde geldiği nokta belli sınırları aşmamıştır. Tasarımdaki insan emeğini aza indirecek çalışmalar yapılmakla beraber bunlar çoğunlukla basit parçalar için geçerli olmaktadır. Ne var ki, gerçekte iş parçaları çok daha karmaşık yapılara sahip olabilmektedirler. Bu konudaki sınırlamalardan biri de işlemin hala tecrübeye dayalı ve insan müdahalesine muhtaç olmasıdır. Özellikle otomobil parçalarının günden güne zorlaşması fikstür tasarımı için kullanılan yazılımları her gün daha da zorlamaktadır.

Fikstürler CAD fonksiyonları kullanılarak tasarlanabilmekle beraber, sistematik bir yaklaşımın eksikliği tasarımın deneme yanılma yöntemine dayanmasına, bu da çeşitli problemlere sebep olmaktadır. İhtiyaç fazlası fonksiyonların tasarıma katılması ve buna bağlı olarak yüksek maliyetli ve hantal bir fikstür yapısının ortaya çıkması bunlardan en sıkça rastlanandır. Bununla beraber tasarım kalitesi imalat

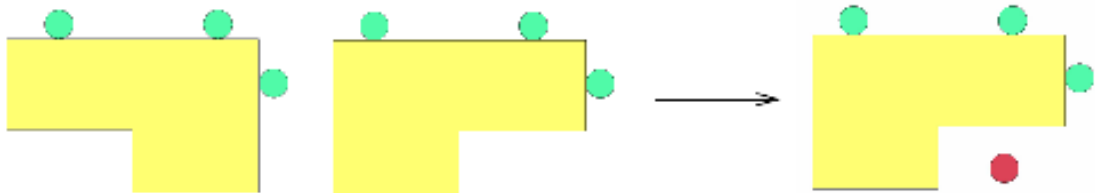
yapılmadan anlaşılammaktadır. Fikstür tasarımı, imalatı ve testlerindeki haftalar hatta aylar süren çalışmalar ayrı bir problemdir. Tüm bunlara ilave olarak fikstür imalatçısı tarafından işletme için fikstür fiyatlandırması ve teklif süreçleri de ciddi sıkıntılar yaratmaktadır. Sağlıklı olarak yapılamayan maliyet analizleri ve ön teklif çalışmaları finansal zararlara yol açmaktadır. Bu yüzden, Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımının görevi ürün ve üretim tasarımı safhalarında kavramsal ve detay fikstür tasarımını süratli şekilde meydana getirecek ve proses doğrulaması ve CAD/CAM entegrasyonunu gerçekleştirecek araçların oluşturulmasıdır.

Bilgisayar destekli fikstür tasarımı ve analizi, fikstür planlaması, fikstür tasarımı ve fikstürün doğrulanmasını içerir. Fikstür planlamasında konumlama yüzeyler ve düzgün şekilde tutulabilmesi için iş parçası üzerinde klempler ile kısıtlama yapılacak bölgeler tespit edilir. Bu bölgeler (pim, dayama ve klemp noktaları) çoğunlukla imalat planlaması dâhilinde oluşturulan konumlama çizimlerinde (location drawings) belirtilir. Otomotiv sektöründe genellikle **aracın ön aksının orta merkezinden geçen eksen takımına göre** konumlandırılmış olan pim delikleri ve referans yüzeyleri konumları aracın tasarımı esnasında belirlenmekte olup bu noktalar fikstürün tasarımı için gerekli olan konumlama çizimlerinde de baz alınmaktadır. Fikstür tasarımı, imalat hacimleri, işleme veya kaynak koşulları gibi çeşitli üretim ihtiyaçlarını karşılayacak fikstür yapısının bir montaj olarak meydana getirilmesidir. Fikstürün doğrulanması ise, düzgün konumlama, tolerans aralıklarını tutturma, fikstür stabilitesi ve operasyon kolaylığı gibi üretim ihtiyaçlarını karşılayan fikstür tasarım performansının değerlendirilmesidir. Son yıllarda özellikle işleme teknolojileri alanında fikstür doğrulaması ile ilgili çalışmalar ağırlıklı hale gelmiştir.[12,14]. Öngörülen klemp kuvvetlerinin iş parçasına etkisi, fikstürün stabilitesi ve buna bağlı olarak işlenmiş parçanın tolerans değerleri fikstür meydana getirilmeden önce öngörülmeye çalışılarak, gerek zaman gerekse deneme yanılmalarla yapılacak lüzumsuz masraflar en aza indirilmeye çalışılmaktadır. bu konularda sonlu elemanlar analizi yapan yazılımlardan yararlanılmaktadır. **Şekil III.37**'de bilgisayar destekli fikstür tasarımının safhaları görülmektedir.



**Şekil III.37** İdeal Bilgisayar Destekli Fikstür Tasarımının Safhaları

Fikstürden beklenen özelliklerden biri de dikkatsizlik sonucunda operatörün eksik ya da ters parça bağlamasının önüne geçilmesine yönelik önlemler alınmış olmasıdır. Eksik parça kalmasına yönelik olarak parça varlık sensörleri kullanılırken, ters bağlamaya karşı yine sensör, pim ya da dayama konularak önlem alınabilir. Böylece aynı hafıza kartlarında olduğu gibi tek ve doğru pozisyonda yerleşime izin verilmiş olur. Bu önlem İngilizcede “foolproofing” olarak adlandırılmaktadır.



**Şekil III.38** Foolproofing (hata önleyici) Sistemi

**Şekil III.38**'de görülen sensörlü foolproofing sisteminde hem parçanın yerinde olup olmadığı, hem de yerindeyse doğru pozisyonunda olup olmadığı aynı anda kontrol edilmektedir.

Farklı operasyon ihtiyaçları göz önüne alınarak geliştirilmiş olan dört çeşit bilgisayar destekli fikstür tasarımı tekniği bulunmaktadır. Bunlardan birincisi grup teknolojisi (GT) tabanlı parçaların sınıflandırılmasına dayanan sistemdir. İkinci olarak otomatize edilmiş modüler fikstür tasarımı yer alır. Üçüncü sistem önceden tanımlanmış fikstür bileşen tiplerinin kullanıldığı kalıcı fikstür tasarımıdır. Dördüncü tip ise parça ailelerini için fikstür tasarımını ele alan varyasyon fikstür tasarımıdır.

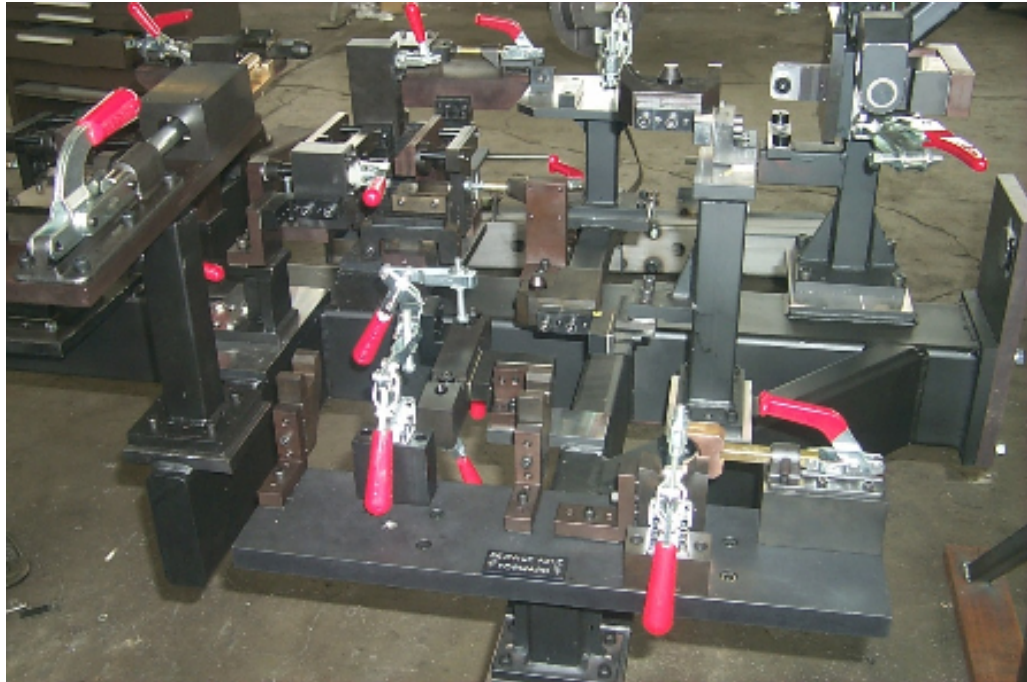
Güncel olarak yapılan çalışmalarda fikstürün doğrulanması için fikstürleşmiş iş parçası modeli üzerinde hassas konumlama ve güvenli çalışma sağlayacak şekilde konumlayıcı ve sıkıcıların yerlerinin tespiti üzerinde durulmakta, sonlu elemanlar yöntemi ile iş parçasında oluşabilecek deformasyonlar incelenmektedir. Fikstür doğrulaması bunların yanı sıra konumlama hassasiyet analizi, fikstür erişim analizi ve sıkma stabilite analizlerini de içermektedir.

Robotlu gazaltı kaynak uygulamalarının en can alıcı noktalarından birisi de kaynatılacak parçaları doğru ve rijit bir şekilde bir arada tutmaya yarayan kaynak fikstürüdür. Kaynak fikstürü tasarımında dikkat edilecek noktalar şöyle sıralanabilir:

- **Tekrarlanabilirlik:** Kaynak fikstürleri robotun kaynak yörüngesini sürekli izleyebilmesi adına çok düşük toleransları sağlayacak şekilde tasarlanıp imal edilmelidirler. Fikstürün tekrarlanabilirliğinin yüksek olması için rijit bir yapıya sahip olması gerekir. Bu yüzden kullanılan silindir çapları ve klemp kuvvetleri doğru seçilmelidir. Fikstür imalatı esnasında kaynak işlemi kullanılacaksa gerilim giderme işlemi yapılması gereği göz ardı edilmemelidir.[6]
- **Kaynak Açısı:** Gazaltı kaynağı için en uygun pozisyon kaynak dikişinin yatay eksen üzerinde olmasıdır. Böylece kaynak havuzunun kontrolü diğer pozisyon kaynaklarına nispeten daha kolay gerçekleştirilir. Gazaltı kaynağı için tasarlanan fikstürlerin de parçadaki kaynak noktalarını yatay ekseninde tutması beklenir. Bu mümkün olmadığı takdirde kaynatılacak parça bir pozisyoner yardımı ile uygun kaynak açısında konumlandırılmalıdır. Bu amaçla kullanılacak bir pozisyonerin seçiminde kaynak fikstürü ve kaynatılacak parçanın toplam ağırlığının göz önünde bulundurulması gerekmektedir.
- **Kaynak Torcu Erişimi:** Tasarlanan fikstür parçaları rijit bir şekilde bir arada tutarken kaynak torcunun kaynak noktalarına erişimini de engellememelidir. Bu

yüzden tasarımda kullanılan klemplerin sıkma konumlarında torcun erişimi denetlenmelidir.

- **Sertleştirme ve Kaplama:** Gazaltı kaynak işlemi esnasında oluşabilen çapakların yapışması nedeni ile kaynak fikstürü bir müddet sonra tekrarlanabilirliğini yitirebilir. Bu olumsuz duruma engel olmanın en etkili yolu fikstürün parçaya temas eden ve kaynak çapağına maruz kalabilecek noktalarının sertleştirilip kaynak kabiliyeti az olan malzemelerle kaplanmasıdır. Böylece sertleştirme nedeni ile fikstürün aşınmaya karşı direnci artarken kaplama sayesinde de çapaktan muhafaza edilmiş olur. [6]
- **Şimleme (Shim):** Şim yüzeyler arasındaki açıklığı ayarlamak için kullanılan madeni levhalara verilen isimdir. Gazaltı kaynak uygulamalarında kaynak edilen parçaya ısı girdisi yüksek olduğu için parça geometrisinde bozulmalar meydana gelir. Gerilme ve çarpılma şeklinde olan bu bozulmaların giderilmesi için tasarım esnasında parçaların çekme yönleri öngörülerek fikstürler çekme yönlerinde ayarlanabilecek şekilde şimlenmelidir. Kaynak sonrası oluşacak şekil bozukluklarını görmenin en iyi yolu deneme kaynakları yapmaktır. **Şekil III.38'**de şimleme tekniği kullanılarak tasarlanmış manüel klempli bir kaynak fikstürü görülmektedir.



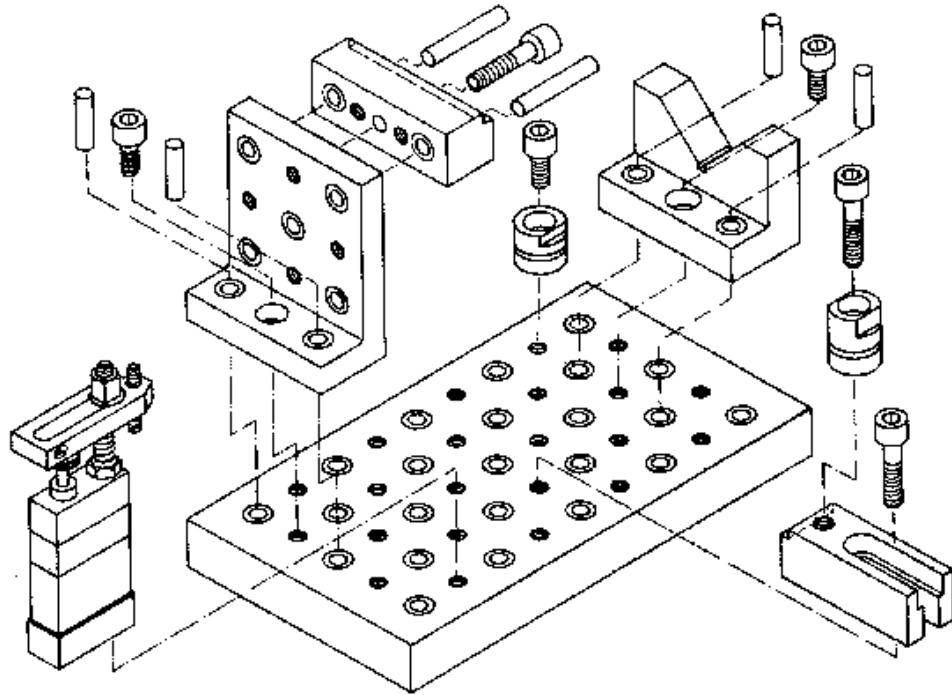
**Şekil III.61** Şimleme Tekniği Kullanılmış Manüel Klempli Kaynak Fikstürü Örneği

Burada belirtilmesi gereken önemli bir nokta, konumlama yapacak olan dayamaların mümkün merteye her eksen için ayrı bir parçadan yapılmasıdır. Böylece farklı eksenlerdeki dayamaların birbirinden bağımsız olarak ayarlanabilmesi mümkün olabilir. Bu ayarlama önceki bölümlerde bahsi geçen şim olarak tabir edilen plakaların kalınlıkları değiştirilerek yapılabilir. Aksi takdirde, her üç eksendeki konumlamanın tek parçadan oluşan bir dayamada yapılması halinde sadece tek bir eksende ayar için bütün parçanın tekrar işlenmesi gerekecektir.

- **İmalata Uygunluk:** Tasarımı gerçekleştirilen fikstürün birçok parçasının talaşlı imalat sürecinden geçeceği dikkate alınarak tasarımın imalata uygunluğu denetlenmelidir. Daha kolay işleme daha düşük maliyet anlamına gelecektir. Kaynak fikstürlerinde maliyetin büyük bölümünün işleme maliyetleri olduğu unutulmamalıdır.
- **Hızlı Montaj:** Özellikle birçok farklı parçanın kaynatılacağı robotlu gazaltı kaynak hücrelerinde fikstürlerin kolay ve hızlı bir şekilde monte edilebilmesi gereklidir. Bu yüzden montaj hızını etkileyecek taşıma kolaylığı, pimleme gibi faktörlere dikkat edilmelidir.
- **Emniyet:** Otomatik klempler kullanılarak tasarlanan fikstürlerin kaynak işlemi öncesi, esnası ve sonrasındaki işlem sıralarının robotlu gazaltı kaynak hücreleri ile ilgili güvenlik standartlarını karşılaması gereklidir.
- **Parçanın Fikstüre Kolay Yerleştirilip Alınması:** Robotlu gazaltı kaynak hücreleri robotu sürekli çalışır kılmak adına genellikle iki masalı yapılıır. Bu yüzden robotun kaynak süresi ile operatörün boşaltma yükleme sürelerinin uyumlu olması gerekmektedir. Fikstür tasarımı yapılırken parçanın doğru yerleştirilmesi kadar hızlı yerleştirilip alınması da sağlanmalıdır. Manüel klempler kullanılan fikstürlerde operatörün klemplere erişiminin uygunluğu gözden kaçırılmamalıdır.
- **Fikstür Otomasyonu:** Gazaltı kaynak fikstürlerinde kullanılan pnömatik ve hidrolik silindirlerin hortumları, sensör kabloları gibi ekipmanlar kaynağa karşı dayanıklı cam elyaflı makaronlar ile korunmalıdır. Valf adalarının ve elektrik buatlarının konumları belirlenirken kaynak çapağı göz önünde bulundurulmalıdır. Pnömatik ve hidrolik silindirlerin milleri kaynak çapağından korunmalıdır.

- **Sensör Seçimi:** Gazaltı kaynak robotların yorulmadığı düşünülürse üzerinde fasılasız kaynak yapılan fikstürler ısınacaktır. Bu yüzden kullanılacak sensörler sıcağa dayanıklı olmalı, sensör kabloları mutlaka cam elyaflı makaron ile korunmalıdır. Kullanılan sensörlerin konektörlü olmasının bakım ve onarım sürelerini düşüreceği unutulmamalıdır.
- **Modüler Fikstürler:** Fikstür tasarımı ile ilişkili hataları azaltmanın en etkili yollarından birisi modüler fikstürler kullanmaktır. Modüler fikstürler belli aralıklarla delikler bulunan tablalara monte edilen bağlama ekipmanlarından oluşmaktadır. Modüler fikstür kullanmanın avantajları aşağıdaki gibi sayılabilir.
  1. Tasarım süresi kısaldır.
  2. İmal edilecek parça sayısı azalır.
  3. Tekrarlanabilirliği artırır.
  4. Esnekliği artırır.
  5. Tasarıma yardımcı sonlu elemanlar yazılımları kullanılabilir.
  6. Modüler fikstürler robotik uygulamalara uygundur.
  7. Modüler fikstürler montaj süresini azaltır.
  8. Tasarım esnasında montaja izin verdiği için deneme kaynakları yapıp çarpılmalar görülebilir.

Şekil III.40’ta örnek bir modüler fikstür görülmektedir.

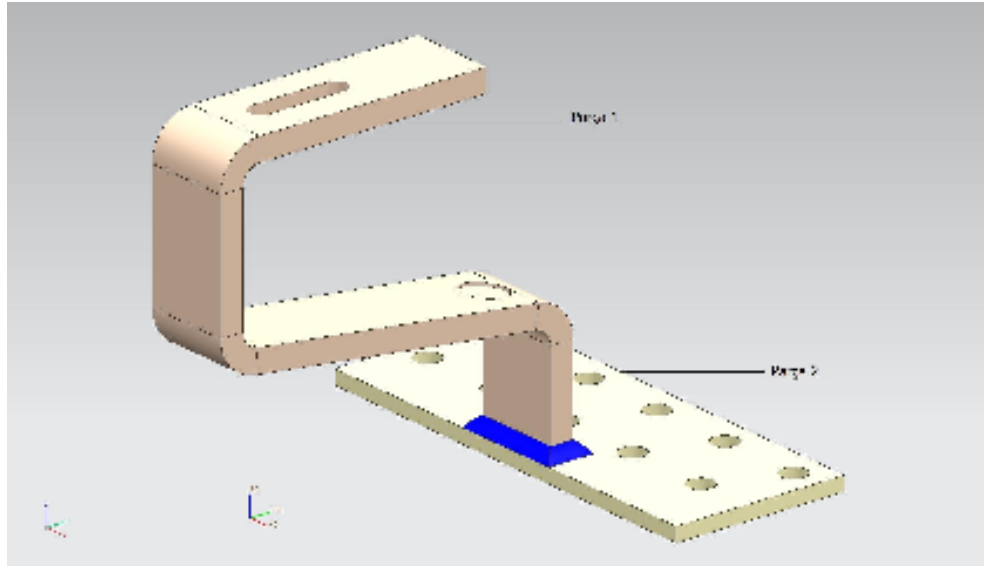


Şekil III.62 Modüler Fikstür Örneği

Bu maddelere daha birçokları eklenebilir. Görüldüğü gibi fikstür tasarımı konusunda yapılacak küçük bir hata robotlu gazaltı kaynak hücresinin kullanılışılığını direkt olarak etkilemektedir. Bu nedenle robotlu gazaltı kaynak hücresi için fikstür tasarımı en az doğru robot ve kaynak makinesini seçmek kadar önemlidir. Aşağıda tasarımı yapılan örnek kaynak sistemine ilişkin fikstür tasarımı verilmiştir.

### III.6.3 Çatı Kancası Kaynağı İçin Fikstürün Tasarımı

Çatı kancaları fikstür tasarımı için Şekil III.41’de görülmekte olan kancanın kaynak sonrası durumunu gösteren üç boyutlu modeli çizilmiştir. Çatı kancasının modellenmesi ve fikstür tasarım ve analiz işlemlerinde Unigraphics 6.0 yazılımı kullanılmıştır.



Şekil III.41 Çatı Kancası 3B Modeli

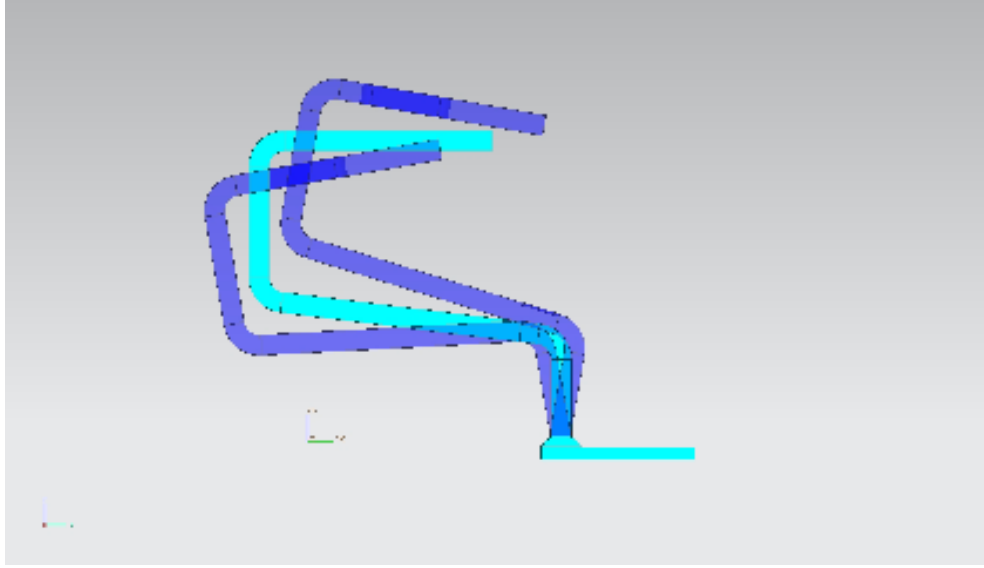
Tasarımlarda kancanın orijinal ölçüleri kullanılmış olup herhangi bir ölçeklemeye gidilmemiştir. Parça-1’in kalınlığı 8 mm. ve parça-2’nin kalınlığı 5 mm.’dir. Parçaların ikisi de 304 kalite paslanmaz çeliktir. Bu yüzden kaynak 308 kalite paslanmaz tel ile yapılacak olup %97,5Ar ve %2,5 O<sub>2</sub> içeren karışım gazı kullanılacaktır.

#### III.6.3.1 Sıkma Noktalarının ve Dayama Yüzeylerinin Belirlenmesi

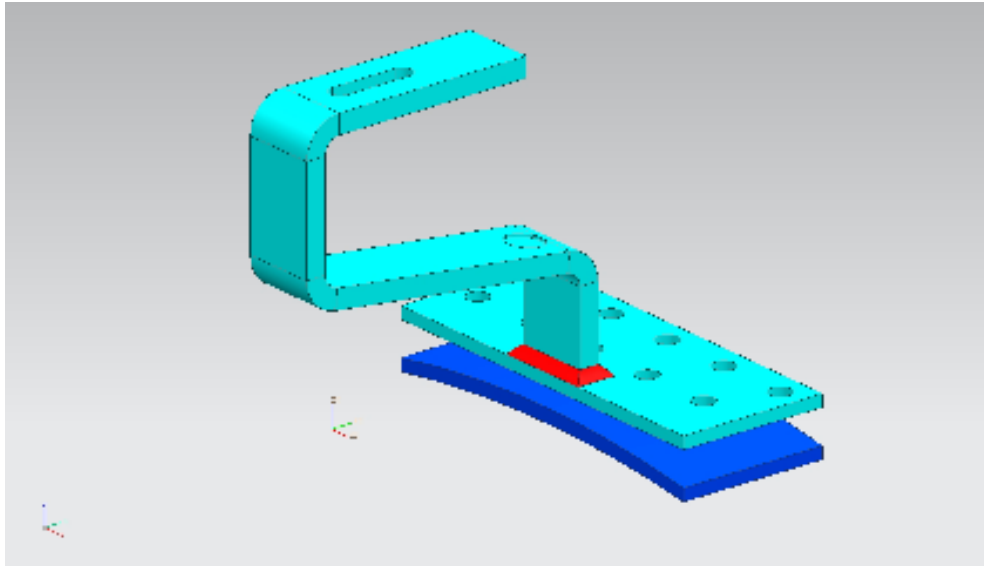
Kaynatılacak parçaların kaynağa uygun pozisyonda yeterince sabit bir şekilde pozisyonlanması için öncelikle dayama yüzeylerinin belirlenmesi gereklidir. Dayama yüzeyleri belirlendikten sonra kavramsal tasarım bu yüzeyler referans alınarak



gerçekleştirilir. Ardından fikstür tablası ve kullanılacak baskı elemanları konumlandırılır. **Şekil III.42** ve **Şekil III.43**'te kaynak işleminin ardından ısıdan dolayı çatı kancasında meydana gelebilecek çarpılmalar görülmektedir. Bu çarpılma yönleri göz önünde bulundurularak baskı ve dayama yüzeyleri belirlenmiştir. Gazaltı kaynak işlemi sırasında yüksek miktarda ısı ortaya çıktığı için kaynak sonrası çarpılmaları tamamen önlemek çok zordur. Bazı durumlarda parça çarpılma yönünü tersinde gerilerek sabitlenmek suretiyle kaynak sonrası uygun geometri elde edilir.



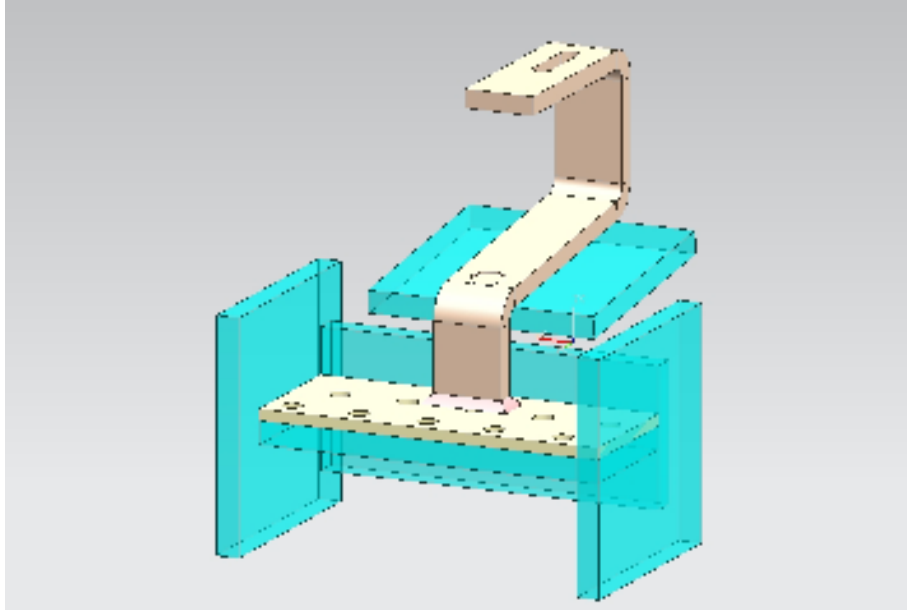
**Şekil III.63** Kaynak Sonrasında Parça-1'de Oluşabilecek Distorsiyonlar



**Şekil III.64** Kaynak Sonrasında Parça-2'de Oluşabilecek Distorsiyonlar

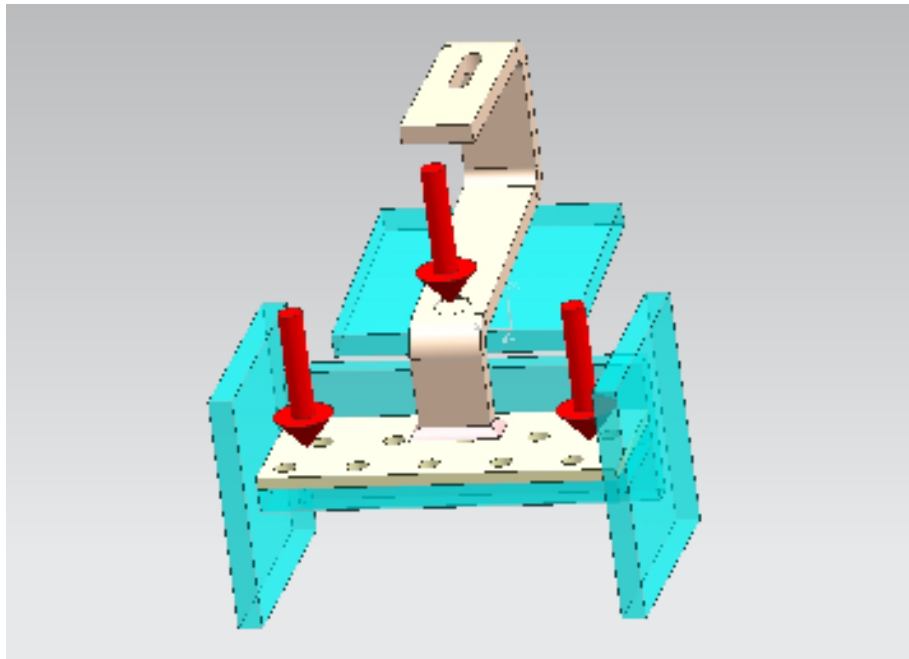
Parça-1, parça-2 üzerine yerleştirildikten sonra birleşme noktasının bütün kesiti kaynak ile birleştirilmektedir. Kaynak, parça-1'in uç kısmında olduğundan çekme az

olmasına karşın, parça-2'nin geniş yüzeyi kaynatıldığından daha fazla çarpılmaya uğrayacaktır. Bu noktalar dikkate alınarak dayama ve baskı yüzeyleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.



**Şekil III.65** Dayama Yüzeyleri

Kaynatılacak parçaların kaynak bölgesine yakın noktalardan sabitlenmesi çarpılmayı azaltacaktır. **Şekil III.44**'te öngörülen dayama yüzeyleri ve baskı yüzeyleri görülmektedir. **Şekil III.45**'te ise baskı noktaları kırmızı oklar ile işaretlenmiştir.



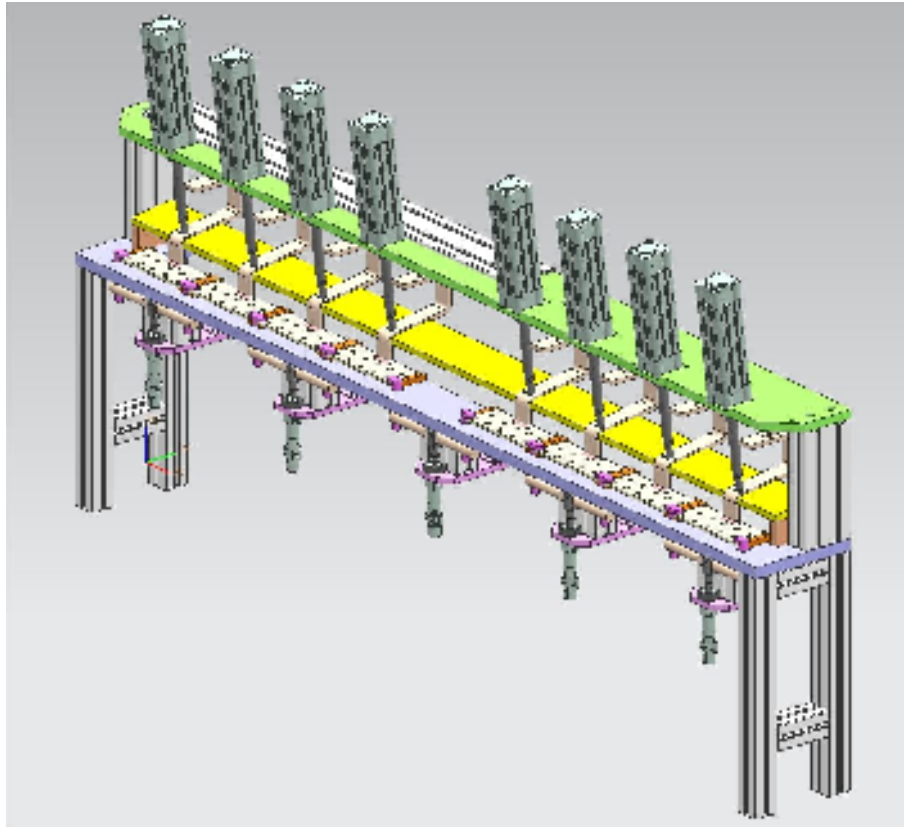
**Şekil III.66** Baskı Noktaları

Parça 2, -x ve -y eksenlerinde dayamalarla kısıtlanırken -z ekseninde baskı kuvveti ile kısıtlanmıştır. Parça 2’de ayrı bir eksen takımında -x ve -y eksenlerinde dayamalar ile kısıtlanırken -z ekseninde yine baskı uygulanmıştır. Bu durumda robotun erişimine uygun tasarımlar ile bu dayama ve baskı yüzeylerinin oluşturulmasına geçilebilir.

### III.6.3.2 Kavramsal Tasarımın Oluşturulması

Robotlu uygulamalarda baskı uygulamak için çoğunlukla pnömatik klempler kullanılmaktadır. Bu projede de Festo ISO serisi pnömatik klempler kullanılmıştır. Dayama ve klemplerin yerleşimi yapılırken torcun kaynak esnasında izleyeceği yörünge göz önünde bulundurulmuştur.

Kaynak için 22 derece boyun açılı, su soğutmalı torç seçilmiştir. Projede kullanılan AII-B4 robotu özellikle gazaltı kaynağı yapmak üzere tasarlandığından kaynak kabloları içinden geçmektedir ve torç en iyi erişimi sağlayacak şekilde robota monte edilebilmektedir. Bu sebeple torç bağlantı braketi tasarlanması gerekmemektedir. Bu durum dıştan kablolu klasik robot modellerinde geçerli olmayıp, torç bağlantı braketi tasarımında robotta tekillik problemi oluşabilecek ölü bölgelerin en aza indirilmesine dikkat edilmelidir.



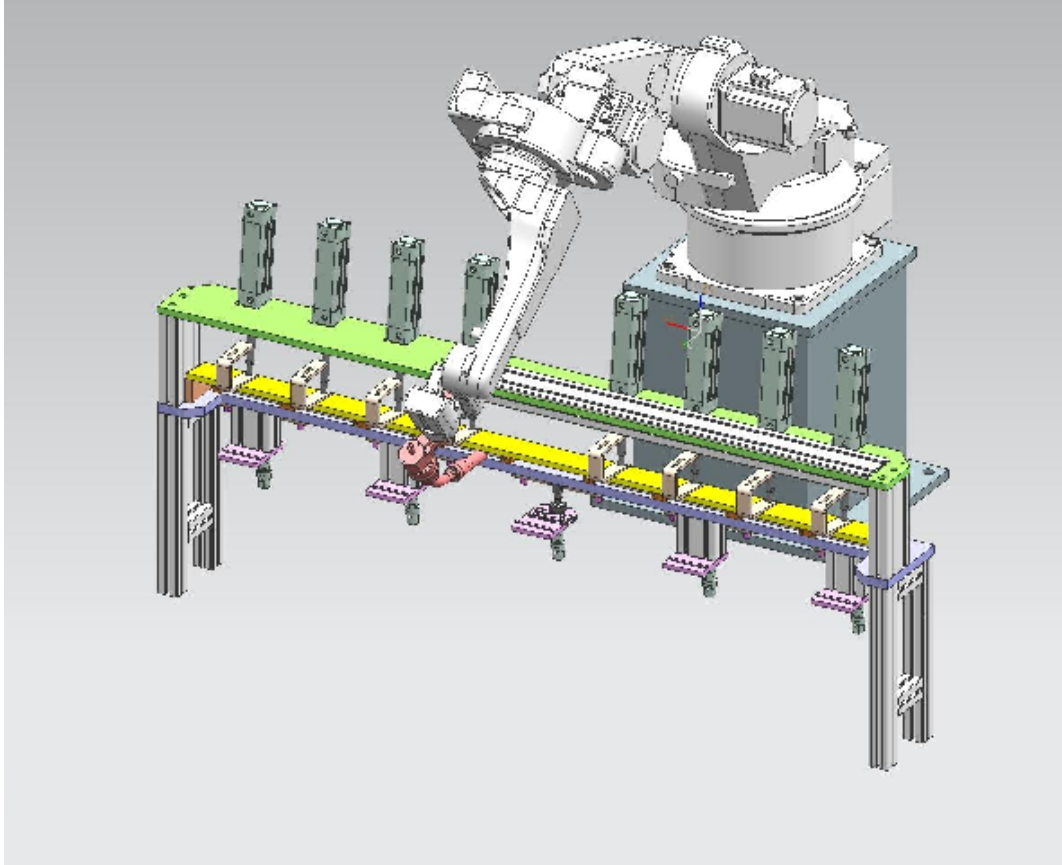
Şekil III.67 Dayama Ve Klemplerin Yerleştirildiği Kavramsal Tasarım

Torcun kaynak esnasında geçeceği bölgeler, dayama yüzeyleri ve baskı noktaları göz önüne alınarak fikstür kabaca şekillendirilir. Bu doğrultuda oluşturulan kavramsal tasarım **Şekil III.46**'da görülmektedir.

Kaynak sonrası iş parçasının fikstür üzerinden kolayca çıkarılabilmesi için gerekli olan silindirler Festo ISO serisinden seçilmiştir. Bu parçada istenilen geometrik sınırlar çok dar olmadığından distorsiyonlara karşı ayarlar klemplerin strokları değiştirilerek yapılacak olup şimleme tekniğine başvurulmamıştır.

### **III.6.3.3 Fikstür Yerleşimi ve Detaylandırılması**

Parçanın fikstürde konumlanması detay tasarımı ile sonuçlandırılmış olacaktır. Bu noktada robotun erişimi ve torcun kaynak esnasında yapacağı açının ulaşılabilir olmasına dikkat edilmelidir. **Şekil III.47**'de görüldüğü gibi tasarım esnasında torcun erişimi denetlenmiştir.



**Şekil III.68** Torç Ve Robot Erişiminin Kontrol Edilmesi

## **III.7 ROBOTLU GAZALTI KAYNAĞI İÇİN KABİN TASARIMI**

### **III.7.1 Kabin Tasarım Kriterleri**

Gazaltı kaynak hücrelerinin kabinleri çok çeşitli ebatlardaki parçaları kaynatmak üzere tasarlanabilmektedir. Kabin tasarımında dikkat edilmesi gereken noktalar şöyle sıralanabilir.

1. Kabinler operatör güvenliğini ulusal ve uluslar arası standartlarda belirtilen ölçüler ön planda tutularak tasarlanmalıdır.
2. Kabinin içinde bulunacak robot sehpası, fikstür masası, pozisyoner desteği gibi elemanların yüksekliği ayarlanırken parça boyutları ile birlikte operatörün çalışmasına uygunluk ta (ergonomi) dikkate alınmalıdır.
3. Robotun kaynatacağı parçanın değişmesi durumunda hücrede yapılacak değişikliklerin kolaylığı için kabinin montajı ve sökülmesi kolay olmalı.
4. Kabinde muhakkak bir servis kapısı bulunmalı ve herhangi bir kişi içeri bu kapı dışındaki bir girişi kullanarak girmemelidir.
5. Mümkün olduğunca kabin tek parça halinde taşınabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Bunu gerçekleştirmek için forklift ayaklarına uygun taşıma noktaları ya da mapalar tasarımda bulunmalıdır.
6. Kabinde gerekli yerlerde pencereler bulundurulmalı ve bu pencerelerde kullanılan cam ya da PVC malzemeler kaynak ışığını geçirmemelidir.
7. Kabinler kaynak esnasında ortaya çıkan zehirli gazları bertaraf edecek aspiratör ya da havalandırma çıkışları ile donatılmalıdır.
8. Kabin tasarımında gereksiz maliyetlerden kaçınılmalı bu kabinin kaynak işlemi için kullanılacağı unutulmamalıdır.
9. Kabinde hücrenin otomasyonuna uygun elektrik kablosu ve pnömatik hortumların geçeceği kanallar bulundurulmalıdır.
10. Buton kutuları yerleştirilirken kullanışlılığı dikkate alınmalıdır.
11. Işık bariyeri kullanılan durumlarda bu bariyerler de iş parçası ya da forklift gibi çarpma riski taşıyan etkenlerden korunmalıdır.

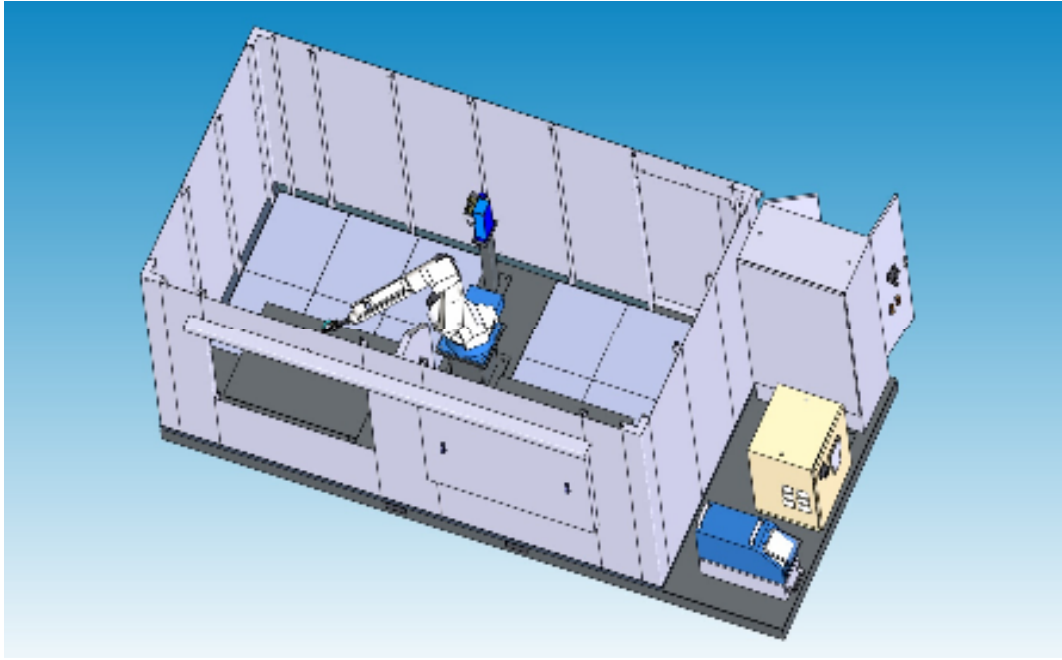
### **III.7.2 Örnek Kabinler**

Kullanımda olan kaynak hücrelerinin % 80'e yakını binek otomobil parçası imal etmekte olduklarından bu çalışmada binek otomobil parçalarının kaynağına uygun

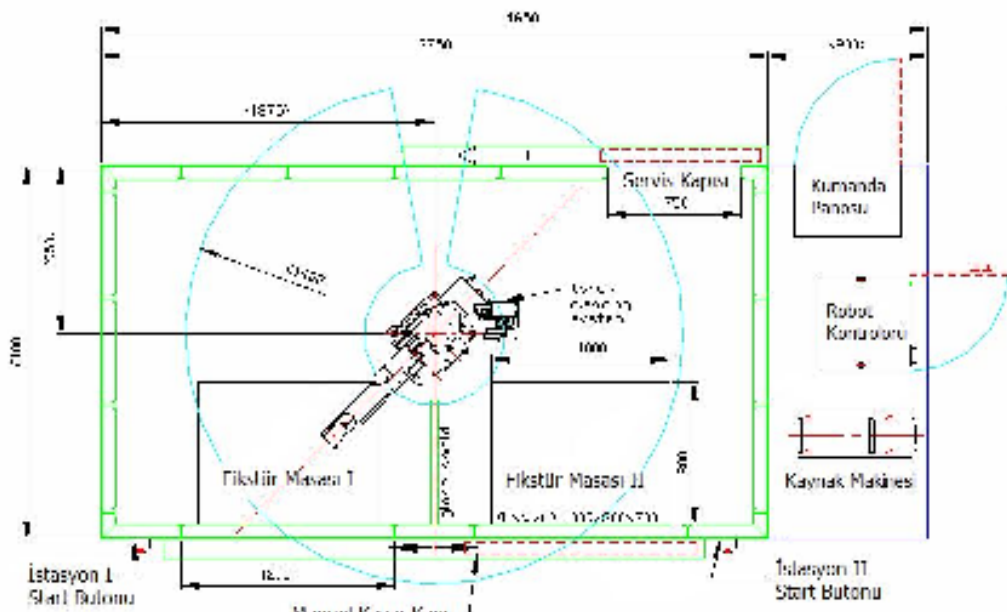
tasarım örnekleri verilmiştir. Bütün tasarımlar 1,40 m erişimli OTC AII-V6 model robota göre tasarlanmış olu bu erişimdeki bütün robotlara uygulanabilir.

### III.7.2.1 Örnek 1

Kaynatılacak parçanın bir fikstürde konumlandırıldıktan sonra herhangi bir pozisyone gerek duyulmayan durumlarda aşağıdaki kabin yapısı kullanılabilir. Parça adedine göre istasyon sayısı değişebileceği gibi çoğunlukla 2 istasyonlu hücreler tercih edilir.



Şekil III.69 İki İstasyonlu Kaynak Hücresi

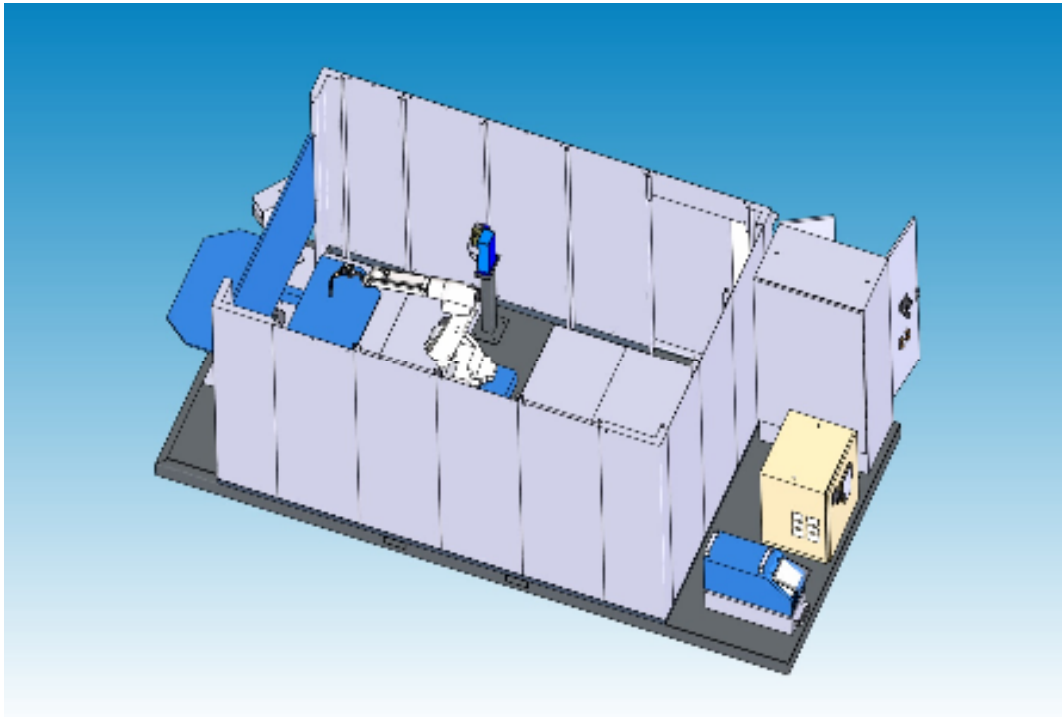


Şekil III.70 İki İstasyonlu Kaynak Hücresi Boyutları

**Şekil III.49**'da iki istasyonlu kaynak hücresinin boyutlandırması görülmektedir. 800 x 1000 mm ölçüsündeki iki adet fikstür masası yan yana konumlandırılmıştır.

### III.7.2.2 Örnek 2

Kaynatılacak parçanın bir fikstürde konumlandırıldıktan sonra pozisyone ihtiyaç olmayan durumlarda alternatif olarak bir döner tabla kullanılmak suretiyle aşağıdaki kabin yapısı da tercih edilebilir. Böylelikle robot kaynak yaparken operatör parça yükleyeceği için robot hiç durmadan çalışabilir. **Şekil III.50**'de döner tablalı gazaltı kaynak hücresi 3B modeli görülmektedir.



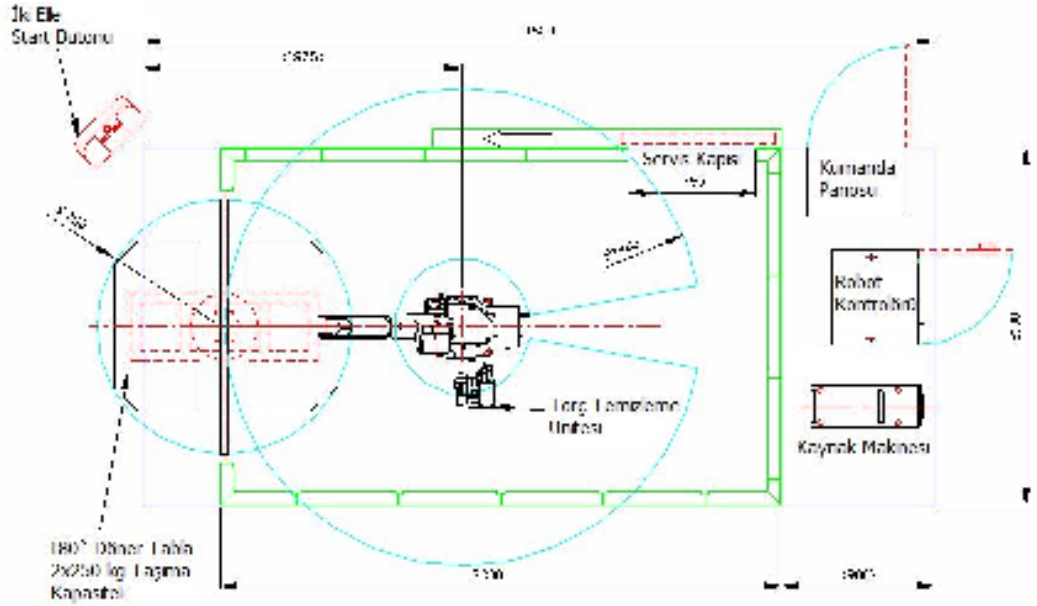
**Şekil III.71** Döner Tablalı Gazaltı Kaynak Hücresi

Bu hücre yapısını iki döner tablalı olarak değiştirmek için robotun sol tarafına aynı tabladan bir adet daha konumlandırmak mümkündür. Kaynatılacak parçanın yükleme sürelerinin uzun, kaynak sürelerinin kısa olduğu durumlarda bu yöntem tercih edilebilir.

**Şekil III.51**'de döner tablalı gazaltı kaynak hücresinin boyutlarını içeren teknik resmi verilmiştir. Ölçüler incelendiğinde bu yöntemin birinci örnekteki hücreden daha az yer kapladığı ve robot erişiminin daha etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Kullanılan tabla robot ile senkronize hareket yapmayıp sadece  $\pm 180^\circ$  de parça konumlayacağı için servo motora nispeten düşük maliyetli asenkron



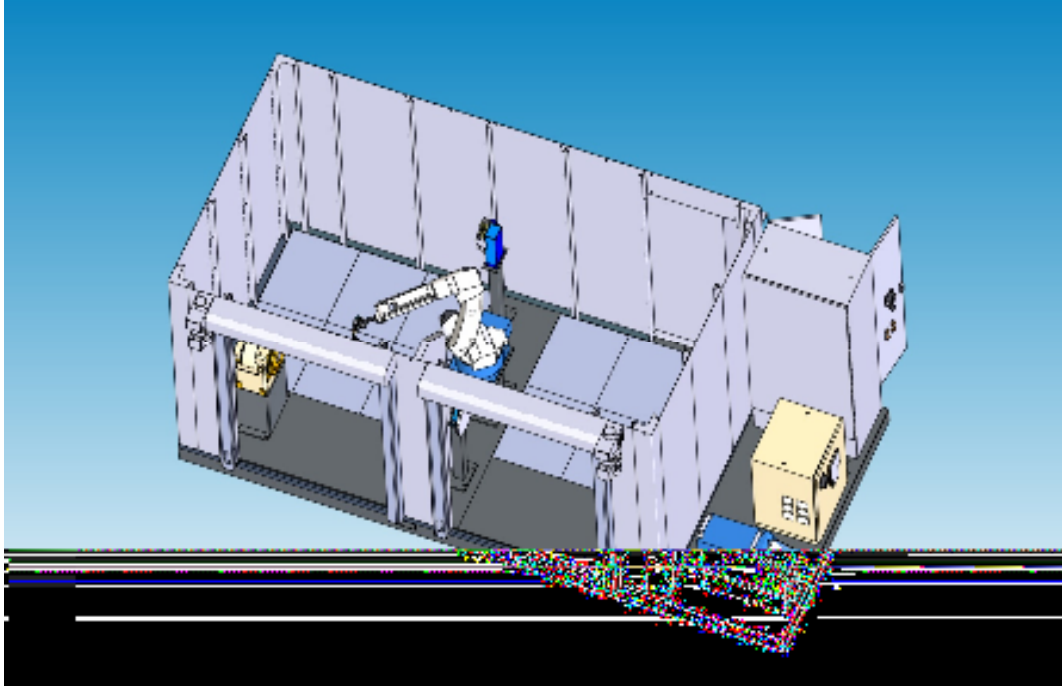
motorlu ya da pnömatik tahrikli olarak tasarlanabilir. Bu yolla yatırım maliyeti azaltıldığı gibi robot verimli bir şekilde kullanılmış olacaktır.



Şekil III.72 Döner Tablalı Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları

### III.7.2.3 Örnek 3

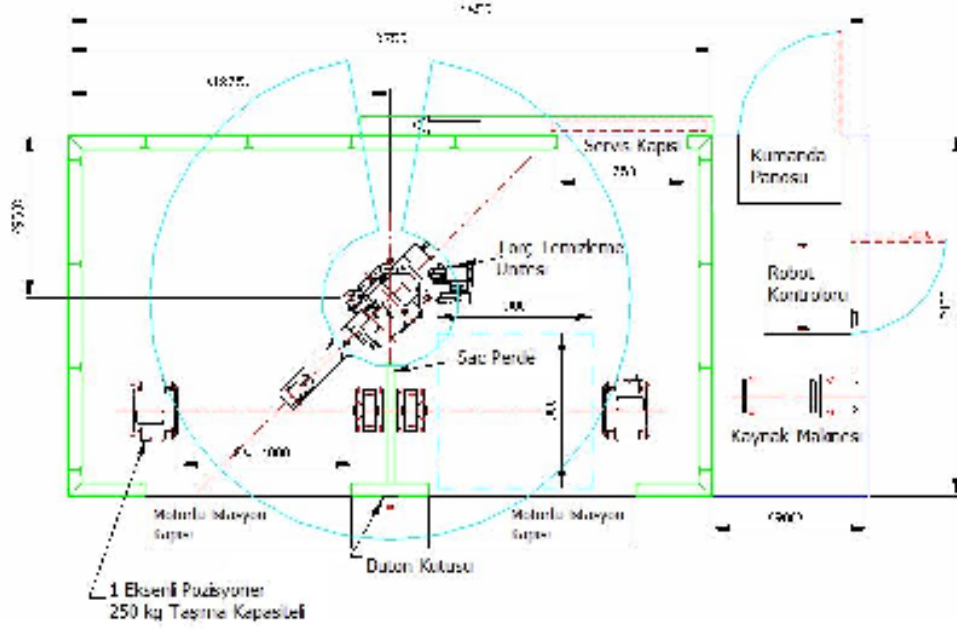
Kaynağı yapılacak parçanın bir pozisyoner yardımı ile döndürülmesi zorunlu olan durumlarda aşağıdaki kabin yapısı da tercih edilebilir. Şekil III.52’de iki adet bir eksen pozisyonerli gazaltı kaynak hücresinin 3B modeli görülmektedir.



Şekil III.73 2 X 1 Eksen Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi

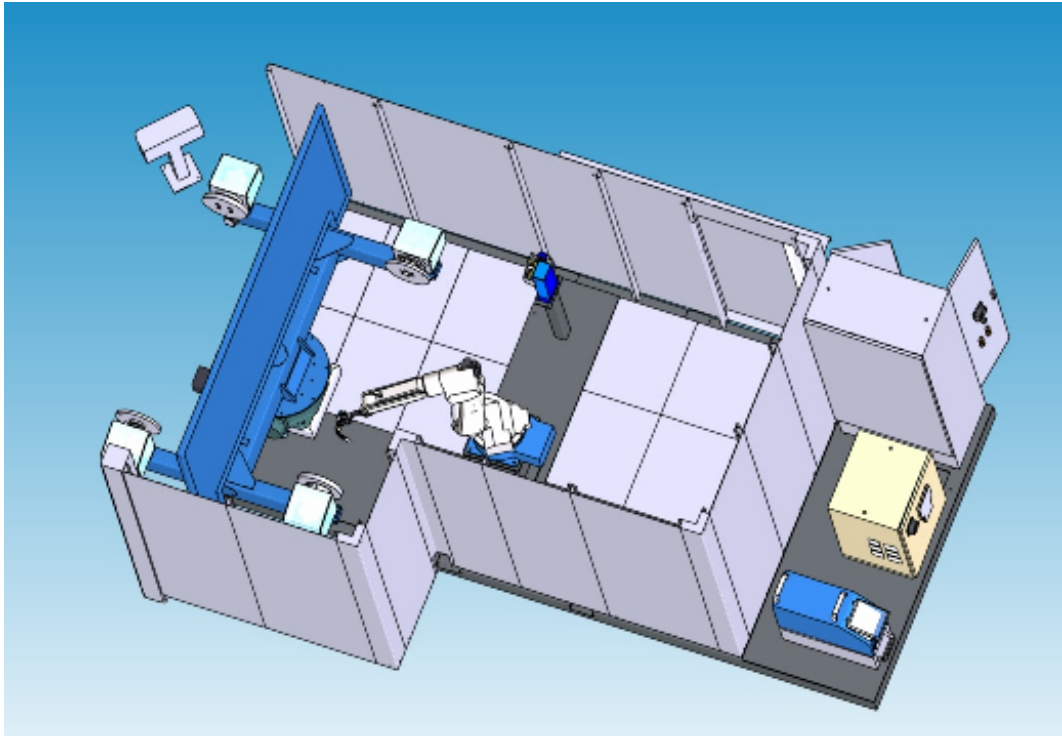


Şekil III.53'te 2 x 1 eksen pozisyonerli gazaltı kaynak hücresinin boyutlarını içeren teknik resmi verilmiştir. Kullanılan pozisyoner robot ile senkronize hareket edebilmesi için robot firmasının kullandığı motorlar ve sürücü devreleri kullanılmalıdır.



Şekil III.74 2 X 1 Eksen Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları

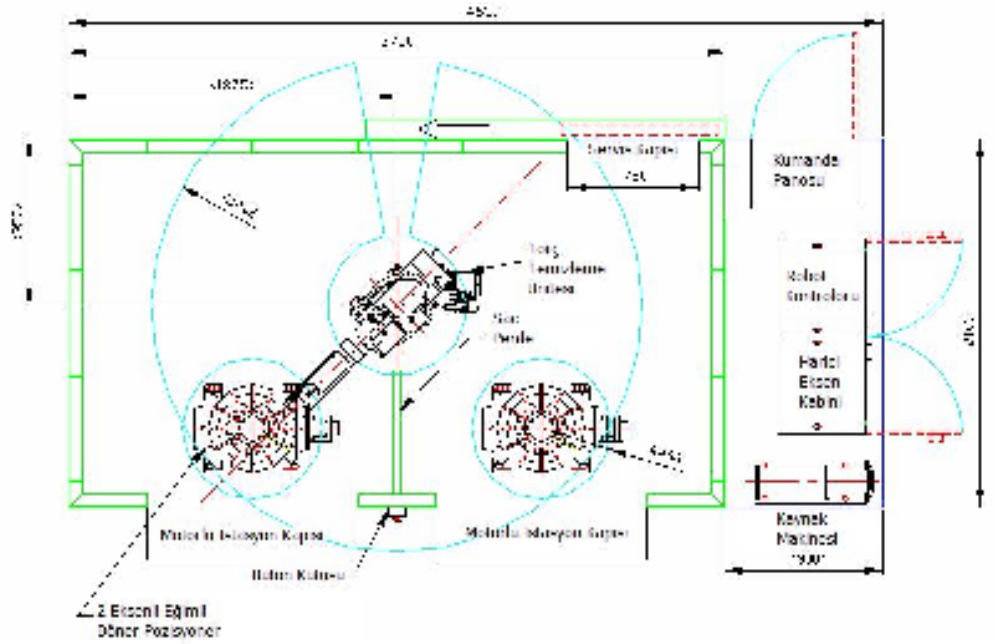
#### III.7.2.4 Örnek 4



Şekil III.75 H Tipi Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi



Şekil III.57’de 2 x 2 Eksenli Eğimli Döner pozisyonerli gazaltı kaynak hücresinin boyutlarını içeren teknik resmi verilmiştir.



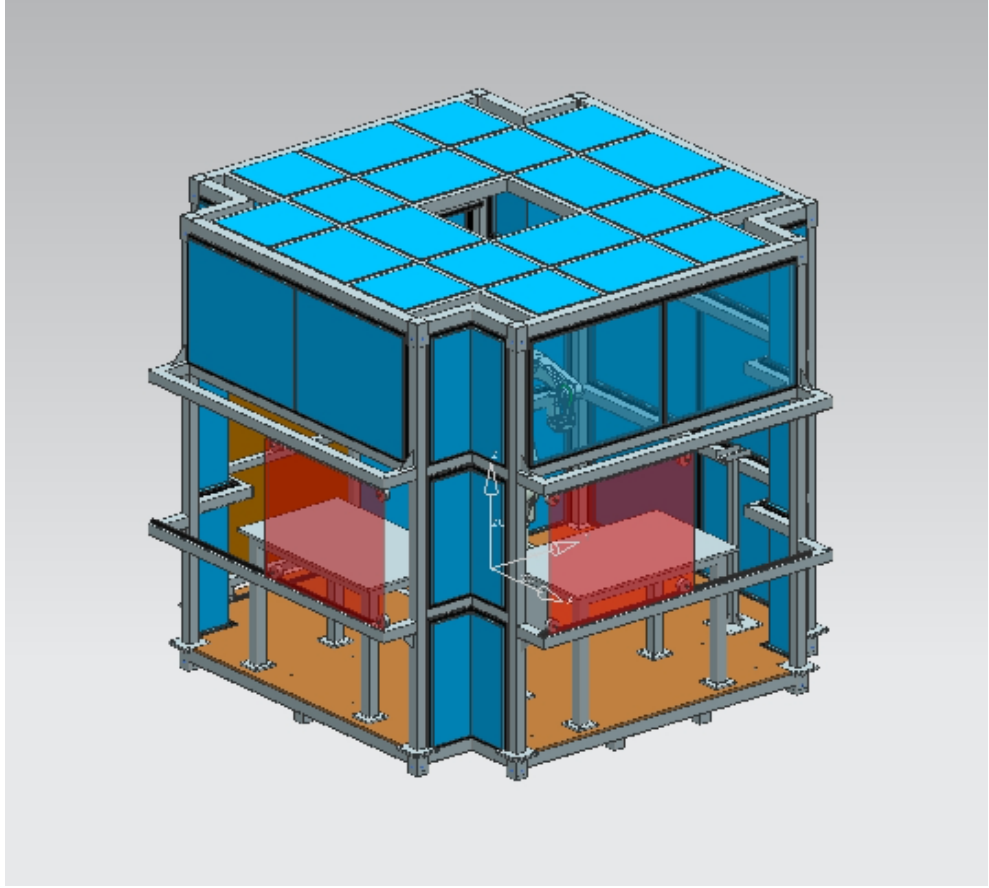
Şekil III.78 2 X 2 Eksenli Eğimli Döner Pozisyonerli Gazaltı Kaynak Hücresi Boyutları

Yukarıdaki bütün örneklerde verilen boyutlar hücrelerin tek parça halinde bir kamyonu yüklenebilecek şekildedir. Aynı zamanda kabinlerin alt platformlarında forklift ayakları için uygun taşıma delikleri mevcuttur.

### III.7.2 Gazaltı Kaynak Hücresi Ayrıntılı Tasarımı

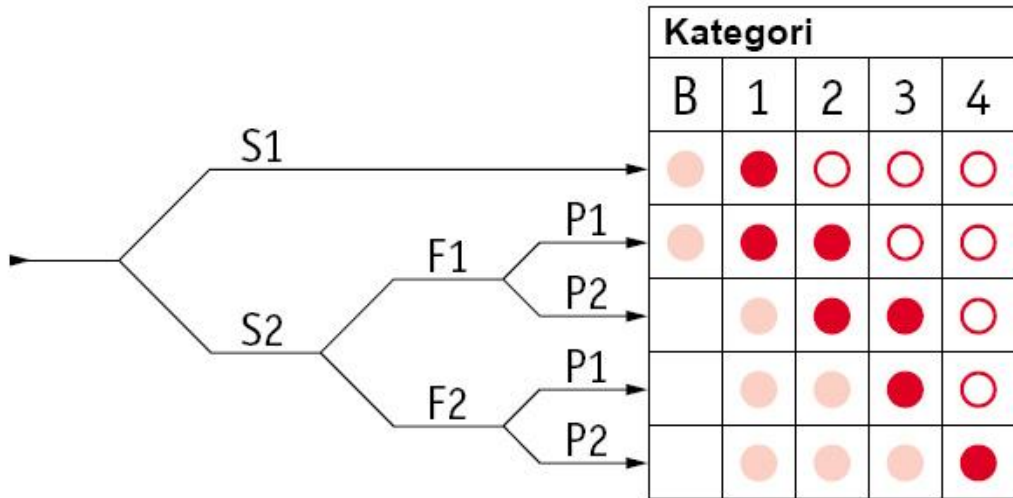
Bu noktaya kadar verilen örneklerde kabinler kullanım amacı ve boyutu ele alınarak incelenmiştir. Bu başlık altında örnek parçamız olan çatı kancası kaynağı için robotlu gazaltı kaynak hücresi tasarım kriterlerine uygun bir kabin tasarımı yapılmıştır.

Kabin iki istasyonlu olarak tasarlanmıştır. Böylece robotun erişim uzayı verimli bir biçimde kullanılmış robot kaynak yaparken operatörün parça yüklemesine izin verilmiş olmaktadır. Kabinde bir servis kapısı bulunmaktadır ve kabine bu kapı dışında bir noktadan girişe izin vermeyecek önlemler alınmıştır. Sistemin güvenliği kategori 4 sınıfını sağlayacak şekilde tasarlanmış olup bütün elektrik devre elemanları güvenlik elemanlarından seçilmiştir. Şekil III.58’de tasarlanan hücrenin 3B modeli görülmektedir.



Şekil III.79 Çatı Kancası Robotlu Gazaltı Kaynak Hücresi

EN 954-1 standardından türetilmiş olan aşağıdaki risk değerlendirme tablosu, **güvenlik kategorisi seçimi için gerekli talimatları** göstermektedir. Doğru güvenlik kombinasyonu ve bu kombinasyonun güvenlik seviyesinin seçimi, tasarım mühendisinin sorumluluğundadır.

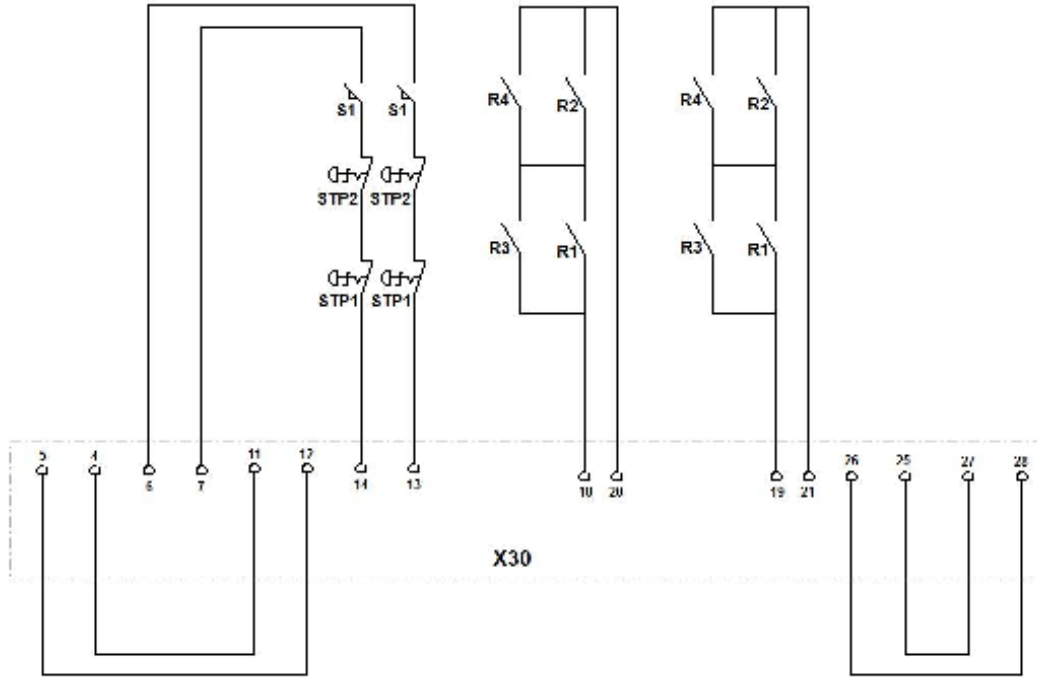


Şekil 80 Risk Değerlendirme ve Güvenlik Seviyesi Tayini

Bu tabloda geçen S, F, P harflerinin anlamı aşağıdaki gibidir.

S	Yaralanmanın Ciddiyeti
S1	Hafif Yaralanma
S2	Ağır Yaralanma
F	Birim Zamanda Tehlikeye Maruz Kalma Sıklığı
F1	Çok Nadir Ve Sık
F2	Çok Sık Ve Sürekli
P	Tehlikenin Önlenebilme Olasılığı
P1	Belli Koşullar Altında Mümkün
P2	Neredeyse İmkânsız

Hücrede kullandığımız robotun güvenlik devresi iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi emniyet siviçleri ve acil stop butonlarının bulunduğu seri güvenlik hattıdır. İkincisi ise ışık bariyerlerinin bulunduğu hattır.

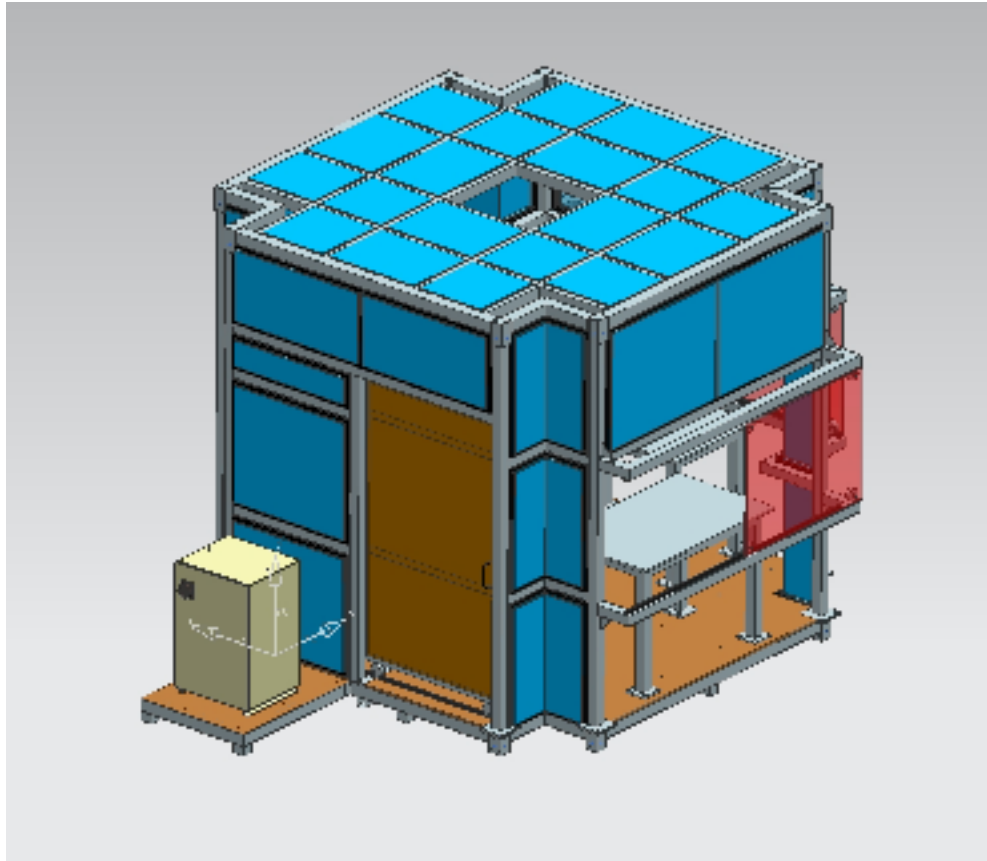


Şekil 60 Güvenlik Devresi

Şekil III.60'ta görüldüğü gibi devrenin sol tarafında kabinde kullanılan stop butonları ve emniyet siviçleri yer almaktadır. Sağ tarafında ise hangi istasyonda

çalışıldığını seçmek üzere ışık bariyerlerini kontrol eden rölelere ait kontaklar bulunmaktadır.

Kabinin içinde bulunan robot sehpa ve fiyestür masasının yüksekliği ayarlanırken parça boyutları ile birlikte operatörün çalışmasına uygunluk ta (ergonomi) dikkate alınmıştır. Kaynatılacak parça olan çatı kancası hafif bir parça olduğundan (1,2 kg) operatör çalışma yüksekliği 1100 mm seçilmiş ve diğer hücre elemanları bu ölçü referans alınarak tasarlanmıştır. Robot kontrolörü ve gazaltı kaynak makinesi kullanım ve bakım kolaylığı açısından hücre dışında konumlandırılmıştır. Hücreye bir servis kapısından girilmekte olup bu kapının durumu bir emniyet nihayet sivici ile denetlenmektedir. **Şekil III.61**'de servis kapısı ve robot kontrolörü görölmektedir.



**Şekil 61** Servis Kapısı Ve Robot Kontrolörü

Tasarlanan hücreye ait çevrim zaman analizi yapıldığı takdirde hücrenin verimi ortaya çıkacaktır. Çevrim zamanını hesaplamak için öncelikle kaynak hızını bilmemiz gerekmektedir. Çatı kancası kaynağı 10 mm/s kaynak hızı ile yapıldığında uygun sonuç elde edilmiştir. Buna göre yapılan hesap aşağıdaki tablodan okunabilir.



# ANALİZ TABLOSU

## ÇATI KANCASI

Parça	Robot sayısı	Kaynak sırası	Parça no:	Kaynak uzunluğu (mm)	Kaynak sayısı	Kaynak uzunluğu / robot	Kaynak hızı (mm/dk)	Kaynak süresi (sn)	Ön Gaz akış süresi (sn)	Son Gaz akış süresi (sn)	Robot hareket zamanı (sn)	Verim	Toplam işlem süresi (sn)
1	1	1	1	50	1	50	600	5,00	0,5	0,5	2,0		8,0
		2	1	40	1	40	600	4,00	0,5	0,5	1,8		6,8
		3		0		0	600	0,00	0,0	0,0	0,0		0,0
		1		0		0	600	0,00	0,0	0,0	0,0		0,0
		2		0		0	600	0,00	0,0	0,0	0,0		0,0
		3		0		0	600	0,00	0,0	0,0	0,0		0,0
<b>Total</b>				<b>90</b>	<b>2</b>	<b>90</b>	<b>600</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>14,8</b>

**80%**

**18,5**

	1 vardiya	2 vardiya	3 vardiya
Yıllık Adet	130.000 adet		
Vardiyadaki çalışma sürü	7.5 saat		
Haftalık çalışma gün say	5 gün		
Yıllık çalışma gün sayısı	260 gün		
Verim :	80 %		
Vardiya :	0,3		
Günlük kaynak zamanı	7,5	15	23
Günlük üretim adeti	1459	2919	4378
Haftalık kaynak zamanı	38	75	113
Haftalık üretim adeti	7297	14595	21892
Yıllık kaynak zamanı	1950	3900	5850
Yıllık üretim adeti	379459	758919	1138378

# BÖLÜM IV

## SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

### IV. SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle robotlar ve kullanım yerleri incelenmiştir. Ardından gazaltı kaynak tekniği ile ilgili özet bilgi verilip Bölüm III'te robotlu gazaltı kaynak hücresi tasarımı ile ilgili ayrıntılı bir inceleme yapılmıştır. Gazaltı kaynak hücresi tasarımında özellikle dikkat edilmesi gereken, robot ve gazaltı kaynak makinesi seçimi, fikstür ve kabin tasarımı ile ilgili geniş bir araştırma yapılmış ve örnek çalışma olarak çatı kancası kaynağı için yerleşim planlaması, fikstür ve kabin tasarımı, kaynak zaman analizi, güvenlik devresi tasarımı yapılmıştır.

Yapılan robotik kaynak uygulaması sonucunda normal şartlarda yıllık 130.000 adet olan üretim kaynak işleme zamanı 14,8 saniyeye kadar düşürülerek %80 verimle yılda 379.459 adede çıkarılmıştır. Bunun yanı sıra kaynak başlangıç ve bitiş noktalarındaki birleşmenin kalitesi manüel kaynağa oranla hayli yüksektir.

Parça yanması veya düzgün birleşmeme, boşluk kalması ortadan kalkmış, toleranslarında kaynatılan iş parçası için ilave işçilikle düzeltilme operasyonuna gerek kalmamıştır.

Bu çalışmayla, manuel kaynağa nazaran sistematik bir şekilde yapılmış fikstür üzerinde robot ile yapılan kaynak uygulaması ele alınarak bu tip sistemlerin üreticiye sağladığı avantaj gözlemlenmiştir. Robotlu gazaltı kaynak sisteminin örnek uygulamamızda sağladığı avantajlar şöyle sıralanabilir.

1. Robot insan tarafından zorlukla kaynatılan parçayı neredeyse 3 kat daha hızlı kaynatmıştır.
2. Robotlu imalat hücresi aynı adetleri sağlayacak insan operatörler ve manüel kaynak sistemlerinden çok daha az yer kaplamaktadır.
3. Parçanın kalitesi yükselmiş ve kalitede süreklilik sağlanmıştır.
- 4.

Her ne kadar gelişmekte olan ülkemizde robotlu kaynak uygulamaları halen ana sanayide yaygın olsa da son yıllarda bu eğilimin küçük ve orta ölçekli kuruluşlara da ulaşmaya başlamıştır.



## KAYNAKÇA

- [1] Thomas R.: “Robotics and Automation Handbook”, CRC Press LLC, 2005.
- [2] “Robot Nedir?”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Robot> (05.05.2009)
- [3] AWS Welding Handbook: Ninth Edition, Volume 2, Welding Processes, AWS Press, 2008.
- [4] Harada S. ve Ueyama T.: “Son Teknoloji Gazaltı Kaynak Makineleri”, 7<sup>th</sup> Uluslararası Kaynak Sempozyumu Tutanakları, Kobe – Japonya, 2001.
- [5] Comau Robotics Manual ver.3.2, 2008.
- [6] OTC Daihen AII Series Manual, 2009.
- [7] Çiçek Y.: “Robotik Otomasyon Sistemlerinde Fikstürün Tanımı, Önemi ve Endüstrideki Yeri”, GEV Dergisi, Gedik Eğitim Vakfı, Ağustos 2009.
- [8] Yumurtacı S., Mert T.: “Robotik Kaynak Sistemleri ve Gelişme İstikametleri”, Kaynak Teknolojisi IV. Ulusal Kongresi, 2003.
- [9] Anık S: “Kaynak Tekniği El Kitabı”, Yöntemler ve Donanımlar, 1991.
- [10] Kou S: “Welding Metallurgy”, Second Edition, Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey, 2003.
- [11] Dilthey U.: “Welding Technology 1”, Lecture Notes, , Welding and Cutting Technologies, ISF Welding Institute, RWTH Aachen University.
- [12] Mikell P.: “Automation, Production Systems and Computer Integrated Manufacturing”, GROOVER, Prentice Hall College Div, 1987.
- [13] Selig J.M.: “Introductory Robotics”, Prentice Hall International (UK) Ltd, 1992
- [14] Akkuş N., Balkan M., Ueyama T., Harada S. and Yamamoto H.: “Gazaltı Kaynak Makinelerinde Dijital Kontrol Teknolojileri” GEV Dergisi, Gedik Eğitim Vakfı, Mayıs 2009.
- [15] Çengelci B., Çimen H.: “Endüstriyel Robotlar, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi”, 2005.
- [16] Akkuş N., Balkan M.: “Robotlu Gazaltı Kaynak Hücresi Tasarımında Kritik Konular”, Kaynak Teknolojileri VII. Ulusal Kongresi ve Sergisi, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Ankara, 13-14 Kasım 2009.
- [17] Rong Y., Zhu Y.: “Computer Aided Fixture Design”, Journal of manufacturing Systems,1999.

- [18] Borda J.: “A Simulation Model for Designing the Automation of Future’s Factory Based on Logistics Strategy”, Application to the Automotive Industry, Elejaarieta, 2007.
- [19] Rong Y., Huang S.: “Advanced Computer Aided Fixture Design”, Elsevier, 2005.
- [20] Kang Y.: “Computer Aided Fixture Design Verification”, Worcester Polytechnic Institute, 2001.
- [21] Grant H. E.: “Jigs and Fixtures, Non-standart Clamping Devices”, McGraw-Hill, 1967.
- [22] Teng T., Fung C., Chang P., Yang W.: “Analysis Of Residual Stresses And Distorsions In T-Joint Filet Welds”, International Journal of Pressure Vessels and Piping, Volume 78, Issue 8, 2001.

## ÖZGEÇMİŞ

05.05.1983 tarihinde Bursa'da doğdu. İlköğretimini, Ali Rıza Bey İlköğretim Okulu'nda tamamladı. 1997 yılında Ali Osman Sönmez Anadolu Teknik Lisesi Elektrik Bölümüne yerleşti. Lise eğitimini bu okulda tamamladıktan sonra 2001 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nü kazandı. 2005 yılında Lisans derecesi ile mezun olduktan sonra aynı yıl Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Bölümü Yüksek Lisans programını kazandı.