

**T.C.  
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SİLİNDİRİK BORULARIN KAYNAĞINDA KULLANILAN  
BİLGİSAYARLI BORU MİG KAYNAK MAKİNESİ  
TASARIMI**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan  
Ali İhsan YOĞURT**

**Danışman  
Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ**

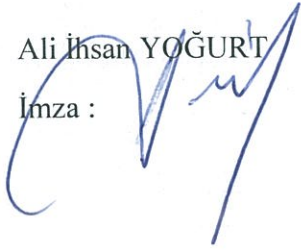
**Temmuz 2019  
KAYSERİ**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

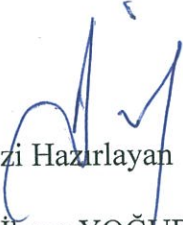
Ali İhsan YOĞURT

İmza :




## YÖNERGEYE UYGUNLUK

“Silindirik Çelik Boruların Kaynağında Kullanılan Bilgisayarlı Boru MIG Kaynak Makinesi Tasarımı” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

  
Tezi Hazırlayan  
Ali İhsan YOĞURT

  
Danışman  
Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

  
Makine Mühendisliği ABD Başkanı  
Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP

Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ danışmanlığında Ali İhsan YOĞURT tarafından hazırlanan “Silindirik Çelik Boruların Kaynağında Kullanılan Bilgisayarlı Boru MIG Kaynak Makinesi Tasarımı” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

02/07/2019

**JÜRİ:**

Başkan: Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

Üye : Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Fatma Nazlı ÖZSOLAK

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulunun 16/07/2019 tarih ve 2019./41-09 sayılı kararı ile onaylanmıştır.

16/07/2019

Mehmet Akkurt

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

## ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi değerli hocam Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tüm süreç boyunca karşılaştığım zorlukları aşmamda gösterdikleri yardımlardan dolayı sayın Arş. Gör. Ömer Barışkan YASAN' a, Arş. Gör. Abdullah GÖÇER' e ve Elektrik Elektronik Mühendisi İbrahim SAMURLU' ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım süresince desteklerini esirgemeyen eşim Canan YOĞURT, annem Fatma YOĞURT, babam Hasan Hüseyin YOĞURT ve tezi yazarken uslu durduğu için oğlum Emin İlber YOĞURT'a teşekkür ederim.

Ali İhsan YOĞURT

Kayseri, Temmuz 2019

# SİLİNDİRİK BORULARIN KAYNAĞINDA KULLANILAN BİLGİSAYARLI BORU MİG KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Temmuz 2019

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ

## ÖZET

İki metal parçasının birbirine birleştirildiği her sektörde kaynaklı imalat teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Gaz altı, elektrod kaynağı, toz altı kaynağı, punta kaynağı vb. kaynak türleri ve teknolojileri sahada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tezin amacı gazaltı kaynak türlerinden olan MIG, MAG kaynağına ihtiyaç olan sistemlerde, 3-30 mm et arasındaki et kalınlığına sahip çelik alaşımlı metalleri otomatik olarak kaynatabilecek bir traktör ve yürürünü tasarlamaktır. Çalışma prensibi, bir rayın üzerinde özel tekerlekleri sayesinde hareket ederek kaynak torcunun bir doğrultu boyunca kaynak yapmasını sağlamaktır. Makine tam otomatik ve kullanıcı dostu olacak olup, ülkemizin konuyla ilgili dışa bağımlılığını azaltacak bir know-how gelişimine katkı sağlayacaktır. Ayrıca kaynak sektörünün en büyük problemlerinden biri olan kalifiye kaynakçı eleman ihtiyacını azaltabilecek bir çözüm geliştirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Gaz altı kaynak, kaynak traktörü, kaynak otomasyonu, robotik kaynak sistemleri, Makine tasarımı

# **COMPUTERIZED PIPE MIG WELDING MACHINE DESIGN FOR USING WELDING OF CYLINDRICAL STEEL MATERIALS**

**Ali İhsan YOĞURT**

**Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**M.Sc. Thesis, July 2019**

**Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Baki KARAMIŞ**

## **ABSTRACT**

Welded manufacturing technologies are utilized in each sector where two metal parts are joined together. Metal Inert/Active Gas welding, electrode welding, submerged arc welding, spot welding etc. welding types and technologies are widely used in the field. The aim of this thesis is to design a tractor that can automatically weld steel alloy metals between 3-30 mm in systems that require MIG, MAG welding which is one of the types of arc welding. The working principle is to move the welding torch along a direction by means of its special wheels. The machine will be fully automatic and user-friendly and will contribute to the development of a know-how that will reduce external dependence of our country in this regards. In addition, it will supply to reduce the need for qualified welder staff which is one of the biggest problem in the welding sector.

**Keywords:** Metal Inert Gas Welding, Welding Track, Welding Automation, Robotic Welding System, Machine Design

## İÇİNDEKİLER

### SİLİNDİRİK BORULARIN KAYNAĞINDA KULLANILAN BİLGİSAYARLI BORU MİĞ KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR .....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
GİRİŞ .....	1

#### 1. BÖLÜM: GENEL BİLGİLER

<b>1.1. Kaynak Tekniği ile İlgili Genel Bilgiler ve Literatürü.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1.1. Gaz Korumalı Metal Ark Kaynağı.....</b>	<b>4</b>
<b>1.1.1.1 MIG/MAG Kaynağı Yöntemi Prensibi.....</b>	<b>5</b>
<b>1.1.1.2. MIG/MAG Kaynağında Kullanılan Kaynak Akım Üreteçleri.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1.1.3. MIG/MAG Kaynak Makinalarının Karakteristiği .....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1.4. Kaynak telinin hareketini sağlayan mekanizma.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1.1.5. Kaynak Torcu .....</b>	<b>9</b>
<b>1.1.1.6. Basınç Düşürme Tertibatı ve Kaynak Gazı Tüpü .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Kaynak Usulüne Göre Mekanize ve Otomatik Kaynak Yöntemleri .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.1. Robotik Kaynak Sistemleri ve Literatürü .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2.2. Torç Taşıyıcı Robotlar.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.1. Yatay Tip Köşe Kaynak Robotları.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.2. Dikey Tip Köşe Kaynak Robotları.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.3. Çevresel Tip Köşe Kaynak Robotları .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2.4. Raylı Dar Alan Multi Pozisyon Köşe Kaynak Robotları .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2.5. Elektro Gaz Kaynağı Kaynak Robotları .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2.6. Dairesel ve Eğimli Yüzeyler için Kaynak Robotları (Kaynak Traktörleri).....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2.7. Orbital Kaynak Robotları.....</b>	<b>20</b>



<b>1.3. Makine Tasarımında Kullanılan Sistematik Yaklaşım ve Literatürü .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.1. Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat.....</b>	<b>24</b>
<b>1.3.2. Elektronik Programlama .....</b>	<b>27</b>
<b>2. BÖLÜM TEZ KONUSU VE ÖNEMİ</b>	
<b>2.1. Kaynak Sektöründe Türkiye'nin Durumu .....</b>	<b>32</b>
<b>2.2. Kaynak Traktörü veya Benzeri Torç Taşıyıcı Sistemlerde Türkiye'nin Durumu .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3. Tez Konusunun Yenilikçi Yönü .....</b>	<b>36</b>
<b>3. BÖLÜM GEREÇ VE YÖNTEM</b>	
<b>3.1. Proje Yönetimi.....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. Tasarım Çalışmaları.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1. Mekanik Tasarım ve Bileşenlerin İmalatı .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1.1. Bilgisayar Ortamında Katı Model ve Montajların Yapılması.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2.1.2. Statik Mukavemet Analizlerinin Yapılması .....</b>	<b>45</b>
<b>3.2.1.3. Ürünlerin üretimi ve montajı.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.2. Elektronik Tasarım ve Bileşenlerin İmalatı .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3. Sürekli İyileştirme ve Deneysel Çalışmalar .....</b>	<b>54</b>
<b>4. BÖLÜM TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	
<b>4.1. Tartışma ve Değerlendirme .....</b>	<b>63</b>
<b>4.2. Yapılması Gerekenler .....</b>	<b>66</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>67</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>71</b>

## KISALTMALAR VE SİMGELER

2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
A	Amper
AC	Alternatif Akım
ArCO <sub>2</sub>	Argon ve Karbondioksit Gazları
ArHe	Argon ve Helyum Gazları
ArO	Argon ve Oksijen Gazları
C	Santigrat Derece
CAD	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAE	Bilgisayar Destekli Mühendislik
CAM	Bilgisayar Destekli İmalat
CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği
cm	Santimetre
CPU	Merkezi İşlem Birimi
DC	Doğru Akım
FEA	Sonlu Elemanlar Analizi
GTİP	Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu
HMI	Arayüz paneli
HV	Vickers Sertliği
I/O	Giriş ve Çıkış Bölümleri
kg	Kilogram
LAN	Lokal Ağ Bağlantısı
mA	MiliAmper
MAG	Metal Aktif Gaz Kaynağı
MIG	Metal Inert Gaz Kaynağı
mm	Milimetre
PC	Bilgisayar
PLC	Programlanabilir Lojik Kontrolcü
SERA	Start Up Erciyes Atölye
TIG	Tungsten Inert Gaz Kaynağı
TRL	Teknoloji Hazırlık Seviyesi
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
V	Volt
vb	Ve benzeri
Δi	Akım değişimi (son akım-ilk akım)

## TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1- Su Ve Hava-Soğutmalı Kaynak Torçlarının Artı Ve Eksileri.....	11
Tablo 2 - Farklı Koruyucu Gaz Ve Tel Elektrod Çaplarında Ark Bölgelerinin Değişimi İçin Gerekli Akım/Gerilim Değerleri .....	14
Tablo 3 - Kişi Başına Nihai Çelik Tüketimi (2015, Kg) .....	33
Tablo 4 - Türkiye'nin Kaynak Makinaları Ve Ekipmanları İhracatı .....	34
Tablo 5 - Türkiye'nin Kaynak Makinaları Ve Ekipmanları İthalatı .....	34
Tablo 6 - Kıyaslama Tablosu .....	36
Tablo 7 - İş Zaman Planı.....	39
Tablo 8 - Traktör Üretiminde Kullanılan Parçaların Üretim Yöntemleri .....	47
Tablo 9 - X 52 Malzeme Analizi.....	56
Tablo 10 - Sg 2 Kaynak Teli Malzeme İçeriği.....	56
Tablo 11 - Seçilen Karışım Gazı Ve Gerekeçesi .....	57
Tablo 12 - Kaynak Makinesinin Teknik Özellikleri .....	58
Tablo 13 - Kaynak Parametreleri .....	58
Tablo 14- Ortalama Traktör Hızları .....	59
Tablo 15 - Radyografik Muayene Raporu .....	60
Tablo 16 – Proje Başvuru Esnasında Trl Ölçümü.....	63
Tablo 17 – Proje Kapsamında Teknolojik Olgunluk Seviyesi.....	64

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1- Gazaltı Kaynak Yönteminde Ark Bölgesi .....	5
Şekil 2- MIG/MAG Kaynağının Prensiş Şeması.....	6
Şekil 3- Yatay Karakteristik (MIG/MAG Kaynağı İçin) .....	7
Şekil 4- Tel Besleme Ünitesi (EWM Marka).....	9
Şekil 5- Su Soğutmalı Gazaltı Kaynak Torcu .....	10
Şekil 6 - Kaynak Memesi İçin Vickers Sertliğı (HV) Ve Sıcaklık Değerlerinin Gösterimi .....	12
Şekil 7- Basınç Düşürme Manometresi .....	12
Şekil 8- Farklı Malzeme Ve Koruyucu Gazlar Halinde Damla Frekans (Serbest Malzeme Geçişi) .....	13
Şekil 9- Kaynak Gazı Türüne Göre Performans .....	14
Şekil 10- Yatay Tip Köşe Kaynak Robotları .....	17
Şekil 11 - Dikey Tip Köşe Kaynak Robotları .....	18
Şekil 12 - Çevresel Tip Köşe Kaynak Robotları.....	18
Şekil 13 - Raylı Dar Alan Multi Pozisyon Köşe Kaynak Robotları .....	19
Şekil 14 - Elektro Gaz Kaynağı Kaynak Robotu Ve Rayı.....	19
Şekil 15 - Dairesel Ve Eğimli Yüzeyler İçin Kaynak Robotları .....	20
Şekil 16 - Orbital Kaynak Yönteminin Şematik Gösterimi .....	20
Şekil 17 - Enerji, Malzeme Ve Sinyallerin Dönüşümü .....	21
Şekil 18 - Tüm Fonksiyonu Alt Fonksiyonlara Bölerek Bir Fonksiyon Yapısı Saptama .....	22
Şekil 19 - Tasarım Ve Geliştirme Esnasında Etki Ve Sınırlayıcılar .....	24
Şekil 20 - Tasarım Aşamaları .....	25
Şekil 21 - CAD Tasarım Aşamaları .....	26
Şekil 22 - CAD, CAM Bileşenleri .....	27
Şekil 23 - PLC Genel Blok Şeması .....	28
Şekil 24 - Torç Tutucu İzometrik Görünümü .....	41
Şekil 25 - Y Ekseni Hareket Mekanizması Üst Görünümü .....	41
Şekil 26 - Osilasyon Hareketi Mekanizması İzometrik Görüntüsü .....	42
Şekil 27 - Radyal Hareket Mekanizması Alt Ve Yan Görüntüsü .....	43
Şekil 28 - Ray Ve Manyetik Ayakların Yan Ve İzometrik Görünümleri .....	43

Şekil 29 - Kaynak Traktörü Şasesi Alt Ve Üst Görünümleri.....	44
Şekil 30 - Ray Tutucu İzometrik Görüntüsü .....	45
Şekil 31 - Kaynak Traktörü Şasesi Ve Mekanizmalarının Montajlı Gösterimi .....	45
Şekil 32- Statik Yük Altında Deformasyon .....	46
Şekil 33 - Y Ekseni Von Mises Mukavemet Değerler .....	47
Şekil 35 - Montaj Sonrası Görünüm .....	49
Şekil 36 - Kontrol Ünitesi Tasarımı Ve Kablolaması .....	50
Şekil 37 - Kaynak Senaryolarının Programda Gösterimi.....	51
Şekil 38 - Kaynak Programı İçeriği .....	52
Şekil 39 - Punta Kaynak Programı İçeriği .....	53
Şekil 40 - Manuel Komut Arayüzü Ve Hata Arayüzü .....	53
Şekil 41 - Motor Kontrol Ve Alarm Reset Arayüzü .....	54
Şekil 42 - Traktörün Düz Zeminde Duruşu Ve Rayın Esnemesinin İncelenmesi.....	55
Şekil 43 - Kaynağa Başlamadan Önceki Duruş Ve Boruya Yapıla Test Kaynağı.....	55
Şekil 44 - Kaynak Traktörünün X52 Borusu Üzerine Yerleşimi.....	59
Şekil 45 - Kaynak Esnasında İdeal Torç Açılarını Belirlemek İçin Yapılan Çalışmalar	60
Şekil 46 - Radyografik Muayene Görüntüsü .....	61
Şekil 47 - Dikey Boruya Bağlanmış Kaynak Traktörü .....	61
Şekil 48 - Yatay Boruya Bağlanmış Kaynak Traktörü .....	62

## GİRİŞ

İki metal parçasının birbirine birleştirildiği her sektörde kaynaklı imalat teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Gaz altı, elektrod kaynağı, toz altı kaynağı, punta kaynağı vb. kaynak türleri ve teknolojileri sahada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu projede üretilecek ürün, gazaltı kaynak türlerinden olan MIG, MAG kaynağına ihtiyaç olan sistemlerde, 3-30 mm arasındaki et kalınlığına sahip çelik alaşımlı metalleri otomatik olarak kaynatabilecek bir traktör ve yürürünü tasarlamaktır. Çalışma prensibi, bir rayın üzerinde özel tekerlekleri sayesinde hareket ederek kaynak torcunun bir doğrultu boyunca kaynak yapmasını sağlamaktır. Makine tam otomatik ve kullanıcı dostu olacak olup, kalifiye kaynakçı eleman ihtiyacını büyük ölçüde azaltacaktır.

Türkiye kaynak sektör hacmi olarak, Avrupa'nın 3. sū konumundadır. 2012 TÜİK verilerine göre 250 Milyon \$ pazar payının 2020'ye kadar %7,2 oranında büyümesi beklenmektedir. Çelik sektörünün Türkiye'de büyüme grafiği de göz önüne alındığında kaynak ve kaynak ekipmanlarına olan ihtiyacın artması kaçınılmazdır.

2008 yılı sektör ithalatında 18. sırada bulunan Türkiye'nin, 2007 yılında 147 milyon \$ değerinde ithalatı %11,2 oranında artarak 2008 yılında 163,7 milyon \$ seviyesine ulaştığı görülmektedir. İthal edilen ürünlerin çoğu robotik temelli kaynak cihazları ve kaynak sarf malzemeleridir. Mevcut koşullar devam ettiği takdirde, gelecekte ithalat oranlarının daha da artması kaçınılmazdır.

Tüm bunlara ek olarak sektörde kalifiye kaynak işçiliği ise oldukça az bulunur bir hal almıştır.

Kaynak hataları, bu proje kapsamında yapılacak ürünü kullanan sektörlerde, sızdırmazlığın yitirilmesine, yüksek basınçtan dolayı ciddi patlamalara, sacın iş esnasında yarılmaya, radyografik muayene sonucu hata çıkarsa yüksek geri işleme maliyetlerine sebep olmaktadır. Personele bağlı kaynak hataları toplam kaynak hatalarının %80'nini oluşturmaktadır. Bu durum geri işleme maliyetlerinin artmasının yanı sıra inşa sürelerinde de uzamaya sebep olmaktadır. Örneğin bir boru inşasında kaynaklı imalat toplam proje süresinin %60'ına denk gelmektedir.

Tüm bu durumlar ve gelişen teknoloji, sektörü otomasyona geçmeye zorunlu kılmaktadır. Türkiye de sektörde bulunan firmalar konvansiyonel veya sinerjik kaynak

makinaleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Kaynak makinesine bağılı otomasyon sistemleri hakkında ise çalışma yapılmamaktadır. İhtiyaç sahipleri, bu tarz ürünleri distribütör firmalarla getirtmektedir. Bu makineler otomasyona olan talebini karşılayacak mühendislik desteğini sunmamaktadır.

Bu tez kapsamında;

- Siparişe göre mühendislik desteği verilebilen, modüler ve portatif
- Çalıştığı sektörde kalifiye kaynakçı personele olan ihtiyacı azaltacak,
- Personel nedenli kaynak hataları minimize edebilecek,
- İşçi sağlığı ve iş güvenliği anlamında iyileştirme yapabilecek
- Yurtdışına bağımlılığımızı azaltacak

katma değerli bir ürün üretilmesi amaçlanmıştır.

# 1. BÖLÜM: GENEL BİLGİLER

## 1.1. Kaynak Tekniği ile İlgili Genel Bilgiler ve Literatürü

Kaynak; iki malzemenin, genellikle metallerin, ısı, basınç ve metalürjik şartların uygun bir kombinasyonu ile tamamen bölgesel bir şekilde çözülmez olarak birleştirilmesi işlemidir. Çok küçük elektronik parçaların veya büyük konstrüksiyonların birleştirilmesinde kullanılan kaynak prosesleri çok çeşitli olup farklı enerji kaynağı kullanırlar [1].

Kaynak metotlarını çeşitli bakımlardan sınıflandırmak mümkündür. Temel olarak kaynaklanan malzemenin cinsine, kaynak sırasında tatbik edilen işlemlere ve kaynak işleminin maksadına göre sınıflandırma yapılır;

- Kaynağın malzeme cinsine göre sınıflandırıldığında Metal ve Plastik Malzeme Kaynağı olarak ikiye ayrılır.
- Kaynağı gayesine göre sınıflandırıldığında “Birleştirme Kaynağı” ve “Doldurma Kaynağı” diye iki sınıfa ayrılır
- Kaynağı usulüne göre sınıflandırıldığında “El Kaynağı”, “Yarı Mekanize Kaynak”, “Tam mekanize kaynak”, “Otomatik Kaynak” olarak dört sınıfa ayrılır.

Kaynak işlemi ve iş parçalarının değiştirilmesi işlemi tam mekanize sistemler olarak tanımlanmaktadır.

Gerek kaynak işlemi gerekse iş parçasının değiştirilmesi gibi bütün ana ve yardımcı işlemler tam olarak mekanize edilmiştir.

- Kaynağı işlemin cinsine göre sınıflandırıldığında “Eritme Kaynağı”, “Basınç Kaynağı” olarak iki sınıfa ayrılır [2].



Kaynak teknolojisi, değişik kullanım amaçlarından dolayı farklı sistemlere ihtiyaç duymaktadır. Kaynakta ekonomikliği sağlamanın yanında, bir kalite yükselmesini de gerçekleştiren bu otomatlar henüz istenilen düzeyde gelişmemiştir. Elektronięin hızlı gelişmesi ile desteklenen, gelecek için hedeflenen amaç, gerçek anlamda tam otomatik kaynak prosesini sağlamaktır. Mevcutta, bu teknolojileri kiralarak ve ithal ederek kullanan ülkemizde bu gelişmeler yeteri kadar takip edilmemektedir. Bu amaç ile bu konudaki güncel bilgilerin mühendislere ve teknik elemanlara hızla aktarılması gerekmektedir [2-3].

Kaynak maliyetini azaltmak, temin süresini kısaltmak ve kaynakçının kaynak kalitesine olan etkisini minimize etmek için, günümüz teknolojisi otomatik veya mekanize kaynak yöntemleri diye adlandırılan bazı yenilikçi yöntemler geliştirmiştir. Bütün bu kaynak yöntemlerinde ana tema, çıplak elektrod telini mekanik bir tertibat yardımı ile otomatik olarak sürekli ilerletip, akımı, ark bölgesine çok yakın bir yerden vererek telin yüklenebileceği akım şiddetini arttırıp erime gücünü yükseltmektedir. Yalnız burada en önemli husus, elektrod örtüsünün görevini yüklenecek bir faktörün devreye girmesidir. Elektrod örtüsünün bu görevleri içinde en önemlisi ve en vazgeçilmezi bir koruyucu gaz atmosferi oluşturarak, kaynak banyosunu havanın oksijen ve azotunun olumsuz etkilerinden korumasıdır; şu hâlde, örtünün yerini alacak olan nesne muhakkak bu görevi yüklenmiş olmalıdır. Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda iki ayrı yoldan gidilerek, bugün tozaltı ve gazaltı diye adlandırdığımız kaynak yöntemleri geliştirilmiştir [4].

Ark kaynağı robotlarının ana kullanma alanı Metal Inert Gaz (MIG) ve Metal Aktif Gaz (MAG) kaynak yöntemleridir. Arkın yüksek frekanslı ateşlemesi, robotun kontrol sistemini bozabileceğinden, yalnızca Tungsten Inert Gaz (TIG) kaynağında çok az kullanılır [2]. MIG-MAG kaynağının en tartışılmaz üstünlüklerinden biri mekanizasyon ve otomasyona olan yatkınlığıdır; günümüzde bilhassa robotlar yardımı ile bu yöntem montaj hatlarında büyük bir üstünlük sağladığı gibi birçok sahada da tozaltı kaynak yönteminin yerini almaktadır [9].

### **1.1.1. Gaz Korumalı Metal Ark Kaynağı**

Gazaltı kaynağında ark oluşumunda kullanılan dolgu malzemesi ve koruyucu gazın türüne göre, aşağıdaki gibi bir sınıflandırma yapılabilir:

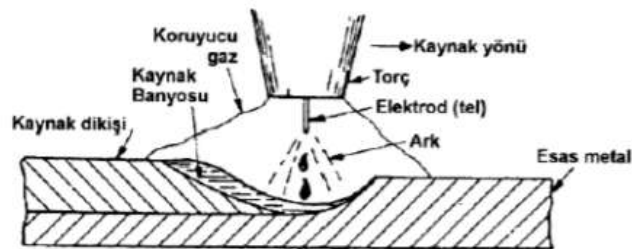
a) Erimeyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

- Erimeyen iki elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (ark atom kaynağı)
- Erimeyen bir elektrodla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)

b) Eriyen Elektrodla yapılan gazaltı kaynağı

- Çıplak elektrodla soygaz atmosferi altında yapılan gazaltı kaynağı (MIG)
- Eriyen metal elektrod ile, karbondioksit atmosferi (aktif gaz) altında yapılan gazaltı kaynağı (MAG) [2].

Gazaltı kaynağı (MIG/MAG), kaynak için gerekli ısının, tükenen bir elektrod ile iş parçası arasında oluşan ark sayesinde ortaya çıktığı bir ark kaynak yöntemidir. Kaynak Bölgesinde sürekli şekilde beslenen (sürülen), tel eriyerek dolgu malzemesi olan kaynak metalini oluşturur. Gazaltı kaynak yönteminde torç ağzından gelen koruyucu gaz atmosferin zararlı etkilerinden kaynak bölgesini korumaktadır [5].



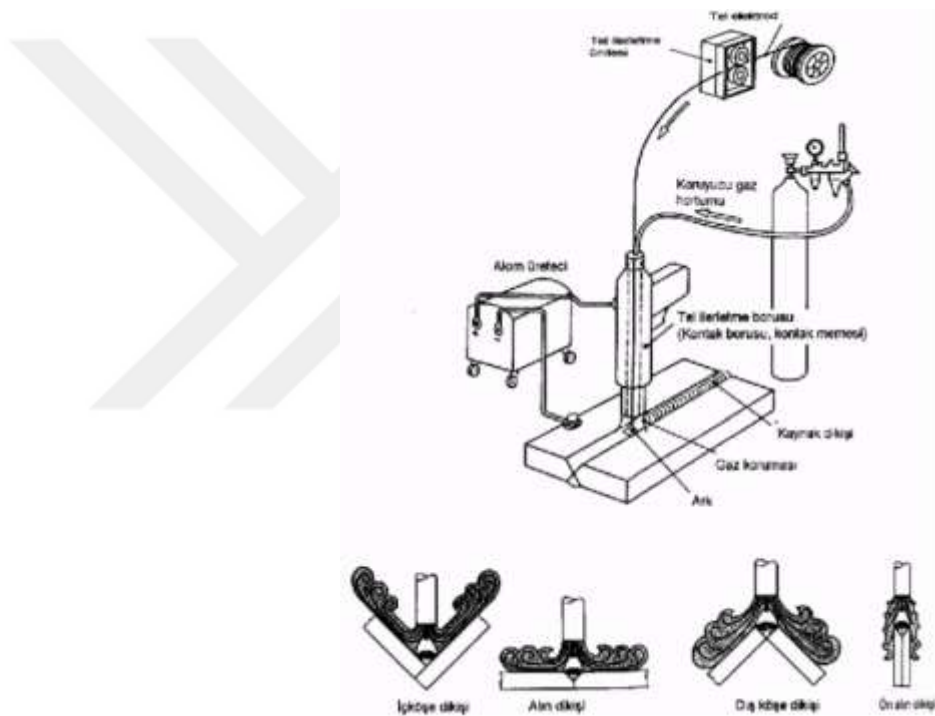
Şekil 1- Gazaltı kaynak yönteminde ark bölgesi

#### 1.1.1.1 MIG/MAG Kaynağı Yöntemi Prensibi

Şekil 1'de yöntemin prensip şemasını vermektedir. "Uçsuz" elektrod bir tel iletme mekanizması yardımıyla bir tel makarasından akım kontak borusuna gelir. Serbest tel ucu nispeten kısıdır; böylece ince elektroda yüksek akım şiddeti ( $> 100 \text{ A/mm}^2$ ) uygulanabilir. Kaynak makinasının kutuplarından biri elektroda diğeri de parçaya bağlanır; böylece ark, eriyen elektrod ile parça arasında yanar. Elektrod aynı anda hem

enerji taşıyıcı ve hem de kaynak ilave metali görevi yapar. Koruyucu gaz elektrodun eş eksenli olarak bulunduğu bir memeden akar ve arkı, eriyen damlaları ve arkın altındaki erimiş banyoyu atmosferin etkisinden korur [6].

Yöntemin otomasyona yatkınlığı ve robotlar ile kullanılabilirliği hem kaynak dikişi kalitesinin yükselmesine ve hem de hızın artmasına yardımcı olmaktadır. Yüksek kaynak hızı ve yüksek erime gücü gerekli yerlerde MIG-MAG yöntemi günümüzde en çok kullanılan kaynak yöntemi olmuştur [4].



Şekil 2- MIG/MAG kaynağının prensip şeması [6]

#### 1.1.1.2. MIG/MAG Kaynağında Kullanılan Kaynak Akım Üreteçleri

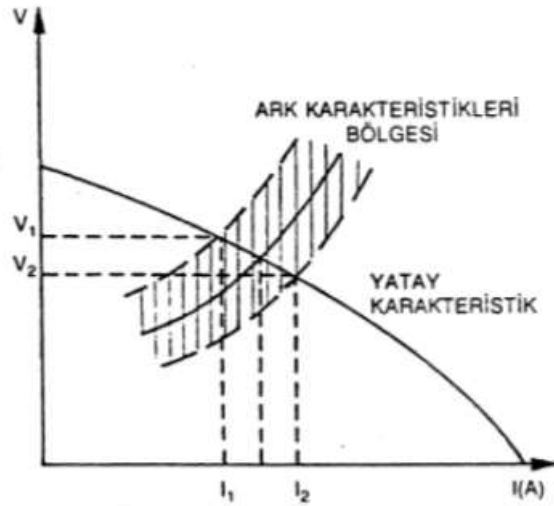
MIG/MAG kaynağında esas olarak, elektrodun pozitif kutba bağlandığı doğru akımla kaynak yapılır. MIG/MAG kaynağında kullanılan kaynak makinaları olarak önceleri kaynak jeneratörleri kullanılmasına rağmen günümüzde esas olarak hafifçe düşen yatay karakteristiğe sahip kaynak redresörleri kullanılmaktadır [6].

Eğer bir makinanın karakteristiğindeki 100 Amperlik bir akım aralığındaki gerilim değişimi 1 ile 7 volt arasında bir değerde ise, o makine karakteristiği yatay, daha büyük

değerde ise makina karakteristiği düşey olarak isimlendirilir. Burada yatay karakteristikli makina karakteristiği ile ark karakteristiğinin kesim noktasından görüleceği üzere küçük gerilim değişimlerine veyahut küçük ark uzunluğu değişimlerine karşılık büyük akım değişimleri ortaya çıkar. Bu durum; arkın oluşmasına vesile olan kaynak teli hızıyla kaynak tutarlılığı arasında bağlantı ortaya çıkarmaktadır [7].

MIG-MAG kaynak yönteminde kullanılan akım üreteçleri yatay karakteristiktir; sabit gerilimli diye de adlandırılan bu kaynak akım üreteçlerinde, gerilimin tamamen sabit tutulması mümkün olmadığı gibi aynı zamanda mahzurludur. Zira böyle bir üreteçte elektrod iş parçasına temas ettiğinde gerilim düşecek ve akım şiddeti sonsuz yükselecektir ve bu da elektrod ucunda ani bir patlamaya ve şiddetli sıçramaya neden olur; bu bakımdan bu tür kaynak akım üreteçlerinde her 100 amper için azami 7 Volt kadar ark gerilimi düşümüne müsaade edilir; bu değer kaliteli üreteçlerde 2 ilâ 5 V arasındadır [4].

Bu tip kaynak akım üreteçlerinde iç ayar diye isimlendirilen ark boyu ayarı vardır. Bu tip üreteçlerde ark gerilimi ve tel ilerleme hızı ve buna bağlı olarak da akım şiddeti ayarlanır. Bu makinelerin tel hızı sabittir.



Şekil 3- Yatay karakteristik (MIG/MAG kaynağı için) [4]

Kaynak esnasında herhangi bir nedenle ark boyu uzadığı zaman Şekil 3’de görüldüğü gibi akım şiddeti büyük miktarda düşer. Buna bağlı olarak da eriyen tel miktarı azaldığından ark normal boyuna döner; aksi halde, yani ark boyunun kısalması halinde

ise akım şiddeti süratle artar, eriyen tel miktarı da buna bağlı olarak artacağından netice de ark boyu normale döner [4].

Günümüzde kullanım yerine göre iki tür kaynak akım üretici imal edilmektedir. Birinci tür elektriğin olmadığı jeneratörler yardımıyla çalışan makinelerdir. Bunlar yatay ve dikey çalışabilecek şekilde tasarlanır. Özellikle boru kaynaklarında bu cihazlar oldukça kullanışlıdır. Diğer ise elektriğin olduğu şebekeye bağlanan cihazlardır. Bu cihazlar atölyelerde ağırlıklı olarak kullanılmakta içinde transformator ve redresörden oluşmaktadır. Trifaze veya monofaze olarak çalışan bu cihazlar sabit ve dengeli bir şebekeye bağlı çalıştığından tercih edilir [4].

### 1.1.1.3. MIG/MAG Kaynak Makinalarının Karakteristiği

Gerekli  $\Delta i$ -ayar (iç ayar) nedeniyle kaynak makinaları sabit gerilim karakteristikli veya hafifçe düşen statik karakteristiklidir (örneğin kaynak geriliminin 2V düşmesinde akım şiddeti 100 A artar). Yatay karakteristik, başka bir üstünlüğe daha sahiptir. Karakteristik eğrisi ne kadar yataysa yapılabilen ark boyu değişimlerinde akım şiddetinin ulaşılabilen ayar bölgesi o derece büyük olur. Hafifçe düşen statik karakteristikteki akım üreteçlerinde iç ayar olarak adlandırılan özellik sayesinde kaynak esnasında muhtemel ark boyu değişimleri, kendiliğinden düzelir. Normal şartlarda kaynak akımı ile ark gerilimi denge halindedir. Kaynak esnasında herhangi bir nedenle ark boyu uzadığında ark gerilimi artar. Ark geriliminin artması akım şiddetinin azalmasına yol açar. Tel elektrod kaynak bölgesine sabit hızla geldiğinden akım şiddetinin azalması:

$$U=I.V \quad (1.1)$$

eşitliği uyarınca eritme gücünün azalmasına neden olur. Erime gücünün azalması da sabit hızda ilerleyen telin parçaya doğru yaklaşmasını yani ark boyunun, diğer bir deyişle ark geriliminin, azalmasına yol açar. Ark geriliminin düşmesi, yine statik karakteristik gereği akım şiddetinin yükselmesine yol açacağından erime gücü artar ve tel daha fazla erir. Böylelikle tel boyu kısalmır ve ark boyu eski değerine ulaşmış olur [6].

### 1.1.1.4. Kaynak telinin hareketini sağlayan mekanizma

Tel sürme mekanizması, teli makaradan çekip, ergiyen tel miktarını karşılayacak bir hızla ark bölgesine sevk eden bir mekanizmadır. Tel sürme tertibatı, teli makaradan çekip önceden saptanmış bir hızla ark bölgesine gönderen mekanizmasıdır. Çalışma sistemlerine göre çekme, itme türü tertibatlar diye adlandırılırsa da prensip olarak çalışma bakımından da pek bir fark yoktur. Hız ayarı kademesiz bir mekanik tertibat veya gerilimi değiştirilerek hızı ayarlanan bir doğru akım motoru tarafından gerçekleştirilir [4].



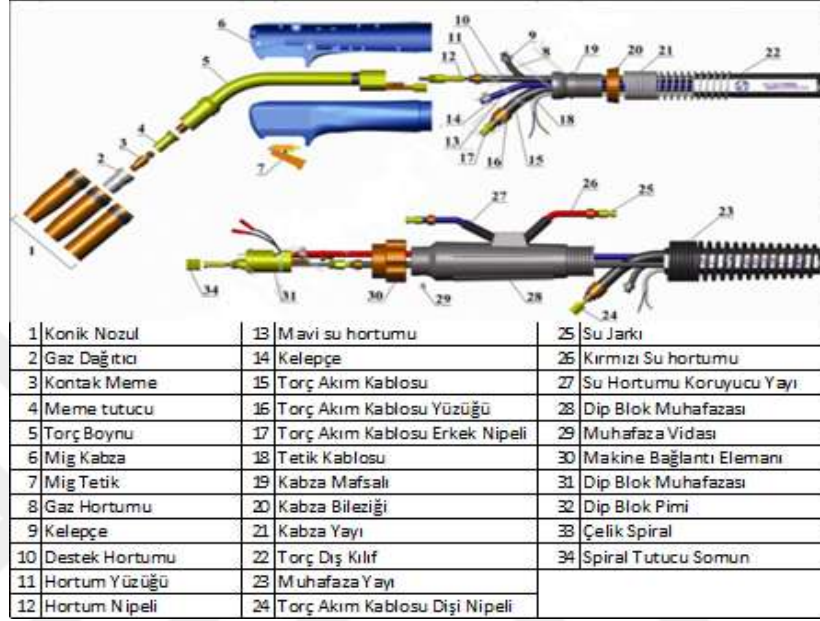
Şekil 4- Tel besleme ünitesi (EWM marka)

#### 1.1.1.5. Kaynak Torcu

Gazaltı kaynak sisteminde önemli ekipmanlardan biri torçtur. Su ile veya hava (gaz) ile soğutmalı torç olarak iki çeşittir. Makinanın çıkış kaynak gücüne göre farklı amperlerde torçlarda mevcuttur. Torç kabzeden başlayarak birkaç elemandan oluşmaktadır. Bunlar; kabze, torç (kuğu)boynu, izolatör, dağıtıcı (gaz ve kaynak akımını), kontak meme (akım borusu), gaz nozuludur. Torcun devamında, tel sürme ünitesine bağlantı elemanı olan “Euro connector”e kadar torç paketi olarak adlandırılan ve içinde; tel spirali, kaynak akım kablosu, varsa su soğutma gidiş ve geliş hortumlarını kapsayan bölüm bulunmaktadır [5].

MIG/MAG yönteminde tel elektrod sürekli olarak ilerlediği için tele elektrik iletimi bir hareketli kontak ile sağlanır. Tel torcu terk etmeden biraz evvel alaşımli bakır esaslı bir akım memesi içinden geçerken kaynak akımı ile yüklenir; bu akım memesine konsantrik olarak, torcun ağız bölgesinde bir gaz lülesi (nozül) bulunur ve bu lüle sayesinde, koruyucu gaz akımı laminer olarak (girdapsız olarak) kaynak bölgesine sevk edilir [4].

Gerekli ayarlar yapıldıktan sonra MIG/MAG kaynağını başlatmak için makine üzerinde ki başlangıç düğmesine basmak yeterlidir. Kaynak makinesinin içindeki programlar sayesinde ayarlanmış gaz eşliğinde ark oluşumu başlar. Hatta bazı sistemlerde torç soğutma sistemleri ark oluşma esnasında devreye girmektedir [4].



Şekil 5- Su Soğutmalı Gazaltı Kaynak Torcu

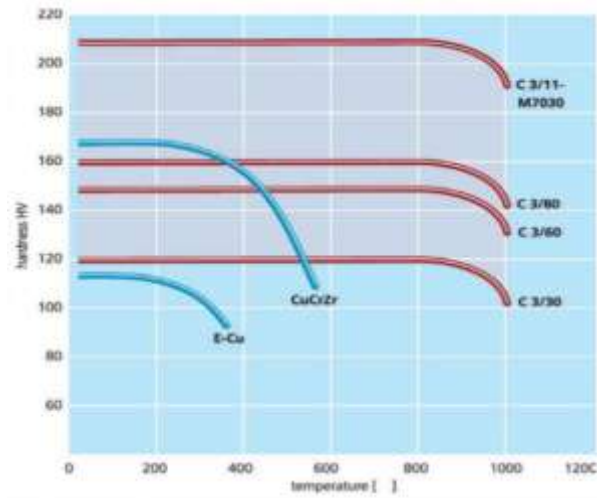
Gazaltı kaynağı (MIG/MAG) kullanımında torç seçimi önemlidir. Kaynak torcu seçimi başlangıç, operasyon maliyetleri, bakım uygulama gereksinimleri, operatör tercihlerinin dikkate alınmasını gerektirir. Doğru seçim çoğunluk olarak yaptığınız kaynak türüne, miktarına ve malzemeye bağlı olarak değişecektir. Yanlış kaynak torcu seçimi kaynakçının ergonomisi, güvenliği, üretkenliği, ekipman ömrü ve kaynak kalitesi üzerinde olumsuz etki yaratabilir [8].

Tablo 1- Su ve Hava-Soğutmalı Kaynak Torçlarının Artı ve Eksileri [8]

	Hava Soğutmalı	Su Soğutmalı
<b>Artıları</b>	Daha düşük maliyetli	Daha iyi soğutma verimliliği
	Yüksek portatiflik	Aynı amper için hafiflik
	Düşük bakım gereksinimi	Daha yüksek manevra kabiliyeti
		Operatör Ergonomisi
<b>Eksileri</b>	Daha düşük soğutma verimliliği	Daha yüksek başlangıç maliyeti
	Aynı amper için daha ağır	Daha yüksek proses maliyeti
	Uzun çalışmalarda fazla ısınma	Daha yüksek bakım gereksinimi
	Daha düşük manevra kabiliyeti	Düşük portatiflik
	Daha yüksek operatör yorgunluğu	Doğru şekilde bakım yapılmadığında su ile ekipman hasarı riski veya güvenlik tehlikesi
	Daha düşük operatör ergonomisi	
<b>İdeal Çalışma</b>	Düşük amperli uygulamalar	Yüksek amperli uygulamalar
	Daha kısa çalışmalı çevrimler	Daha uzun çalışma çevrimleri

MIG/MAG kaynağında torç seçiminin yanı sıra kaynak memesi seçimi de oldukça önemlidir. Sertlik ve ısıl dayanımını içeren grafik Şekil 6'da verilmiştir.

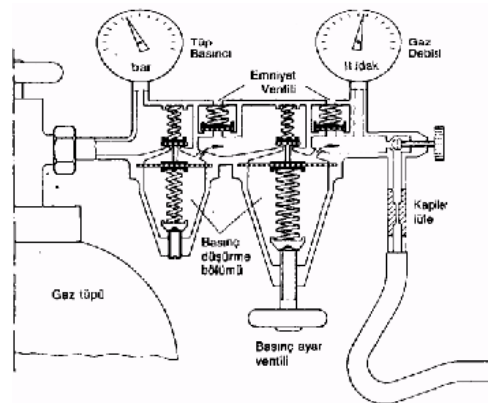




Şekil 6 - Kaynak memesi için Vickers Sertliği (HV) ve sıcaklık değerlerinin gösterimi [8]

#### 1.1.1.6. Basınç Düşürme Tertibatı ve Kaynak Gazı Tüpü

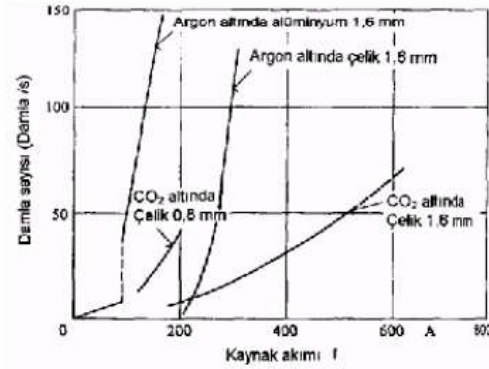
Tüpten veyahut gaz sistemlerinden gelen koruyucu gazın kullanıma uygun basınca indirilmesi ve arkasından debisinin ayarlanması gerekir. Ayarlanan akış debisi, sistem üzerinde bulunan manometreler yardımıyla okunabilir[6].



Şekil 7- Basınç Düşürme Manometresi

Hem kısa ark ve hem de sprej veya uzun arkta en yüksek damla sayısına ulaşmak için belirli bir elektrod çapında en yüksek tel ilerleme hızının tespiti önemlidir. Örnek olarak Şekil 8 iki farklı tel elektrod çapı için kaynak akımının artmasıyla damla sayısının da arttığını göstermektedir. Şekildeki 10 damla/s 'den daha düşük damla sayılı alt bölge,

pratikte kaynağa uygun değildir. Ayrıca elektrod ilerleme hızı, saniyede en az yaklaşık 20 damla üretecek kadar büyük olmalıdır [6].



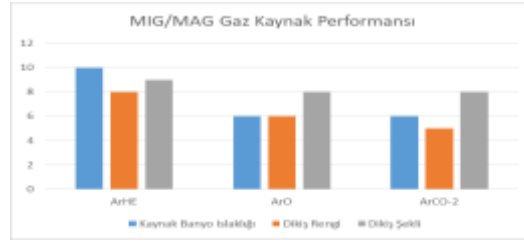
Şekil 8- Farklı malzeme ve koruyucu gazlar halinde damla frekansı (serbest malzeme geçişi) [6]

Paslanmaz çeliklerin kaynağında en uygun koruyucu gaz seçiminde, genellikle arzu edilen dikiş görüntüsü ve kimyasal özellikleri ile seçilen metal transfer tipi göz önüne alınır. İkili karışımlar, gerek argon/oksijen gerekse argon/karbondioksit, düşük maliyetli kaynak işlemi ve iyi bir kaynak performansı gösterir.

Argon Oksijen (ArO) karışımı gazlar darbeli ark ve spreyci ark geçişli kaynaklarda, az oksitlenmiş kaynak dikişinin kabul edilebilir olduğu uygulamalarda genellikle tercih edilir.

Argon ve Karbondioksit (ArCO<sub>2</sub>) karışımı gazlar darbeli ark, kısa devreli ve spreyci ark geçişli kaynaklarda, iyi bir dikiş görünümü yanında kaynak banyosu karbon içeriğinde az bir artışın kabul edilebilir olduğu uygulamalarda tercih edilir. Bu karışım için düşük karbonlu dolgu teli tercih edilmelidir. Kısa devre geçişli kaynaklarda yüksek silikonlu tel tercih edilmelidir.

Argon ve Helyum (ArHe) karışımı gazlar tüm metal transfer tipleri için uygundur. Hızlı kaynak işlemi beraberinde renk uyumu iyi, yassı ve korozyona mukavim bir dikiş oluşturur. En iyi performans yüksek silikonlu tel ile elde edilir [10].



Şekil 9- Kaynak Gazı Türüne Göre Performans [10]

Kaynak değişkenlerini sabit tutulmak şartıyla, CO<sub>2</sub> içeriği değişen koruyucu gazlar kullanılmalıdır [6].

Tablo 2 - Farklı koruyucu gaz ve tel elektrod çaplarında ark bölgelerinin değişimi için gerekli akım/gerilim değerleri [6]

Tel Çapı mm	Koruyucu Gaz	Kısa ark		Orta ark		Sprey/Uzun Ark	
		'den	'e kadar	'den	'e kadar	'den	'e kadar
0,8	Ar+%8O2	50A/14,6 V	140A/20,2 V	125A/20,2 V	168A/22,4 V	155A/24V	220A/25V
0,8	Ar+%5O2+%5C O2	50A/14,3 V	142A/21,5 V	130A/21,5 V	170A/23,6 V	165A/25,2 V	220A/31V
0,8	Ar+%10CO2	50A/5V	150A/19,5 V	140A/21,5 V	175A/22,8 V	168A/25,2 V	222A/30,5 V
0,8	Ar+%18CO2	50A/15,5 V	160A/22V	145A/24,8 V	193A/25V	170A/28,2 V	225A/33,5 V
0,8	Ar+%25CO2	50A/15,5 V	148A/20,4 V	135A/22,8 V	173A/25V	165A/25,5 V	215A/35,5 V
0,8	CO2	50A/15,4 V	113A/21,2 V	92A/23,6 V	135A/23,5 V	126A/25,8 V	150A/30V
1	Ar+%8O2	65A/14,8 V	170A/17,8 V	155A/20V	210A/22,5 V	195A/24,5 V	280A/31,5 V
1	Ar+%5O2+%5C O2	65A/14V	168A/18,5 V	155A/20V	200A/23,5 V	192A/25V	280A/32,5 V
1	Ar+%10CO2	65A/15V	175A/19,5 V	160A/21,8 V	215A/24,5 V	205A/26,5 V	280A/31,5 V
1	Ar+%18CO2	65A/15,2 V	177A/20,5 V	160A/24V	220A/25,5 V	215A/28,5 V	280A/34V

1	Ar+%25CO2	65A/15,5 V	172A/20V	160A/22,8 V	215A/26,5 V	210A/28,5 V	280A/38,8 V
1	CO2	65A/16V	V	140A/18,5 V	125A/22,5 V	165A/22,5 V	166A/25,5 265V/37V
1,2	Ar+%8O2	80A/13,5 V	V	207A/17,2 V	185A/19,8 V	247A/23V	323A/25V V
1,2	Ar+%5O2+%5C O2	80A/14V	195A/15V	V	152A/20,5 V	227A/23V	218A/24,5 350A/34V
1,2	Ar+%10CO2	80A/15,2 V	V	195A/19,5 V	150A/22V	252A/26V	243A/28V 350A/32V
1,2	Ar+%18CO2	80A/14,8 V	V	193A/19,5 V	175A/23V	258A/26V	245A/28V 350A/34,5 V
1,2	Ar+%25CO2	80A/15,5 V	V	195A/20V	150A/23V	257A/27,5 V	247A/29,5 V 350A/36V
1,2	CO2	75A/15,5 V	V	165A/16V	150A/22V	197A/21,5 V	180A/25V 330A/38V
Uygulama		İnce sac kaynağı Saclarda ve borularda Kökün kaynağında Pozisyon kaynağı		Tercihen yatay pozisyon orta kalınlıktaki sacların pozisyon kaynağı		Kalın saclarda ara ve kapak pasolar, iç köşe dikişler, sadece yatay alın ve yatay iç köşe pozisyonlarda uygulanabilir	
0,8 ve 1,2 mm çaplarına ilişkin veriler deneyle bulunmuş, 1,0mm çapı için verilen değerler enterpolasyon yapılmıştır.							

## 1.2. Kaynak Usulüne Göre Mekanize ve Otomatik Kaynak Yöntemleri

### 1.2.1. Robotik Kaynak Sistemleri ve Literatürü

Kaynak sektöründe çalışan tüm firmalar uluslararası pazarda rakabet edebilmek için robota dayalı kaynak çözümlerini tercih etmektedirler. Bu tercihte olan üreticiler kaynak kalitesini, verimliliğini, esnekliğini iyileştirme ve müşterinin ihtiyaçlarına cevap vermesi gerektiğini fark etmektedirler [11].

Robot sistemi seçiminde diğer bir önemli faktör doğru kaynak prosesini ve uygulama ekipmanının seçmektir. Kaynak prosesinin seçimi kaynak görünümünü, kaynak genişliğini, ilerleme hızını, üretim kapasitesini ve parça kalitesini etkileyecektir. Bazen

robotik kaynaklar elle kaynak yapılan yerlere kaynak yapamayabilir. Bir robot parçalar arasında ayarlama yapamazken kaynakçı yapabilir. Fakat robotta normal bir kaynakçıdan oldukça hızlı çalışacaktır [11].

Ark kaynağı robotları şu dört ana kısımdan oluşur;

- Manipülâtör; Kaynak işleminin gerçekleşmesi için gerekli hareketleri sağlayan mekanizmadır.
- Kontrol ünitesi; Robot kaynak torcunun kaynak prosesi sırasında izlemesi gereken yörünge, öğretme (teaching) programı ile belirlenir.
- Kaynak ekipmanları; Robotlarda ağırlıklı olarak CO<sub>2</sub>, MIG, MAG ve TIG ark kaynağı yöntemleri kullanılmaktadır. Bunların içinde de en çok uygulama alanı bulan yöntem MAG kaynağıdır.
- Pozisyoner ve Slider'lar; Robot kontrol ünitesi tarafından robotla senkronize olarak kontrol edilebilirler. Pozisyoner, dönel hareketleriyle kaynak edilecek parçaları tutarak istenen duruşa getirir. Pozisyonerler 2 eksenli olabilmektedir. Slider ise, üzerine monte edilen robotun çalışma uzayını arttırır. Robotun aksenel hareketlerle ulaşamayacağı veya ulaşırken zorlanacağı hareketlere ilave eksen imkanı sağlarken bir yandan da standart ve seri üretim için yardımcı olmaktadır [11].

Robot tabanlı gazaltı kaynak prosesinin avantajları şu şekildedir:

- Ürün kalitesinin artışı
- Azalan imalat maliyetleri
- Verimlilik artışı
- Çalışma ortamının iyileştirilmesi.

Robot kullanımını kısmen de olsa endüstride kullanılabilirlik bakımından kısıtlayan nedenlerde bulunmaktadır aşağıda özetlenen dezavantajları düşünen işletmeler robotun satın alınması ve böylelikle kullanımını azaltmaktadırlar;

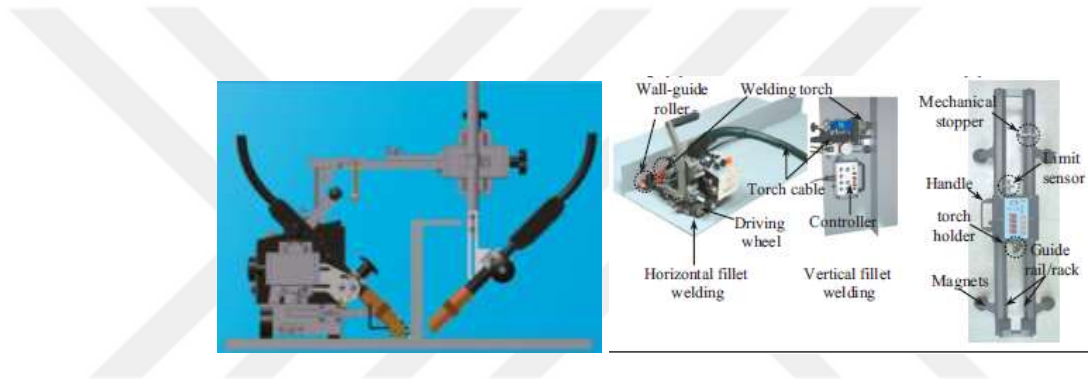
- Vision system, ile yalnızca kendisine öğretilen cisimleri görebilir,
- Programlanmadan çalışamaz,
- Kendisine öğretilenleri yapabildiğinden hareketleri kısıtlıdır,
- Yüksek yatırım maliyeti,

Ayrıca, robotlu kaynak sistemlerin bir olumsuz tarafı da kullanılan kaynak fikstürleri ise bu sistemlerin en önemli unsurlarının başında gelmektedir. Doğru fikstür seçimi kaynak maliyetini ve kalitesini direkt olarak etkilemektedir [12].

## 1.2.2. Torç Taşıyıcı Robotlar

### 1.2.2.1.Yatay Tip Köşe Kaynak Robotları

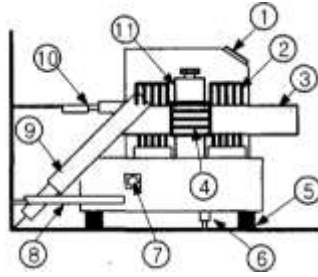
Yatay düzlemdeki T ve H tipi malzemelerin kaynağında kullanılan iki torç taşıyıcı sistemle de çalışabilen robotlardır.



Şekil 10- Yatay Tip Köşe Kaynak Robotları [13]

### 1.2.2.2.Dikey Tip Köşe Kaynak Robotları

Hem dikey hem de yatay düzlemdeki malzemelerin sürekli köşe kaynakları için tasarlanmış, uzaktan kumanda kontrol özellikli otomatik torç yürütücü kaynak robotudur.

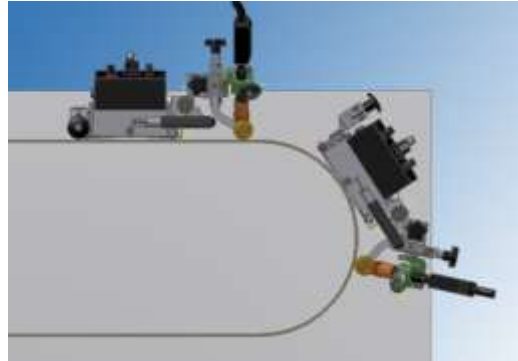


Şekil 11 - Dikey Tip Köşe Kaynak Robotları [14]

(1-Kaynak Makinesi Girişi, 2- DC Motor, 3- Yatay Kızak, 4- DC Motor, 5- Hareket tekerleri, 6- Sınır anahtarı, 7- Mesafe sensörü, 8- Pozisyon Sensörü, 9- Kaynak Torcu, 10- Dikiş Takip Sensörü)

### 1.2.2.3.Çevresel Tip Köşe Kaynak Robotları

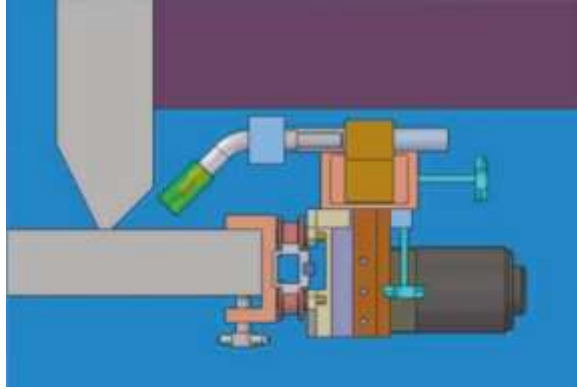
Yatay, oval çevresel tip köşe kaynağı yapan robotlardır. Genelde tek torç taşıyabilirler.



Şekil 12 - Çevresel Tip Köşe Kaynak Robotları

### 1.2.2.4.Raylı Dar Alan Multi Pozisyon Köşe Kaynak Robotları

Sabit ray üzerinde, yatay düzlemde dar alanda kaynak yapabilen robotlardır.



Şekil 13 - Raylı Dar Alan Multi Pozisyon Köşe Kaynak Robotları

#### 1.2.2.5. Elektro Gaz Kaynağı Kaynak Robotları

Dikey pozisyondaki alın kaynakları için tasarlanmış robotlardır.

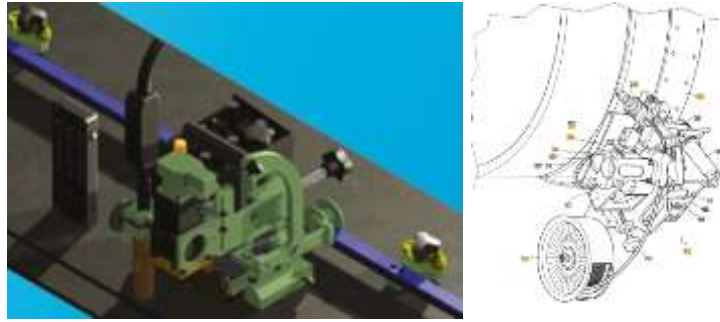


Şekil 14 - Elektro Gaz Kaynağı Kaynak Robotu ve Rayı

#### 1.2.2.6. Dairesel ve Eğimli Yüzeyler için Kaynak Robotları (Kaynak Traktörleri)

Manyetik ve vakumlu ayaklara sahip esnek raylar yardımıyla kavisli, dalgalı, silindirik yüzeylerde sürekli alın kaynağı ihtiyacı isteyen sistemler için tasarlanmış torç yürütücülerdir.

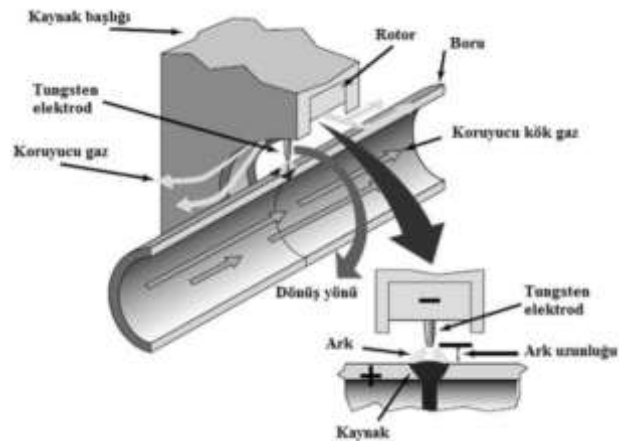




Şekil 15 - Dairesel ve Eğimli Yüzeyler için Kaynak Robotları [15]

### 1.2.2.7.Orbital Kaynak Robotları

Orbital kaynak makineleri boru kaynaklarında genellikle TIG kaynağı yapabilen makinelerdir [16-18]. Kaynak edilecek boru diğer boru gönyelenerek sabitlenir, DC motorlar yardımıyla boru etrafında tur atarak kaynak işlemini gerçekleştirir. Ark uzunluğu sabit kalır ve tel besleme ile ark voltajının kontrolüne ihtiyaç duymaz [18,19]. TIG yöntemleri, boruların tam mekanik kaynağı için orbital düzenekti birleştirme tekniği olarak gittikçe yaygın şekilde kullanılmaktadır [4].



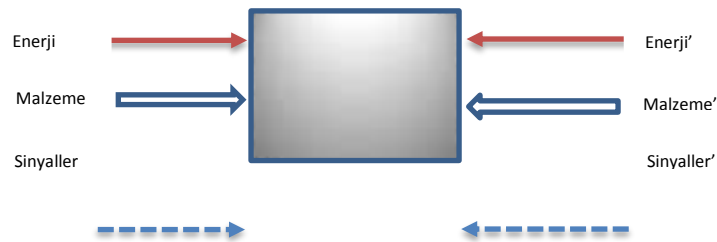
Şekil 16 - Orbital Kaynak Yönteminin Şematik Gösterimi [18,20]

### 1.3. Makine Tasarımında Kullanılan Sistemik Yaklaşım ve Literatürü

Tasarım işlemi ve tasarımcı faaliyetleri üzerinde son yıllardaki en önemli etki, bilgisayar tabanlı veri işlemeden gelmiştir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD), tasarım yöntemleri, örgüt yapıları, iş bölümü ve de bireysel tasarımcıların yaratıcılığı ve

düşünme işlemlerine tesir eder. Yeni personel (örneğin sistem yöneticileri, CAD uzmanları vb.) tasarım işlemine katılmaktadır. Gelecekte değişken tasarımlar gibi rutin görevler genelde bilgisayarlarca yapılırken; tasarımcılar, yeni tasarım ve müşteri özel bir defalık ürünler üzerine yoğunlaşmada serbest kalacaktır. Bu görevler tasarımcıların yaratıcılık, mühendislik bilgisi ve tecrübelerini artıracak bilgisayar araçları tarafından desteklenecektir. Bilgi tabanlı sistemler [21-24] ve elektronik parça katalog geliştirmek [24-28]; özel tasarım verisi standart parça ayrıntıları, mevcut ürünlerin tasarım işlem ve diğer tasarım bilgileri yanı sıra bunlar hakkında enformasyon da içeren bilgi temin edebilme kolaylığı artacaktır. Bu sistemler aynı zamanda çözümler analiz, optimizasyon ve birleşimi de destekleyecek, ama tasarımcıların yerini almayacaktır. Buna karşılık çok fazla sayıda çözüm üretebilecek ve aynı zamanda çok disiplinli projeler için günümüzde gerekli birçok uzman girdilerini koordine ihtiyacı nedeniyle tasarımcıların karar verme yetenekleri bile çok önemli olacaktır [29].

Teknik yapılar; çevreye girdi ve çıktılar vasıtasıyla bağlanacak sistemler olarak kabul edilebilir [29,30]. Bir sistem alt sistemlere ayrılabilir. Özel bir sisteme ait olanlar, sistem sınırlarıyla belirlenir. Girdi ve çıktılar sistem sınırından geçer. Bu yaklaşıma uygun sistemleri her soyut analiz ve tasnif seviyesinde tanımlamak mümkündür [29].

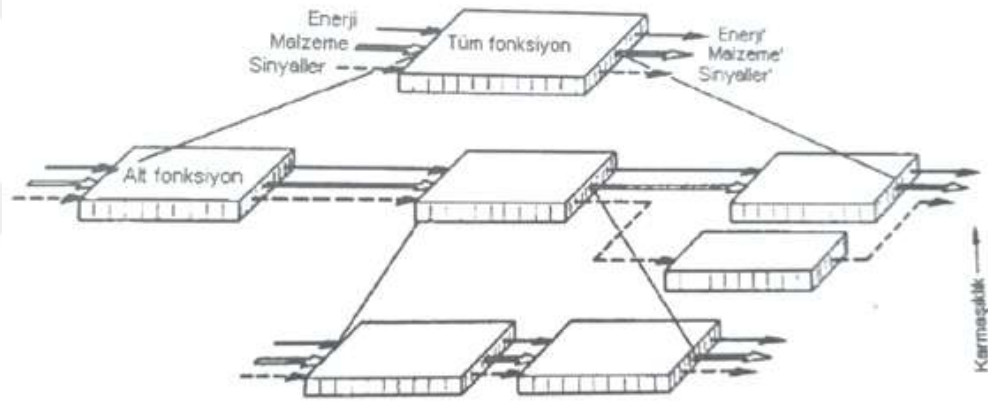


Şekil 17 - Enerji, malzeme ve sinyallerin dönüşümü [29]

Tüm teknik sistemler; miktar, kalite ve ekonomik terimlerle tanımlanması gereken enerji, malzeme ve sinyalleri dönüştürmeyi kapsar [29].

Teknik bir problemi çözmek için girdi ve çıktılar arasında açık ve kolayca yeniden oluşturulabilir bir sisteme gereksinim duyabilirler. Örneğin malzeme durumunda, aynı girdiler için aynı çıktılara gerek duyulur. Aynı zamanda işlemin başlama ve bitişi arasında da (örneğin bir tank doldurma gibi) açık ve tekrar oluşturulabilir bir ilişki olmalıdır. Bu tür ilişkiler daima planlanmalı; yani teknik bir özelliği karşılamaya uygun olmalıdır. Tasarım problemleri tanımlama ve çözme amaçlı, maksadı bir görev icra

etmek olan bir sistemin amaçlanan girdi/çıkış ilişkisine fonksiyon terimini uygulamak faydalı olur. Statik işlemlerde girdi ve çıktıları belirlemek yeterli iken; zamanla değişen dinamik işlemlerde, görev, başlangıç ve bitiş büyüklük tanımıyla ayrıca tanımlanmalıdır. Tüm bir fonksiyon sıkça doğrudan alt görevlere karşılık gelen benzer alt fonksiyonlara ayrılabilir. Alt fonksiyon ve tüm fonksiyon arasındaki ilişki, bazı alt fonksiyonların diğerlerinden önce karşılanması gereğine göre çok sık bazı sınırlayıcılarla yönetilir. Alt fonksiyonların tüm fonksiyonlarla anlamlı ve uyumlu birleştirilmesi ile fonksiyonel yapı olarak adlandırılan yapı oluşturulur. Fonksiyonlar genelde bir fiil ve isimden oluşan ifadelerle tanımlanır. Örneğin; “basıncı artır”, “torku naklet” ve “hızı azalt” gibi [29].



Şekil 18 - Tüm fonksiyonu alt fonksiyonlara bölerek bir fonksiyon yapısı saptama [29]

Ana ve yardımcı fonksiyonların ayrımı şu şekildedir; Ana fonksiyonlar tüm fonksiyonlara doğrudan hizmet ederken; yardımcı fonksiyonlar dolaylı katkıda bulunurlar. Yardımcı fonksiyonlar destekleyici ve tamamlayıcı bir karaktere sahiptir ve ana fonksiyonlara ait çözümlerin doğasına genelde uygun belirlenirler [29-33].

Bir fonksiyon yapısı saptama, bunlara genel çözümler araştırmayı basitleştirmesi nedeniyle çözümler keşfetmeyi kolaylaştırır. Orijinal olarak “kara kutular” şeklinde temsil edilen özel alt fonksiyonlar, bu aşamada daha somut ifadelerle yer değiştirmelidir. Alt fonksiyonlar genellikle; fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemlerle karşılanır. Makine Mühendisliği çözümleri esas itibarıyla fiziksel işlemlere dayanırken;

işlem mühendislik çözümleri kimyasal ve biyolojik işlemlere dayanmaktadır. Seçilen fiziksel etkilerle gerçekleştirilecek ve geometrik ve malzeme karakteristikleri tarafından sınırlandırılacak bir fiziksel işlem, fonksiyonu göreve uygun olarak karşılayacak bir çalışma ilkesi ortaya koyar. Böylece bu çalışma ilişkisi, fiziksel etkilerle seçilen geometrik ve malzeme karakteristiklerini birleştirme yolu ile oluşturur [29].

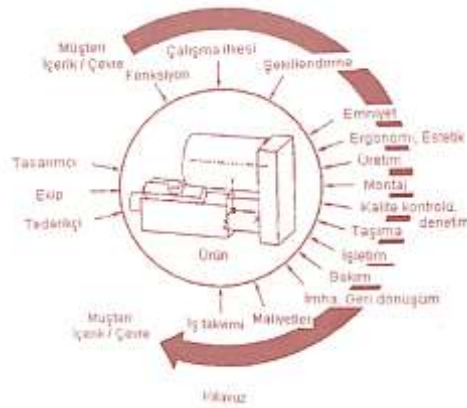
Çalışma yüzeyleri aşağıdakilere bağlı değişir ve belirlenir;

- Çeşit: öteleme dönme
- Tabiat: düzenli düzensiz
- Yön: -x -y -z eksenleri doğrultusunda ve/veya etrafında
- Büyüklük: hız vb.
- Sayı: bir, birkaç vb. [29,34]

Sadece fiziksel etki ile geometrik ve malzeme karakteristikleri (çalışma yüzeyi, çalışma hareketi ve malzemeler) birleşimi, çözüm ilkesi koymaya izin verir. Bu etkileşime çalışma ilkesi(yöntemi) adı verilir [29,35]

Çalışma yapısında saptanan karşılıklı çalışma ilişkisi, “konstrüksiyon yapısını verecek daha ileri somutlaştırma başlangıç noktasıdır. Bu ilişki; parçalar, montajlar, makineler ve bunların karşılıklı bağlantılarını tanımlayarak somut teknik yapıt ve sistemi temsil eder. Konstrüksiyon yapısı; üretim, montaj, nakil vb. ihtiyaçları hesaba katar.

Teknik görevlerin çözümü genel amaç ve sınırlayıcılar tarafından belirlenir. Teknik fonksiyonu karşılama, ekonomik fizibiliteyi sağlama ve insan ve çevre ihtiyacını sağlamak genel amaç olarak görülebilir. Ek olarak teknik görevleri çözüme, ergonomi, üretim yöntemleri, nakil olanakları, amaçlanan kullanım vb. gibi oluşan belirli sınırlayıcılar ve ihtiyaçlar yükler [29]. Hubka, sınırlayıcılardan etkilenen özellikleri; çeşitli endüstriyel, ergonomik görünüm, dağıtım, teslim, planlama, tasarım, üretim ve ekonomik faktörlere dayalı gruplara ayırır [29,30,36].



Şekil 19 - Tasarım ve geliştirme esnasında etki ve sınırlayıcılar [29]

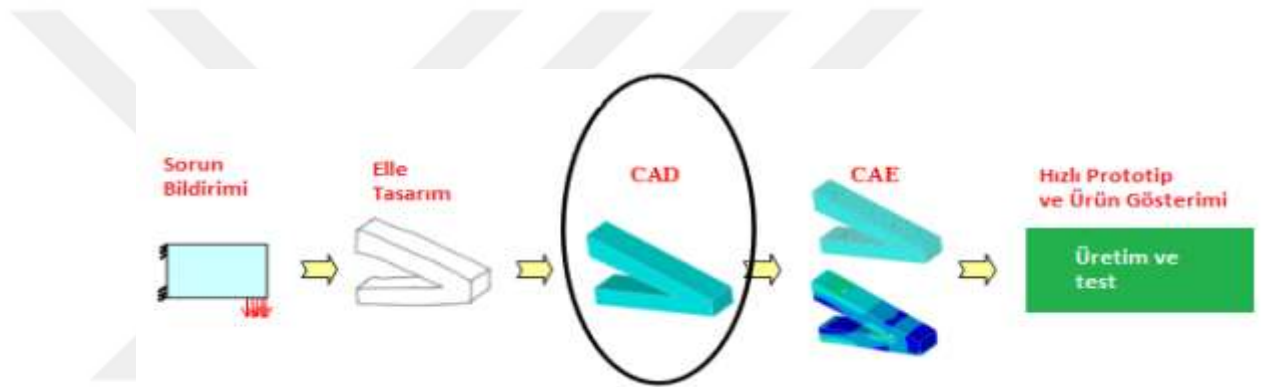
Makine tasarımına yaklaşım ve modellemede bilgisayar desteği ve sonlu elemanlar analizi (FEA) ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD) gibi karmaşık analitik araçlar kullanımının çok ötesine giden geliştirme işlemi ve karmaşık 3 boyutlu modeller üretimi için sağlam bir zemin oluşturur. Bilgisayar desteği sürekli işlem boyunca sağlanabilir, ürün geliştirmeyi destekler, tasarım ve üretim yükünü azaltır [29].

### 1.3.1. Bilgisayar Destekli Tasarım ve İmalat

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler, kuruluşların yönetsel bölümlerinin yanı sıra üretim ve planlama alanlarında da bilgisayarların yaygın olarak kullanılmasına imkân sağlamıştır. Bilgisayar teknolojileri, üretim alanında bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli imalat (CAM) yazılımlarıyla kullanılmalarının yanı sıra işletmelerde üretim planlama, kalite kontrol, stok takibi ve sevkiyat gibi diğer alanlarda da aktif olarak kullanılmasıyla işletmelere kolaylıklar sağlamıştır [37,38].

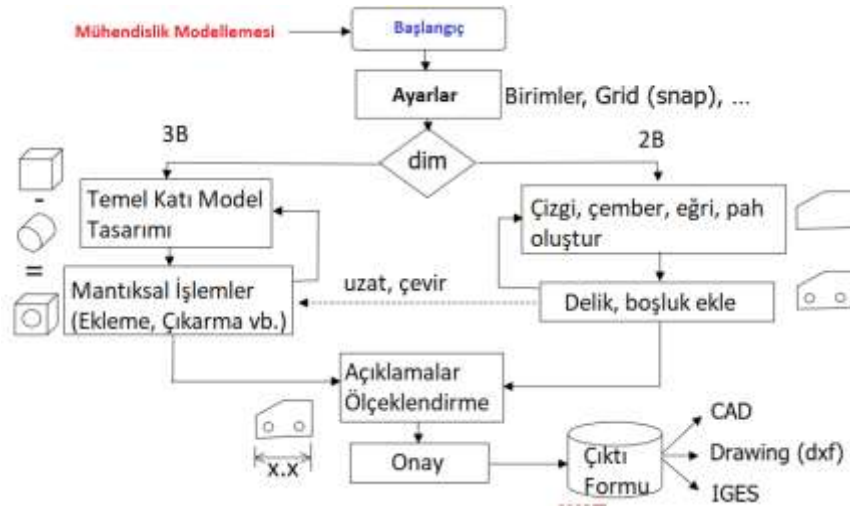
Bilgisayar destekli tasarım (CAD); mühendislere, mimarlara ve diğer tasarım profesyonellerine tasarım faaliyetlerinde yardımcı olan çok farklı yazılımlara sahip bilgisayar tabanlı araçlardır. Bu sistemlerin asıl amacı ana geometriyi geliştirmektir. Mevcut CAD paketleri 2 boyutlu (2B) vektör tabanlı çizim sistemlerinden 3 boyutlu (3B) parametrik yüzey ve katı tasarım modelleyicilere kadar çeşitlilik gösterir. CAD, mühendislik uygulamaları içinde farklı şekillerde kullanılabilir. En basit yöntemi, mühendislik çizimleri oluşturmak için kullanılan 2B çizim paketleridir. Ancak bu, son

on yılda 3B parametrik özellik tabanlı modelleme araçları tarafından üstlenilmiştir. 3B tasarım yapan bu yazılım araçlarıyla yüzey modelleme, katı modelleme ve bu ikisinin birleşim formları ve hibrit modellemeler yapılabilir. CAD yazılımlarıyla tasarlanan bu modeller, nihai ürüne son halini vermek için yine bilgisayar ortamında montaj edilebilmektedir. Bu montaj modelleri, bileşenlerin bir araya getirerek, sistemin dinamik ve statik uygunluğunu değerlendirmek için analiz yapmak ve simüle etmek amacıyla kullanılabilir. Örneğin, sonlu elemanlar analizi (FEA) yardımıyla, CAD yazılımında tasarlanan parçanın uygunluğunu değerlendirmek için bileşenler ve düzenekler üzerinde de çalışmalar yapılabilir [39].



Şekil 20 - Tasarım aşamaları [40]

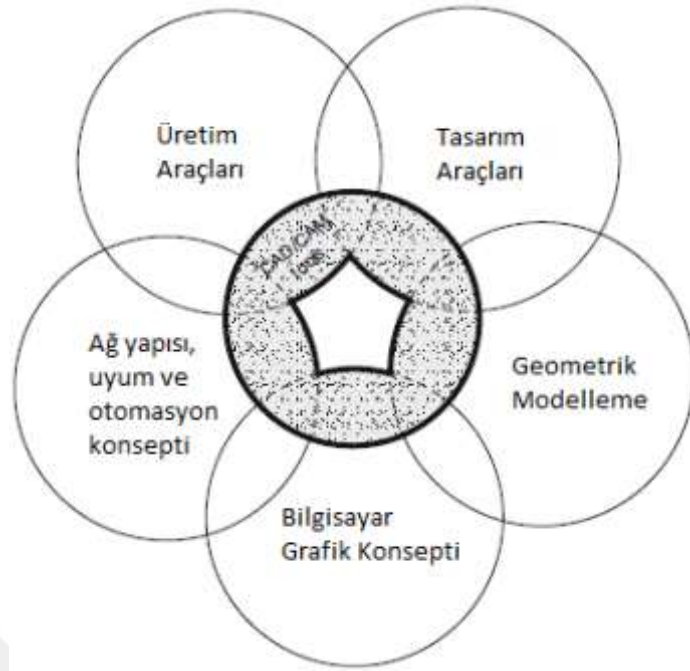
- CAD Yüzey Modelleme; Bir yüzey modeli, kenarlar ve her yönü dahil, parçanın yüzeyini tanımlar. Modeller sadece yüzeylerin kenarlarını değil aynı zamanda şekilleri de gösterir. Bir yüzey aslında bir parçanın derisinin matematiksel temsidir. Kalınlığı veya hacmi yoktur. Bir yüzey modeli oluşturmak için, genellikle uygun yüzey kaplama tekniğine uygun şekilde bağlanmış tel kafes varlıkları yapılır.
- CAD Katı Modelleme; Katı bir model, nesnenin şeklini, boyutunu ve hacmini tam olarak tanımlar. Daha ileri uygulamalar için nesne hakkında eksiksiz bir geometrik veri kümesi sağlar. Bunlar kütle özellikleri hesaplamasını, kinematik analizi, stres analizini ve üretimi içerebilir. Katı modelleme, bir parçanın modelleme için bloklar, delikler ve yuvalar gibi çeşitli tanımlanabilir özelliklerin bir kombinasyonundan geometrik olarak oluştuğu özellik tabanlı bir konsept kullanır [39].



Şekil 21 - CAD Tasarım Aşamaları [40]

Bilgisayar Destekli Üretim (CAM), bir üretim tesisinin işlemlerini, tesisin üretim kaynaklarıyla doğrudan veya dolaylı bir bilgisayar arayüzü aracılığıyla planlamak, yönetmek ve kontrol etmek için bilgisayar sistemlerinin kullanılması olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle, bilgisayar sisteminin tasarım dışı faaliyetlerde, ancak imalat sürecinde kullanımı CAM olarak adlandırılmaktadır [41,42].

CAM kullanımı, bilgisayar destekli tasarımla (CAD) tasarlanan ve bilgisayar destekli mühendislikle (CAE) analiz edilen parçaları üretmek için atölyedeki tüm üretim faaliyetlerine bilgisayar desteği ile üretim yetisi kazandırır. Robotlar, kontrol üniteleri, makine aletleri ve işleme merkezleri gibi atölyedeki ekipmanı CAM sistemleri kullanılarak kontrol edilebilir [41,43]

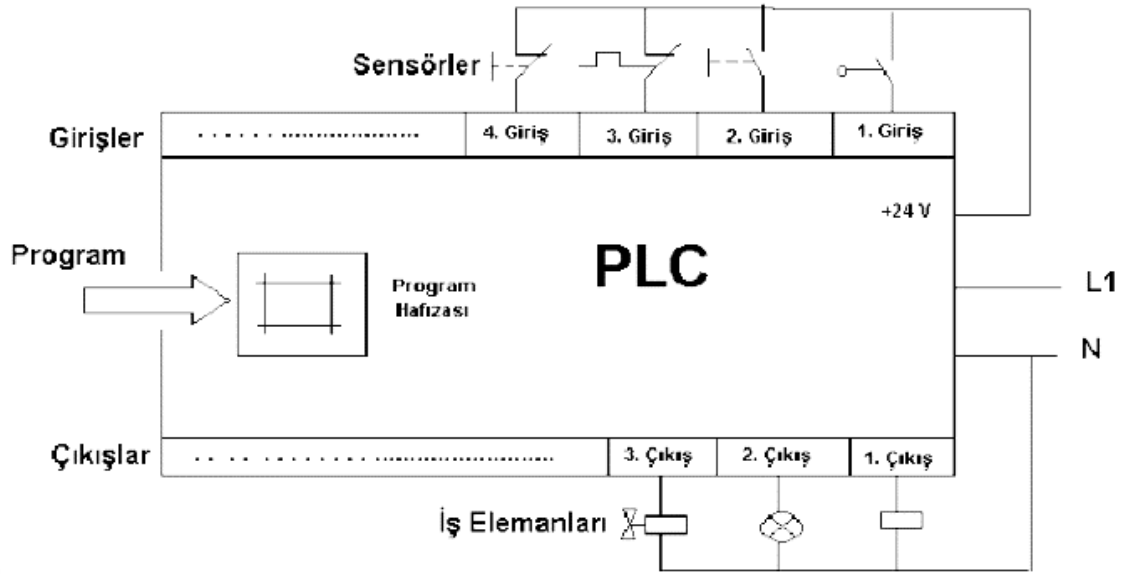


Şekil 22 - CAD, CAM Bileşenleri

### 1.3.2. Elektronik Programlama

Günümüzde Endüstriyel Makinaların kontrolünde Programmable Logic Controller (PLC), Bilgisayar (PC) ve Röleli sistemler kullanılmaktadır [45]. PLC sistemleri diğer sistemlere belirgin üstünlük sağlamış durumdadır. Uygulamada münferit giriş ve çıkışlar kullanılmaktadır. Sensörler aracılığı ile giriş birimleri tarafından algılanan veriler işlem birimi tarafından belleğe yüklenmiş olan programlar kullanarak işlenir ve çıktılar çıkış birimi aracılığı ile makine kontrolünün yapılacağı çıkışlara yollar. Dolayısıyla PLC'leri Giriş, İşlem, Çıkış birimleri olmak üzere üç ana birimine ayırabiliriz [46,47].





Şekil 23 - PLC Genel Blok Şeması [47]

Üstteki şekildeki blok diyagramda gösterildiği gibi PLC sensörlerden aldığı bilgiyi kendine göre işleyen ve iş elemanlarına göre aktaran bir mikroişlemci sistemidir. Sensörlere örnek olarak, herhangi bir metali algılayan endüktif sensör, PLC girişine uygun gerilim vermede kullanılan buton ve anahtarlar verilebilir [48].

PLC programlama dili klasik kumanda devrelerinde uygunluk sağlayacak şekildedir. Bütün PLC' ler de hemen hemen aynı olan AND, OR, NOT (VE, VEYA, DEĞİL) gibi boolean ifadeleri kullanılır. Programlama klasik kumanda sistemini bilen birisi tarafından kolayca yapılabilir [48].

Geleneksel olarak PLC aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi ana 3 bölüme ayrılmıştır; bu bölümler:

- 1- Central Processing Unit (CPU) Merkezi İşlem Birimi
- 2- The Input/Output (I/O) Section : Giriş/Çıkış Bölümü
- 3- The Programming Device: Programlama Makinesi

(CPU) Merkezi İşlem Birimi PLC sisteminin beyni olup içerisinde çok çeşitli lojik kapı devreleri mevcuttur. CPU bir mikroişlemci tabanlı sistem olup kontrol röleleri, sayıcı, zamanlayıcı gibi fonksiyonları yerine getirir. CPU; çok çeşitli sensör devrelerinden

gelen giriş bilgilerini okuyarak hafızadaki depolanmış kullanıcı programını yerine getirerek, uygun çıkış komutlarına ve kontrol devrelerine gönderir. İşlemci ve I/O (Input/Output) modülleri tarafından, kullanılan düşük seviyeli voltaj için bir doğru akım doğru akım güç kaynağı gereklidir. Bu güç kaynağı CPU çatısı altında olabileceği gibi; PLC sistemi bünyesinde bağımsız fakat PLC sistemine bağlı olabilir. I/O kısmı Giriş ve Çıkış modüllerinden ibarettir. I/O sistem formları denetleyiciye bağlanan cihazlar aracılığı ile irtibatlandırılır. Bu ara yüzün amacı; harici cihazlara çeşitli sinyaller alma gönderme durumlarıdır [48].

PLC'nin giriş bilgileri kontrol edilen ortamdan veya makinadan gelir. Gelen bu bilgiler içimde PLC var ya da yok şeklinde değerlendirilmeye tabi tutulan sinyaller sisteminin dijital girişlerini oluşturur. Dijital girişler PLC'ye çeşitli saha ölçüm cihazlarından gelir. Bu cihazlar fark etmeleri gereken olay gerçekleştiğinde PLC'nin ilgili giriş bitimini "0" sinyal seviyesinden "1" sinyal seviyesine çıkarırlar. Böylece sistemin sahada olan hadiselerden haberdar olmasını sağlar. Dolayısıyla sistem içindeki fiziksel değişimleri PLC'nin anlayabileceği 0-1 sinyallerine dönüştürürler. PLC'nin girişine gelen sinyaller basınç şalterlerinden, sınır şalterlerinden, yaklaşım şalterlerinden veya herhangi bir röle, kontaktör ya da otomatın yardımcı kontağından gelebilir. Sinyal PLC dışı binary sinyaldir ve giriş modüllerinde PLC'nin iç sinyal seviyesine indirirler. Tek bir giriş modüllerinde 8, 16 ya da 32 bit dijital saha bilgisi okunabilir. Modüller üzerinde her girişe ait bir LED bulunur ve gelen sinyalin seviyesi buradan algılanabilir [48].

Kontrol edilen sistemdeki bütün sinyallerin varlıklarına ya da yokluklarına göre sorulan sinyaller beklenemez. Örnek olarak bir sıcaklık ya da basınç değeri dijital olarak sorgulanabilir ancak bu değer net bir şekilde belirlenmesi dijital giriş modülleri ile mümkün olmaz. İşte burada devreye analog olarak yapılan kontrol devreye girer. Analog değer kullanımında alt sınır ve üst sınır değerlerin arasında kalan bölgeye kontrol yapılır. Bu kontrollerin yapılması analog giriş çıkış kartları ile mümkün olmaktadır. Analog giriş modülleri prosesten gelen analog değerleri dijital değerlere dönüştürür. Yalnız öncelikle ölçümü yapılan fiziksel büyüklüğün PLC'nin anlayacağı dile çevrilmesi gerekir. Bu işlemi gerçekleştiren cihazlara transmitter adı verilir. Transmitterler problemlerinden ölçtükları büyüklüğü değerlendirerek 0-20mA, 4-20mA ya da 0-10V gibi belli aralıkta ifade edilen sinyallere çevirirler. Bu sinyaller de PLC'nin

analog giriş kartları ile intern bus hattı üzerinden CPU'ya okutulur. Böylece PLC belli aralıklarda değişen değerleri işleyebilir duruma gelir [48].

Haberleşme Modülleri, PC'lerle giriş-çıkış birimleri arasındaki ya da başka PC'ler arasındaki data alışverişini sağlarlar. Bu modüller direkt bağlantı (point to point) ile işletilebileceği gibi bir network üzerinden de işletilebilir. Bire bir bağlantıda bağlantı yapılan CPU çift arayüz içerir. Bir porta programlama cihazı ile ulaşılrken diğeri üzerinden haberleşme sağlanır. Böylece sisteme daha fazla sayıda I/Q dahil edilmesi mümkün olur. Ayrıca LAN (local area network) üzerinden de data alışverişisi sağlanır. Bu networklar içinde PLC'ler PC'ler saha elemanları ve Workstationlar bulunabilir. Prosesin monitör üzerinden izlenmesi yazdırma araçları ile raporlamaları da bu tip haberleşme modülleri üzerinden yapılır [48].

CPU'lar arasında iletilecek bilgi sayısı kadar hat çekmek (paralel haberleşme) gereksizdir ve ekonomik değildir. Bunun yerine gönderilecek bilgiler gönderici CPU tarafından tek hat üzerinden protokol çerçevesinde sıra ile gönderilir. Alıcı CPU aynı protokol ile gönderilen bilgileri alır, düzenler ve kullanır (seri haberleşme). Bu ve benzer haberleşme sistemlerimde her zaman CPU'ların haberleşmesi söz konusu değildir. Çoğu zaman merkezde bir CPU (master) ve bunun ilk farklı istasyonlardaki giriş çıkış verilerinin merkeze iletilmesi amacıyla kullanılan yardımcı birimlerde (slave) oluşur. Bu yapıya BUS sistemi denir [48].

Günümüzde otomasyon alanında üretim yapan birçok firmanın ürettiği bir BUS sistemi vardır. Bu sistemleri birbirinden ayıran temel özellikler şunlardır;

- Veri ve kumanda hatlarının birbiri ile nasıl bağlandığı (topoloji şekli: ağaç, yıldız, düz hat, daire)
- Maksimum iletim hattı uzunluğu
- Veri iletim hızı
- Hatasız veri transferi
- Bağlanabilecek maksimum giriş çıkış elemanı sayısı
- Piyasada bulunan saha elemanlarına (sensör ve çalima elemanları) uyumlu olması
- Saha elemanlarının sistem çalışırken değiştirilebilir olması vb.

- Bu bölümde veri alışverişi sağlamak amacıyla kullanılan BUS sistemlerinden,
- PROFIBUS ağ sistemlerinin üzerinde durulacaktır [48].



## 2. BÖLÜM TEZ KONUSU VE ÖNEMİ

### 2.1. Kaynak Sektöründe Türkiye'nin Durumu

29 Ağustos 2013 tarihli Makine Magazin Dergisinde Kaynak Teknolojisi Derneği Başkanı Prof. Dr. Adem Kurt ile yapılan röportajda [49] Türkiye'de ki kaynak sektörü ile gelişmeler ve ilerlemeler şu şekilde belirtilmiştir; “İmalat sanayiinde önemli bir yere sahip olan kaynak makina malzemeleri, iki metal parçayı ısıyla birleştirme işleminde kullanılıyor. Birçok sektöre girdi sağlayan kaynak teknolojisi uygulamaları, Türkiye'nin sanayileşmesine paralel olarak önem kazanıyor. Ayrıca, dünyadaki gelişmelerle birlikte sektörde de önemli gelişmeler yaşanıyor. Kaynak sektörü, özellikle; otomotiv/ulaştırma, inşaat/altyapı, enerji, üretim ve gemi inşa alanlarına hizmet veriyor. Büyüyen yerli otomotiv ve ulaşım sektörü, artan enerji talebi ile devlet teşvikleriyle gelişen nükleer ve rüzgâr enerji santralleri, artan çelik tüketimi de sektörün büyümesindeki en önemli faktörler. Ayrıca, doğrudan yabancı yatırımlarının artması ve Türkiye'nin coğrafi ve stratejik pozisyonunun sağladığı büyük boru hattı projeleri de bu büyümeyi destekleyen diğer unsurlar. Türkiye'deki metal sektörünün son 10 yılda önemli bir gelişme gösterdiğini söyleyen yetkililer, bu süre içinde kişi başı çelik tüketiminin iki katına çıktığını ifade ediyorlar. Yetkililer, bu gelişme paralelinde ciddi aşama kaydeden Türkiye kaynak endüstrisinin de Almanya ve İtalya'nın ardından Avrupa kaynak pazarında üçüncü sıraya yükseldiğini vurguluyorlar. Kaynak ekipman ve sarf malzemeleri pazarının, 2011 yılında yüzde 6,5 büyüdüğünü ve 237 milyon dolara ulaştığını aktaran yetkililer, sözlerini şöyle sürdürdüler: “Sektörün 2012'de ise, yaklaşık yüzde 6,8'lik bir büyüme ile 250 milyon dolar seviyesine ulaştığı tahmin ediliyor. Araştırma firması Frost&Sullivan'ın sektör üzerine gerçekleştirdiği araştırmaya göre, 2011 yılı itibarıyla kaynak piyasasında 56 firma faaliyet gösteriyor ve pazarın yüzde 82'si en önemli üç oyuncu tarafından domine ediliyor. Bu araştırma uyarınca, hızlı büyüyen bir ekonomiye sahip olan Türkiye'nin agresif endüstriyel gelişiminin kaynak

sektörüne 2018'e kadar yüzde 7,7 yıllık birleşik büyüme oranı ile yansımaları bekleniyor.”

Bu bilgiler ışığında sektörün büyümesinin çelik sektörüyle uyumlu olduğu gözlenmektedir. Bu kapsamda Demir Çelik sektör raporu incelendiğinde şu sonuçlara ulaşılmaktadır;

Türkiye’de üretilen çelik yapıların yaklaşık %60’ı endüstriyel yapılardır. Buna kuleler ve enerji alt yapı yatırımları da dahil edilirse bu oran %90’ lara ulaşır [50]. Demir-çelik sektörünün lokomotif sektör olma özelliği nedeniyle, ülke ekonomileri üzerindeki etkisi çok büyüktür. Türkiye çelik kullanımında 2009 da 13. sırada iken 2015 yılı itibariyle 7. sıraya yükselmiştir [51].

Tablo 3 - Kişi Başına Nihai Çelik Tüketimi (2015, kg) [51]

Ülke (kişi başına kg)	2012	2013	2014	2015	Sıralama
Güney Kore	1.090	1.038	1.109	1.114	1
Tayvan	763	796	837	751	2
Çek Cumhuriyeti	555	556	588	627	3
Japonya	503	514	534	497	4
Çin	487	540	519	489	5
Almanya	466	472	492	484	6
Türkiye	380	411	397	437	7
Avusturya	428	417	421	418	8
Kanada	447	400	474	405	9
İtalya	360	368	368	401	10
Dünya	207	218	217	208	

Sektör giderek büyümesine karşın sektörün ihtiyaç duyduğu yeniliklerle yerli üretim sektörü aynı hızda gidememiştir. Makine Sanayi Sektörü Platformunun 2010 yılında yayınladığı Kaynak Makineleri Sektör Raporu’nda [52] Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu (GTİP) kodlarına göre “8468- Lehim ve Kaynak Yapmaya Mahsus Makine ve Cihazlar” ve “8515- Elektrik, Lazer, Ultrasonik vb. Çalışan Lehim, Kaynak Cihazları” ihracat ve ithalat başlığı altında kıyaslamıştır.

Tablo 4 - Türkiye'nin Kaynak Makinaları ve Ekipmanları İhracatı [52]

Kaynak Makinaları İhracatımız (\$) (TÜİK Verileri)						
GTİP	2007	2008	2009	2010 (Ocak-Nisan)	2007/2008 Değişim	2008/2009 Değişim
8468	6.991.381,00	5.947.439,00	4.318.054,00	1.705.770,00	-14,9	-27,4
8515	44.657.004,00	53.592.002,00	31.758.571,00	12.472.812,00	20,0	-40,7
<b>TOPLA M</b>	<b>51.650.392,00</b>	<b>59.541.449,00</b>	<b>36.078.634,00</b>	<b>14.178.582,00</b>	<b>15,3</b>	<b>-39,4</b>

2008-2009 yıllarında ihracat artış oranı açısından incelendiğinde genel makine sektöründeki düşüşe paralel olarak kaynak makineleri sektöründe” 8468- Lehim ve Kaynak Yapmaya Mahsus Makine ve Cihazlar” %27,4 ve “8515- Elektrik, Lazer, Ultrasonik vb. Çalışan Lehim, Kaynak Cihazları” %40,7 oranında gerilemiştir.

Tablo 5 - Türkiye'nin Kaynak Makinaları ve Ekipmanları İthalatı [52]

Kaynak Makinaları İthalatımız (\$) (TÜİK Verileri)						
GTİP	2007	2008	2009	2010 (Ocak-Nisan)	2007/2008 Değişim	2008/2009 Değişim
8468	9.476.919,00	10.906.113,00	10.389.212,00	1.945.726,00	15,1	-4,7
8515	137.703.925,00	152.808.891,00	70.639.410,00	34.769.006,00	11,0	-53,8
<b>TOPLA M</b>	<b>147.182.851,00</b>	<b>163.717.012,00</b>	<b>81.030.631,00</b>	<b>36.714.732,00</b>	<b>11,2</b>	<b>-50,5</b>

2008 yılında 163 milyon \$ seviyelerinde olan kaynak makineleri sektörü ithalatı, 2009 yılında genel makine ve aksesuarları ithalatında kaydedilen %24,3 oranındaki daralmadan daha büyük bir oranda azalarak (%50,5) 81 milyon \$ olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'nin 2009 yılında ithal ettiği kaynak makineleri, GTİP bazında incelendiğinde; 70,6 milyon \$ ile ilk sırada “8515- Elektrik, Lazer, Ultrasonik vb. Çalışan Lehim,

Kaynak Cihazları” kaleminin yer aldığı, bu ürünü 10,4 milyon \$ ile “8468- Lehim ve Kaynak Yapmaya Mahsus Makine ve Cihazlar” grubunun izlediği görülmektedir [52].

Yukarıdaki veriler doğrultusunda her ne kadar ithalatımız azalıyor gibi bir izlenim oluştursa da bunun ana sebebinin belirtilen yıllardaki büyük daralmalar olduğu belirtilmiştir [52]. Ayrıca tablolar yıllar bazında incelendiğinde Türkiye’nin pazarda güçlü ve rekabetçi olduğu [49] bir sektörde sattığının üç katı kadar ithal ettiği görülmektedir.

## **2.2. Kaynak Traktörü veya Benzeri Torç Taşıyıcı Sistemlerde Türkiye’nin Durumu**

Türkiye’de giderek gelişen çelik sektörü beraberinde boru hatları, tersanecilik, enerji sistemleri vb. alanlarda gelişmeye sebep olmuştur [49]. Kaynak parametrelerinin ürünün veya prosesin kendisine göre standardize edildiği ve kaliteli kaynak yapılmasını sağlayacak cihazlardan olan torç taşıyıcı traktörler; yapılan ön kuluçka fizibilitesi sonuçlarında (kaynak traktörleri) ülkemizde başta İtalya, Almanya, ABD ve Çin olmak üzere ithal yoluyla temin edildiği görülmüştür. Erciyes Teknopark bünyesinde kurulu olan SERA kuluçka merkezinde, Ön kuluçka hizmetleri sırasında yapılan saha ve mentorluk görüşmelerinde (Boru hattı inşa firması, rafineri firması, tersane firması) sektörün bu tür ürünlere ihtiyaç duymasının 2 temel sebebi fark edilmiştir. Bunlar;

- 1- Hızlı ve standart kaynak kalitesi gereksinimi
- 2- Kaliteli kalifiye kaynakçı operatör yetersizliği

Bu kapsamda proje kapsamında sektörün taleplerine karşılık verebilecek prototip kaynak traktörü imalatı yapılmıştır.

Prof. Dr. Kutsal Tülbentçi 2001 yılında “III. Ulusal Kaynak Teknolojisi Kongresi’nde bildiri olarak sunduğu “Boru Hatlarında Otomatik MIG/MAG Kaynak Yönteminin Kullanımı” çalışmasının sonuç bölümünde [3] tez kapsamında geliştirilecek kaynak traktörünün gereksinimini, ülkemizin bu konuda know how geliştirmesi ve insan kaynağı geliştirmesi gerektiğini vurgulamıştır.



### 2.3. Tez Konusunun Yenilikçi Yönü

Tez konusu olan torç taşıyıcı kaynak traktörünün tasarımı ile ilgili yapılan incelemeler ve sektörel değerlendirmeler göz önüne alındığında aşağıda belirtilen hususlarda yenilikçi yönleri sahip olacaktır.

Tablo 6 - Kıyaslama Tablosu

Piyasada ki mevcut ürünlerin yetenekleri	Proje kapsamında geliştirilecek ürünün farklılığı ve yenilikçi yönü
<p>Orbital Kaynak Makineleri:</p> <p>Sadece Silindirik Yüzeylerde çalışabilmektedirler.</p> <p>Operatör tarafından monte edildikten sonra, kaynak işlemi başlar. İncelenen ürünlerde programlanabilme yeteneği görülmemiştir.</p> <p>Büyük çaplı borularda işlem yapması için özel tasarımlara ihtiyaç duyar.</p>	<p>Tam Otomatik Kaynak Traktörü:</p> <p>Sadece silindirik yüzeylerde değil, yassı yüzeylerde de çalışabilecektir.</p> <p>Kaynakçı operatör tarafından ray monte edildikten sonra traktörün raya oturması ile başlar. Öğrenebilir ve programlanabilir bir yapıdadır.</p> <p>Proje kapsamında yapılan çalışmalar sonucu tasarlanan ray ve tekerlek 200 mm ile 6000 mm arasındaki sistemde çalışabilir.</p>
<p>Köşe Kaynak Makineleri:</p> <p>Köşe kaynağında kullanılır,</p> <p>Operatör makineyi manuel yönlendirir,</p>	<p>Tam Otomatik Kaynak Traktörü:</p> <p>Köşe kaynağı için özel bir torç tutucu aparatla kullanılabilir hale gelebilir.</p> <p>Tam otomatiktir. Operatör müdahalesi kurulum dışında gerektirmez</p>
<p>Yarı Otomatik Kaynak Traktörleri</p> <p>Operatör kaynağın her aşamasında müdahildir.</p> <p>Kullanıcı arayüzü karışık ve kaynak makinesi uyumsuz olabilmektedir.</p>	<p>Tam Otomatik Kaynak Traktörü:</p> <p>Operatör işe özel parametreleri yazılıma tamamladıktan sonra kaynağı sadece gözle kontrol eden taraftadır.</p> <p>Kullanıcı arayüzü anlaşılır ve kolaydır.</p>

<p>Kaynak pasoları arası geçiş operatör sayesinde olmaktadır.</p> <p>Sadece görevi torç taşımaktadır.</p>	<p>Müdahale edilecek arayüz ile yönetici arayüzü ayrı tutulmuştur.</p> <p>Kaynak pasoları arası geçiş otomatik olduğu gibi ilk başta özellikle eğimli yüzeylerde gönyelemenin bozulmaması için punta kaynak atmaktadır.</p> <p>Sadece torç taşımaz, bir kaynakçı gibi öğrenebilir ve kaynak yapabilir. Kaynak hatalarını da algılayabilen bir ara yüze sahiptir.</p>
---	--

## 3. BÖLÜM GEREÇ VE YÖNTEM

### 3.1. Proje Yönetimi

Geliştirilen traktörün ilk olarak sistematik tasarımı yapılmış ve alt bileşenleri tanımlanmıştır. Değişken parametreler belirlenerek bilgisayar ortamında mekanik tasarımı yapılmış, özel ve yük gelebilecek parçaların malzeme ataması yapılarak sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak bilgisayarda analizi tamamlanmıştır.

Bilgisayar ortamında tasarlanan parçalar gerek CAM gerekse diğer talaşlı ve talaşsız imalat yöntemleriyle sanayi firmalarından hizmet alma yoluyla imal edilmesi sağlanmıştır.

Eş zamanlı olarak sistematik olarak elektrik modelleri tasarlanan kaynak traktörünün pano ve elektro mekanik tasarımı proje kapsamında istihdam edilen elektrik mühendisi tarafından yapılmıştır. Elektrik ekipman ile elektro mekanik ekipmanın uyumluluğuna özen gösterilmiş motorlar, şalt grupları, sürücüler vb. tüm parçalar bu uyum içinde seçilmiştir.

Projenin son aşamasında kaynak testlerine tabi tutulmuştur. Elde edilen kaynak sonuçları ilgili kurum ve kuruluşlarca test edilmiş geçer kalitede bulunmuştur.

Tablo 7 - İş Zaman Planı

Proje Adı: Esnek Kaynak Traktörü Makinesi															
Proje Adımları	Başlama Tarihi	Bitiş Tarihi	Süreli	2017/2			2018/1			2018/2					
				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Mekanik Tasarım ve Bileşenlerin İmalatı	01.10.2017	30.06.2018	9 AY	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.1. Bilgisayar ortamında katı modellerinin ve montajının yapılması (Torç Tutucu, Kenetleme aparatı, ray, ayaklar, traktör şasisi, taşıma kolları)				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.2. Statik mukavemet testlerinin yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.3. Ürünlerin üretimi ve montajı	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
2. Elektronik Tasarım ve Bileşenlerinin İmalatı	01.10.2017	30.06.2018	9 AY	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.1. E-plan programı yardımıyla tasarımı yapılan traktöre ait elektrik projesinin çözülmesi				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.2. Kontrol kabini tasarlanması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.3. Sürücü ve PLC donanımlarının ve parametrelerinin ayarlanması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.4. Sürücü ve PLC'nin programlanması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.5. El terminali tasarımının yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.6. El terminali içerisinde yer alan ekranın donanım parametrelerinin ve programlanmasının yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.7. Kaynak parametreleriyle kontrolcü grubunun uyumunun gerçekleştirilmesi				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2.8. Elektronik komponentlerin üretimi ve montajı	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
3. Sürekli İyileştirme, Deney Ve Testlerin Yapılması	01.07.2018	30.09.2018	3AY	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.1. Hareket ve kaynak kabiliyetlerinin incelenmesi				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.2. Ürüne göre kaynak parametrelerinin belirlenmesi ve makine yazılımı üzerine tanımlanması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.3. Boru ve sac parçaları üzerinde deneyler yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.4. Saha ütülerinin ve performans ölçmelerinin yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.5. Yapılan kaynağın tahribatlı ve tahribatsız muayenelerinin yapılması				10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3.6. Elde edilen sonuçlara göre sürekli iyileştirimin yapılması	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9			

## 3.2. Tasarım Çalışmaları

### 3.2.1. Mekanik Tasarım ve Bileşenlerin İmalatı

Geliştirilen kaynak traktörü ana fonksiyon olarak adlandırılırsa ana fonksiyondaki sistemin çalışması için aşağıda belirtilen alt fonksiyonlara ihtiyaç vardır. Tasarım ve geliştirme esnasında etki ve sınırlayıcılar [29] dikkate alınarak katı modelleme programı vasıtasıyla aşağıdaki çizimler elde edilmiştir.

#### 3.2.1.1. Bilgisayar Ortamında Katı Model ve Montajların Yapılması

Tasarlanan Kaynak Traktörünün mekanik alt fonksiyonları ve çalışma senaryoları üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda belirlenen temel senaryo aşağıdaki gibidir.

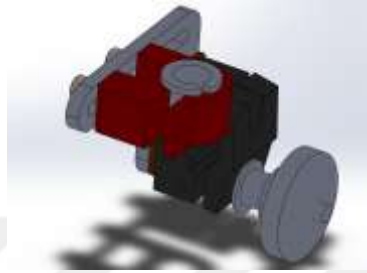
*“Kaynak traktörü belirli bir ray üzerinde hareket edebilecek, bu hareketi oldukça hassas %1 seviyesinde maksimum toleransla olacaktır. Kaynak traktörü rayı ise tek dişli adım attırabilecek kabiliyete sahip olacaktır. Kaynak traktörünün hareketi esnasında ray ayakları arasında sehime maruz kalmaması için yük analizi görsel olarak yapılacak ayak mesafeleri ayarlanabilir yapıda olacaktır. Tedbiren her 7,5 cm'ye bir ayak bağlanacakmış gibi delik delinmesi uygun olacaktır. Proje kapsamında geliştirilecek kaynak traktörü prototipinin deneysel çalışmaları sırasında ana metaldeki sıcaklığın ayakları etkilememesi için y eksenini boyunca hareket edecek rayın uzun olması önemlidir. Kaynak ucu ile ayaklar arasında en az 20 cm mesafe olmalıdır. Bu şekilde manyetik ayakların üst çalışma sıcaklığı olan 260 C nin altında kalınmış olacaktır. Kaynak traktörü, Osilasyon mekanizması ve y eksenini hareket mekanizması eş zamanlı çalışabilmelidir. Torç salınım yapabilmelidir. Torç belirli açılarda bağlanabilmelidir. Torç açısı çalışma esnasında ölçülmeli en uygun açı belirlenmelidir. Seçilecek motorlar traktörün ağırlığı olan 3 kg yükü hareket ettirebilmelidir. Tam bir kaynak yaptıktan sonra operatör müdahalesi olmadan kendisi z eksenini yönünde hareket ederek ikinci paso için start alabilmelidir. Kaynak yapımından hemen önce iki parçanın birbiri ile gönyelenmesi gerekebileceği için ilk başta punta kaynaklar atarak iki parçanın birbirine tutturulması önemlidir. Traktör üzerindeki mekanizmalardan olan y eksenini mekanizmasının sonlu işlemler yöntemiyle analizlerine bakarak teknik ve ekonomik anlamda en uygun malzemelerle bu çözümler sağlanabilmelidir. Ayrıca kaynak esnasında ana metal ile torç arasında şase oluşmaması için yalıtım malzemesi edilmesi önemlidir. “*

Senaryo incelendiğinde alt fonksiyon görevini tamamlayacak 7 ana mekanizmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

- a) Torç tutucu:** Torç tutucu MIG/MAG kaynak torcunu tutan traktör parçasıdır. Torç tutucu sayesinde torç sabit kalarak kaynak işlemi sürdürülebilmektedir. Torç tutucu aksamının tasarımında torç ile traktör arasında elektrik akımının geçerek şase yapmasını önlemek için kauçuk esaslı yalıtım malzemeleri kullanılmıştır. Aynı zamanda hareket kabiliyetini artırabilecek montaj parçalarıyla desteklenmiştir. Bunlardan en önemlisi tutucu ayar kolu olup torcun ideal sıkışmasını sağlayacak bir mekanizmaya

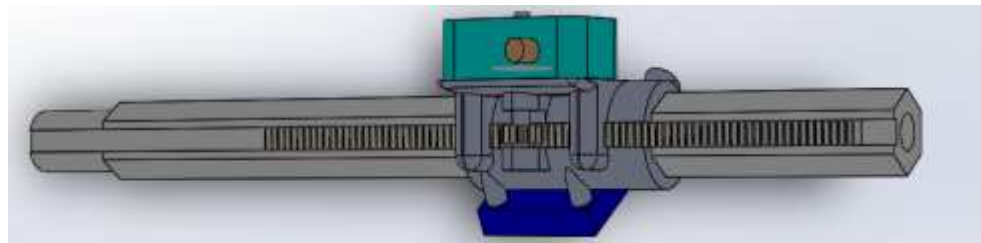
sahip olarak tasarlanmıştır. Şekilde görülen izometrik görünümün içerisinde 29 alt parça mevcuttur.

Parçalar 7000 serisi Alüminyum alaşım kullanarak yapılmıştır. Seçilme sebebi hızlı işlenebilirliği ve prototip üretiminde çeliğe alternatif olmasından dolayıdır.



Şekil 24 - Torç Tutucu İzometrik Görünümü

**b) Y eksenli hareket mekanizması:** Torcun kaynak esnasında veya kurulum aşamasında ray eksenine dik yönde ilerlemesini sağlayan parçadır. Torcun iş parçasıyla aynı simetrik eksen üzerinde ileri geri gitmesini sağlar. Motor tarafından tahrik edilir. Kaynak esnasında salınımın yapımında görev alır. Tasarlanan ara yüzde y eksenli olarak kodlanmıştır. Traktör gövdesine bağlanan parçanın step motordan aldığı kuvvet kadar ilerlemesini sağlar. 52x6 altıgen mil, alt şaseye bağlanacak gövde tutucu, mil kılavuzu, dişli kutusu, m1 260 kramayer, helisel dişliler gibi parçalardan oluşur. Şekilde görülen parça toplam elektronik ekipmanlar hariç 10 alt parçadan oluşmaktadır.

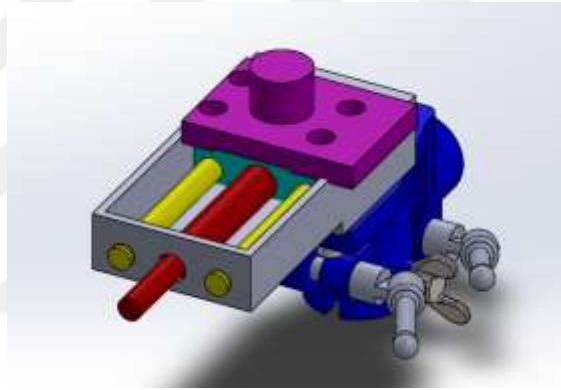


Şekil 25 - Y Eksenli Hareket Mekanizması Üst Görünümü

Bu parçada yer alan ana rayın tasarımında 1040 çeliği kullanılmıştır. Bu çeliğin seçilme nedeni ray, dişli gibi zorlamalı parçalarda ısıtılma uygun

olmasından kaynaklıdır. Su verme ve temperleme yoluyla 450 HB sertliğe ulaşması sağlanmıştır.

- c) **Osilasyon hareketi mekanizması:** Parçaya dik eksende hareket sağlar. Torcun iş parçasına z ekseni yönünde yukarı aşağı hareket etmesini sağlayan parçadır. Tasarlanan PLC ara yüzünde z ekseni olarak tanımlanmıştır. Kaynak pasoları arasında torcun yükselmesinde görev alır. Motor tarafından tahrik edilir. Şekilde görülen mekanizma toplam 12 alt parçadan oluşmaktadır.

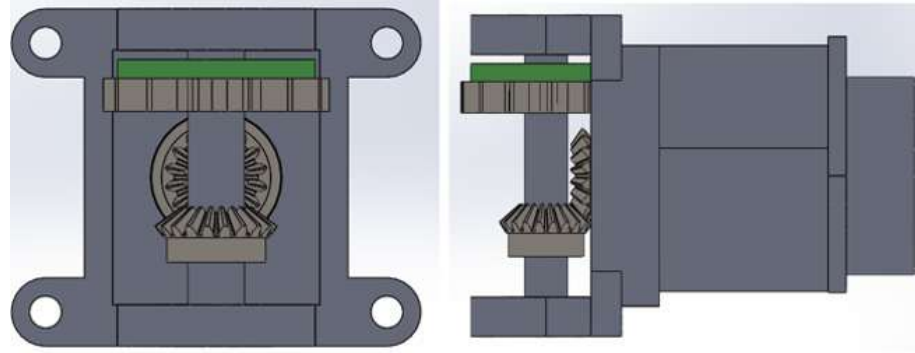


Şekil 26 - Osilasyon hareketi mekanizması izometrik görüntüsü

Bu parçanın imalatında 7000 serisi alüminyum ve satın alma yoluyla imal edilen döküm parçalar kullanılmıştır. Bu parçanın yürürü tasarım aşamasında çok fazla değişikliğe uğraması nedeniyle prototip amacıyla hızlı işlenebilir bir malzeme seçimi yapılmıştır.

- d) **Radyal hareket mekanizması:** Traktörün ileri veya geri gitmesini sağlayacak mekanizmadır. Hareketi raya aktaran dişlilerden oluşur. Programlama X ekseni olarak tanımlanmıştır. Dişli raya geçerek ray üzerinde hareket alır. Adımlar arasında kaçıklık olmaması ve belirlenen yükü taşıması için proje kapsamında redüktör hesabı yapılarak tasarlanmış

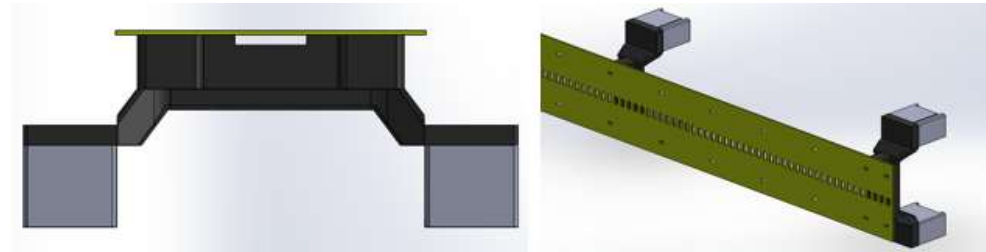
ve aktarım organları oluşturulmuştur. Şekilde görülen mekanizma toplam 10 alt parçadan oluşmaktadır.



Şekil 27 - Radyal hareket mekanizması alt ve yan görüntüsü

Proje kapsamında kullanılan dişlilerin piyasada bulunan çelik konik, helisel aktarma dişlileri olmasına özen gösterilmiştir. Gövde 6000 serisi alüminyumdan yapılmıştır.

e) **Kaynak Traktörü rayı ve ayakları:** Kaynatılacak bölgeye boylu boyuna sabitlenen veyahut silindirik şekilde bir tam tur sarılarak kaynak yapılmasını sağlayacak yoldur. Traktör rayları manyetik ayaklar yardımıyla metale kaynak ağzı boyunca yapıştırılarak şase ve şase üstünde bulunan parçaların ilerlemesinde yol görevi üstlenir. Proje kapsamında tasarlanan model “tek tekerlekli” bir sistemdir. Ray üzerinde tek dişin hareket edebilmesine olanak sağlayan adımlar mevcuttur. Her bir manyetik ayak 12 kg yük taşıyabilecek kapasite seçilmiştir. Uygulamanın türüne ve kaynak metalinde oluşacak sıcaklığa göre vakumlu ayaklar tercih edilebilir.

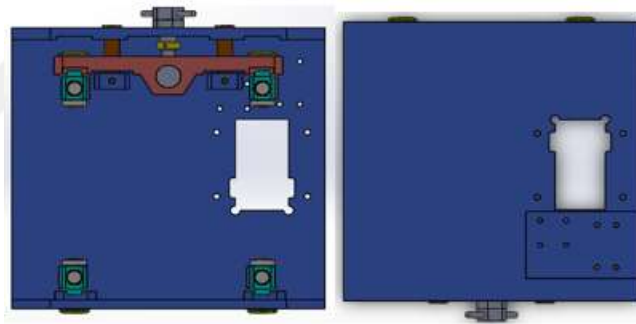


Şekil 28 - Ray ve manyetik ayakların yan ve izometrik görüntüleri



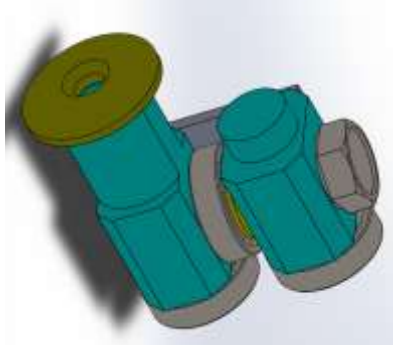
Rayın yapımında ise kullanılan malzeme 7000 serisi Alüminyum saç plaka olmuştur. Seçilme sebebi lazer kesim işleminde en iyi performansı göstermesidir.

- f) **Kaynak Traktörü Şasesi:** Kaynak traktörü rayı ile torç tutucu sistemin arasında kalan bölgedir. Bu bölgede traktörün x, y, z koordinatlarında gitmesini sağlayacak motorlar, bu motorların tahriki ile bu eksenlerde hareket edebilecek raylar ve kızaklar bulunur. Ayrıca ray üzerinde tahriki iletecek bir adet dişli ve raya tutunmasını sağlayacak kenetleme aparatı bulunur. Olası bir şekilde şase senaryolarının önüne geçmek için izolasyon malzemeleri montaj esnasında kullanılmıştır. Şekilde görülen mekanizma toplam 17 alt parçadan oluşmaktadır.



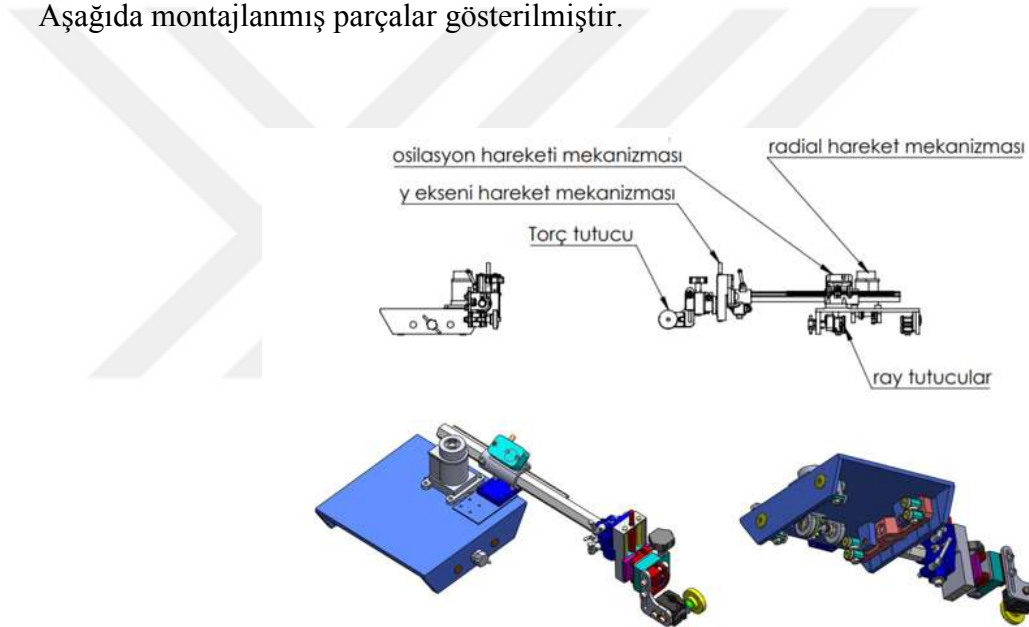
Şekil 29 - Kaynak traktörü şasesi alt ve üst görünümü

- g) **Ray Tutucu:** Kaynak traktörü rayı işe kaynak traktörü şasesinin kaynak traktörü kılavuz dişli tekerinin raya oturması ile birlikte ray ile şasenin sabitlenmesini sağlayan aparattır. Şekilde görülen mekanizma toplam 6 alt parçadan oluşmaktadır.



Şekil 30 - Ray tutucu izometrik görüntüsü

Aşağıda montajlanmış parçalar gösterilmiştir.



Şekil 31 - Kaynak Traktörü şasesi ve mekanizmalarının montajlı gösterimi

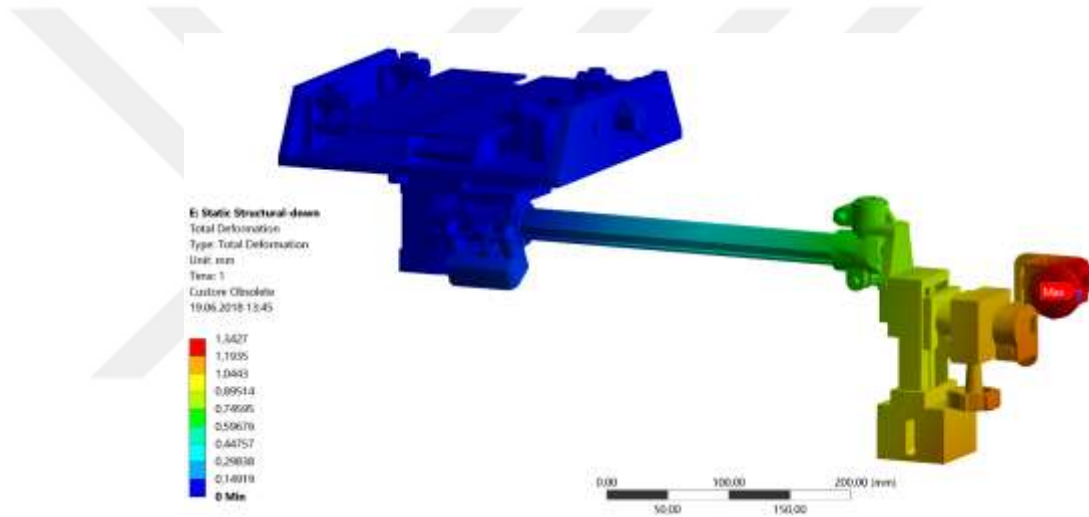
### 3.2.1.2. Statik Mukavemet Analizlerinin Yapılması

Proje kapsamında tasarlanan parçalardan en çok yüke maruz kalacak parçalar belirlenmiştir. Bunlar y ekseni hareketini sağlayan mekanizma ve ray ile şasenin birbirine tutunmasını sağlayan mekanizma olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda yapılan testlerde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Testler esnasında torcun salınım hareketini

sağlayan y eksenli hareket mekanizmasına torç ağırlığı dahil maksimum 20 N yük uygulanacağı ön görülmüştür.

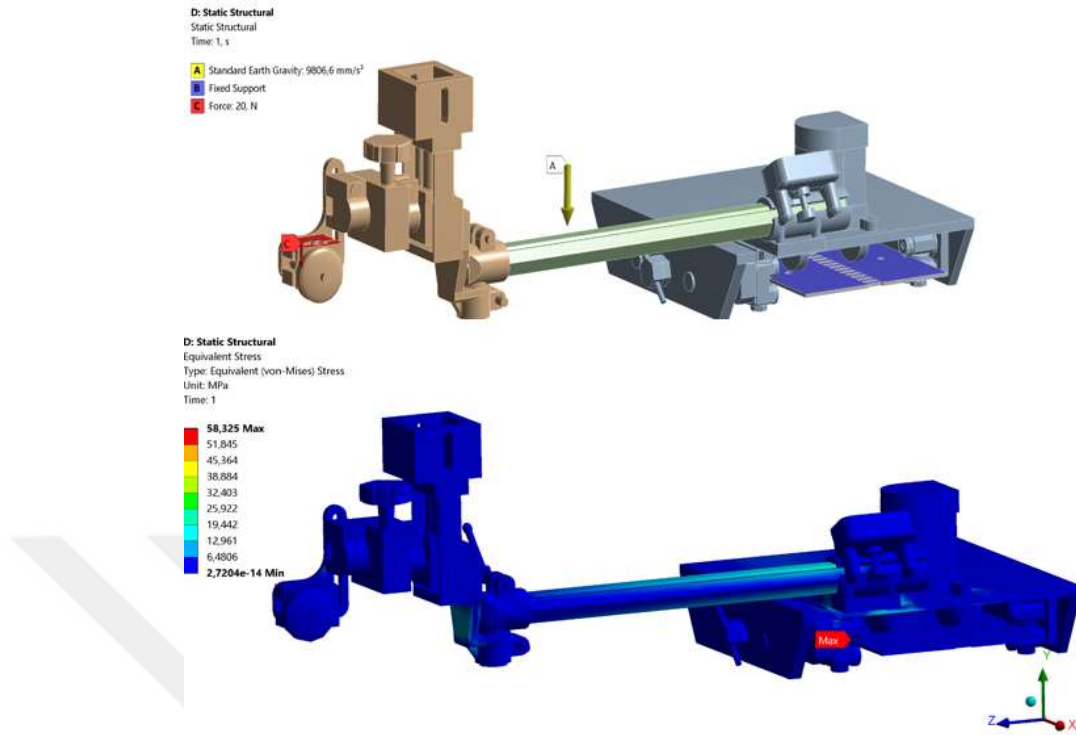
Yapılan analizler sonucunda seçilen parçalara göre dayanımların normal olduğu izlenmiştir. Birçok parça seçiminde teknik özelliklerin yanı sıra o günkü güncel fiyatı da dikkate alındığından tez kapsamında ideal malzeme çalışması yapılamamıştır.

Yapılan deformasyon testinde sistemin ucu ile gövde arasında 20 N yük altında en uç noktasında maksimum 1,3 mm esneme ön görülmüştür.



Şekil 32- Statik yük altında deformasyon

Yükün bindiği A eksenli boyunca parçada oluşacak en yüksek gerilme değerleri incelendiğinde y eksenli boyunca olan rayda 38 MPa civarında olduğu ama ray ile şase arasında yer alan ray tutucunun üst noktasında ise 58 MPa olduğu görülmektedir. Bu değerler katalog değeri olan 1040 çeliği akma değerleri ile karşılaştırıldığında oldukça düşük kalmaktadır.



Şekil 33 - Y Eksenli Von Mises Mukavemet Değerler

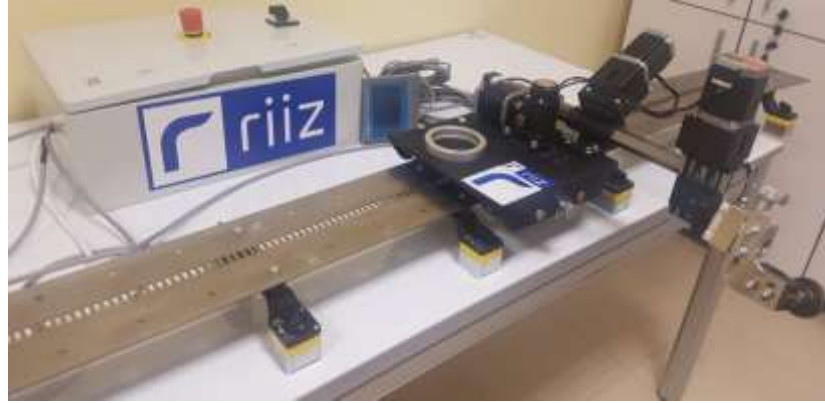
### 3.2.1.3. Ürünlerin üretimi ve montajı

Proje kapsamında belirlenen mekanik tasarımlar doğrultusunda parçalar aşağıdaki tabloda belirtilen şekilde hizmet alımı yoluyla üretilmiş veya hazır parçalar satın alınmıştır.

Tablo 8 - Traktör üretiminde kullanılan parçaların üretim yöntemleri

Kaynak Traktörü Şasesi üretimi		Yöntem	X eksenli	Yöntem
1	Araba metal aksam	Lazer Kesim Abkant Pres Freze Sütunlu Matkap	1 Hareket dişli mili	Satın alma
2	Bronz burç	Satın alma	2 Diş Plakası	Torna
3	Rulman Kapağı	Satın alma	3 Çeşitli Ebatlarda dişliler	Satın alma
4	Rulman	Satın alma	4 Redüktör	Satın alma
5	Cıvata	Satın alma	5 Redüktör kapak	Satın alma
6	İç Kılavuz	CNC özel	6 Uzun Mil	Torna

		üretim			
7	Kılavuz Bronzu	CNC özel üretim	Y eksen		Yöntem
8	Rulman tutucular	Satın alma	1	Altıgen mil	Torna
9	Plaka	Lazer kesim Matkap	2	Mil alt tutucu	Torna
10	Pullar	Satın alma	3	Mil dişli kutusu	Satın alma
Osilasyon Mekanizması Üretimi		Yöntem	4	Krameyer	CNC özel üretim
1	Pullar	Satın alma	5	Çeşitli Ebatlarda dişliler	Satın alma
2	Osilasyon hareket milleri	Satın alma	Z eksen		Yöntem
3	Kelebek vidalar	Satın alma	1	Z eksen kızağı	Satın alma
4	Osilasyon büyük kelepçe	CNC özel üretim	2	Z Kasa	Satın alma
5	Osilasyon küçük kelepçe	CNC özel üretim	3	Kılavuz Mili	Torna
6	Osilasyon ara bağlantı	Torna	Ray ve Ayaklar		Yöntem
7	Cıvata	Satın alma	1	Ray	Lazer Kesim
8	Geçme çubuğu	Satın alma	2	Manyetik ayaklar	Satın alma
Torç Tutucu Üretimi		Yöntem	3	Manyetik ayak tutucu	Satın alma
1	Sonsuz Dişli	Satın alma	Diğer		Yöntem
2	Reduktor ağız bağ kelepçesi dış	CNC özel üretim	1	Motor bağlantı Flanşları	Lazer Kesim
3	Reduktor ağız bağ kelepçesi iç	CNC özel üretim	2	Motor bağlantı ara parçaları	3 Boyutlu yazıcı
4	Tutucu ayar kolu	Satın alma			
5	Kelepçe	Satın alma			
6	Tutucu üstü	CNC özel üretim			
7	Tutucu üst bağlantı çubuğu	Torna			
8	Sıkma yayı	Satın alma			
9	Pullar	Satın alma			
10	Reduktor kapak	Satın alma			
11	Sonsuz dişli pimi	Satın alma			
12	Vida ve somunlar	Satın alma			



Şekil 34 - Montaj sonrası görünüm

### 3.2.2. Elektronik Tasarım ve Bileşenlerin İmalatı

Elektronik tasarım temelinde PLC kullanılmıştır. Kaynak makinesi, kumanda paneli ve kaynak traktörü arasındaki protokolü Ethernet ile sağlanmıştır. Elektronik tasarım aşamasında mekanik birleşenlerle beraber uyum içinde çalışabilecek, kaynağın ve doğal koşulların yaydığı olumsuz frekanslardan etkilenmeyecek bir kontrol paneli tasarımı, doğa şartlarında kullanılabilir koruyucu özellikleri olan pano ve sistemler, kullanıcı operatörün rahatlıkla anlayabileceği ara yüz, gelecek siparişe ve gelecekteki teknolojilere ayak uydurabilecek altyapı göz önünde bulundurularak tasarım şekillendirilmiştir.

Traktör elektrik- elektronik olarak, PLC, HMI panel, step motorlar, kontrol kabini, sensör ve limit siviçler gibi şalt malzemelerden oluşmaktadır. Ayrıca operatör ara yüzüne sahip, uzaktan kumandası bu sistemin bir parçasıdır.

Kaynak hızı, arkın kaynak birleştirilmesi boyunca ilerleme hızıdır. Burada alınacak kıstas ideal kaynak hızının oluşturulmasıdır.

$$G \text{ (kg/m)} = 7,8 * 10^{-4} * h * g * d^2 * (V_c / V_k)$$

Formülü kullanarak elektrotun kaynak banyosunda doğru pozisyonda olması sağlanmıştır.

(G = Bir metre kaynak dikişi başına yığılan kaynak metali, h = sıçrama kayıplarını göz önüne alan yığılma verimi, g=elektrot malzemesinin yoğunluğu  $gr/cm^3$ , d= elektrot çapı mm ve= m/dk da elektrot besleme hızı,  $V_k$ = kaynak hızı (m/dk) Literatürde ideal

yığılmanın sağlanabilmesi için kaynak hızının 5-150 cm/dk hızlar arasında servo ya da step motorlarla sağlanması gerektiği görülmüştür.

Seçilen ve sipariş edilen elektrik, elektronik, elektro-mekanik ekipmanlara uygun kontrol kabininin (panonun) tasarımı ve kablolaması yapılmıştır. Yerleşim yapılırken, güç karakteristiklerine bağlı olarak, havalandırma boşluklarının erilmesi, uygun elektrik koruma elemanlarının seçilmesi (otomat, sigorta vb.), ürünlerin çekeceği akımların hesabı yapılarak, uygun kablo kesitlerinin ve metrajlarının doğru belirlenerek siparişleri geçilmiş ve satın alımı yapılmıştır.



Şekil 35 - Kontrol ünitesi tasarımı ve kablolaması

Elektronik, elektro-mekanik, mekanik komponentlerin beraber çalışabilmesi için bilgisayar ortamında montaj aşamaları kontrol edilmiştir.

Elektronik ve mekanik parçaların programlanması için uygun ekipmanların alımı oldukça önemlidir. Hareket kontrol sistemleri için ise 3 adet servo motor, çevre birimlerle haberleşebilmek (kaynak makinesi, giriş, çıkış üniteleri vs.) için ise Ethernet haberleşme kanalı kullanılmıştır. Elektronik Elektrik ve elektro mekanik ekipmanların mekanik tasarımla uyumlu çalışabilmesinin yanı sıra proje kapsamında alınacak kaynak makinesi ile de uyumlu çalışabilmesi oldukça önemlidir. Bu kapsam da kullanılacak

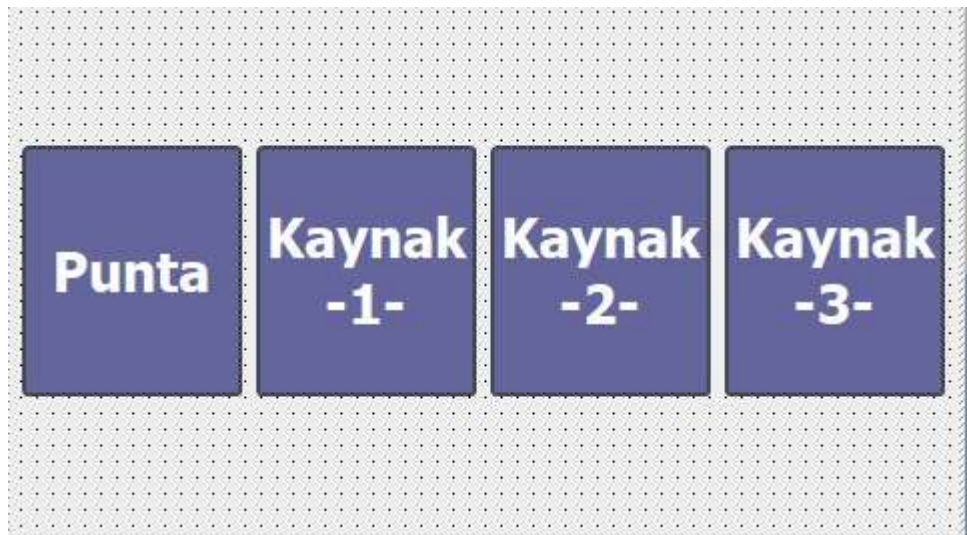
ekipmanların seçimi ve kullanılmasıyla alakalı olarak tedarikçi firmalardan workshop tarzında buluşmalar gerçekleştirilmiştir.

Tasarlanan kontrol kabini, çalışmaya uygun hale getirilmiştir. Kontrol kabini enerji verilecek düzeye getirildikten sonra, PLC ve sürücü içerisinde yer alan parametrelere müdahale edilerek, uygulamaya özgü bir donanımsal yapı kurulması yapılmıştır. Bu aşamadan sonra sürücü ve PLC programlanarak traktörün emniyet, kontrol ve hareket kabiliyetleri verilmiştir. Daha sonra, bir yandan kaynak parametrelerinin erişimi ve makine ile uyumluluğu üzerine çalışmalar yapılırken bir yandan da el terminali tasarımının yapılması ve terminal üzerinde bulunan ekrana ait parametrelerinin tanımlanıp, kullanıcı dostu ara yüz programlaması yapılmıştır.

Ara yüz programı tasarlanırken senaryolar yazılmıştır

Senaryolar Kaynak Türleri

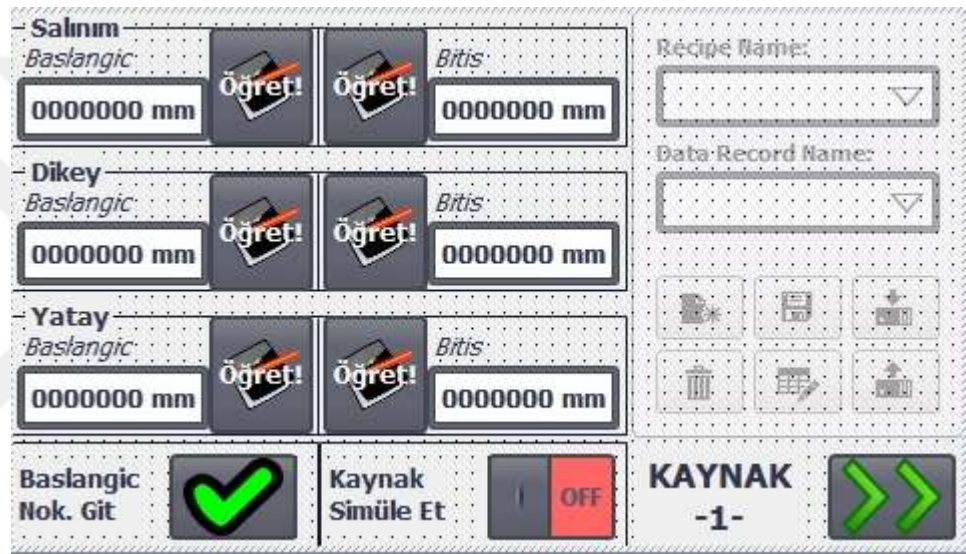
- Punta Kaynağı
- Kök kaynağı ( Kaynak -1- )
- Orta Kaynak ( Kaynak -2-)
- Kabuk Kaynağı ( Kaynak -3-)



Şekil 36 - Kaynak senaryolarının programda gösterimi



Kaynak traktörünün yenilikçi yönü olarak belirtilen öğrenebilir olması ve öğretilebilir olması özelliği PLC programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Ayrıca parçanın ileri geri hareketleri dikey hareketi başlangıç konumu gibi değerleri uzayda bulunduğu boşluğu sıfır noktası olarak tanımlamasıda eklenerek, başlangıç noktasına git butonu tasarlanmıştır. Bunun yanında yapılacak kaynağın parametrelerinin kaynak başlamadan önce kaynak yapmadan simüle edilmesi seçeneği eklenmiş bu şekilde gidilen yolun doğruluğunun kontrolü sağlanmıştır.



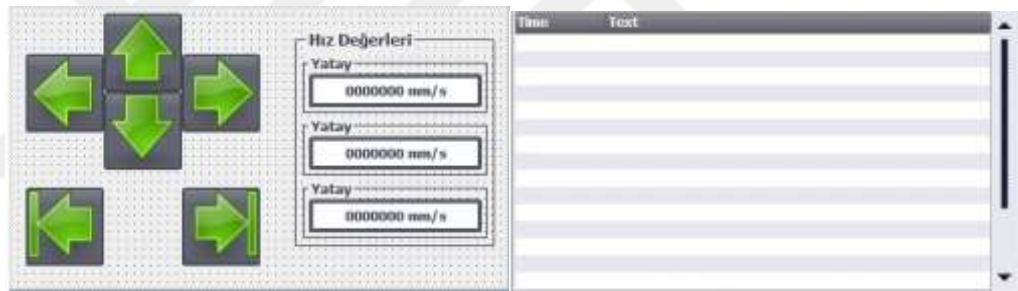
Şekil 37 - Kaynak Programı İçeriği

Parçaların birbiri ile gönyeabilmesi için nokta kaynaklar atarak ilerleme yapacak program tasarlanmıştır.



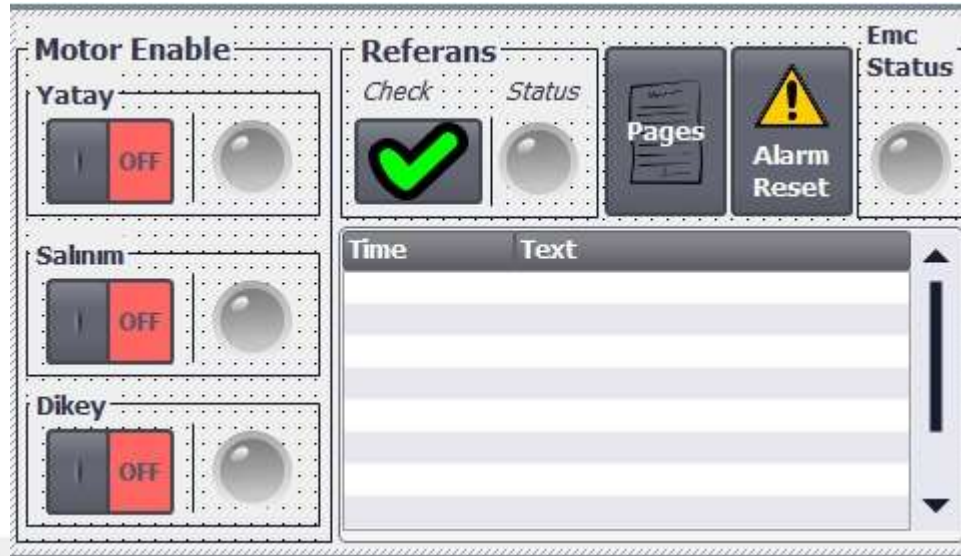
Şekil 38 - Punta Kaynak Programı İçeriği

Manuel kontrol ve hata ekranları tanımlanmıştır.



Şekil 39 - Manuel komut arayüzü ve hata arayüzü

Motor kontrolleri ve alarm reset butonları hazırlanmıştır.



Şekil 40 - Motor kontrol ve alarm reset arayüzü

### 3.3. Sürekli İyileştirme ve Deneysel Çalışmalar

Proje kapsamında geliştirilen traktörün hareket kabiliyeti ve istenilen sonuçlara ulaşım ulaşmaması test edilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar aşağıdaki gibidir;

- Bilgisayarda simüle edilmiş modelle aynı hızda ve temas yüzeyinde çalışabiliyor mu?

Bu kapsamda traktör rayın üzerine bindirilerek çeşitli kuvvetlere tabi tutulup teması ve tutunması incelenmiştir.



Şekil 41 - Traktörün düz zeminde duruşu ve rayın esnemesinin incelenmesi

- Programda girilen değerlerle ray üzerinde giden traktör aynı hızda ve mesafede gitmekte midir?

Bu kapsamda sistemin adımıyla motorun adımı sayılarak hesaplanmıştır.

- Kaynak esnasında torcun aksel yüklerinden dolayı bir kayma söz konusu mudur? Veya titreşim oluşturmakta mıdır?



Şekil 42 - Kaynağa başlamadan önceki duruş ve boruya yapıla test kaynağı

Şekilde görüldüğü üzere titreşimden dolayı kaynakta yön değiştirme oluşturmamakta sistem program doğrultusunda salınımı yaparak kaynağını yapmaktadır.

### 1- Makinenin öğretebilirliğinin oluşturulması

Makine tasarlanan program kapsamında başlangıç konumunu öğrenebilir niteliktedir. Başlangıç noktasında geldiğinde durmakta ve operatör müdahalesi ile tekrar yükselip Kaynak 2- Kaynak 3 programlarında girilen program değerlerini gerçekleştirmektedir.

### 2- Kaynak işleminin gerçekleştirilmesi

Bu aşamada proje kapsamında tasarlanan makinenin kaynak işlemindeki başarısı test edilmek istenmiştir.

Bu kapsamda aşağıda özellikleri belirtilen X52 (API 52) sac borusu tercih edilmiştir. Çap 2,25 m olarak belirlenmiş rayın tam olarak sarması istenmiştir.

Tablo 9 - X 52 Malzeme Analizi

X 52	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
	99.14	0.063	0.096	0.310	0.0245	0.0156	0.022	0.008	0.019
	99.14	0.062	0.095	0.313	0.0236	0.0152	0.023	0.008	0.020
	Al	Cu	N	Nb	Pb	Sn	Ti	V	W
	0.045	0.013	0.0082	0.0185	0.0016	0.000	0.010	0.000	0.005
	0.044	0.013	0.0081	0.0183	0.0017	0.000	0.009	0.000	0.005

Kullanılan kaynak teli literatürde de belirtildiği üzere [3] MIG kaynak için en uygun tellerden biri olan SG2 kaynak teli olarak belirlenmiş, içeriği Tablo 10'da verilmiştir. Kaynak teli çapı kullanılacak sac parçasına göre seçilmiş olmakla birlikte proje süresince tel fiyatlarındaki orantısız artış nedeniyle 1 mm yerine 0,8 mm olarak tercih edilmiştir.

Tablo 10 - SG 2 Kaynak Teli Malzeme İçeriği

TS EN ISO 14341-A : G42 3CM G3Si1  
 AWS A5.18 : ER70S-6  
 EN ISO 14341-A : G42 3CM G3Si1

C	Si	Mn
0,08	0,85	1,50
0,08 (*)	0,55 (*)	1,10 (*)

Yapılacak kaynak MIG kaynağı olup karışım (mix) gaz olup içeriği aşağıdaki gibidir. Tablo 2’de belirtilen değerler baz alınarak akım ve volt değerleri ayarlanacaktır.

Tablo 11 - Seçilen Karışım Gazı ve Gerekçesi

<b>Gaz İçeriği</b>	<b>Neden Seçildiği</b>
%75 Ar +%25 CO2	Orta derecede tokluk, mükemmel ark aralığı, ısıtma özelliği ve dikiş profili sağlar. Çok az sıçrama olur.

Kaynak Makinesi EWM 451 Phonix modeli olup, su soğutmalı MIG/MAG kaynak makinesidir. Bu makinenin seçilmesinin nedeni su soğutmalı torç sistemine sahip olması, kullanıcı ara yüzüne elektronik olarak müdahale imkanı tanınmasıdır. Kaynak Makinesinin teknik özellikleri;

Tablo 12 - Kaynak Makinesinin Teknik Özellikleri



	MIG/MAG		Örtülü elektrot	
	40 °C	25 °C	40 °C	25 °C
Kaynak akımını ayarlama aralığı			5 A - 450 A	
Ortam sıcaklığındaki çalışma süresi	40 °C	25 °C	40 °C	25 °C
80 %	450 A	—	450 A	—
100 %	420 A	450 A	420 A	450 A
Boşta çalışma gerilimi	80 V			
Şebeke frekansı	50 Hz / 60 Hz			
Şebeke sigortası (gecikmeli)	3 x 32 A			
Şebeke gerilimi (toleranslar)	3 x 400 V (-25 % - +20 %)			
Maks. bağlama hattı	20,7 kVA		21,8 kVA	
Tavsiye edilen jeneratör gücü	28,1 kVA			
cos φ	0,99			
Verim	90 %			
Tel sümme makaraları	4			
Tel hızı	Tel hızı m/min, 0,5 m/min - 25 m/min Tel hızı ipm, 19,68 ipm - 944,88 ipm			
Cihaz boyutları, ıxıy, mm cinsinden	1100 x 455 x 1000			
Tel besleme boyutları, ıxıy, mm cinsinden	680 x 290 x 380			
Ağırlık, cihaz	128 kg			
Tel besleme ünitesi ağırlığı	13 kg			
Koruma sınıflandırması	IP 23			
Soğutma gücü	1500 W (11kW)			
Depo kapasitesi	12 l			
Taşıma miktarı	5 litre			
Maks. çıkış basıncı:	3,5 bar			

Kullanılan X52 Kaynaklı Borusu için girilen kaynak parametreleri aşağıdaki gibidir.

Tablo 13 - Kaynak Parametreleri

Numune	Kaynak Akımı (A)	Kaynak Gerilimi (V)	Tel Hızı (mm/sn.)
X 52 (API 52) Kaynaklı Boru	150	24	10,5

MIG kaynağıyla birleştirme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kaynak işleri için 3 adet çap 2,25 et kalınlığı 3 mm olan kaynak numuneleri kullanılmıştır. Kaynaklar yapılırken proje kapsamında geliştirilen traktör kullanılmıştır. Deneilerin gerçekleştirilmesi Savsan Aş bünyesinde gerçekleştirilmiştir.

Hazırlanmış olan numuneler ağız ağıza 1.1 mm boşluk bırakarak puntalanmış ve puntalanan numuneler yere dikey ve yatay olarak sabitlenmiştir. Kaynak traktörü ayakları kaynak bölgesine merkezden 42 cm olarak şekilde sabitlenmiştir. (Daha kısa ve

uzun sabitlenebilir.) İlk olarak punta programı yardımıyla her 10 cm'ye bir punta atması sağlanmıştır.



Şekil 43 - Kaynak Traktörünün X52 borusu üzerine yerleşimi

Yapılan kaynak değerleri operatör ekranında x, y, z eksenleri hızları olarak girilmiştir. Yapılan denemelerde en ideal değerlerin ortalama olarak şu şekilde olduğu görülmüştür.

Tablo 14- Ortalama traktör hızları

	X	Y	Z
Hız (mm/sn.)	15	2	0,2

Kaynak esnasında en önemli etkenler biri torç açısıdır. Bu kapsamda yapılan literatür taramaları ile kaynak esnasında en iyi performansın alındığı torç açısının yaklaşık değerler olduğu görülmüştür. İdeal torç açısı dik pozisyonlarda 72 derece olarak belirlenmiştir.



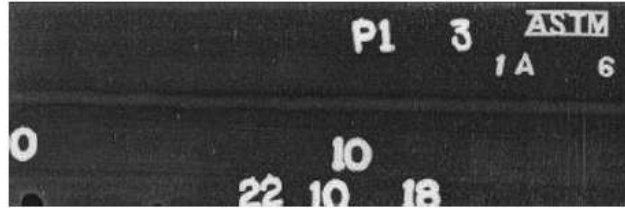


Şekil 44 - Kaynak esnasında ideal torç açılarını belirlemek için yapılan çalışmalar

Yapılan kaynaktan elde edilen veriler tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan radyografik muayeneye tabi tutulmuş alınan sonuçlar aşağıdaki şekil ve tabloda gösterilmiştir.

Tablo 15 - Radyografik Muayene Raporu

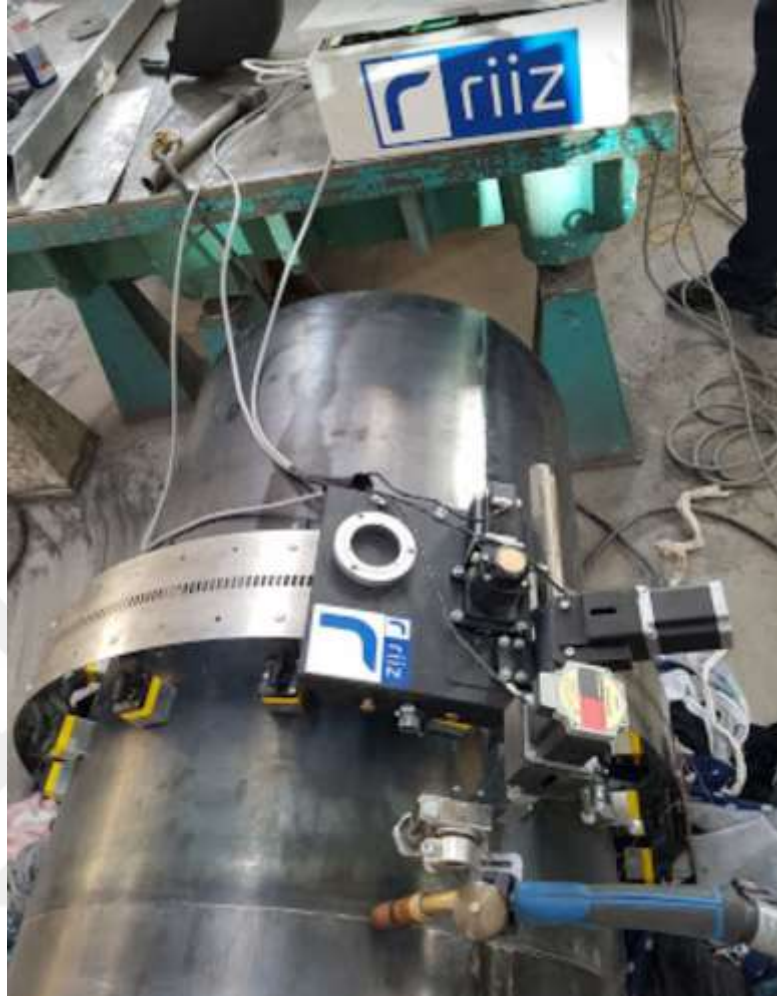
MÜŞTERİ ADI CUSTOMER NAME		RİİZ MAKİNA													
PROJE ADI PROJECT NAME		TEST PARÇASI													
KONTROL STDN. EXAMINA. CODE		TS EN ISO 17636-1				A	KABUL	COMPLIED WITH							
UYGULAMA STANDARTI		API 1104				R	RED	NOT COMPLIED WITH							
İŞİN KAYNAĞI RAD. SOURCE		İr 192				RS	FİLM ÇEKİM VE BANYO HATASI	RE-SDHOT							
ACTIVITE ACTIVITY		38 Ci				CO	KOMPLE KES	CUT OUT							
ODAK BOYUTU FOCAL SPOT		3X3mm				P	PANORAMİK	PANORAMIC							
KONTROL ORANI INSPECT. PERCENT.		100%				D	SPOT	DIRECTIONAL							
İŞİN-FİLM MES. S-FİLM DISTANCE		30 cm				SW	TEK CİDAR	SINGLE WALL							
FİLM TİPİ-MARK. FILM TYPE-B. NAME		FUJİ HD 80				DW	ÇİFT CİDAR	DOUBLE WALL							
POZ SÜRESİ EXPOSURE TIME		35 Sn				As	GÖZENEK	POROSITY							
PENETREMETRE PENETRAMETER		10 FEEN				Ab	GÖZENEK KAMALI	WARM HOLES							
ÇEKİM TEKNİĞİ GEOMETRIC AR.		P	D	SW	X	DW	Ac	SIRALI GÖZENEK	ALIGNED POROSITY						
TOPLAM FİLM AD. TOTAL FILM NUM.		10x12 cm		10x16 cm		10x24 cm		10x48 cm							
SIRA LINE NO	KAYNAK NO WELD NO	KAYNAKCI NO WELDER NO	DEĞER BÖLGESİ EVALUA. AREA	Ø (")mm ÇAP DIAMETER	t (mm) KALINLIK THICKNESS	FİLM		DEĞERLENDİRME EVALUATION				SONUÇ RESULT			
						YOĞUNLUK DENSITY	HASSASİYET SENSITIVITY	HATA CİNSİ DEFECT TYPE	HATA YERİ DEFECT LOCATION	İlk EVALUATION		Kesin LAST EVALUATION			
										A	R	RS	A	R	RS
1	W 1		0-15		5 mm	2/4	2%	Kaynakta kök yok							



Şekil 45 - Radyografik muayene görüntüsü



Şekil 46 - Dikey boruya bağlanmış kaynak traktörü



Şekil 47 - Yatay boruya bağlanmış kaynak traktörü

## 4. BÖLÜM TARTIŞMA – SONUÇ VE ÖNERİLER

### 4.1. Tartışma ve Değerlendirme

Teze konu olan bu prototipin ticarileştirme çalışmaları şu an devam ettiğinden her malzeme için ayrı detaya girilmemiştir. Tezde genel hatlarıyla belirtilmiştir.

Proje başlangıç aşamasında TÜBİTAK tarafından oluşturulan [53] teknoloji ilerleme seviyelerinin ölçüldüğü Teknoloji Hazırlık Seviyesi (TRL) soru seti incelendiğinde; başlangıç aşamasında TRL 2 seviyesinin tamamlandığı TRL 3 seviyesine geçildiği görülebilir.

Tablo 16 – Proje başvuru esnasında TRL Ölçümü [53]

TRL Seviyesi	Açıklama	Yürütülen / Yürütülmüş Proje Dahilinde Tamamlanmıştır
<b>TRL 1 Tanımı</b>	<b>Temel Bilimsel Araştırmalar:</b> Teknolojiye temel teşkil eden bilimsel araştırmalara ilişkin bir hipotezin formüle edildiği ve doğruluğunun sınıandığı; temel bilimsel çalışmaların tamamlandığı aşamadır.	
1	Temel bilimsel araştırmalara ilişkin hipotez formüle edildi mi?	Evet
	Bilimsel bir metodoloji veya yaklaşım geliştirildi mi?	Evet
	Hipotezi destekleyen/sınayan temel prensipler (fiziksel, biyolojik, kimyasal, matematiksel vb.), bilimsel kurallar ve varsayımlar tanımlandı mı?	Evet
	Hipotezi destekleyen temel prensipler (fiziksel, biyolojik, kimyasal, matematiksel vb.) gözlemlendi ve doğrulandı mı?	Evet
	Gözlem ve doğrulama/sınama araştırmaları sonucunda hipoteze ilişkin bilimsel bilgi geliştirildi mi?	Evet
<b>TRL 2 Tanımı</b>	<b>Temel Bilimsel Araştırmalardan Teknoloji Konsepti Tasarımı:</b> Teknoloji kapsamının ve karakteristik özelliklerinin tanımlandığı; uygulama sürecinin formüle edildiği aşamadır.	
2	Geliştirilen bilimsel bilginin potansiyel uygulamalarının kapsamı ve varsa sistemin/bileşenlerinin karakteristik özellikleri tanımlandı mı?	Evet
	Masa başı çalışmalarla, potansiyel uygulamaların yapılabiliğinin doğrulanması yapıldı mı?	Evet
	Potansiyel uygulama/sistem/bileşenlere yönelik teorik tasarımlar tamamlandı mı?	Evet
	Her bir potansiyel uygulama/sistem/bileşen için performans tahminleri belirlendi mi?	Evet
	Potansiyel uygulamaların analizi veya simülasyonu için analitik	Evet

	araçlar geliştirildi mi?	
<b>TRL 3 Tanımı</b>	<b>Temel Bilimsel Araştırmalardan Teknolojinin Yapılabilirliği:</b> Teknolojinin TRL-2’de belirlenen kritik ve/veya karakteristik özelliklerinin analitik ve deneysel olarak kanıtlandığı ( <i>Proof of concept</i> ) aşamadır.	
<b>3</b>	Geliştirilmesi hedeflenen teknoloji modellendi/simüle edildi mi?	Evet
	Potansiyel uygulama/sistem/bileşen için performans tahminleri deneyler veya modelleme/simülasyon çalışmaları ile doğrulandı mı? ( <i>Validation</i> )	Evet
	Teknolojinin yapılabilirliği deneyler ile gerçekleşti mi? ( <i>Verification</i> )	Hayır
	Teknolojinin/sistem bileşenlerinin hedeflenen kullanıma ilişkin uygulanabilirliği/entegrasyonu kanıtlandı mı?	Hayır
	Teknoloji/sistem performans metrikleri/isterleri oluşturuldu mu?	Hayır
	Teknolojinin/sistemin bilimsel yapılabilirliğinin (fizibilitesinin) fiziki gösterimi yapıldı mı? ( <i>Demonstration</i> )	Hayır
	Hedeflenen teknoloji/sistemin, mevcut teknolojilerle giderilemeyen bir teknolojik boşluğu dolduracağı veya bir ihtiyacı karşılayacağı kanıtlandı mı?	Evet

Projenin her ne kadar amacı ticarileşmek olsa da ilk etapta prototip üretip TRL 6 seviyesine çıkması hedeflenerek çalışmalara başlanmıştır. Girişimcilik finansman desteği ile beraber konuyla ilgili teknolojik olgunluk seviyesinin TRL 6 seviyesine çıktığı görülebilir.

Tablo 17 – Proje kapsamında teknolojik olgunluk seviyesi

TRL Seviyesi	Açıklama**	Yürütülen / Yürütülmüş Proje Dahilinde Tamamlanmıştır
<b>TRL 4 Tanımı</b>	<b>Laboratuvar Ortamında Teknoloji/Sistem Bileşenlerinin Gerçeklenmesi:</b> Hedeflenen teknoloji/sistem bileşenlerinin birbirine entegre edildiği ve doğrulanmasının ( <i>Validation</i> ) laboratuvar ortamında yapıldığı aşamadır.	
<b>4</b>	Son kullanıcının teknoloji/sistem gereksinimlerinin dokümantasyonu yapıldı mı?	Evet
	“Teknolojinin yapısal ve işlevsel planı” veya “sistem mimarisi” taslak olarak oluşturuldu mu?	Evet
	Teknoloji veya sistemin her bir bileşeninin istenen performans gereksinimlerini karşıladığı kanıtlandı mı?	Evet
	Teknolojinin/sistemin bileşenleri arasındaki uyumluluğun ve arayüz performanslarının fiziki gösterimi yapıldı mı? ( <i>Demonstration</i> )	Evet
	Teknolojinin/sistemin, “Basitleştirilmiş Ortamdaki” işlevselliğinin fiziki gösterimi yapıldı mı? ( <i>Demonstration</i> )	Evet
	Teknolojinin/sistemin performansının “Laboratuvar Ortamında” fiziki gösterimi yapıldı mı? ( <i>Demonstration</i> )	Evet
<b>TRL 5 Tanımı</b>	<b>Simüle Edilmiş (Benzetimli) Ortamda Teknoloji/Sistem Bileşenlerinin Gerçeklenmesi:</b> Bileşenlerin simüle edilmiş (benzetimli) ortamda test edildiği ve doğrulandığı aşamadır. ( <i>Validation</i> )	
<b>5</b>	Teknoloji/sistem bileşenlerinin, simüle edilmiş (benzetimli) ortamda, dahili (kendi aralarındaki) arayüz gereksinimleri dokümanede edildi ve analizleri tamamlandı mı?	Evet

	Teknoloji/sistem özellikleri ( <i>specifications</i> ) simüle (benzetim) edilebiliyor ve laboratuvar ortamında doğrulanabiliyor mu? ( <i>Validation</i> )	Evet
	Simüle edilmiş (benzetimli) ortam yüksek doğrulukta sonuç üretme potansiyeline sahip olacak şekilde tasarlandı mı?	Evet
	Her bir bileşenin işlevi, simüle edilmiş (benzetimli) ortamda test edildi ve gerçekleşti mi?	Evet
	Hedeflenen teknoloji/sistemin standartlarına ilişkin ön operasyonel gereksinimler oluşturuldu mu?	Evet
<b>TRL 6 Tanımı</b>	<b>Prototip Tasarımı ve Simüle Edilmiş Ortamda Doğrulanması:</b> Hedeflenen teknoloji/sistemin, temsili modeli veya prototipinin, simüle edilmiş ortam veya yüksek doğrulukta laboratuvar ortamında test edildiği aşamadır. Tam ölçekte karşılaşılan/karşılaşılabilecek gerçek problemler, uygun ortamda temsili model veya prototipe uygulanır.	
<b>6</b>	Hedeflenen teknolojinin/sistemin entegrasyonuna ilişkin hususlar belirlendi mi?	Evet
	Gerçek (operasyonel) ortam ve operasyonel gereksinimler tanımlanmış durumda mı?	Evet
	Hedeflenen teknoloji/sistem prototipi, simüle edilmiş ortam veya yüksek doğrulukta laboratuvar ortamında test edildi ve gerçekleşti mi? ( <i>Verification</i> )	Evet
	Hedeflenen teknoloji/sistem prototipinin performans özellikleri, simüle edilmiş ortam veya yüksek doğrulukta laboratuvar ortamında test edildi ve gerçekleşti mi? ( <i>Verification</i> )	Evet
	Hedeflenen teknoloji/sistemin “mühendislik fizibilite analizi” tamamlanarak, fizibilitesinin fiziki gösterimi yapıldı mı? ( <i>Demonstration</i> )	Evet
<b>TRL 7 Tanımı</b>	<b>Gerçek (Operasyonel) Ortamda Prototipin Doğrulanması:</b> Teknoloji/sistem prototipinin gerçek (operasyonel) ortamda tüm fonksiyonlarının fiziki gösteriminin yapıldığı aşamadır.	
<b>7</b>	Prototipte/pilot sistemde modellenen bileşenler, üretimde kullanılacak bileşenleri temsil edecek şekilde oluşturuldu mu?	Hayır
	Ara yüzlerin her biri, gerçek (operasyonel) ortamın gerektirdiği zorlamalı koşullarda (anormal ve stresli vb.) test edildi mi?	Hayır
	Teknoloji/sistem prototipinin fonksiyonlarına ilişkin testler gerçek (operasyonel) ortamda tamamlandı mı?	Hayır
	Entegre edilmiş prototipin, gerçek (operasyonel) ortamda fiziki gösterimi yapıldı mı?	Hayır
<b>TRL 8 Tanımı</b>	<b>Gerçek Ortamda Teknoloji/Sistem Performans Değerlendirmesi:</b> Teknoloji/sistemin son halinin beklenen koşullar altında çalışır durumda olduğu aşamadır.	
<b>8</b>	Tüm teknoloji/sistem bileşenleri yapı, entegrasyon ve fonksiyon bakımından gerçek ortamda uyumlu çalışır duruma geldi mi?	Hayır
	Teknoloji/sistem geliştirme süreci tamamlandı mı, gerçek ortamda performans değerlendirmesi yapıldı mı?	Hayır
	Teknik Gelişim Testi ve Değerlendirmesi (Development Test & Evaluation) başarıyla tamamlandı ve belgelendi mi?	Hayır
<b>TRL 9 Tanımı</b>	<b>Gerçek Ortamda Başarı ile Performans Gösteren Teknoloji/Sistem:</b> Geliştirilen teknoloji/sistemin gerçek ortamında çalışır durumda olduğunun kanıtlandığı aşamadır.	
<b>9</b>	Teknoloji/sistem operasyonel konsept belgesinde tanımlandığı şekilde çalışmakta mıdır?	Hayır
	Teknoloji/sistem belirlenen operasyonel ortamda kullanıma alındı mı?	Hayır
	Teknolojinin/sistemin etkinliği tümü ile fiziki olarak gösterildi mi? ( <i>Demonstration</i> )	Hayır
	Operasyonel test ve değerlendirme (Operational Test & Evaluation) başarı ile tamamlandı ve raporlandı mı?	Hayır

Teknoloji Hazırlık Seviyeleri incelendiğinde ürünün gerçek saha şartlarında denenmiş olmasına karşın henüz kompakt bir yapıda olmadığından operasyonel ortamda zorlamalı

koşullarda çalışabilir nitelikte değildir. Elektronik ekipman olarak henüz pano kullanan sistemin iyileştirilmesi ve daha küçük boyutlara indirgenmesi gerekmektedir.

#### **4.2. Yapılması Gerekenler**

Geliştirilen ürünün ticarileştirilmesi ve bu teknolojinin yerli üretim olarak ülkeye kazandırılması için;

TÜBİTAK 1507 kapsamında;

- Makinede kullanılan malzemelerin seçiminde en ideal şekilde hesaplanarak daha hafif olması sağlanacaktır.
- Elektronik kart tasarımı yapılarak PLC panosuna ihtiyaç duymadan çalışabilir hale gelecektir.
- Değişik torç başlıkları denenerak özellikle yatak pozisyonunda torç açısı en alta geldiğinde kaynağın akmasının önlenmesi için çeşitli hızlar ve torç açıları denenecektir.
- Geliştirilen ürün bir tersanede veya boru inşasında aktif olarak denenmesi sağlanacaktır.

Devamında bir melek yatırımcılık veya venture capital desteği ile büyüme ön görülmektedir. Şu an bu konuda sektörün en büyük yerli firması ile görüşmeler devam etmektedir.

### KAYNAKLAR

1. Karamış, MB., İmalat Yöntemleri, s.130, Erciyes Ü. Yay., Mart 2009, Kayseri
2. Anık, S., Kaynak Tekniği El Kitabı, s.6,12,13, Gedik Eğitim Vakfı Yay, Şubat 1991, İstanbul
3. Tülbentçi, K., Kaluç E., "Boru Hatlarında Otomatik MIG/MAG Kaynak Yönteminin Kullanımı ", Mühendis ve Makina Kaynak Özel Sayısı, 43, 11-16, (2002)
4. Tülbentçi, K., "MIG-MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı", Gedik Eğitim Vakfı Yay, 1990, İstanbul
5. Komaç, E., "Teknik Eğitim El Kitabı", Askaynak Yayınları, 2009
6. Anık S., Vural M., "Gazaltı Ark Kaynağı", Gedik Eğitim Vakfı, 2009
7. Karadeniz, S. Kaynak Makinaları "Amper'den İnverter'e", GEV Yayın No:5
8. "Doğru Torç Seçimi", Askaynak,  
[https://www.askaynak.com.tr/contents/34/20170615093322\\_askaynak-dogru-torc-secimi.pdf](https://www.askaynak.com.tr/contents/34/20170615093322_askaynak-dogru-torc-secimi.pdf) (çevrimiçi erişim tarihi: 11/06/2019)
9. ERTÜRK, İ., "Gazaltı Kaynak Teknikleri" Türkiye Halk Bankası A.Ş. Fon Kredileri Müdürlüğü 1987-ANKARA
10. MIG/MAG/TIG kaynaklar için koruyucu gaz seçim kılavuzu, Habaş,  
[http://31.186.23.93:81/uploads/files/MIG\\_MAG\\_TIG.pdf](http://31.186.23.93:81/uploads/files/MIG_MAG_TIG.pdf) (çevrimiçi erişim tarihi: 11/06/2019)
11. Gök, GV., Afyon, Ç., "Kaynak Uygulamalarında Robot Teknolojisi", Kaynak Teknolojisi II. Ulusal Kongresi
12. Köse, C., Tatlı Z., "Robotik Mıg Kaynak Yöntemi İle Birleştirilen 5754 Alüminyum Alaşımının Mekanik Ve Mikro yapı Özelliklerine Kaynak Hızının Etkisi", NWSA-Technological Applied Sciences, 2015
13. Lee D., Ku N., Kim TW., Kim J., Lee KY., Son YS. "Development and application of an intelligent welding robot system for shipbuilding", Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2010
14. Kam B., Jeon YB., Kim SB, "Motion Control Of Two-Wheeled Welding Mobile Robot With Seam Tracking Sensor", ISIE 2001. 2001 IEEE International Symposium on Industrial Electronics Proceedings (Cat. No.01TH8570)



15. Marhofer WE, Sanford S., Craig J., Flynn T, "Mobile automated pipeline welding and quality control system", US Patent, US5932123A, 1997
16. Wilsdorf, R., Pistor,R., Sixsmith, J. J., Jin, H., 2006, Welding Aluminum Pipe And Tube With Variable Polarity", Welding Journal, Vol. 85, no. 4, pp. 42-43.
17. Emmerson, J., 2000, Orbital Narrow Gap MCW Pipe Welding, Welding & Metal Fabrication, vol. 68, no. 8, pp. 9-11.
18. Sönmez U., Çavuşoğlu N., Ceyhun V., "Orbital Tig Kaynak Yöntemiyle Kaynak Edilmiş Dupleks Paslanmaz Çeliklerin Mekanik, Metalurjik Ve Korozyon Özellikleri", Kaynak Kongresi 1x. Ulusal Kongre ve Sergisi Bildiriler Kitabı, İzmir
19. Garcia, J. A. O., Lima, G. L. , Pereira, W. D. B., Guimarães, V. A., Neto, C. M., Paranhos, R. P. R., 2010, Characterization Of Titanium Welded Joints By The Orbital Gas Tungsten Arc Welding Process For Aerospace Application, Journal of Aerospace Technology and Management, São José dos Campos, Vol. 2, no. 2, pp. 211-218,
20. Benway, E. A., 2009, What To Look For in Orbital Welding Training Programs, Penton's Welding Magazine, vol. 82, no. 5, pp. 18-22,
21. Groeger, B., "Ein System zur rechnerunterstützten und wissensbasierten Bearbeitung des Konstruktionsprozesses", Konstruktion 42, 1990
22. Lehmann, C.M.: Wissensbasierte Unterstützung von Konstruktionsprozessen", Reihe Produktionstechnik, Bd. 76 München, 1989
23. Tropschuh, P., "Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems, München, 1989
24. Ulrich, KT., Eppinger, SD., "Product Desing and Developmemnt", McGraw Hill, NewYork, 1995
25. Birkhofer, H., Büttner, K, Reinemuth J., Schott H., "Netzwerkbasieretes Informationsmanagement für die Entwicklung und Konstruktion-Interaktion und Kooperetation auf virtuellen Marktplatzen", Konstruktion 47, 1995
26. Birkhofer H., Nötzke D., Keutgen, I., "Zulieferkomponenten inInternet", Konstruktion 52, 2000
27. Franke HJ., "Der Lebenszyklus technischer Produkte" VDI-Beriche Nr:512, Düsseldorf,1984

28. Franke HJ.,” Konstruktionsmethodik und Konstruktionspraxis-eine kritische Betrachtung” In: Proceedings of ICED’85 Hamburg, 1985
29. Pahl G., Beitz W., Feldhusen J., Grote KH. “Mühendislik Tasarımı Sistematik Yaklaşım”, Çev. Börklü HR., Hatipoğlu Basım ve Yayın,2010
30. Hubka V., “Theorie Technischer Systeme”, Springer, Berlin, 1988
31. DIN 69910: Wertanalyse, Begriffe, Methode, Berlin
32. VDI-Richtlinie 2801. Blatt 1-3: Wertanalyse, Düsseldorf: VDI-Verlag 1993
33. Voigt, CD., “Systematik und Einsatz der Wertanalyse, 3. Aufl München, Siemens Verlang 1974
34. Rodenacker, WG., “Methodisches Konstruieren” Konstruktionsbücher Bd.27 Berlin, Springer, 1970, 2. Aufl. 1976, 3. Aufl. 1984, 4. Aufl. 1991
35. Hansen, F., Konstruktionssystematik, VEB Verlag Technik, Berlin, 1996
36. Hubka V., Eder WE., “Theory of Technical Systems”, Springer, Berlin, 1988
37. Rehg, A. J., Kraebber, W. H. 2008. Bilgisayar Bütünleşik İmalat. ISBN: 978-605-4031-01-6, Değişim Yayınları, İstanbul.
38. Demirel MY, Karaağaç İ., “Bilgisayar Destekli Üretim Süreçlerine Genel Bir Bakış”, Engineer & the Machinery Magazine. 2014, Issue 652, p51-61. 11p
39. Lutters E., “Computer-Aided Design”, CIRP Encyclopedia of Production Engineering, DOI 10.1007/978-3-642-20617-7
40. Weck, O., “Computer Aided Design (CAD)”, Engineering Design and Rapid Prototyping, MIT, 2005
41. Makris S., “Computer-Aided Manufacturing”, CIRP Encyclopedia of Production Engineering, DOI 10.1007/978-3-642-20617-7
42. Elanchezian C, Selwyn TS, Sundar GS., “Computer-aided manufacturing”, 2nd edn. Laxmi Publications, New Delhi, 2007
43. Post AL., “Computer-aided manufacturing”, Encyclopedia of information systems Volume 1, Elsevier Science, USA, pp. 187–203, DOI:10.1016/B0-12-227240-4/00012-5, 2003
44. Zeid I., CAD/CAM Theory and Practice, International ed. (Computer Science Series). MacGraw-Hill, New York, 1991
45. G. WARNOCK Programmable Controllers Operation and Application, Prentice Hall

46. Özerdem, Ö., Samurkaş, T., “KKTC Üniversitelerinde Programlanabilir Lojik Kontrollerin Eğitimi ve PLC kontrollü Taşıma Amaçlı bir Laboratuvar Düzeneği Tasarımı”, 2003
47. KURTULAN, S., Programlanabilir Lojik Kontroller ve Uygulamaları, Bileşim Yayıncılık
48. Sungur, C., Terzioğlu, H., “Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC) ve Uygulamaları”, 2013, Konya
49. Kaynak Teknolojisi Derneği Başkanı Adem Kurt ile yapılan röportaj, Makine Magazin, 2013, <http://www.makinamagazin.com.tr/-haber/turkiye--kaynak-sektoru-kalitesiyle-tum-dunyada-one-cikiyor/3479> (çevrimiçi erişim tarihi: 11/06/2019)
50. TUCSA (Türk Yapısal Çelik Derneği), “Yapısal Çelik Kullanımı, Üretim Kapasiteleri, Çeliğin Avrupa ve Türkiye İnşaat Sektöründeki Yeri” Türk Yapısal Çelik Derneği, 2005
51. Demir Çelik Sektör Raporu, Vakıf Yatırım, 2017
52. Türk Makine Sanayi Sektör Raporları, “Kaynak Makineleri Sektör Raporu”, 2010
53. Teknoloji Hazırlık Seviyesi Soru Seti, TÜBİTAK, 2018, <https://tubitak.gov.tr/sites/default/files/1776/tr1-sorulari-genel.xlsx> (çevrimiçi erişim tarihi: 11/06/2019)

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Ali İhsan YOĞURT

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 30.05.1988 / Gölner

Medeni Durumu: Evli

Tel: +90 533 5454476

e-mail: [aihsan@live.com](mailto:aihsan@live.com)

Yazışma Adresi: Riiz Makine Ltd. Şti.

Erciyes Üniversitesi TGB Bölgesi Tekno-5 Binası Zemin Kat 67/4 27

### EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	ERÜ, Makine Mühendisliği	2011
Lise	Karaman Lisesi, Karaman	2004

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2017- Devam	Riiz Makine Ltd. Şti.	Genel Müdür
2015- Devam	Erciyes Teknopark AŞ.	TTO Uzmanı
2014-2015	Anı Bisküvi AŞ.	Yeni Yatırımlar ve Bakım Şefi
2012-2014	Merkez Çelik AŞ.	Metal Üretim Uzman Yardımcısı

### YABANCI DİL

İngilizce