

**YENİ TİP PLASTİK BORU KAYNAK MAKİNESİNİN  
TASARIMI, İMALATI VE İNCELENMESİ**

**2016  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Kadir YENİAYDIN**

**YENİ TİP PLASTİK BORU KAYNAK MAKİNESİNİN TASARIMI,  
İMALATI VE İNCELENMESİ**

**Kadir YENİAYDIN**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2016**

Kadir YENİAYDIN tarafından hazırlanan "YENİ TİP PLASTİK BORU KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI, İMALATI VE İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Sezayi YILMAZ

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

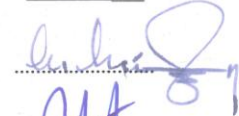


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 5/2/2016

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN (GÜ)



Üye : Prof. Dr. Sezayi YILMAZ (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Şafak ATAŞ (KBÜ)



...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

*Kadir YENİAYDIN*

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **YENİ TİP PLASTİK BORU KAYNAK MAKİNESİNİN TASARIMI, İMALATI VE İNCELENMESİ**

**Kadir YENİAYDIN**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Sezayi YILMAZ**

**Ocak 2016, 62 sayfa**

Günümüzde kentleşmenin artmasıyla birlikte inşaat sektöründe enerji ihtiyacı ve işgücü artmaktadır. Bu artışa paralel olarak teknolojik ürünlerin ve cihazların kullanımı her geçen gün önem kazanmaktadır. Sektörde imalatın ve montajın hızlanması, maliyetin düşürülmesi ancak ileri teknoloji ürünleri ile mümkün görünmektedir. İnşaat sırasında, binalarda ana taşıyıcılardan sonra gelen en önemli yapıtaşlarından biri de mekanik tesisatlardır. Son yıllarda bu alanda PPRC borular yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu boruların kaynak işlemlerinde işçiliği kolaylaştıran, dolayısı ile montajı hızlandıran, hafif ve düşük enerji tüketimi ile ideal kaynak gerçekleştiren kaynak makinelerinin tasarlanması ve imal edilmesi son derece önemlidir.

Bu çalışmada, yeni nesil alüminyum gövde açılır kanat sistemli yeni bir PPRC boru kaynak makinesi tasarlanarak imal edilmiştir. İmal edilen cihaz, kullanım kolaylığı,

enerji, iş gücü maliyetleri açısından değerlendirilmiştir. Kaynak makinesi ile yapılan kaynaklara, kaynak sağlamlığına yönelik TS-EN-ISO15874- bölüm 4'e uygun olarak basınç ve basma dayanımı testleri uygulanmıştır. Elde edilen test sonuçları değerlendirildiğinde, yapılan kaynakların standarda uygun olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Sözcükler :** PPRC boru kaynak makinesi, PPRC boru.

**Bilim Kodu** : 914.1.090

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **DESIGNING, MANUFACTURING AND INVESTIGATION OF NEW TYPES OF PLASTIC PIPE WELDING MACHINE**

**Kadir YENİAYDIN**

**Karabük University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Energy System Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Sezayi YILMAZ**

**January 2016, 62 pages**

Increasing urbanization have increased the energy need and workforce in civil industry. Parallel to this increase, technological products and devices are being used more. Improving the production and assembling speed and decreasing the costs seem to be possible only by using advanced technology products. Mechanical installations in the buildings are one of the most important parts of the building after the main load-bearing columns. Recently, PPRC pipes are widely used in this purpose. It is important to design and produce an ideal easy to handle PPRC welding machine that facilitates the welding procedure and consumes less energy.

In this study, a new PPRC pipe welding machine with opening arms was designed and manufactured from new generation aluminum. The manufactured machine was evaluated in terms of ease of use, energy consumption and workload. Besides, pressure and compressive strength test were applied to the welding performed by the

developed machine according to the TS-EN-ISO15874-Section 4. Test results showed that welding done by the machine complies with the welding standards.

**Key Words** : PPRC welding machine, PPRC tube.

**Science Code** : 914.1.090



## TEŞEKKÜR

Tez çalıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında, yürütölmesi ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, sayın hocam Prof. Dr. Sezayi YILMAZ'a sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıŐmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Mehmet ÖZKAYMAK'a teşekkür ederim.

Tez çalıŐmasının deneysel sonuçlara ulaşmasında yardımcı olan Fırat Plastik Kalite Mühendisi Onur YILMAZ'a teşekkür ederim.

Sayın Mine TAYKURT DADAY, Mustafa DADAY, Ahmet DADAY, Fatih YENİAYDIN ve eşim Elif YENİAYDIN'a hiçbir yardımını esirgemedен yanımda oldukları için teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa</u></b>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMAÇ VE KAPSAMI.....	2
1.2. PPRC KAYNAK MAKİNELERİ VE ÖZELLİKLERİ.....	3
BÖLÜM 2 .....	6
GENEL BİLGİLER .....	6
2.1. PLASTİK MALZEMELERE GİRİŞ .....	6
2.2. TANIMLAR.....	6
2.2.1. Plastiklerin Sınıflandırılması .....	7
2.3. PLASTİKLERİN FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ .....	8
2.3.1. Plastiklerin Özelliklerinin Diğer Malzemelerle Karşılaştırılması .....	10
2.4. PLASTİKLERE UYGULANAN BİRLEŞTİRMEYÖNTEMLERİ.....	11
2.5. TERMOPLASTİK BORU SİSTEMLERİ .....	12
2.5.1. Boru Sistemlerinin Gelişimi .....	12
2.5.2. Termoplastik Boru Malzemeleri.....	13
2.5.2.1. Polivinil Klorür (PVC).....	13
2.5.2.2. Klorlu Polivinil Klorür (CPVC).....	14
2.5.2.3. Polietilen (PE).....	14

	<b><u>Sayfa</u></b>
2.5.2.4. Akrilonitrilbütadienstiren (ABS) .....	15
2.5.2.5. Polibütilen (PB) .....	15
2.5.2.6. Polipropilen (PP) .....	15
2.5.2.7. Diğer Termoplastikler .....	16
2.6. TERMOPLASTİK BORULARIN AVANTAJLARI .....	16
2.7. TERMOPLASTİK BORULARIN MAHZURLARI.....	19
2.8. TERMOPLASTİK BORULARDA MALZEME SEÇİMİ .....	20
2.9. TERMOPLASTİK BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ .....	20
2.9.1. Yapıştırma Yöntemi .....	20
2.9.2. Mekanik Birleştirme Yöntemleri .....	21
2.9.2.1. Esnek Conta İle Birleştirme .....	21
2.9.2.2. Vidalı Birleştirme.....	21
2.9.2.3. Mekanik Ekleme .....	22
2.9.2.4. Flanşlı Birleştirme.....	23
2.10. KAYNAK İLE BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ .....	24
2.10.1. Sıcak Gaz Kaynağı .....	24
2.10.2. Alın Kaynağı.....	25
2.10.3. Soket Kaynağı.....	28
2.10.4. IR (Kızılötesi) Kaynağı.....	29
2.11. PLASTİK KAYNAĞINA ETKİ EDEN PARAMETRELER.....	30
2.11.1. Kaynak Süresi .....	30
2.11.2. Baskı Gücü.....	30
2.11.3. Malzemenin Kalınlığı .....	31
2.11.4. Kullanılan Amper .....	31
2.11.5. Kaynak Hataları .....	31
<b>BÖLÜM 3 .....</b>	<b>33</b>
<b>MATERYAL VE METOD .....</b>	<b>33</b>
3.1. TEKNİK ALAN .....	33
3.2. ÖNCEKİ TEKNİK .....	33
3.3. YENİ TİP PPRC BORU KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI .....	35

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.4. METOD .....	42
BÖLÜM 4 .....	43
DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	43
4.1. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ.....	51
BÖLÜM 5 .....	58
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	58
KAYNAKLAR .....	60
ÖZGEÇMİŞ .....	62

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Plastiklere uygulanan birleştirme yöntemlerinin sınıflandırılması .....	11
Şekil 2.2. NPT konik dış formu .....	22
Şekil 2.3. Dış yüzüğün sıkıştırılması ile birleştirme .....	23
Şekil 2.4. 8 delikli flanş için cıvataların sıkılma arası .....	23
Şekil 2.5. Sıcak gaz kaynağının uygulanışı torç nozul.....	25
Şekil 2.6. Alın kaynağının uygulanışı kaynak makinesine bağlanmış borular boruların sıcak elemana teması sıcak eleman ayrıldıktan sonra boruların bir araya getirilerek basınç altında soğuması .....	26
Şekil 2.7. Soket kaynağı işlemleri hazırlık, hizalama ve ön ısıtma, birleştirme ve soğuma .....	29
Şekil 2.8. Kızılötesi kaynak makinesi .....	30
Şekil 3.1. Standart boru kaynağı .....	34
Şekil 3.2. Makinenin şematik görünümü .....	36
Şekil 3.3. Makinenin perspektif görünüşü .....	37
Şekil 3.4. Makinenin ahşap kalıbı .....	39
Şekil 3.5. Makinenin dökme kalıp alüminyum ile imalatı .....	40
Şekil 3.6. AA7075 alüminyum serisi imalat çizimleri.....	41
Şekil 3.7. Makinenin görünüşü .....	41
Şekil 4.1. Deney düzenekleri .....	43
Şekil 4.2. Deneylein yapılışı .....	44
Şekil 4.3. PPRC boruların kesilmesi ve manşonların eklenmesi .....	45
Şekil 4.4. PPRC borularından yan kesit alınması .....	46
Şekil 4.5. Kaynakları yapılan PPRC borularına sıyırma yöntemi uygulanması .....	46
Şekil 4.6. Kaynakları yapılan 20 mm – 25 mm PPRC borularının dayanım testi....	46
Şekil 4.7. Kaynakları yapılan 32 mm PPRC borularının dayanım testi.....	47
Şekil 4.8. 20 mm - 25 mm - 32 mm borularının birleştirilmesi .....	48
Şekil 4.9. 20 mm -25 mm - 32 mm borularının makineye bağlanması ve basınç havuzuna atılması.....	48
Şekil 4.10. 60 bar basınçta malzemelerin kaynak süre ve basınç ölçüm değerleri ....	49
Şekil 4.11. 90 bar'da basınç testi .....	50

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 4.12. 90 bar’da basınç set değerleri .....	50
Şekil 4.13. 90 bar’da süreç sonundaki tablo değerleri .....	51
Şekil 4.14. Malzemelerin basınç havuzundan çıkartılması .....	51
Şekil 4.15. Dar alanlarda kaynak yapılışı.....	54
Şekil 4.16. 32 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi .....	55
Şekil 4.17. 25 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi .....	56
Şekil 4.18. 20 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi .....	56

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Malzeme özellikleri .....	10
Çizelge 2.2. Termoplastik boru malzemelerinin özellikleri.....	16
Çizelge 2.3. Flanş büyüklüğüne göre önerilen cıvata sıkma torkları.....	24
Çizelge 2.4. Plastik boru malzemeleri için önerilen gaz cinsi ve sıcaklık değerleri..	25
Çizelge 2.5. PE borularda sıcak elemanın ayrılması için gerekli çapak boyutu .....	27
Çizelge 2.6. Soket kaynağının uygulanabileceği ergime akış hızı aralıkları .....	28
Çizelge 3.1. Makinede kullanılan malzeme özellikleri ve ölçüleri.....	38
Çizelge 3.2. Deneyde kullanılan ölçüm cihazları.....	42
Çizelge 4.1. Makinelerin zaman içerisindeki sıcaklık değişim tablosu .....	54
Çizelge 4.2. Makinelerin kaynak süreleri tablosu.....	55

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

$m^3$	: metreküp
g	: gram
$cm^2$	: santimetrekare
$g/cm^3$	: özgül ağırlık
W/m.K	: ısı iletkenlik
$cm/cm^{\circ}C$	: ısıl genleşme
%	: yüzde
$Ohm \times cm^2$	: elektrik direnci
$cm^3$	: santimetreküp
mm	: milimetre
km	: kilometre
$^{\circ}C$	: derece santigrat
MPa	: megapascal
GPa	: gigapascal
$\sigma_s$	: gerilme katsayısı
s	: boru serileri
C	: plastik malzemeler için alt sınır katsayısı
SDR	: standart çap oranı
DN	: nominal çap
SR	: boru halka rijitliği
bar	: basınç
in	: inç
N	: newton
kgf	: kütlesi 1 kg olan bir cismin, standart yerçekimi altında uyguladığı kuvvet



## KISALTMALAR

AA7075	: 2.7 g/cm <sup>3</sup> yoğunluğu olan alüminyum alaşımı
A/MMA	: Akrilonitril/Metil metakrilat
A/S/A	: Akrilonitril/Stiren/Akrilat
ABS	: Akrilonitril/Butadien/Stiren
CA	: Selülöz Asetat
CAB	: Selülöz Asetat Butirat
CAP	: Selülöz Asetat Propiyonat
CF	: Krezol Formaldehit
CMC	: Karboksi Metil Selülöz
CN	: Selülöz Nitrat
CP	: Selülöz Propiyonat
CS	: Kazein
CTA	: Selülöz Triasetat
DAP	: Diállül Ftalat
E/EA	: Etilen/Etil akrilat
EC	: Etil Selülöz
EP	: Epoksit
ES	: Etilen/Propilen/Dien/Stiren
ETFE	: Etilen Tetraflor Etilen
EVA	: Etilen Vinilasetat
EVAL	: Etilen Vinilalkol
FEP	: Perfloretillen Propilen Kopolimeri
MBS	: Metilmetakrilat/Butadien/Stiren
MC	: Metilselülöz
MF	: Melamin Formaldehit
MFR	: Kütlesel Erime Akış hızı
MPF	: Melamin Fenol Formaldehit
PA	: Poliamid
PA6/12	: PA6 ve PA12 Kopolimeri
PA66/610	: PA66 ve PA610 Kopolimeri
PAN	: Poliakrilnitril

PB	: Polibuten
PBT	: Polibutilen Teraftalat
PC	: Polikarbonat
PCTFE	: Poliklor Triflor Etilen
PDAP	: Polidiallil Ftalat
PE	: Polietilen
PE-C	: Klorlu PE
PE-HD	: Yüksek yoğunluklu PE
PEI	: Polieterimid
PE-LD	: Düşük yoğunluklu PE
PE-LLD	: Lineer düşük yoğunluklu PE
PEOX	: Polietilen oksit
PET	: Polietilen tereftalat
PE-UHMW	: Ultra yüksek moleküllü PE
PE-V	: Ağlaşmış PE
PE-VLD	: VeryLowDensity PE
PF	: Fenol formaldehit
PHA	: Fenol akrilat reçinesi
PI	: Polimid
PIB	: Poliizobutilen
PIR	: Poliizosiyanürat
PMI	: Polimetakrillmid
PMAA	: Polimetril Metakrilat
PMP	: Polimetil Penten
POM	: Polioksimetilen
PP	: Polipropilen
PP-C	: Klorlu PP
PPE	: Polifenilen Oksit
PP-O	: Biaksiyal Yönlenmiş PP
PPOX	: Polipropilen Oksit
PPRC	: Polipropilen Random Kopolimer
PPS	: Polifenilen Sülfid
PS	: Polistiren

PS-E	: Genleştirilmiş PS
PSU	: Polisüfit
PTFE	: Politetraflor Etilen
PUR	: Poliüretan
PVAC	: Polivinil Asetat
PVAL	: Polivinil Alkol
PVB	: Polivinil Butiral
PVC	: Polivinil Klorür
PVC-C	: Klorlu PVC
PVDC	: Polivinil Diklorür
PVDF	: Polivinil Diflorür
PVF	: Polivinil Florür
PVFM	: Polivinil Formal
PVK	: Polivinil Karbazol
PVP	: Polivinil Prolidon
PVPD	: Polivinil Piridin
RF	: Resorsin/Formaldehit
S/MS	: Stiren/Metilstiren
SAN	: Stiren/Akrilnitril
SI	: Silikon
SP	: Doymuş Poliester
T	: Triazin
TR	: Thermoplastic Rubber
UF	: Üre Formaldehit
UP	: Doymamış Poliester
VC/E	: Vinilklorür/Etilen
VC/E/MA	: Vinilklorür/Etilen/Metilakrilat
VC/MA	: Vinilklorür/Metilakrilat
VC/MMA	: Vinilklorür/Metilmetakrilat
VC/OA	: Vinilklorür/Oktilakrilat
VC/VAC	: Vnilklorür/Vinilasetat
VC/VDC	: Vinilklorür/Vinildiklorür
VE	: Vinilester

UHMW : Çok yüksek molekül ağırlığı  
PEX : Çapraz bağlı polietilen  
ABD : Amerika Birleşik Devletleri  
DWV : Pis su-drenaj havalık  
TSE : Türk Standartları Enstitüsü  
PN : Nominal basınç  
MRS : Gerekli en düşük dayanım  
HDPE : Yüksek yoğunluklu polietilen  
GFRP : Cam takviyeli plastik boru  
NPT : Konik dış formu  
e : Et kalınlığı

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen inşaat sektörü, hızlı yapılaşma ve artan ham madde ihtiyacı teknolojik makineleşmeyi beraberinde getirmektedir. Teknolojiye uygun olmayan, ihtiyaca cevap veremeyen makine ve teçhizatlar ülkelerin gerilemesine; bu da iş gücünün ve harcanan zamanın artmasına neden olmaktadır. Makineleşme ile beraber inşaat sektöründe kullanılan ham madde ve malzemeler farklılık göstermektedir. Sektörde kullanılan ürünlerin kullanım alanına göre maliyeti düşük ve mukavemeti yüksek malzemelerden seçilmesi gerekmektedir. İnşaat ve alt yapının vazgeçilmezi olan tesisat borulama işlemi ve malzeme seçimi bu kriterler dikkate alınarak yapılmalıdır. İlk çağlarda kullanılan içi oyulmuş ağaç kütüklerinden oluşan tesisat boruları yerini galvanizli boruya ve sonrasında plastik boruya bırakmıştır. Türkiye’de mekanik tesisatların %13’ünü plastik boru tesisatları oluşturmaktadır. Mekanik tesisat alanında sıvı akışkan iletiminde çelik ve galvanizli borular yerine PPRC boruların tercih edilme nedenleri:

- Fiyatlarının düşük olması
- Daha az tesis işçiliği gerektirmesi
- İş kaza riskinin düşük olması
- Uzun ömürlü olması
- Kolay eklenebilir ve şekil alabilir olması
- Hafif olması
- Sağlıklı olmasıdır.

Plastik boruların birleştirilmesi, montajlanması PPRC kaynak makineleriyle yapılmaktadır. Teknolojinin hızla gelişmesine karşın, hâlihazırda kullanılan standart PPRC boru kaynak makinesinin ihtiyaca cevap veremediği gözlenmektedir. Kullanılan kaynak makineleri ağırlığı sebebiyle kullanıcıyı çok yormakta, boyutunun

büyüküğü ve sabit kaynak aparatları nedeni ile uygulama alanında kaynak yapımında zorluklara sebep olmaktadır. Yaygın olarak kullanılan 20 mm – 25 mm – 32 mm çaplarındaki tesisatlarda sabit kaynak aparatı nedeniyle sürekli aparat değiştirilmesi gerekmektedir.

Cihaz değişimi yapılabilmesi için ısınan kaynak makinesinin önce soğuması, kaynak aparat yerlerinin değiştirilmesi ve sonra tekrar ısınması beklenmektedir. Bu uygulama da zaman, enerji ve iş gücü kaybına sebep olmaktadır. İnşaat sektöründe hazır kalıp ve hazır beton teknolojisinin gelişimi binaların yapım sürelerini çok kısaltmıştır. Buna bağlı olarak tesisat sistemlerinin kurulması da kısa sürede gerçekleştirilme durumundadır. Tesisat sistemlerinin projelerine uygun olarak hızlı yapılabilmesi teknolojik donanıma ve montaj ekibinin becerisine bağlıdır. PPRC malzemeden yapılan tesisatlarda montaj ekibinin boru ve birleştirme parçalarının kaynak edilmesinde kullanacağı donanım son derece önemlidir. Burada kullanıcıların tercih ettikleri kaynak makinesi, kısa sürede ısınmalı ve hafif olmalıdır. Tesisattaki farklı çaptaki boruların birleştirilmesinde kaynak makinesi üzerindeki aparatlar değiştirilmeden kullanılabilmelidir. İnşaatın değişik noktalarında kullanılabilmeleri için ergonomik olmalıdır. Yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı bu problemleri ortadan kaldıracak bir kaynak makinesinin tasarımı ve geliştirilmesi son derece önem arz etmektedir.

## **1.1. ÇALIşMANIN AMAÇ VE KAPSAMI**

Çalışmanın amacı; mekanik tesisat alanlarında PPRC boru kaynaklarında kullanılacak olan iş gücünü, zamanı ve enerji sarfiyatını en aza indirecek yeni bir boru kaynak makinesini tasarlamak, imal etmek ve deneysel olarak incelemektir.

Bu çalışma, amacına uygun olarak, imal edilerek PPRC boru kaynak makinesinin uygun malzeme seçimi yapılarak "Solid Works" ortamında tasarlanmasını, imalatını ve kaynak sağlamlığı açısından basma gerilimi ile iç basınç testlerini kapsamaktadır.

Yapılan çalışma ile aktif, pratik, çözümcü ve iş kaza riskini en aza indirecek bir makine elde edilmesi hedeflenmektedir.

## 1.2. PPRC KAYNAK MAKİNELERİ VE ÖZELLİKLERİ

Tesisatta güvenilirliği maksimum seviyede tutmak için, tesisatta kullanılan malzeme kalitesi kadar tesisattaki kaynak noktalarının sağlıklı oluşu da bir o kadar önemlidir. Tesisatta PPRC borular soket kaynağı ya da PPRC boru kaynağı adı verilen birleştirme yöntemi kullanılmaktadır. Soket kaynağı, PPRC boru ve ek parçalarının PPRC boru kaynak makinesi yardımıyla ısı verilerek parçaların birbirine birleştirilmesi esasına dayanmaktadır.

Uygulamada yapılan hatalara sebebiyet vermemek için boru ek ve parçaların homojen bir yapıda olmasına, boru ek ve parçaların boşluklu olmamasına önem gösterilmelidir. Aksi takdirde malzemenin heterojen yapıda olmasından kaynaklı oluşan boşluklardan sızımlar oluşabilir.

Birleştirme yapılırken önemli olan diğer bir faktör de soket kaynak makinesi yapısı içindeki alüminyum yapısı ve kaynak makinesi sıcaklığıdır. Sıcaklık yükseldiği takdirde kaynak yapılacak ek parçalar fazla erimekte ve mukavemetin düşük olmasına sebebiyet vermektedir. Sıcaklık biraz daha fazla olduğu takdirde boru kaynak makinesi üzerinde deforme olma; hatta daha kötüsü, içerisindeki devre ve kablolar eriyerek makine çalışmaz hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda; polietilen boruların soket kaynağıyla kaynak işlemi uluslararası kaynak standarda DVS 2207 (termoplastik boru sistemlerinin kaynak yapılması) uygun olarak yapılmaktadır.

Kaynağın verimliliğini etkileyen faktörlerden en önemlisi kaynak makinesidir. Soket kaynak ile kaynak yönteminde ısınan gövde ısıyı erkek ve dişi başlıkları olan aparatlara iletir. Aparatların derecesi 260 °C 'ye ulaştığında verimli kaynak işlemi gerçekleşmeye hazır demektir. Kaynak yapılır ve sonra soğuma gerçekleştirilir ve kullanıma sunulur.

PPRC borularda boru çeşidine göre birçok birleştirme şekilleri ve kaynak makineleri bulunmaktadır. Yaptığımız çalışma doğrultusunda soket kaynağında incelemelerde bulunulacak ve çalışmalar, PPRC boru kaynak makinesi geliştirilmesi yönünde olacaktır.

PPRC boru kaynak makinelerinin enerji yönünden ekonomik, sağlamlık yönünden mukavemetli olması gerekmektedir. Yapılan çalışma ve yeniliklerde bu iki faktör göz önünde tutularak kaynak makinelerin geliştirilmesi sağlanmıştır. PPRC boru kaynağı imalatı yapılırken; kaynak süresince geçen süre, gövde - aparat arası ısı transferi yapabilme özelliği, makinenin hafif ve dayanıklı olması, en önemlisi uygun malzeme seçilmesine dikkat edilmektedir. Malzemenin homojen yapıda olması ısının aparatlara homojen yayılmasına ve kaynağın daha verimli olmasına olanak sağlamaktadır. Kaynak makinesinin hafif olması kullanıcıya daha uzun süre kaynak yapabilme olanağı sağlamaktadır.

Piyasada bulunan makineler; ağırlığı 3-8 kg arası değişebilen, çalışma sıcaklığı 260 °C 'ye kadar yükselen, besleme gerilimi 220~240 V arasında olan, kablo özellikleri 3x1,5 mm<sup>2</sup> kullanılan, 1600 Watt gücünde, dökme alüminyum gövdeli ve çift rezistanslı boru kaynak makineleridir. Genellikle aparatlarıyla birlikte 32\*8\*6.5cm (boy\*yükseklik\*genişlik) ölçülerinde imal edilmektedirler.

Bu makinelerde 1600 Watt gücündeki elektrikli rezistanstan elde edilen ısı dökme alüminyum gövdenin istenen sıcaklığa kadar ısınmasını sağlar. Gövdeden elde edilen ısı 20 mm -25 mm -32 mm olan aparatlara iletilir. Böylece makine kaynak yapmak için hazır hale gelir. Aparatların ve gövdenin sıcaklığı 260 °C 'ye ulaştığında termostat kontrolü ile elektrik akımı kesilir. Bu sıcaklık ayarlanan noktada sürekli sabit tutulur. Boruların ve ek parçaların birleştirme işlemi bu ayarlanan sıcaklıkta gerçekleşmektedir.

PPRC kaynak işleminde kaynak verimliliğini etkileyen etmenler şunlardır:

- Kaynağın yapıldığı ortam (sıcaklık, rüzgâr, nem, kar, güneş, yağmur),
- Cihazın üzerindeki sıcaklık dağılımları,
- Kaynak makinesinin boyutları,
- Kaynak makinesinde kullanılan malzeme,
- Kaynak makinesinin ısı transfer özelliği, ısıyı homojen dağıtabilme özelliği,
- Kaynak yapılan malzemenin çapı



Yapılan kaynak verimliliği yanında kullanılmakta olan standart boru kaynak makinelerinde yaşanan en önemli problemlerden biri malzemedir. Dökme alüminyum kaynak süresince erken soğumalara neden olmaktadır. Diğer bir etken ise makinenin kullanılabilirliğidir. Standart boru kaynak makinesi gövdesinin uzunluğu 15-20 cm arasında değişmektedir. Bu gövdeye kaynak yapma parçaları (aparatlar), gövdeden uca doğru sıralı bir şekilde yerleşmiştir. Bu yerleşime göre kaynak yapımı çok zor olmaktadır. Kaynağı tek çap aparat ve boru ile yapabilme kolaydır. Fakat tesisatlarda tek çapla boru ve buna bağlı olarak aparat kullanımı çok azdır. Bu nedenle makinedeki diğer aparatların kullanımı için sık sık aparatlarının yer değiştirilmesi gerekmektedir. Bu yer değiştirme işlemi yapılırken; aparatların sökülmesi için makinenin soğuması beklenmekte ve sonra yer değiştirme işlemi yapılmaktadır. Kullanılacak olan aparatın yer değişimi yapıldıktan sonra makine tekrar çalıştırılarak kaynak işlemine devam edilmektedir. Kaynak aparatlarının sökülüp takılması esnasında harcanan zaman ve ısınması esnasındaki enerji kaybı tesisatlarda önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır.

## **BÖLÜM 2**

### **GENEL BİLGİLER**

#### **2.1. PLASTİK MALZEMELERE GİRİŞ**

#### **2.2. TANIMLAR**

Kadir YENİAYDIN tarafından hazırlanan "YENİ TİP PLASTİK BORU KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI, İMALATI VE İNCELENMESİ" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Sezayi YILMAZ

Tez Danışmanı, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 5/2/2016

Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Prof. Dr. Hikmet DOĞAN (GÜ)

Üye : Prof. Dr. Sezayi YILMAZ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şafak ATAŞ (KBÜ)

İmzası



...../...../2016

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



II

Plastikler, esasını makro molekülü organik maddelerin oluşturduğu yapay veya doğal maddelerin kimyasal yoldan dönüştürülmesiyle elde edilmiş malzemelerdir.

Organik madde, anorganik kimyanın dışında kalan ve esasını karbonun teşkil ettiği, canlı varlıklarda bulunabildiği gibi, yapay olarak da elde edilebilmesi m¼mk¼n olan maddelere denir.

Organiklerin başlıca ¼zellikleri: Isıya dayanıklı değillerdir, yanıcıdırlar. Polimer b¼y¼k molek¼ll¼ maddelere denir. B¼y¼k molek¼ll¼, yani makro molek¼ll¼ maddeler sadece plastikler değildir. Plastiklerin yanında b¼y¼k molek¼llere sahip hem organik (sel¼loz, protein, nişasta vb.) ve hem de inorganik (kuvars, cam vb.) maddeler bulunmaktadır. Monomer, makro molek¼l oluşturabilen molek¼l niteliğindeki atom topluluklarıdır. Makro molek¼l ise birbirine kovalent bağı ile bağlanmış k¼¼k atom gruplarından oluşan monomerlerin birbirine tekrar kovalent bağlarla kenetlenmesi ile meydana gelen b¼y¼k atom topluluklarıdır. Monomerlerin tekrarından oluşurlar. Homopolimer, aynı monomerlerden oluşan makromolek¼le denir. Kopolimerlere oranla daha derli toplu makromolek¼llerdir. Yine kopolimerlere oranla daha y¼ksek ergime sıcaklığına, daha y¼ksek kimyasal kararlılığa, daha y¼ksek eğme dayanımına ve daha y¼ksek sertliğine sahiptirler.

Kopolimer, birden ¼ok monomer t¼r¼nden meydana gelen makromolek¼ld¼r. Kopolimerler metallerdeki katı eriyik t¼r¼nden alaşımlarla karşılaştırılabilir. Yani bunlara plastiklerin katı eriyik cinsinden alaşımları g¼z¼yle bakılabilir.

Polimerizasyon derecesi, bir makro moleküldeki ortalama monomer adedi demektir. Dolayısıyla, bir monomerin molekül ağırlığıyla polimerizasyon derecesinin çarpımı o makro molekülün molekül ağırlığını verir [1].

### **2.2.1. Plastiklerin Sınıflandırılması**

Plastiklerin sınıflandırması çeşitli yönlerden yapılabilir. Ham maddelerine göre sınıflandırma yapılacak olursa:

Tamamen yapay olanlar (Bu tür plastiklerin monomerleri petrol ve doğalgaz gibi maddelerin sentezi yoluyla kazanılır.)

Doğal maddelerin dönüştürülmesiyle elde edilenler (hammaddeleri selülöz ve ağaç reçineleri gibi büyük moleküllü doğal organik maddelerin kimyasal işlemlerden geçirilmesiyle elde edilirler) olarak iki gruba ayrılır.

Üretim yöntemlerine göre sınıflandırma yapılacak olursa:

Polimerizatlar (Polimerizasyon yöntemiyle üretilen plastiklerdir. Polimerizasyon, aynı cins veya benzer monomerlerin yan yana birleşerek zincir şeklinde makromoleküller yapmalarınıdır.)

Polikondenzatlar (Polikondenzasyon yöntemiyle üretilen plastiklerdir. Polikondenzasyon farklı cins monomerlerin makromolekül oluşturacak şekilde birleşmesidir.)

Poliadüktler (Poliadisyon yöntemiyle üretilen plastiklerdir. Poliadisyon, farklı cins monomerlerin makromolekül oluşturacak şekilde birleşmesidir. Üç boyutlu ağlaşmış termosetlerin ve elastomerlerin önemli bir kısmı poliadükt grubundandır) olarak üç gruba ayrılır.

İçyapılarına göre sınıflandırma yapılacak olursa:

Termoplastlar (Makromolekülleri arasında sadece Van der Waals bağı bulunan plastiklerdir)

Termosetler (Makromolekülleri arasında kovalent bağ bulunan plastiklerdir)

Elastomerler (Makromolekülleri arasında kovalent bağ bulunan plastiklerdir)

Makromolekülleri birbiriyle termosetlerdeki gibi ağ oluşturmuştur. Fakat ağ gözenekleri genişliği termosetlere göre büyüktür.

Fluidoplastlar (Normal ortam sıcaklıklarında yer çekimi kuvvetiyle akabilen plastiklerdir) [2].

### **2.3. PLASTİKLERİN FİZİKSEL, MEKANİK VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİ**

Plastik fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle petrokimya sanayinde, petrol esaslı ürün veya yan ürünler ile doğal gazı hammadde olarak kullanıp, bunların kimyasal dönüşümleri ile elde edilen önemli madde gruplarından birisidir. Kullanım kolaylığı, ucuzluk, dayanıklılık, kolay işlenebilirlik vb. özelliklerinden dolayı kâğıt, karton, cam, demir, pamuk, keten vb. hammaddelerden üretilen ürünlerin yerini alan plastik ürünleri, diğer taraftan da enerji dağıtımı, sulama, kanalizasyon, ulaşım gibi projelerde önemli ölçüde kullanım alanı bulunmaktadır.

Plastik malzemelerin özellikleri Çizelge 2.1'de ve aşağıda belirtildiği gibi özetlenebilir.

Fiziksel ve mekanik özellikler:

- Plastikler genelde hafif malzemelerdir.
- Plastikler yapılarına ve katkı maddelerine bağlı olarak çok sert, sert, yumuşak ve elastomer özellikleri taşır.

- Ergimiş bir polimer amorfür ve zincir yöntemleri tesadüfidir. Moleküller lineer ise yapıları bir pamuk topuzuna benzeyebilir. Ani soğutmak (su vermek) suretiyle yüksek sıcaklık yapısı düşük sıcaklıkta da elde edilebilir. Böyle bir kitleye uygulanan çekme ilk deformasyonun çoğunu yapar ve moleküllerin bir yere doğrulmasını sağlar. Sonuç olarak gerilim, uzama oranı metallerdeki gibi olmaz. Çünkü molekül yönelmesi olduktan sonra polimer zincirine gerilim uygulanınca elastik modülü yükselir. Elastiksi bir yapıya sahiptir diyebiliriz.
- Oda sıcaklığında sünme oluşur. Yüksek sıcaklık ve yükleme hızı polimerlerin mekanik davranışını etkilemektedir.

#### Kimyasal Özellikler:

- Genelde plastikler asitlere ve bazlara karşı dirençlidirler. Bu direnç plastiğin türüne göre değişebilir. Akrilik, Fenolik, Poliasetal ve Termoplast Poliester ise kuvvetli asit ve bazlara karşı direnç göstermeyen ürünlerdir.
- Plastiklerin birçoğu açık hava şartlarından etkilenir. Akrilik, Sülfon, Silikon, Vinil, Florokarbon plastikleri ile PP, PC, Poliasetol ve Epoksi plastikleri açık hava şartlarına oldukça dirençlidir. Çözünürlük bakımından Fenolik, Melamin, Poliester, Epoksi, PA, PE, PP gibi polimerler dirençlidirler. Selüloz, Akrilik, Vinil plastikleri ile polistiren dirençsiz polimerlerdir [2].

Çizelge 2.1. Malzeme özellikleri [2].

Türü	Plastik Çeşidi	Fiziksel Özellikler											Mekanik Özellikler						
		Özgül Ağırlık gr/cm <sup>3</sup>	Taba renk	Berraklık	Renk Olanakları	Daimi ısıya dayanım °C	Yumuşama °C	Erimeme °C	Yanma	Isı ilet. λ W/m.K	Isı genl.α 10 <sup>4</sup> Cm/cm <sup>2</sup> .°C	Su geçir. %	Elektrik direnci ohm×c m <sup>2</sup>	Q <sub>çekme</sub> N/m <sup>2</sup>	Q <sub>basınç</sub> N/m <sup>2</sup>	Q <sub>egilme</sub> N/m <sup>2</sup>	E K %	E N/m <sup>2</sup>	Brinell Sertlik N/m <sup>2</sup>
Termoplastik	Nitroselüloz	1,35	Renksiz	Saydam	Tüm renk	60	70	90	-	0,3	10,1	1,4	10 <sup>10</sup>	60	60	60	30	2000	60
		1,4					90						2500	70					
	PVC yumuşak-sert	1,24	Renksiz	Saydam	Tüm renk	60	155	-	Az	0,17	7	0,1	10 <sup>15</sup>	10	70	70	10	3000	80
		1,38				80	170						20	10 <sup>18</sup>	60	90	90	50	20
	Poliakrilat	1,18	Renksiz	Saydam	Tüm renk	75	60	-	Yanıcı	0,18	8	0,3	10 <sup>15</sup>	70	100	80	1	3000	120
														80	120	140	5	3200	
	Polistiren	1,05	Renksiz	Saydam	Tüm renk	150	78	-	Yanıcı değil	0,21	9	0	10 <sup>15</sup>	40	80	60	30	1200	60
							105							43	112		60	1400	80
	Poliamid	1,07	Süt beyaz	Bulanık	Birçok renk	80	-	210	Yanıcı	0,23	9	3	3-9	40	70	27	17	1250	57
		1,14				100		255					11	11	10 <sup>14</sup>	50	90	50	27
	Naylon	1,12	Süt beyaz	Opak	-	125	200	-	Yanıcı	0,29	8	0,3	10 <sup>12</sup>	72	43	55	6	1050	-
		1,05				250	186						15	10 <sup>13</sup>	48	151	155	30	
Polipropilen	0,9	Süt beyaz	Opak	Tüm renk	70	100	160	Yanıcı	0,17	10	0,1	10 <sup>18</sup>	30	110	43	20	800	63	
						150	170						11			35	60		1200
Polietilen	0,92	Süt beyaz	Yarı saydam	Tüm renk	80	125	125	Yanıcı	0,35	12	0,01	10 <sup>18</sup>	8	15	28	16	1000	10	
					60	105	105					24	10 <sup>17</sup>	28		4	10	2500	30
Poliüretan	1,21	Süt beyaz	Bulanık	Birçok renk	80	100	150	Yanıcı	0,32	11	3	3-9	30	28	22	25	250	32	
						150	185					21	11	10 <sup>14</sup>	35	64	65	0	1000
Teflon	1,13	Süt beyaz	Saydam opak	On renk	260	-	327	Yanıcı değil	0,29	8	0,1	10 <sup>15</sup>	21	-	18	30	350	20	
	2,25											10 <sup>18</sup>	25		20	50	140		
ABS	1,1	Renksiz	Saydam	Tüm renk	95	85	-	Kola y yanar	0,45	6	0,1	10 <sup>15</sup>	17	17	25	10	1400	-	
					105	95							0,23	13	0,3	60	77		105
Fenolik	1,4	Kahve	Opak	Koyu renk	100	Karbonl aşır	-	Kendi söner	0,29	1,5	0,01	10 <sup>11</sup>	15	120	50	-	630	120	
					150	Karbonl aşır						0,76	5	2,5	10 <sup>12</sup>	25	210	70	-
Termoset	Üre	1,45	Açık	Opak yarı saydam	Tüm renk	60	Karbonl aşır	-	Kendi söner	0,3	4	1	10 <sup>11</sup>	30	200	60	0,5	1000	100
						80	Karbonl aşır						0,3	5	3	10 <sup>13</sup>	50	250	100
	Melamin	1,45	Açık	Opak	Tüm renk	120	Karbonl aşır	-	Kendi söner	0,27	8	0,3	10 <sup>11</sup>	35	200	40	-	8000	16
						150	Karbonl aşır						0,4	8	2	10 <sup>13</sup>	50	250	100
Poliester dolgunsuz	1,1	Renksiz	Opak	Tüm renk	100	Karbonl aşır	-	Güç yanar	0,17	10	0,4	10 <sup>12</sup>	32	91	90	5	2800	-	
					175	Karbonl aşır						0,18	15	10 <sup>14</sup>	79	246	105		5
Epoksi	1,21	Renksiz	-	Tüm renk	149	Karbonl aşır	-	Güç yanar	0,17	5	0,05	10 <sup>15</sup>	7	300	105	10	1400	-	
					163	Karbonl aşır							0,18	9	0,1	81	630		210

### 2.3.1. Plastiklerin Özelliklerinin Diğer Malzemelerle Karşılaştırılması

Özellikleri ile günümüzde önemli bir yere sahip olan plastikleri diğer malzemelerle karşılaştıracak olursak;



Isıtılırken kolayca yumuşamaları ve erimeden biçimlendirilebilir bir esneklik kazanmaları, yumuşak halde iken kolayca şekil verildikten sonra soğuduklarında tekrar sertleşmeleri plastikleri diğer malzemelerden ayırmaktadır.

Sünme dayanımı plastiklerde metallere oranla düşüktür; bu nedenle oda sıcaklığında sönme gözlemlenebilir.

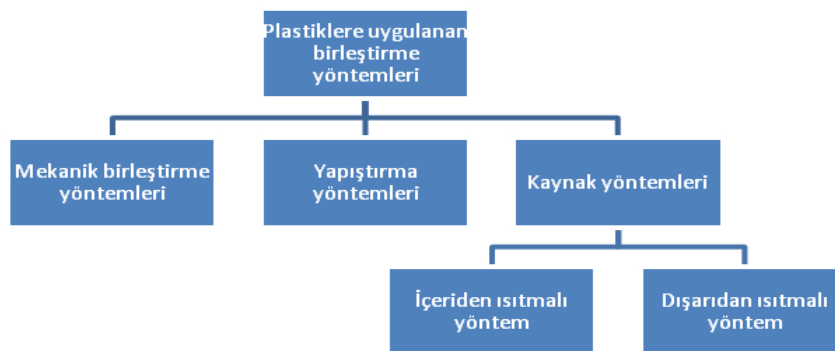
Plastiklerin yorulma dayanımları, statik yüklemdeki dayanımlarına oranla çok düşüktür.

Plastiklerin çentik darbe dayanımları, çentiksiz numunelere oranla çok daha düşüktür.

Plastiklerde korozyon etkisi diğer malzemelere göre daha düşüktür.

#### **2.4. PLASTİKLERE UYGULANAN BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ**

Plastik malzemeleri birleştirmek amacıyla, günümüze kadar birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler genel olarak; mekanik birleştirme, yapıştırma ve kaynak olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Kaynak yöntemleri de içeriden ısıtmalı ve dışarıdan ısıtmalı yöntem olarak iki sınıfa ayrılır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Plastiklere uygulanan birleştirme yöntemlerinin sınıflandırılması.

Vidalı, flanşlı veya geçme tipi birleştirmeler mekanik birleştirmeye örnek olarak verilebilir. Geçme tipi birleştirmelerde, bağlantı elemanı, birleştirilecek parçalarla

bütün olarak tasarlanırken, vidalı ve flanşlı birleştirmelerde ayrı bağlantı elemanları kullanılır.

Birleştirilecek parçaların arasına sürülen, yapısal veya sıcak-eriyen türde yapıştırıcılar, yükü bağlantı boyunca ileten bir malzeme özelliği gösterirler. Yapıştırma ve mekanik birleştirme yöntemleri tüm plastıklere uygulanabilir. Kaynak yöntemleri ise yalnızca termoplastiklere uygulanabilirken, daha yüksek dayanım değerleri sağlar.

Kaynak yöntemi ile birleştirilecek parçaların ara yüzeyi ısıtılarak ergitilir (amorf ise yumuşatılır). Viskoz hale gelen polimerde basıncın da etkisiyle moleküller arası yayılım gerçekleşir. Kaynak yöntemleri ısıtma tarzına göre iki sınıfa ayrılır. Dışarıdan ısıtmalı yöntemlerde birleştirilecek yüzeyler konveksiyon ve/veya kondüksiyonla ısıtılır. Sıcak eleman, sıcak gaz, implant indüksiyon ve elektrofüzyon (implant direnç) kaynağı yöntemleri bu gruba girer. İçeriden ısıtmalı yöntemlerde ise yüzey sürtünmesi ve moleküller arası sürtünme sayesinde, mekanik enerji veya elektromanyetik radyasyon emilerek ısıya dönüştürür. Titreşim, kızılötesi, lazer, radyo dalgası ve mikrodalga kaynak yöntemleri bu gruba girer [3].

## **2.5. TERMOPLASTİK BORU SİSTEMLERİ**

### **2.5.1. Boru Sistemlerinin Gelişimi**

Eski çağlarda, insan topluluklarının kentsel yaşama geçişi ile beraber, içme suyunun(tatlı su kaynaklarından) yaşadıkları merkezlere taşınması gereksinimi doğmuştur. Bu durum zamanla; su kanalı, su kemeri ve ilk boru sistemlerini ortaya çıkarmıştır. İlk iki yöntem buharlaşma sorunu, yükseklik farklılıkları ve inşaa zorlukları nedeniyle çeşitli kısıtlamaları içermekteydi.

İlk borular binlerce yıl önce toprak ve bambu gibi organik malzemelerden yapılıyordu. Roma İmparatorluğu döneminde döşenen toplam boru tesisatının yaklaşık 400 km uzunluğunda olduğu hesaplanmaktadır. 19.yüzyılın ortalarına kadar boru sistemlerinde büyük bir ilerleme kaydedilmezken, buhar makinelerinin

kullanımı önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu yıllarda ortaya çıkan dökme demir borular 20.yüzyılın başında yaygınlaşırken, devam eden yıllarda bronz, pirinç, bakır, alüminyum ve diğer boru malzemeleri geliştirilmiştir. Yine özellikle basınçsız yer altı hatlarında kullanılan beton borular bu dönemde geliştirilmiştir [4,5].

İlk defa 1935 yılında pazara sunulan plastik boruların gelişiminde ikinci dünya savaşı sırasında yapılan malzeme araştırmaları etkili olmuştur. Pek çok plastik boru malzemesi bu çalışmalarda geliştirilmiştir. Savaş sonrası Avrupa ve Japonya'da yıkılan kentlerin alt yapılarının yenilenmesinde kullanılan plastik borular, 1960'lardan itibaren tüm dünyada yaygınlaşmış ve günümüzde pek çok uygulamada geleneksel beton ve metal esaslı boru malzemelerinin yerini almıştır [4].

### **2.5.2. Termoplastik Boru Malzemeleri**

Termoplastik borular pek çok avantaja sahip malzemelerdir. Korozyona karşı dirençlerinin yüksek olması, esnek ve hafif olmaları, etkili ve pratik yöntemlerle birleştirilebilmeleri ve kolay imal edilebilmeleri bunlardan bazılarıdır. Ayrıca, bünyelerine katılan çeşitli katkı malzemeleri ile farklı uygulamalara uygun hale getirilebilir.

Günümüzde en çok kullanılan termoplastik boru malzemeleri polivinil klorür (PVC) ve polietilendir (PE). Polipropilen (PP), akrilonitrilbütadienstiren (ABS), klorlanmış polivinil klorür (CPVC), polibütlen (PB) ve polivinilidenflorür (PVDF) ise kullanılan diğer termoplastik boru malzemeleridir. Termoplastik boru malzemeleri ve genel özellikleri alt başlıklarla özetlenmiştir.

#### **2.5.2.1. Polivinil Klorür (PVC)**

Tesisatta en geniş hacimde üretilen termoplastik boru malzemelerindendir. Pek çok korozif akışkana karşı kimyasal bir dirence sahiptir. Ancak çözücülere karşı direnci düşüktür.

Hem basınçlı hem basınçsız hatlarda kullanılabilir. Başlıca kullanım alanları içme suyu, kanalizasyonlar, gaz, pis su tesisatları, kablo muhafazası ve endüstriyel sistemlerden oluşmaktadır. 500 mm dış çapa kadar üretimi mevcuttur.

#### **2.5.2.2. Klorlu Polivinil Klorür (CPVC)**

Klorlu polivinil klorür (CPVC) temel olarak PVC ile aynı özelliklere sahiptir. Fakat PVC malzemesinin klorlanmasıyla üretilir. PVC'ye göre maliyeti yüksek bir malzemedir. CPVC boru sistemlerinde sıcaklık 82 °C'de basınç dayanımı 6,9 bara kadar dayanabilen boru sistemleridir. Avrupa'da bakır boru yerine kullanılmaktadır.

#### **2.5.2.3. Polietilen (PE)**

Polietilen (PE) borular mekaniğe karşı dayanımı düşüktür. Ancak kimyasallara karşı dirençlidir. 50 °C'den düşük sıcaklıklarda kullanımı uygundur. Esnekliğini -55 °C'ye kadar korur.

Mekaniğe, kimyasallara ve sıcaklığa dayanımı içerisindeki yoğunlukla orantılıdır. Yoğunlukları düşük, orta ve yüksek olmak üzere üçe ayrılır. Basınçlı ve basınçsız tesisatlarda uygulanabilir.

Kullanım alanları içme suyu, kanalizasyon, gaz, kablo muhafazası, endüstriyel sistemler ve sulama-drenaj hatlarında kullanılmaktadır. 1600 mm dış çap oranına kadar bulunabilen PE borular alın kaynağı, elektrofüzyon kaynağı veya mekanik birleştirme yöntemleri ile birleştirilebilirler.

Yeni geliştirilen polietilen borulardan bazıları; UHMW (çok yüksek molekül ağırlıklı) polietilen borular ve PEX (çapraz bağlı) polietilen borulardan oluşmaktadır. Bu borular sıcaklığa ve gerilmeye karşı dayanıklıdır.

PEX boruların dayanım sıcaklıkları 95 °C 'ye kadar dayanabilen 0 °C altında akışkanın sıcaklığını koruyabilen malzemelerdir. PEX borular son zamanlarda özellikle sıcak sulu mobil ısıtma sistemlerinde tercih edilmektedir.

#### **2.5.2.4. Akrilonitrilbütadienstiren (ABS)**

ABS; bütadien + stiren ile en az %15 oranda akrilonitril içeren bir kopolimerdir. -40 °C ile 80 °C aralığında uygulanabilen malzemelerdir. ABS boruların asıl kullanıldığı yerler pis su, drenaj havalık sistemleridir. -40 °C 'de kullanılabilirdiğinden dolayı soğutma ve arıtma sistemlerinde kullanılabilir.

135 mm dış çapa kadar üretilebilirler. ABS borular yapıştırma veya vidalı birleştirme yöntemiyle birleştirilir.

#### **2.5.2.5. Polibütilen (PB)**

Polibütilen, plastik boru sistemlerinde kullanılan yeni bir malzemedir. Sürtünme özelliği çok düşük, gerilme, çatlama ve aşınmaya karşı direnci yüksektir. 110 °C 'ye kadar dayanabilme özelliği sayesinde sektörde çok kullanılan malzemelerdendir.

Düşük sıcaklıklarda dahi asit, baz veya polar çözücüye karşı direnci yüksektir.

Ana kullanım alanı su dağıtım hatlarıdır. Basıncılı sıvı, gazların taşınmasında, sulu karışım iletiminde ve kimyasal atık hatlarında kullanılır.

450 mm dış çapa kadar üretiminde sakınca yoktur.

PB borular alın kaynağı, soket kaynağı ve mekanik yöntemle birleştirilebilir.

#### **2.5.2.6. Polipropilen (PP)**

Polipropilen pek çok özelliği yönünden polietilene benzer. Ancak; sıcaklığa karşı direnci daha yüksek, daha sert, rijit ve hafiftir (yoğunluğu ~0,90 g/cm<sup>3</sup>). Bununla beraber tokluk değeri daha düşüktür. Kimyasallara karşı direnci polietilene yakın değerler gösterirken, organik çözücülere karşı direnci PVC ve ABS'den yüksektir. Basıncısız tesisatlarda 90 °C 'ye kadar kullanılır.

Endüstriyel sistemler, kanalizasyon hatları, bina içi temiz su ve pis su tesisatları başlıca kullanım alanlarıdır. Basıncılı korozif kimyasalların taşınması ve asidik koroziflerin drenajı endüstriyel uygulamalarıdır. 300 mm dış çapa kadar bulunabilir. Alın kaynağı, soket kaynağı, elektrofüzyon kaynağı, çözücülü yapıştırma ve mekanik bağlantı yöntemleri ile birleştirilebilir.

### 2.5.2.7. Diğer Termoplastikler

PVDC (poliviniliden klorür), PVDF (polivinilidenflorür), CAB (selüloz asetat bütirat), PTFE (politetrafloretillen) ve FEP (florlu etilen propilen) termoplastik boru üretiminde kullanılan diğer bazı polimerlerdir. Bu malzemeler daha önce açıklananlardan daha pahalı olduklarından sadece özel uygulamalarda kullanılmaktadırlar [6-9].

Termoplastik boru malzemeler ve özellikleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Termoplastik boru malzemelerinin özellikleri [8].

Plastik tipi	Yoğunluk	Isıl Gen. Katsayısı	Isıl İletken	Isıl Dön. Sıcaklığı	Gerilme Dayanımı	Basınç Dayanımı	Eğilme Dayanımı	Elastiklik Modülü
	g/cm <sup>3</sup>	10 <sup>-5</sup> /°C	W.m <sup>-1</sup> . °C <sup>-1</sup>	°C-182 MPa	Mpa	Mpa	MPa	GPa
	ASTM D 792	ASTM D 696	ASTM D 177	ASTM D 648	ASTM D 638	ASTM D 695	ASTM D 790	ASTM D 638
PVC	1,38	50	0,16	74	48,3	62,2	99,8	3,1(4,5)
CPVC	1,54	79	0,14	102	50,3	106,9	99,8	2,5
PE UHMW	0,95	149	0,50	77	23,4	..	19,3	0,48
PE	0,92-0,95	130-180	0,33-0,50	..	12,0-19,3	..	11,7-13,8	1,4-10
ABS	1,04	101	0,20	92	37,9	53,1	68,9	2,1
PP	0,91	68	0,19	66	33,8	58,6	58,6	1,0

## 2.6. TERMOPLASTİK BORULARIN AVANTAJLARI

Düşük Isıl İletkenlik: Plastiklerin ısı iletkenliklerinin düşük olması, borularda iletilen akışkanın sıcaklığının düzgün dağılmasını ve sürekliliğini sağlar. Genellikle boru yalıtımı için ilave bir malzemeye gerek duyulmaz. Böylece, hem enerji

tasarrufu sağlanır, hem de donmayı önleyen ilave sistemlerin kurulum ve bakım maliyeti ortadan kalkar. Bu durum özellikle, soğuk hava şartlarında viskoz akışkanların pompalanması sırasında büyük önem taşır. Proses sıcaklığındaki birkaç derecelik değişimin, bakteri oluşumu tehlikesine neden olduğu ilaç vb. sanayi kolları için de bu özellik faydalıdır.

**Galvanik Korozyon Direnci:** Plastik malzemenin büyük bir kısmının elektrik iletkenliği çok düşüktür (pratik olarak yalıtkan sayılırlar) bu nedenle galvanik veya elektrolitik (asit, baz veya tuz elektrolitlerin neden olduğu) korozyondan etkilenmezler. Oysa yeraltına döşenen metal borular için bu durum, önemli bir problem oluşturur, gerekli önlemler alınmadığı takdirde korozyon nedeniyle borular çalışamaz hale gelir. Bu nedenle yer altı petrol tanklarında ve bağlantılı borularda geniş ölçüde plastik malzeme kullanılır. Ayrıca plastik boru malzemeleri biyolojik açıdan saldırgan ortamlardan da etkilenmez.

**Kimyasallara Karşı Dayanım:** Termoplastik boruların korozyon dirençleri metal borulardan çok daha üstündür. Ortamdaki su veya nemden neredeyse hiç etkilenmezler. Metallerin çevresel korozyona neden olan yüzey saldırılarından etkilenmedikleri gibi kimyasal çözücülerin birçoğuyla tepkimeye girmezler. En yaygın termoplastik boru malzemesi olan PVC pek çok kimyasala karşı dirençlidir. Metal borular için kullanılan korozyon hızı kavramı plastiklere uygulanmaz. Asit, çözücülü, halojen, baz veya korozif ortamda kullanılacak en az bir plastik boru malzemesi mutlaka bulunur.

**İşletme Maliyeti Düşüklüğü:** Termoplastik boruların dışında korozyon (pas, kireçlenme veya çukurcuk) oluşmaz. Bu nedenle boyama, plastik kaplama, galvanizleme, elektro kaplama ve katodik koruma gibi tedbirler gerektirmez. Bu ise işletme maliyetini düşürür.

**Uzun İşletme Ömrü:** Termoplastik boruların işletme ömürleri uzundur. Zor saha şartlarına uygun olarak, yüz yıla varan ömür için test edilirler. Bu süre içerisinde fiziksel ve moleküler özelliklerinde herhangi bir sapma meydana gelmez. Ayrıca aşındırıcılara karşı dirençleri yüksektir. Katı parçacıklı yarı-sıvı malzemeler metal

borularda hızlı aşınmaya neden olurken, termoplastiklerde önemli bir etkiye sahip değildir.

**İç Yüzey Pürüzlülüğü:** Metal borular kullanım öncesi düzgün yüzeylere sahiptirler, ancak işletmeye alınmalarından kısa bir süre sonra, iç yüzeylerinde tortu birikimi ve pullanma oluşur. Bu durum, sistemde zamanla basınç kaybına ve akışın zayıflamasına neden olur. Plastik boruların iç yüzey pürüzlülüğü metallere ortalama %25 daha düşüktür. Bu ise düşük dirence ve sürtünme katsayısına sahip oldukları anlamına gelir. Bu nedenle, kirlenme eğilimi azalır ve iç yüzey özelliklerini zamanla korur.

**Uygulama Giderlerinin Düşüklüğü:** Termoplastik boruların sahip olduğu çeşitli avantajlar uygulama giderlerini oldukça düşürmektedir. Taşıma, kesme, vidalama, kaynak işlemleri için daha az güç gerekir. Özellikle küçük çaplı termoplastik boruların kangal haline getirilebilmeleri maliyeti oldukça düşürür. Büyük çaplarda ise ilk giderlerin fazla olmasının getirdiği dezavantaj, bakım giderlerinin az olması ve işletme ömrünün uzunluğu sayesinde aşılar. Ayrıca, dökme için daha basit donanım gerektirir.

**Esneklik:** Termoplastik borular esnek olmaları sayesinde, dökme doğrultusundaki küçük sapmalara rahatlıkla uyum sağlayabilirler. Bu durum özellikle yer altı uygulamalarında büyük avantaj sağlar. Ayrıca esneklikleri mekanik şokları absorbe etmelerine yardımcı olur.

**Daha Az Enerji İle Üretim:** Termoplastik ekleme parçalarının üretiminde metallere göre %50 daha az enerji harcanmaktadır. Bu nedenle termoplastiklerin çoğunun hidrokarbon esaslı ve petrol türevli olmalarına rağmen, plastiklerin kullanımı doğal kaynakların tüketimini azaltmaktadır.

**Hafiflik:** Termoplastik boruların hafif olması, nakil giderlerini ve uygulanması için gerekli işgücünü azaltmaktadır.



Zehirsiz Oluşu: Çoğu akışkan termoplastik borularla kirlenmeden taşınabilir. NSF (National Sanitation Foundation) tarafından içme suyu standartlarına uygun ürünler listelenmiştir. Ayrıca FDA (Gıda ve ilaç idaresi) laboratuvarları ve benzer kurumlar tarafından gereken şartları yerine getiren plastik malzemeler belirlenmektedir.

Kullanım Sıcaklığı: Termoplastik borular genellikle -40 °C 'den 150 °C 'ye kadar işletme sıcaklıklarında kullanılabilir. Bu sıcaklık bazı malzemelerde 250 °C 'ye kadar çıkar. Kullanım sıcaklıkları metal borulara göre oldukça düşük olmasına rağmen, pek çok kimyasal proses uygulamaları için yeterlidir [10].

## **2.7. TERMOPLASTİK BORULARIN MAHZURLARI**

Termoplastiklerin mekanik dayanımları ve rijitlikleri metallere daha düşüktür. Sıcaklığa karşı daha hassastırlar. Bu nedenle daha düşük basınç ve sıcaklıklarda kullanılırlar.

İyi bir tasarım için termoplastik malzemelerin viskoelastik yapısı dikkate alınmalıdır. Çünkü termoplastiklerde gerilim-gerinim ilişkisi metallere olduğu kadar basit değildir. Yükleme şekline, sıcaklıktan ve ortam şartlarından oldukça etkilenir. Bu etkiler ise, termoplastiğin türüne, katkı maddelerinin miktarına, modifiye edicilerine ve üretim şartlarına bağlı olarak belirgin değişiklikler gösterir.

Isıl Genleşme: Termoplastiklerin ısıl genleşme miktarı metallere yaklaşık on kat fazladır. Bu nedenle uygulama sırasında ortam ve akışkan sıcaklığı dikkate alınmalıdır. Uygun şekilde tasarlanarak yerleştirilmeyen borularda çökme meydana gelebilir.

Düşük Darbe Dayanımı: Termoplastiklerin darbe dayanımı metallere oldukça düşüktür. Bu nedenle termoplastik boru döşenirken, hat üzerindeki muhtemel araç ve yaya trafiği değerlendirilmeli, gerekiyorsa ek önlem alınmalıdır.

Yanma Özelliği: Çoğu termoplastik boru malzemesi yanmaz özelliktedir. Yani, alevi oluşturan sıcaklık kaynağı uzaklaştırıldığında yanma durur. Buna rağmen,

termoplastiklerle yanıcı akışkanların taşınması veya termoplastik hatların yangına dayanıklı duvarlardan geçişi sınırlandırılmıştır. Termoplastik borularla taşınabilecek akışkanlar ve tesisatın yangına dayanıklı duvarlardan ne şekilde geçeceği yangın yönetmeliklerinde belirtilir.

Düşük Gerilme Dayanımı: Termoplastik boruların kullanımını sınırlandıran diğer bir neden ise düşük gerilme dayanımlarıdır. Metal borulara göre taşıyabileceği yük daha düşüktür ve bu nedenle daha fazla destek kullanılır [10].

## **2.8. TERMOPLASTİK BORULARDA MALZEME SEÇİMİ**

Plastik boru tesisatında uygun malzeme seçimi yapabilmek için tesisata ve uygulamaya dair ön bilgiler elde edilmelidir. Bu ön bilgiler özetle şunlar olmalıdır:

- İşletme Şartları: Çalışma basıncı ve sıcaklığı, yerüstü-yeraltında çalışma durumu
- Akışkan Özellikleri: Viskozite, özgül ağırlık, akış hızı
- Boru Boyutları: Kullanılacak boruların boyut aralığı
- Özel Şartlar: Uyulacak standartlar ve şartnameler

Elde edilen ön bilgiler ışığında; kimyasal uyumluluk, basınç-sıcaklık uyumu, uygun boyutların bulunabilirliği, birleştirme yöntemi ve maliyet faktörleri değerlendirilerek uygun malzeme ve birleştirme yöntemleri seçilir [11].

## **2.9. TERMOPLASTİK BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ**

### **2.9.1. Yapıştırma Yöntemi**

ABS, CPVC ve PVC, çözücülü yapıştırma yöntemi ile birleştirilebilen boru malzemeleridir. Bu malzemeler için mekanik birleştirme yöntemleri de kullanılabilir. PE, PEX ve PP ise çözücülü yapıştırma ile birleştirilemez.

Çözücülü yapıştırımda borunun ucu ile soket tipi bir ekleme parçası veya diğer borunun soket şeklindeki ucu birleştirilir. Borunun soket içerisine rahatça yerleşmesi için, soketin iç çapı bir miktar artırılır. Yapıştırıcı boru ucunun dış yüzeyine ve soketin iç yüzeyine sürülür (üretici önermişse önce astar kullanılır). Ardından boru ucu soket içerisine yerleştirilir.

Birleştirilecek yüzeyler, kısmi olarak çözünmeye ve yumuşamaya başlar. Bu sırada meydana gelen kimyasal füzyon sayesinde, boru ve ekleme parçası arasında bir bağlantı oluşur. Çözücünün uçmasının ardından birleştirme işlemi tamamlanır. Farklı termoplastiklerin çözücülü yapıştırıcı ile birleştirilmeleri için çeşitli standartlar bulunmaktadır (PVC için ASTM D 2855, CPVC için ASTM F 493, ABS için ASTM D 2235 ) [14].

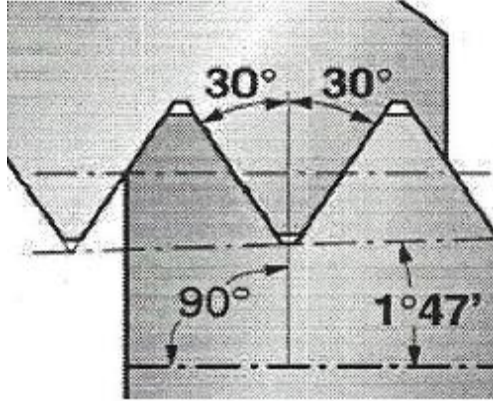
## **2.9.2. Mekanik Birleştirme Yöntemleri**

### **2.9.2.1. Esnek Conta İle Birleştirme**

Yeraltına döşenen PVC borular ile drenaj hattında kullanılan borular çoğunlukla esnek o-ring veya conta yardımıyla birleştirilir. Burada kesilerek istenilen ölçüye getirilen borunun uçları yuvarlatılır. Uçlarına yağlayıcı malzeme sürülen borular hızlıca conta veya o-ring içerisine sokulur. ASTM D3212 ve ASTM D3139 ilgili standartlardandır.

### **2.9.2.2. Vidalı Birleştirme**

Bazı plastik boru ekleme parçaları bir tarafı NPT konik tip (Şekil 2.2) dişli diğer tarafı ise dişi veya erkek plastik olarak imal edilirler. Bu ekleme parçaları farklı iki cins boru malzemesinin birleştirilmesinde adaptör olarak kullanılır.



Şekil 2.2. NPT konik diş formu.

PE 80 özellikte; CPVC, PVC, PVDF veya PP plastik borulara özel paftalar yardımı ile vida açılabilir. Boru vidalama usulü belli standartlara göre, örneğin ASTM F 1498'e uygun olarak yapılır. Borulara vida açılması, çalışma basıncını %50 oranında düşürmektedir. Vidalı yöntemle birleştirilen plastik boruların en büyük çalışma basınçları çözücülü yapıştırma ile birleştirilenlerden daha düşüktür. Çözülebilir olması ise bu yöntemin avantajıdır.

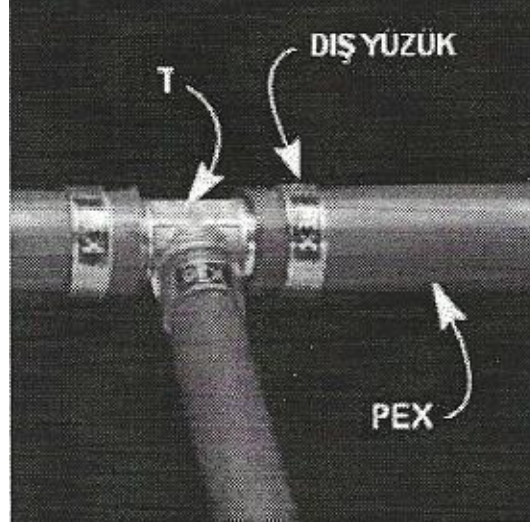
Vidaların sızdırmazlığını sağlamak amacıyla tüm plastik boru malzemeleri için teflon (PTFE) bant önerilir. Ayrıca, üretici tarafından önerilen dolgu macunları da kullanılabilir.

### 2.9.2.3. Mekanik Ekleme

Genellikle içme suyu ve sıcak sulu ısıtma sistemlerinde, PE ve PEX tesisatlarda kullanılan bir yöntemdir. Üç farklı şekilde uygulanabilir.

İlk yöntemde metal ekleme parçası boru içerisine sokulur, borunun dışını saran metal yüzük özel bir pense ile sıkıştırılarak (Şekil 2.3) birleştirme işlemi tamamlanır. Bu birleştirme yöntemi çözülemez türdedir.

İkinci yöntemde rakor ile konik iç yüzük kullanılır. Rakor vidalandıkça, boru içerisindeki yüzük boruyu sıkıştırarak sızdırmazlığı sağlar.



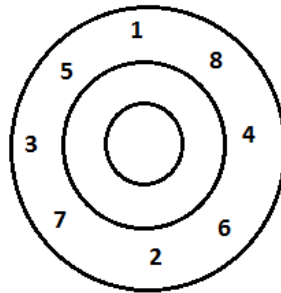
Şekil 2.3. Dış yüzüğün sıkıştırılması ile birleştirme.

Üçüncü yöntemde ise ucuna yiv açılan borunun özel olarak hazırlanan ekleme parçalarına saplanmasıyla birleştirme sağlanır.

#### 2.9.2.4. Flanşlı Birleştirme

Tüm termoplastik borulara uygulanabilen yöntem sık sökülen bağlantılarda tercih edilir. Yöntem çözücülü yapıştırmanın avantajlarına sahiptir. 10 bar çalışma basıncına kadar uygulanabilir.

Boru uçlarına çözücülü yapıştırma veya vidalı yöntemle birleştirilen flanşlar birbirlerine cıvata ile bağlanır. Sızıntıyı önlemek amacıyla flanşlar arasına conta konulur. Flanşlı birleştirmede, cıvataların sıkılması ile ilgili olarak üreticinin belirttiği kurallara uyulması önemlidir (Şekil 2.4)



Şekil 2.4. 8 delikli flanş için cıvataların sıkılma arası.

Flanşlı birleştirmede, ANSI B16.1'de 150 lb metal flanşlar için belirtilen cıvata boyutları ve delik sayıları geçerlidir. Cıvatalar flanş büyüklüğüne göre belirli sırada (Şekil 2.4 ) ve belirli torkta (Çizelge 2.3) sıkılır [14,15].

Çizelge 2.3. Flanş büyüklüğüne göre önerilen cıvata sıkma torkları.

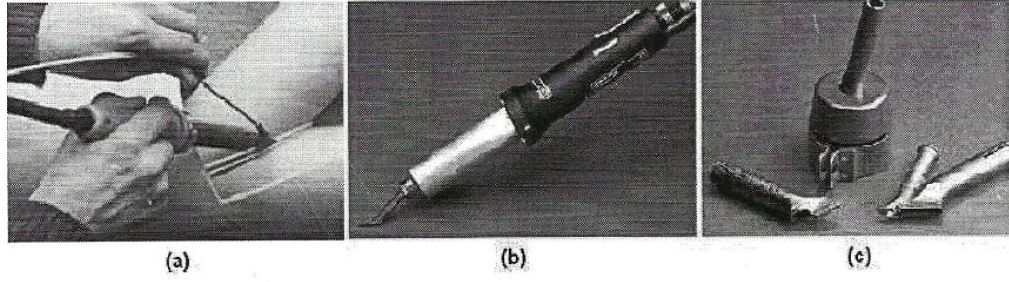
Flanş Boyutu (inch)	Önerilen Tork (N.m)
1/2 – 1 ½	14-20
2-4	27-41
6-8	45-68
10	72-102
12	108-149
14-24	136

## 2.10. KAYNAK İLE BİRLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

### 2.10.1. Sıcak Gaz Kaynağı

Sıcak gaz kaynağı ABS dışındaki tüm termoplastik borulara uygulanabilir. Basınç dayanım değerleri sınırlı olduğundan genellikle onarım işlerinde ve bazı özel uygulamalarda kullanılır. Çözücülü yapıştırma veya füzyon kaynağı ile birleştirilmiş borularda küçük sızıntıların giderilmesi ve küçük çaplı branşmanların ana boruya birleştirilmesi bu uygulamalardan bazılarıdır. Bu işlemlerden önce sistemin drenajı gerçekleştirilmeli ve onarılacak kısım kurutularak temizlenmelidir.

Kaynak donanımı basittir (Şekil 2.5). Üflemeli manüel kaynak tabancası, termostatlı ısıtma elemanı ve sıcak gazı iş parçasına yöneltmeye yarayan değiştirilebilir nodüllerden oluşur. Ayrıca, kaynak sırasında birleştirilecek parçalarla aynı polimer malzemeden dolgu çubuğu kullanılır. Dolgu çubuğu genellikle daire kesitlidir ve çapı 3-4 mm'dir.



Şekil 2.5. a) Sıcak gaz kaynağının uygulandığı, b) torç, c) nozul.

Sıcak gaz olarak genellikle hava, bazı uygulamalarda ise azot gazı kullanılır. Kaynak sırasında 200-400 °C arasında bulunan sıcak gaz bağlantıya yöneltilir. Parçalarda ve ilave malzemede ergime (veya yumuşama) meydana gelir. Birleşme bölgesinin ve ilave malzemenin füzyona uğramasıyla başlayan birleştirme işlemi, parçaların çevre sıcaklığına kadar soğuması ile tamamlanır.

Çizelge 2.4. Plastik boru malzemeleri için önerilen gaz cinsi ve sıcaklık değerleri.

	PVCU	CPVC	PP	PE	PVDF
Kaynak Gazı	Hava	Hava	Hava/Azot	Hava/Azot	Hava
Gaz Sıcaklığı (°C)	330-350	360-410	280-330	300-350	350-400

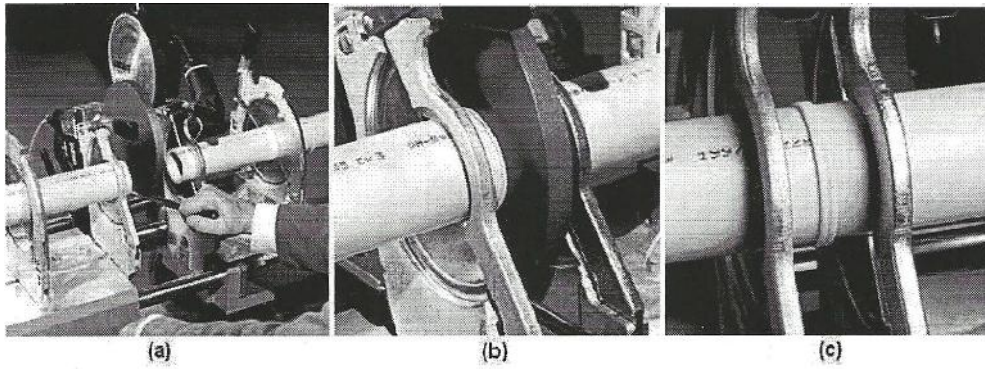
Elle uygulanan diğer yöntemlerde olduğu gibi kaynak dikişinin kalitesi, büyük oranda operatörün yeteneğine bağlıdır. Dolgu çubuğuna elle uygulanan basınç ve üflenen havanın sıcaklığı işlemin önemli parametreleridir. Sıcak gaz kaynağının avantajı, kolay taşınabilir donanıma sahip olmasıdır. İşlemin yavaş oluşu ve operatör kaynaklı hatalardan etkilenmesi başlıca dezavantajlarıdır [16].

### 2.10.2. Alın Kaynağı

Yöntem 50 ile 1500 mm aralığında dış çapa sahip; polietilen, polipropilen, polibütilen ve polivinilidenflorür boruların birleştirilmesinde kullanılır. En çok

kullanıldığı alan ise basınçlı (özellikle büyük çaplı) polietilen gaz ve su hatlarının kaynağıdır.

Kaynak işlemi için hidrolik veya manuel tipte bir kaynak makinesi kullanılmaktadır (Şekil 2.6a). Kaynak makinesinde boru uçlarını ertitmeye yarayan bir sıcak eleman bulunur. Elektriksel olarak ısıtılan bu aparat özel alaşımdandır ve boruya yapışmasını önleyen bir malzeme ile kaplanmıştır. Cihaz ayrıca boruları sabitlemeye yarayan kelepçeler ve boru ucunu tıraşlamak için kullanılan araçları içerir.



Şekil 2.6. Alın kaynağının uygulanışı a) kaynak makinesine bağlanmış borular, b) boruların sıcak elemana teması, c) sıcak eleman ayrıldıktan sonra boruların bir araya getirilerek basınç altında soğuması.

Birleştirme işlemi beş aşamada gerçekleşir:

**Yığma:** Kesilen ve aynı hizaya getirilen borular başlangıç yığma basıncı ile sıcak elemana bastırılır. Basınç; boru uçları ertimeye başlayıp, her iki boru ucunda uniform bir yığma çapağı oluşuncaya kadar uygulanır (Şekil 2.5b). Yığma çapağının boyutu; malzemeye ve borunun çapına göre değişiklik gösterir (Çizelge 2.5).

**Isı Nüfuziyeti:** Çapağın belirli boya ulaşmasının ardından basınç düşürülür. Bir süre boyunca sadece borunun sıcak elemana temasını sağlayacak düzeyde tutulur. Bu süre boru çapına ve et kalınlığına bağlı olarak değişir. Burada, çapak boyu artmadan, ısı nüfuziyetinin ve ertimenin daha derine ilerlemesi amaçlanır.



Çizelge 2.5. PE borularda sıcak elemanın ayrılması için gerekli çapak boyutu.

Boru Çapı (mm)	Çapak Boyu (mm)
40mm'ye kadar	1-2
40<DN<=90	2
90<DN<=225	3-5
225<DN<=315	5-6
315<DN<=630	6-11
630<DN<=915	11
915<DN<=1600	14

Sıcak Elemanın Ayrılması: Isı nüfuziyeti için gereken süre tamamlandığında, boru uçlarının ısıtıcı elemandan çekilerek sıcak elemanın ayrılması sağlanır. Bu işlem çok kısa sürede tamamlanır.

Füzyon: Sıcak elemanın ayrılmasının ardından, boru uçları yumuşak ve kontrollü olarak bir araya getirilir ve uygulanan basınç başlangıçtaki değerine çıkarılır (Şekil 2.5c). Büyük çaplarda, hidrolik alın kaynak makinelerinde, Newton cinsinden, boru ucu yüzey alanının 0,4-0,6 katı kadar baskı kuvveti uygulanmalıdır. Manuel kaynak makinelerinde bu işlem için tork anahtarı kullanılır.

Soğuma: Füzyon aşamasının sonunda, birleştirilen borular basınç altında soğumaya bırakılır. Soğuma zamanı boru malzemesine ve çapa bağlı olarak değişmektedir. Yöntemin ucuz olması, dayanım değerlerinin yüksek olması ve ilave parçalar gerektirmemesi önemli avantajlardır. Kazısız teknikte çekilen hatlarda da kullanıma uygundur.

Ancak; farklı et kalınlıklarına sahip olan termoplastik borular veya aynı malzemedeki farklı polimer derecelerine sahip olan termoplastik borular bu yöntemle birleştirilemez. Ayrıca, kaynak donanımı için gereken alan, dar olan bölgelerde yapılan saha çalışmalarında önemli dezavantajlar oluşturur [17].

### 2.10.3. Soket Kaynağı

150 mm çapa kadar polietilen, polipropilen, polibütlen ve polivinilidenflorür borulara uygulanabilir. Yöntem özellikle kimyasal proses uygulamalarında kullanılmaktadır.

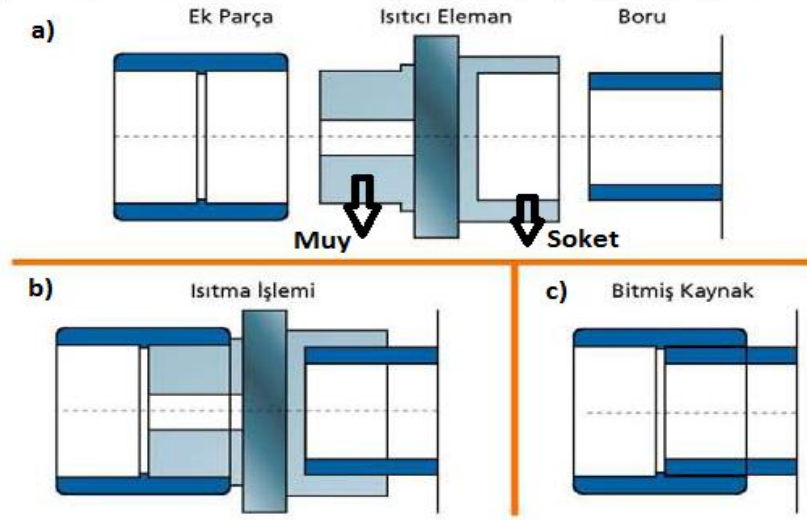
Yöntem Çizelge 2.6.'da belirtilen ergime akış hızlarına sahip polimerlere uygulanabilir. Aynı türdeki polimerler malzemelerin birleştirilmesinde uygulanabilirken, PE 100 ve PE 80 gibi aynı polimer malzemelerin farklı dereceleri de bu yöntemle birleştirilebilir.

Çizelge 2.6. Soket kaynağının uygulanabileceği ergime akış hızı aralıkları.

Malzeme	MFR(g/10d)
PE	0,3-1,7 MFR 190/5
PP	0,4-0,8 MFR 190/5
PVDF	1,0-25 MFR 230/5

Kaynak donanımı, kaynak makinesi ve ilave cihazlardan oluşur. Kaynak makinesinde ayarlanabilir termostatlı ve rezistanslı bir sıcak eleman bulunur. Sıcak elemanın bir yanına boru dış çapına uygun metal soket, diğer yanına ise manşon iç çapına uygun metal muy bağlanır. 50 mm dış çapa kadar borular elle kaynaklanabilirken, 63-150 mm çaplarda elle kumandalı, sabitleme kelepçeleri ve kaydırma tertibatı bulunan düzenler kullanılır. Büyük çaplı borularda pah kırmak için ek cihaz gereklidir. Küçük çaplardaki borularla yapılacak kaynak işleminin sayısı fazlaysa yine bu düzenlerin kullanılması önerilir.

Yöntem ekleme parçasının ve boru ucunun sıcak eleman yardımıyla aynı anda ergitilerek birleştirilmesi esasına dayanır. Sıcak elemana monte edilmiş metal soket borunun dış yüzeyini ısıtır (Şekil 2.7). Aynı anda sıcak elemanın diğer tarafındaki metal muy ise ekleme parçasının iç yüzeyini ısıtır. Isıtma, boru ve ekleme parçasının ölçülerine bağlı belirli bir uzunluk boyunca yapılır. Boru ve ekleme parçasında ısıtılan bölgelerin uzunluğu aynıdır.



Şekil 2.7. Soket kaynağı işlemleri a) hazırlık, b) hizalama ve ön ısıtma, c) birleştirme ve soğuma.

Boru ve ekleme parçasının belirli süre boyunca ısıtılmasının ardından, yüzeylerinde meydana gelen kısmi ergimenin ardından, soket ve muy çıkarılır. Boru, ekleme parçasının içine yerleştirilir. Kaynak işleminin tamamlanması için parçaların önceden belirlenen bir süre boyunca soğumaları sağlanır [18].

#### 2.10.4. IR (Kızılötesi) Kaynağı

Kızılötesi yöntem, polimer malzemelerin sıkıştırılarak kalıplanmasında, ön-ısıtma işlemlerinde uzun yıllardan beri kullanılan bir yöntemdir. Buna karşın termoplastiklerin birleştirilmesinde kızılötesi kaynak yöntemi ticari olarak 1980'li yılların sonlarında ortaya çıkmıştır.

Kaynak donanımı, kızılötesi kaynak makinesi ile boru tıraşlama tertibatı gibi yardımcı araçlardan oluşur. Kızılötesi kaynağı polietilen, polipropilen ve polivinilidenflorür malzemelere uygulanabilmektedir. 20-315 mm dış çaplardaki borular için geliştirilen kaynak cihazları mevcuttur. Şekil 2.8.'da bir kızılötesi kaynak makinesi gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Kızılötesi kaynak makinesi.

## **2.11. PLASTİK KAYNAĞINA ETKİ EDEN PARAMETRELER**

### **2.11.1. Kaynak Süresi**

Kaynak süresi plastik kaynağında çok önemli etkenlerden birisidir. Yapılan kaynağın bekleme süresinin uzunluğu ile kaynağın sağlamlığı arasında doğrusal bir ilişki vardır. Makinemizdeki kaynak süresi değişkenleri 0'dan 6 saniyeye kadar değişik parametre değerleri içermektedir. Genellikle en iyi sonuçlar 4. saniye civarında elde edilmektedir. Kaynak süresinin uzun olması kaynağın daha çok nüfuz etmesine neden olur ve daya çok etkili olur.

### **2.11.2. Baskı Gücü**

Kaynağın baskı gücünün yüksek olması halinde malzemeye daha çok temas edeceği için daha iyi sonuçlar alınabilir. Baskı gücünün az olması durumunda ise kaynak istenilen derecede iyi olmaz. Kaynağın tutum yerleri zayıf olacağı için deformasyonlar hep kaynak bölgesinden olur. Baskı gücünün gereğinden fazla olması durumunda malzemeyi yakabiliriz. Makinemizde kaynak gücü 0 ile 13 kg F'

lik basınç değerleri arasında değişmektedir. En iyi sonuçlar 1.5-2 mm kalınlıklarda 9 kg F' lik baskı en iyi sonucu verdiği gözlenmiştir.

### **2.11.3. Malzemenin Kalınlığı**

Malzemenin kalınlığının çok olması durumunda kaynak tam nüfuz etmeyebilir. Bu sebepten dolayı malzeme kalınlığına göre gücünün ve süresinin çok iyi ayarlanması gerekir. Yalnızca PVC malzemelerinin kaynak edilebilme özelliğinden dolayı her malzeme için ayrı özellikler belirleme durumunda değiliz.

### **2.11.4. Kullanılan Amper**

Piyasada kullanılan makinelerde çalışılan amper değeri hiçbir zaman 1 amperi geçmemelidir. Elektrik akımı 220 – 240 Volt arası olmalıdır. Aksi durumlarda makinenin elektrik tüpü yanar ve makinenin elektrik devresi sistem dışı kalarak makineye zarar verebilir. Genellikle en iyi sonuçlar için amper değeri 0.8 Amper olmalıdır.

### **2.11.5. Kaynak Hataları**

Kötü dış görünüm

Sebepler:

- Düzensiz basınç
- Aşırı uzama
- Düzensiz ısıtma

Düzeltilme:

- Kaynak çubuğunun başlama, bitme ve hareket uygulama
- Düzgün açıda kaynak çubuğunu tutma
- Düşük üniform hava verme hareketi, malzeme ve kaynak çubuğunu ısıtma

Gerilme çatlakları

Sebepler:

- Uygun olmayan kaynak sıcaklığı

- Kaynak üzerinde aşırı gerilim
- Kimyasal sıçrama
- Temel malzeme ve kaynak çubuğunun bileşimi farklı ise
- Kaynağının oksidasyonu ve enerji kaybı

Düzeltilme:

- Tavsiye edilen kaynak sıcaklığı
- Çekilme büzülme ve yayılma için izin verilmeli
- Malzemenin bilinen kimyasal direnci ve çalışma sıcaklığı arasında kalınmalı
- Kaynak için soy gaz ve benzer malzemelerin kullanılması
- Tavsiye edilen uygulamalara başvurulması

Kötü erime

Sebepler:

- Hatalı hazırlama
- Uygun olmayan kaynak teknikleri
- Yanlış hız
- Malzemenin soğuk olması [20].

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOD

#### 3.1. TEKNİK ALAN

Yeni tip boru kaynak makinesi tasarımına hâlihazırda kullanılan standart makineler incelenerek başlanmıştır. Yapılan araştırmalar ve kullanıcı şikâyetleri değerlendirildiğinde bu makinelerin dezavantajları, kullanım zorluğu, estetik ve yüksek enerji sarfiyatları olarak özetlenebilir. Bu çalışmada, PPRC boru birleştirmelerinde zaman ve enerji kaybını en aza indirmek için yeni bir cihazın tasarımı ve imalatı gerçekleştirilmektedir. Teknik açıdan ve kullanıcı istekleri dikkate alındığında iyi bir PPRC boru kaynak makinesi şu özellikleri taşımalıdır.

- Taşınması kolay olmalıdır,
- Boru kalıplarının cihaza monte ve demonte edilmesi süreci kısa ve kolay olmalıdır. Mümkünse bütün kalıpları üzerinde olmalıdır,
- İnşaatlarda, dar alanlarda kullanılabilmesi, hafif ve küçük olmalıdır,
- Enerji sarfiyatı az olmalıdır.

#### 3.2. ÖNCEKİ TEKNİK

PPRC boru kaynak makineleri 1600 watt gücüne sahip 20 ile 25 cm uzunluğunda 8 cm genişliğinde malzeme olarak sap plastik, gövde dökme alüminyum malzemedен yapılmış, yine bu ana gövde üzerinde aynı düzlem üzerinde bulunan 20 mm – 25 mm – 32 mm çapında boru birleştirme aparatları takılarak boru birleştirme kaynağı yapılmaktadır. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 3.2 'de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Standart boru kaynağı.

Kullanılmakta olan kaynak makineleri sabit aparatları ve büyük ölçülere sahip olduğundan dolayı çok yer kaplamaktadır. Ebatlarının büyük ölçülerde olması fazla malzeme kullanımı ve kaynak yapım esnasında ağırlığından dolayı çalışanı yormaktadır. Yine kaynak yapım esnasında makinenin ana gövdesindeki birleştirme malzemelerinin aynı düzlem üzerinde olması boru çapı farklılıklarında birleştirme parçalarının sökülüp yer değiştirerek imalata devam edilmesini gerektirmektedir. Bu işlemden gerçekleştirirken makinenin soğutulması birleştirme aparatlarının ana gövdede üzerinde yer değiştirilmesi daha sonra kaynak makinesine enerji vererek imalata devam edilmesi gerekmektedir. Öncelikli olarak yapılması gereken boş geçen bu zaman kaybını daha sonrada enerji kaybını en aza indirmektir.

Cihazla ana gövde üzerinde bulunan  $\frac{1}{2}$ "-  $\frac{3}{4}$ "-1" (20 mm – 25 mm – 32 mm) çapındaki boruları kaynak yapmak için kaynak birleştirme aparatlarının aynı düzlemde olması hareket etmemesi (sabit olması) nedeni ile tesisatı yapan çalışana zaman kaybına neden olmakta, ağırlığından kaynaklı olarak çalışanı yormakta ve aparatların yerini değiştirmek için sök tak işlemi enerji sarfiyatına neden olmaktadır. Standart boru kaynak makinesinin soğuması, aparat değişimi ve sonrası tekrar ısı kazanması ciddi enerji sarfiyatlarına neden olmaktadır.

Amacımız gerek zaman kaybını gerekse enerji sarfiyatını en aza indirmek için ana gövdeye hareketli düzenek ilave ederek kaynak birleştirme aparatlarını sökmeye, takmaya gerek kalmadan bu özelliği ile de enerjiden ve zamandan tasarruf eden bir tasarım gerçekleştirilerek bir cihazın imalatı gerçekleştirilmiştir.



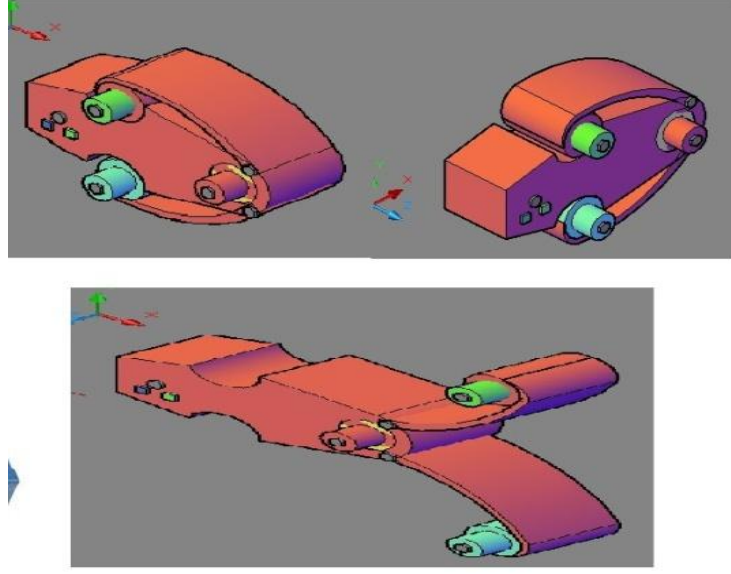
### 3.3. YENİ TİP PPRC BORU KAYNAK MAKİNESİ TASARIMI VE İMALATI

Bu çalışmada PPRC borularının minimum enerji ile kısa zamanda mukavemeti yüksek kaynak yapabilen, kullanılabilirliği kolay bir makine tasarımı ve imalatı yapılmıştır.

Kaynak makinesi genel olarak 4 parçadan oluşmaktadır. Şekil 3.3’de gösterildiği gibi rezistansı içinde bulunduran sabit ana gövde (1 nolu parça) , sağ ve solunda perçinlerle bağlanmış hareketli kanatçıklar (3-4 nolu parça) ve sistemin kolay kullanılabilirliğini sağlamak amaçlı sap (14 nolu parça) bölümleridir. Sabit ana gövde, ana gövde üzerine perçinlerle sabitlenmiş 180° dönebilen kanatçıklar ve kanatçığa bağlı olarak boruların kaynak yapabilmesi için TS standartlarında 20 mm - 25 mm - 32 mm kaynak aparatları bulunmaktadır. Standart boru kaynak makinesinden yola çıkarak tasarladığımız makinede, sıcaklığını ana gövde üzerinde bulunan rezistanstan alarak kanatçıklar vasıtasıyla boru birleştirme aparatlarına ısının hızlı iletilmesi amaçlanmaktadır. Bu ısı aktarımını hızlı yapmak için aparatların gövdeye çok yakın bölgelerine yerleştirilmesi gerekmektedir. Kanatçık ve kanatçığa bağlı aparatların gövdeye geometrik ve homojen şekilde yerleştirilmesi ısının homojen yayılmasına bu da kaynağın daha verimli yapılmasını sağlamaktadır.

Tüm bu olumlu ve olumsuz veriler göz önünde tutularak bir taslak çıkartıldı. Çıkartılan taslak kafamızda tasarıma dönüştürüldü. Şekil 3.2’ de de görüldüğü gibi tasarlanmış olduğumuz makinenin Solid Works programı yardımı ile üç boyutlu çizimleri yapıldı.

Görsel olarak cihazın ana gövdesinin kanatçıklar ile birleşim noktalarına, gövde-kanat çalışma açlarına ve yüzeyleri ile temas eden noktalara bakıldı. Çizimlerde dikkat ettiğimiz noktalardan bir tanesi, 180o dönebilen kanatçıkların gövde ile temas eden yüzey alanını geniş tutarak ısı transferini hızlandırmak. İkinci olarak dikkat ettiğimiz nokta ise ebatlarının olabildiğince küçük olmasını sağlayarak kullanımı daha kolay bir makine ortaya çıkmasını sağlamak.

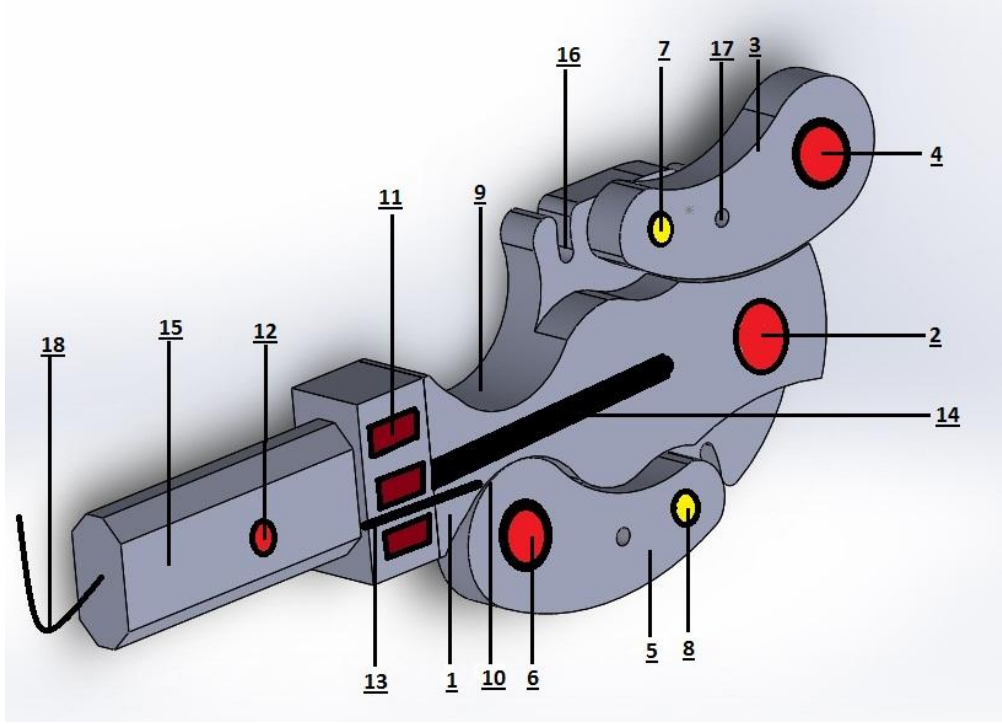


Şekil 3.2. Makinenin şematik görünümü.

Solid Works ortamında tasarımı yapılan yeni tip boru kaynak makinesinin çalışmasında 15 nolu sap tarafından gelen 18 nolu 1,5 mm kalınlığındaki faz ve nötr antigron yanmaz kablo ile aldığı elektrik enerjisini ısı enerjisine dönüştüren 14 nolu rezistans ısısını 1 nolu ana gövdeye aktarmaktadır. 1 nolu ana gövdeye gelen ısı 7,8 nolu saplamalarla bağlı 3,5 nolu kanatlara aktarmakta, ısınan kanatçık ısısını 4 ve 6 nolu aparatlara aktarmaktadır. Alüminyum malzemedeki yapılmış 1 nolu gövde üzerine açılmış 9,10 nolu kanal sayesinde aparatların ısısını korumasına, aparatların yüksek verimde kullanılmasına yardımcı olmaktadır. 4,6 nolu Aparatlar standart piyasada kullanılan aparatlardan olup, alyan anahtarlarla sökölüp takılma özelliğine sahiptir.

Aparatın rezistans sıcaklığı 12 nolu termostat ayar anahtarlarından 60 °C – 150 °C ve 260 °C göre ayarlanmaktadır. Rezistans sıcaklık ayarı sıcak ayarını istediğimiz ayara getirebilmekte sıcaklığa göre şeffaf uyarı lambaları harekete geçirmektedir.

1 nolu ana gövdeye ek olarak çalışanın makineyi kullanabilmesi adına 15 nolu sap tasarlanıp imalatı yapılarak daha rahat bir kaynak yapabilmesi sağlanmış, 11 nolu yalıtım malzemesi sayesinde 1 nolu ana gövdedeki ısının sap kısmına geçişi minimuma indirgenmiştir.



Şekil 3.3. Makinenin perspektif görünüşü.

Şekil 3.3'deki referansların açıklaması şu şekildedir:

1. Ana gövde, 1'' PPRC boru birleştirme gövdesi
2. 1'' PPRC boru birleştirme aparatı
3. 3/4'' PPRC boru birleştirme kanatçığı
4. 3/4'' PPRC boru birleştirme aparatı
5. 1/2'' PPRC boru birleştirme kanatçığı
6. 1/2'' PPRC boru birleştirme aparatı
7. 3 Nolu Kanadın birleştirilmesinde kullanılan sarı malzemedden yapılmış saplama
8. 5 Nolu kanadın birleştirilmesinde kullanılan sarı malzemedden yapılmış saplama
9. 4 Nolu Aparatın oturması için açılan kanal
10. 6 Nolu Aparatın oturması için açılan kanal
11. Yalıtım malzemesi Ytong ve klingirit
12. Termostat sıcaklığı ayar anahtarı
13. Termostat
14. Sisteme verilecek elektrik enerjisini ısı enerjisine çevirmeye yardımcı rezistans
15. Plastik sap
16. Sabitleme havşası

17. Sabitleme mili
18. Kablo  $3 \times 1.5 \text{ mm}^2$

Makinede kullanılan malzemeler Çizelge 3.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Makinede kullanılan malzeme özellikleri ve ölçüleri.

<b>Cihaz</b>	<b>Malzeme Özellikleri</b>	<b>Malzeme ölçüleri</b>
<b>Ana gövde</b>	Alüminyum AA7075	150 mm uzunluğunda 80 mm genişliğinde 25 mm kalınlığında ( Şekil 3.3' de 1 nolu parça)
<b>Kanatçıklar</b>	Alüminyum AA7075	80 mm uzunluğunda 25 mm genişliğinde 10 mm kalınlığında ( Şekil 3.3' de 3-4 nolu parça)
<b>Boru Birleştirme Aparatı</b>	Alüminyum alaşım	20 mm-25 mm -32 mm dairesel ( Şekil 3.3' de 4-5-6 nolu parça)
<b>Perçin</b>	Sarı	30 mm uzunluğunda 8 mm çapında silindirik malzeme ( Şekil 3.3' de 7-8 nolu parça)
<b>Rezistans</b>	1000 Watt fişek rezistans	100 mm uzunluğunda 10 mm çapında ( Şekil 3.3' de 14 nolu parça)

Çizelge 3.1 (devam ediyor).

<b>Kablo</b>	Antigron	$3 \times 1,5 \text{ mm}^2$ (Şekil 3.3’de 18 nolu parça)
<b>Sap</b>	Plastik	170 mm uzunluğunda 70 mm genişliğinde 40 mm kalınlığında ( Şekil 3.3’de 15 nolu parça)
<b>Yalıtım Malzemesi</b>	Ytong	30 mm uzunluğunda 45 mm genişliğinde 30 mm kalınlığında ( Şekil 3.3’de 11 nolu parça)

Solid Works ortamına yapılan tasarım sonrası ahşaptan kalıplar yapıldı ve uygulanabilirliğine bakıldı. Şekil 3.4’ de de görüldüğü gibi hareketli kanatçıkların gövde ile birleşim noktalarının, kanatçıkların üzerindeki aparatların, gövde üzerindeki kullanılabilirliğine bakıldı.



Şekil 3.4. Makinenin ahşap kalıbı.

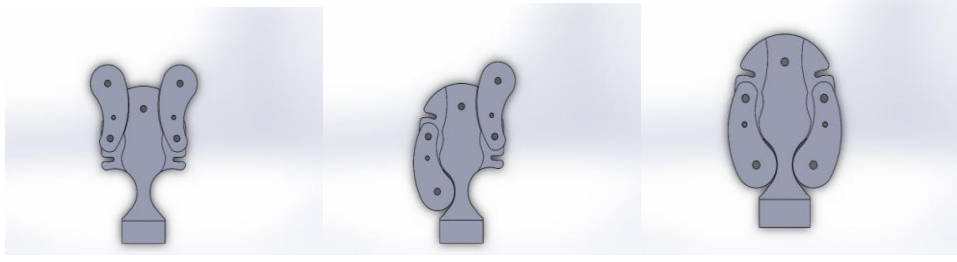
Yapılan çizimler ve ahşap kalıptan yola çıkılarak, alüminyum dökme kalıbı yapılarak imalat yapıldı ve makinenin mekanik aksamının çalışmasına bakıldı. Çizilen

şekillerde ve yapılan imalat sonrası deneylerde görüldü ki sıcaklık süresi çok geç olduğu ve makinemizin gövde ve kanatçık genişliği aparatların vida genişliğine uygun olmayan bir üretim olduğu görüldü. İmalatı yapılan makinenin geç ısınması dökme kalıp alüminyum arasındaki boşluklardan kaynaklanmaktadır. Bu etkenler göz önünde tutularak malzeme seçimimizin yanlış olduğu ve ısı iletkenliği yüksek yeni bir malzeme seçilmesine karar verilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Makinenin dökme kalıp alüminyum ile imalatı.

Yapılan testler sonucu olumsuz bir durumla karşı karşıya gelindiğinden dolayı makinemizin tasarımı yapılırken kullanılan malzeme özelliği ısı transferi yüksek AA7075 alüminyum malzemedan yapılmaya karar verilmiştir. Solid Works programında tasarım tekrar yapılarak daha rahat kullanılabilir bir makine çizimi yapıldı. Yapılan bu çizimle gövde ve kanatçık kalınlıkları aparatların bağlama vida uzunluğu hesap edilerek tasarım tekrar yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. AA7075 alüminyum serisi imalat çizimleri.

Ana gövde ile kanatçıkların eklenmesi sarı malzeme kullanılarak yapılmıştır. Malzeme genişliği 2 cm 'ye indirilerek daha kullanışlı hale gelmiştir. İmalatı yapılan makinemizin sıcaklığını sap bölümüne vermemesi için klingrit conta ve ytong malzeme kullanılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Makinenin görünüşü.

### 3.4. METOD

Tasarım ve imalatı yapılan kaynak makinesinde elde edilen kaynakların süresi ve ısı iletkenliği; piyasadaki standart kaynak makinesi ile karşılaştırılarak yapılacaktır. Öncelikli olarak sıcaklığının ne kadar sürede, kaç dereceye yükseldiklerini ve sonra kaynak yapma süreleri karşılaştırılacaktır. Isı iletkenliğini ölçümlendirdikten sonra yapılan kaynakların TS EN ISO 15874 Nolu kaynak basınç ve basma dayanım testlerine göre uygun kaynak deneyleri yapılacaktır. Bu kaynak deneyi boru fabrikasında uzmanlarca laboratuvar ortamına göre yapılacaktır. Bağlantıların Test işlemleri TS ISO 15874-5 iç basınç deneyine göre 20 °C ‘de 1 saatte 60 bar ve 90 bar olmak üzere iki basınç değerinde test işlemi uygulanacak ve değerlendirmeye alınacaktır. Makine deneylerinde kullanılan ölçüm cihazları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneyde kullanılan ölçüm cihazları.

<b>Cihaz ve Markası</b>	<b>Özellikleri ve Modeli</b>
Sıcaklık ölçüm cihazı BENETECH marka GM 320 model	Ölçüm Aralığı:-50 ~ 380 °C Hassasiyet: ±1,5°C Dijital Ekran Çözünürlüğü: 0,1
Basma makinesi HİDROSAN marka Tellus 37/68	Basma basıncı 20 Ton
Basınç Havuzu SCITEO marka	Basınç değerleri: 60 bar/ 90 bar Hassasiyet : ±0.80 bar



## BÖLÜM 4

### DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Piyasada kullanılan standart boru kaynak makinesi ile tasarımı yapılan yeni kaynak makinesinin performansın karşılaştırılması amacıyla deneysel aşamaya geçilmiştir. Dene yapılırken; boru markaları, cihazların 20 mm-25 mm-32 mm çaplarındaki aparatları aynı malzemeden yapılmış homojen yapıda ürünler seçilmiştir.



Şekil 4.1. Dene düzenekleri.

Yürütülen deneysel çalışmada 220 V-1600 W'lık çift rezistansa sahip piyasadaki standart makine ile tasarımı yapılan 220 V-1000 W tek rezistansa sahip yeni makine karşılaştırılmıştır. Deneyler 1 °C sıcaklığa sahip laboratuvar ortamında saat 16:37'de başlamış ve 17:36'da son bulmuştur.

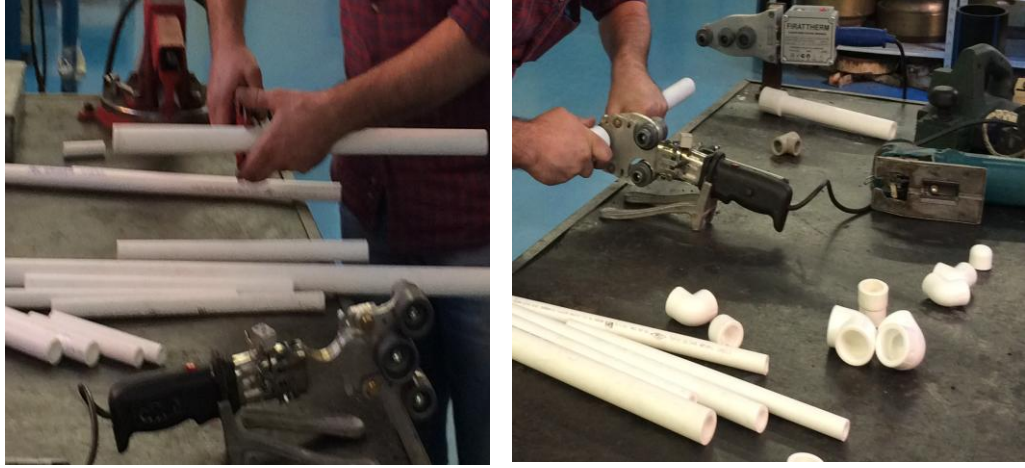


Şekil 4.2. Deneylerin yapılışı.

Deneyin ilk aşamasında gövde sıcaklığının artışı, devamında da kanatçıklardaki sıcaklık değişimi gözlemlenmiştir. Gövde ve kanatçıklar istenilen sıcaklığa (260 °C) ulaştığında 32 mm – 25 mm – 20 mm çaplarında 90° dirsek ve T ek parçaları PPRC boruya kaynak yapılarak kaynak süreleri kaydedilmiştir. Kaynak bitiminde tekrar sıcaklık ölçümleri gerçekleştirilmiş ve tasarımı yapılan makinenin önce 25 mm 'lik sonra 20 mm'lik kanatları açılarak kaynak süreleri ve sıcaklıkları tekrar kaydedilmiştir. Deneyin son aşamasında 10 saniyelik sürede kanatçık sıcaklıkları ölçülmüş ve bu süre zarfında yapılmış kaynak kalitesi Basma- çekme deneyleri kullanılarak test edilmiştir.

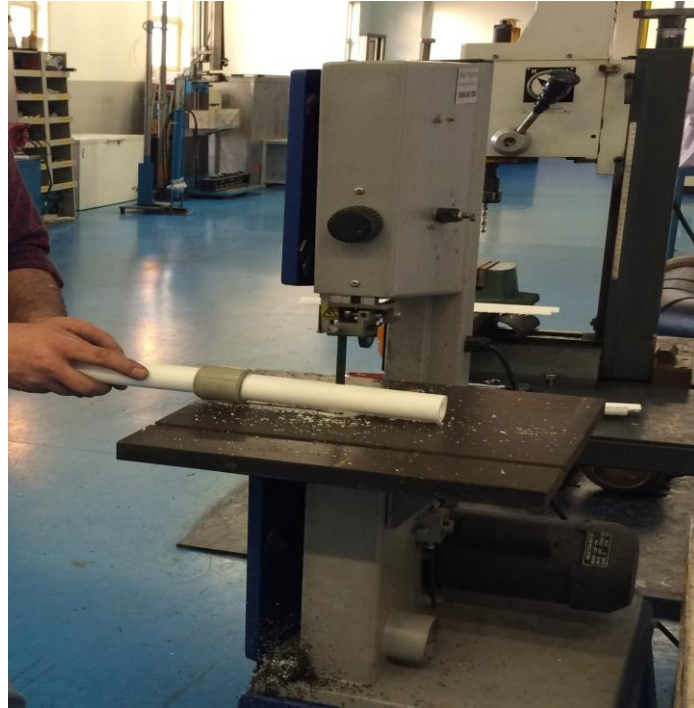
Yaptığımız eğitime deneylerinin ardından yapılan kaynakların sağlamlığını test etmek için PPRC boru kaynak makinesi Plastik boru birleştirme laboratuvarına götürerek sağlamlık testlerine tabi tutuldu.

Öncelikli olarak laboratuvarında kaynaklar Sıyırma deneyine tabi tutuldu. 20 mm 25 mm ve 32 mm çapta boruları 2 parça 20 cm uzunluğunda kestik, kesilen 2 parçayı PPRC boru kaynak makinesi ile manşonla birbirine birleştirme işlemi yaptık. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.3'de sunulmuştur.



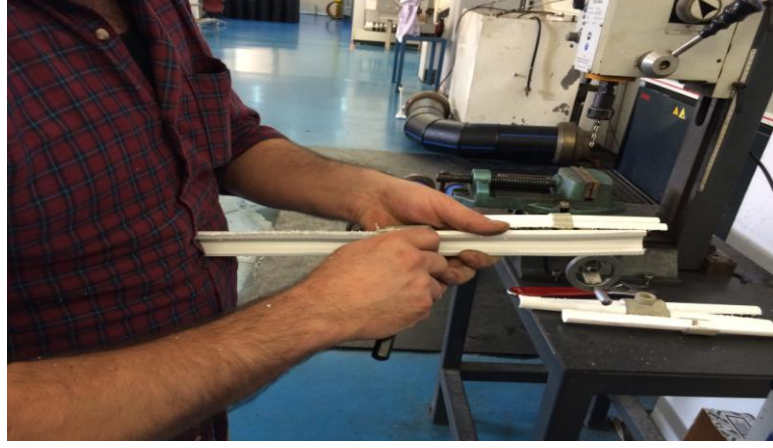
Şekil 4.3. PPRC boruların kesilmesi ve manşonların eklenmesi.

20 mm - 25 mm - 32 mm çaplarındaki Manşon ekli borular elektrikli testere ile yan kesit alınarak kesme işlemi yapılmıştır. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.4'de sunulmuştur.



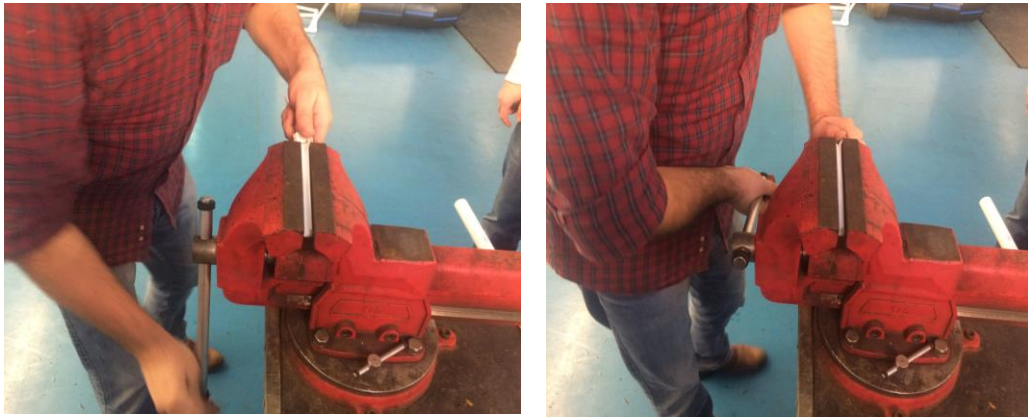
Şekil 4.4. PPRC borularından yan kesit alınması.

Yan kesitleri alınan PPRC borularına sıyırma yöntemi uygulanarak deneydeki destleri engelleyecek parçacıklar sıyırılır. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.5’de sunulmuştur.



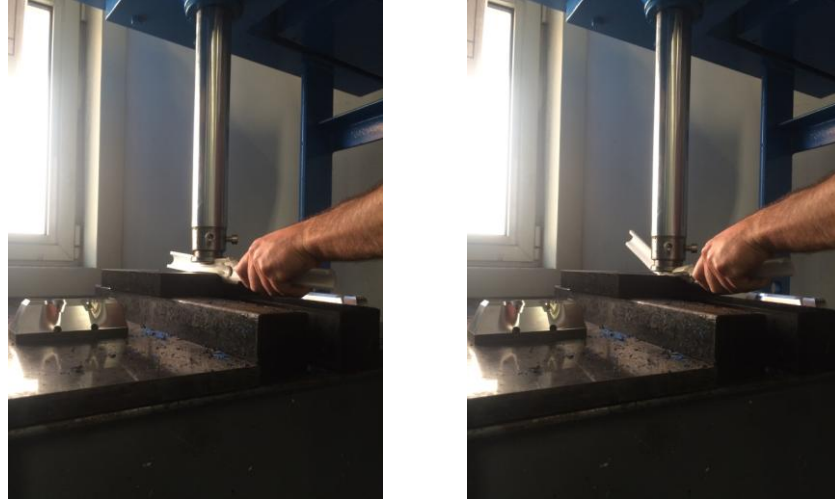
Şekil 4.5. Kaynakları yapılan PPRC borularına sıyırma yöntemi uygulanması.

Sıyırma işlemleri yapılan 20 mm ve 25 mm çapındaki boru parçalarımız mengeneye bağlanır. Yapılan kaynağın sağlamlığını ölçmek için makineye bağlı parça sıkıştırılırdı ve kopmanın kaynaktan mı yoksa borunun kendisinden mi olduğu ölçüldü. Yapılan deneylerde görüldü ki kaynaklar sağlam, boruları da deformasyonlar görülmüştür. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.6’da sunulmuştur.



Şekil 4.6. Kaynakları yapılan 20 mm – 25 mm PPRC Borularının dayanım testi.

32 mm çapındaki manşon ekli borunun dayanım testini 20 tonluk hidrolik pres yardımı ile test yapılmıştır. Yapılan kaynaklarda hiçbir yırtılma ve deformasyon görülmediği deformasyonların boruda oluştuğu görülmüştür. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.7’de sunulmuştur.



Şekil 4.7. Kaynakları yapılan 32 mm PPRC borularının dayanım testi.

Uygulanmış olduğu sıyırma ve basma deneylerindeki başarılı testlerden sonra sıra TS ISO 15874-5 nolu iç basınç testine gelmiştir.

Yapılan kaynakların dayanımı test edeceğimiz en önemli deneylerden biriside basınçla yapılan test yöntemidir. Belirli sıcaklıkta, belirli sürede ve belirli basınç altında kaynakların dayanım testlerini ölçümlendirdik.

20 mm - 25 mm ve 32 mm çaplarındaki borular 35 cm’lik üçer eş parçalara kesilerek PPRC boru kaynak makinesi ile dirsekler ve iç dişli fittingler kaynaklandı. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.8’de sunulmuştur.



Şekil 4.8. 20 mm - 25 mm - 32 mm borularının birleştirilmesi.

Tasarlanan PPRC boru kaynak makinesi ile 20 mm - 25 mm ve 32 mm boruların birleştirilmesi yapılan fittings malzemelerin kaynak testlerini yapmak üzere basınç havuzuna atıldı. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.9’de sunulmuştur.



Şekil 4.9. 20 mm -25 mm - 32 mm borularının makineye bağlanması ve basınç havuzuna atılması.

20°C ‘deki su dolu havuzdaki borularımıza 60 bar basınç da 60 dakika beklenilmekte ve kaynak süresince basınç havuzu kontrol üniteleri değerleri kontrol edilmektedir. Deneyimiz 9 nolu set değerlerine göre değerlendirme alınmıştır ve gözlemleme set süresi 60 dakikaya ayarlanmıştır. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.10’da sunulmuştur.



Şekil 4.10. 60 bar basınçta malzemelerin kaynak süre ve basınç ölçüm değerleri.

TS ISO 15874-5 Nolu iç basınç test standartlarına göre 60 dakika da 60 bar sabit basınç ve 20 °C sabit sıcaklıktaki kaynak dayanım testleri olumlu sonuç vermiştir. Kaynakların hiçbir deformasyona uğramadığını Fırat ölçüm cihazı ile test etmiştir.

Kaynakların mukavemetini ölçüm cihazının max. basıncında 90 bar'da test edilmesi üzerine tekrar basınç havuzuna atılmıştır. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.11'de sunulmuştur.



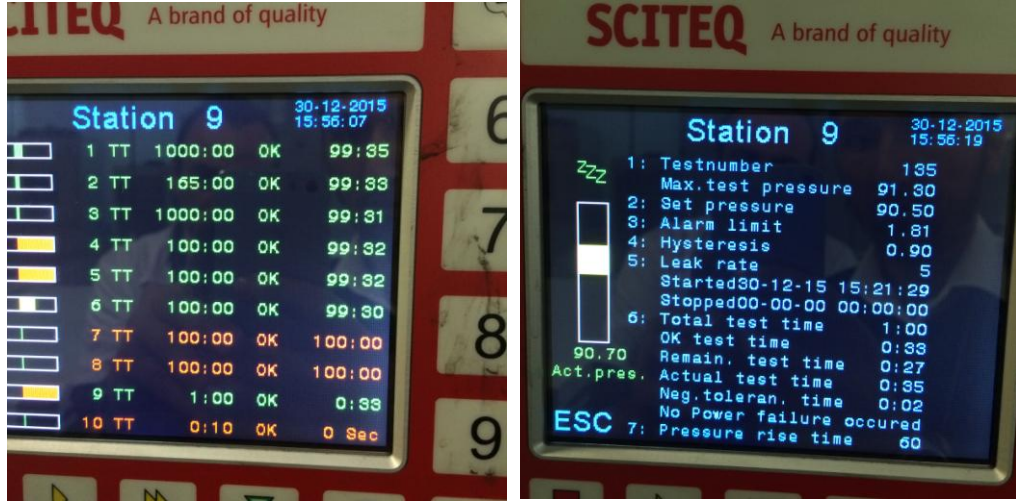
Şekil 4.11. 90 bar'da basınç testi.

Saat 15:34'de başlanan ve 15:56'da son verilen 90 bar basınç altında kaynak mukavemetleri ölçülmüştür. Uygulamaya ait fotoğraf Şekil 4.12'de sunulmuştur.



Şekil 4.12. 90 bar'da basınç set değerleri.





Şekil 4.13. 90 bar'da süreç sonundaki tablo değerleri.



Şekil 4.14. Malzemelerin basınç havuzundan çıkartılması.

#### 4.1. DENEY SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRMESİ

Tasarımı yapılan boru kaynak makinesi öncelikli olarak ısıl işleme tabi tutulmuş zamana bağlı kaynak aparat sıcaklıkları test edilmiştir. Yapılan makinenin ısı transferine ve ergitme sürelerine bakıldıktan sonra yapılan kaynakların sağlamlığı

boru kaynak laboratuvar sıyırma, basma ve TS ISO 15874-5 nolu iç basınç testine tabi tutulmuş, Şekil 4.10 ve Şekil 4.13’de de görülmektedir.

Deneyde 1000 Watt gücündeki yeni boru kaynak makinesi ile 1600 Watt gücündeki boru kaynak makinesinin ısı analizleri ve yapılan kaynaklara karşı ısı direnç deneyleri dijital termometre ile ölçülerek test edilmiş ve aşağıdaki şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- Geliştirilen cihazın kaynak yapılmaksızın 260 °C sıcaklığa ulaşması için gereken süre 13 dakikadır. Bu değer standart cihaz için 12 dakika olarak ölçülmüştür. Çizelge 4.1’de zamana bağlı sıcaklık değişimi gösterilmiştir.
- 21 °C gövde sıcaklıklarına sahip standart boru kaynak makinesi ile yeni PPRC boru kaynak makinesinin gövde ve aparat sıcaklıklarına bakıldığında yeni kaynak makinesinin daha geç ısındığı görülmektedir. Bu değişim rezistans farklılıklarından kaynaklanmaktadır. 1000 Watt gücündeki kaynak makinesinin kaynak süresince ısınıp koruması kullanıldığı malzemeden kaynaklanırken, geç ısınması da kullanılan rezistans gücü ve aparatların hareketli olmasından kaynaklanmaktadır. Çizelge 4.1 ‘de sıcaklık değişimleri gözlemlenmektedir.
- Piyasada kullanılan standart kaynak makinesi ile tasarımı yapılan kaynak makinesinin 260 °C ’ye farklı sürelerde ulaştığı gözlemlenmiştir. Elde edilen sıcaklık sonrası 32 mm, 25 mm, 20 mm çaplarındaki 3 adet 90° dirsek ve 3 adet T ek parçalarını kaynak yapma sürelerinin karşılaştırılması Çizelge 4.2 ’de gösterilmiştir.
- Kaynak sonrası kaynak aparatların sıcaklıkları ölçüldüğünde en çok ısı kaybının standart makinede olduğu görülmüştür. 32 mm, 25 mm, 20 mm çaplarındaki 3 adet 90° dirsek ve 3 adet T ek parçaları yapılan kaynaklar neticesinde tasarımı yapılan, makinenin kaynak sonrası sıcaklığı 226 °C iken standart makinenin gövde sıcaklığı 204 °C ’ye düştüğü gözlemlenmiştir.
- Yeni PPRC boru kaynak makinesinde kaynak süresince ısı kaybının az olmasından dolayı kaynak sürelerinin daha kısa olduğu Çizelge 4.2 ‘de gözlemlenmektedir.
- Yeni PPRC boru kaynak makinesinde 20 mm çapındaki aparattaki kaynak süresinin daha kısa olma sebebi gövde sıcaklığının küçük olan aparata daha iyi

aktarılmamasından kaynaklandığı görülmektedir. Standart boru kaynak makinesinde 20 mm aparatın gövdeye (rezistansa) olan uzaklığı ve kullanılan dökme alüminyumun uç kısımlara ısıyı geç aktarmasından kaynaklı olarak hızlı soğuma gerçekleşmektedir. Soğuma işleminin gerçekleşmesinden dolayı kaynak işlem süresi daha uzun olduğu Çizelge 4.2 'de görülmektedir.

- Enerji tüketim değerlerine bakıldığında tasarımı yapılan makinenin rezistansı 1000 Watt değerinde enerji kullanırken, standart makine 1600 Watt enerji harcamaktadır.
- Tasarımı yapılan makinenin kanatçıkları açılarak ölçüm yapıldığında aparatlardaki sıcaklık 260 °C den 221 °C 'ye azaldığı görülmektedir.
- Tasarımı yapılan makine kanatçıkları açılarak kaynak yapıldığında sıcaklık 221 °C 'den 200 °C 'ye düştüğü görülmektedir.
- Verimi en yüksek olan kanatçık deki aparat 20 mm olan aparattır. Çap küçük olduğu için ısıl kaybı yavaş, gövdeden kanatçığa olan ısı transferi hızlı olmaktadır.
- AA7075 serisi alüminyum kullanılması standart makinelere göre 1 saniye geç ısınmasını beraberinde getirmektedir, fakat kaynak sırasındaki ısıl kaybının az olmasını sağlamaktadır.
- Tasarlanan makinenin bir diğer özelliği katlanabilir kanatçıklarla çok dar alanlarda kaynak yapılabilme ve kanatçıkların 180° dönmesi kaynak kolaylığı sağlamaktadır.
- Standart makineye oranla iki kat daha küçük olduğundan kullanıcının uzun süreli yorulmadan kaynak yapabilmesine olanak sağlamaktadır.
- Tasarlanan boru kaynak makinesi, kaynak yapılımlı zor yerlerde kanatçıkları açılarak kaynak kolaylığı sağlamaktadır. Uygulama Şekil 4.15'de sunulmuştur.



Şekil 4.15. Dar alanlarda kaynak yapılışı.

Yapılan deneyler sonucunda iki makinenin zaman içerisindeki sıcaklık değişimi Çizelge 4.1’de, kaynak süreleri Çizelge 4.2’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Makinelerin zaman içerisindeki sıcaklık değişim tablosu.

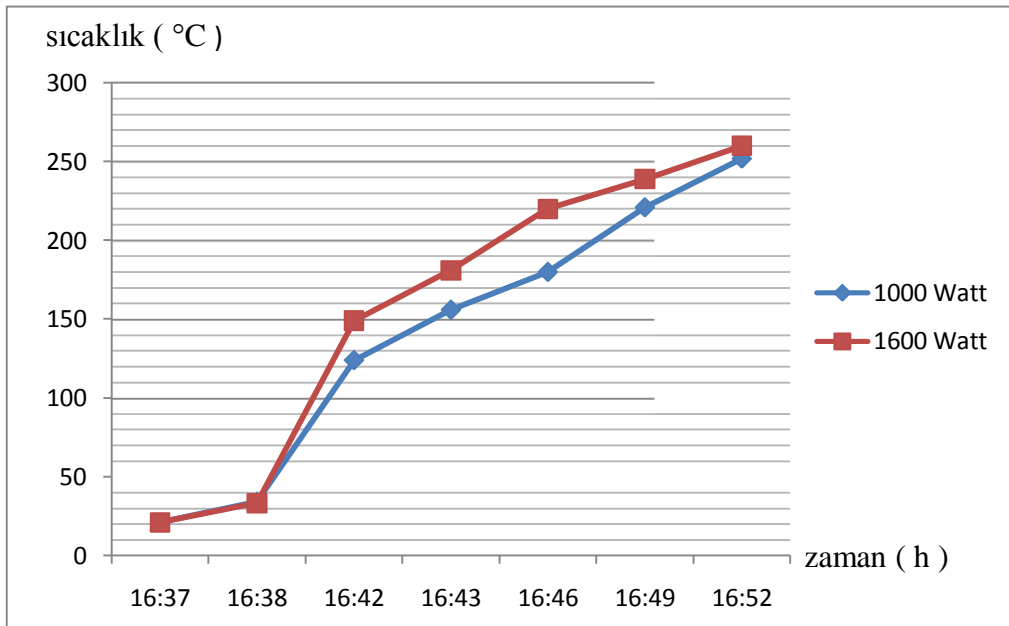
	220V-1600W			220V-1000W		
Saat 16:37 Gövde sıcaklığı (°C)	21			21		
Saat 16:38 Gövde sıcaklığı (°C)	33			34		
Boru Çapı	32mm	25mm	20mm	32mm	25mm	20mm
Saat 16:42 Kanatçık sıcaklıkları (°C)	124	63	86	140	98	99
Saat 16:43 Kanatçık sıcaklıkları (°C)	156	80	111	180	150	160
Saat 16:46 Kanatçık sıcaklıkları (°C)	180	134	144	220	190	199
Saat 16:49 Kanatçık sıcaklıkları (°C)	220	172	192	240	220	230
Saat 16:52 Kanatçık sıcaklıkları (°C)	252	220	231	260	240	251

Deney mukayesesi yapıldığında; yeni PPRC boru kaynak makinesinin standart boru kaynak makinesine göre kaynak süresinin daha kısa olduğu görülmektedir. Yeni PPRC boru kaynak makinesinin kaynak sürelerinin daha kısa olma nedeni kullanılan malzemenin ısı iletkenliğinin yüksek olmasıdır.

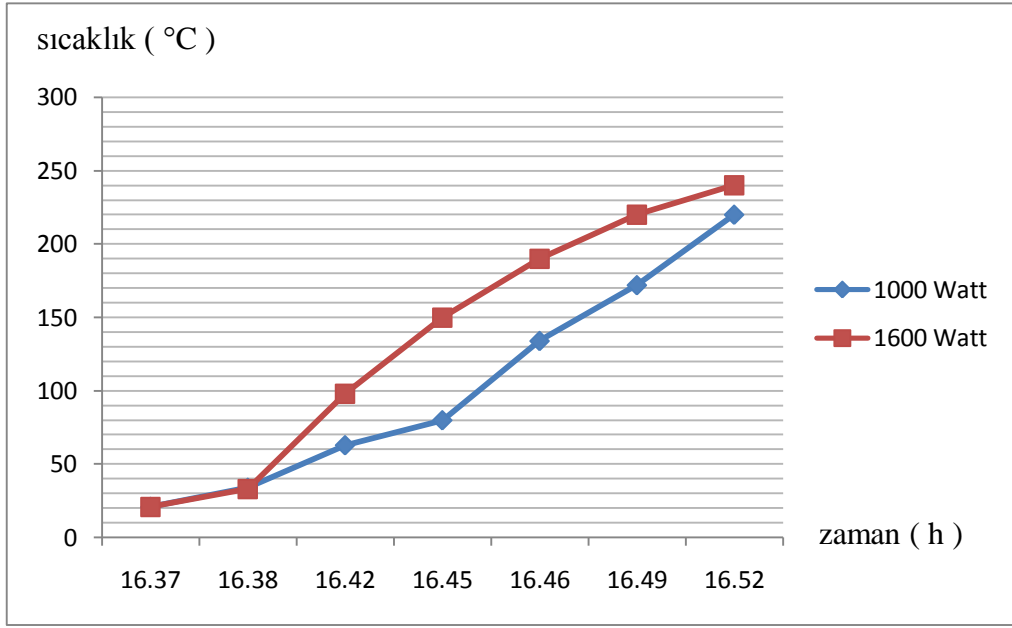
Çizelge 4.2. Makinelerin kaynak süreleri tablosu.

	220V-1000W			220V-1600W		
	32mm	25mm	20mm	32mm	25mm	20mm
90° Dirsek	15s	21s	25s	31s	26s	21s
T	17s	20s	20s	29s	23s	20s

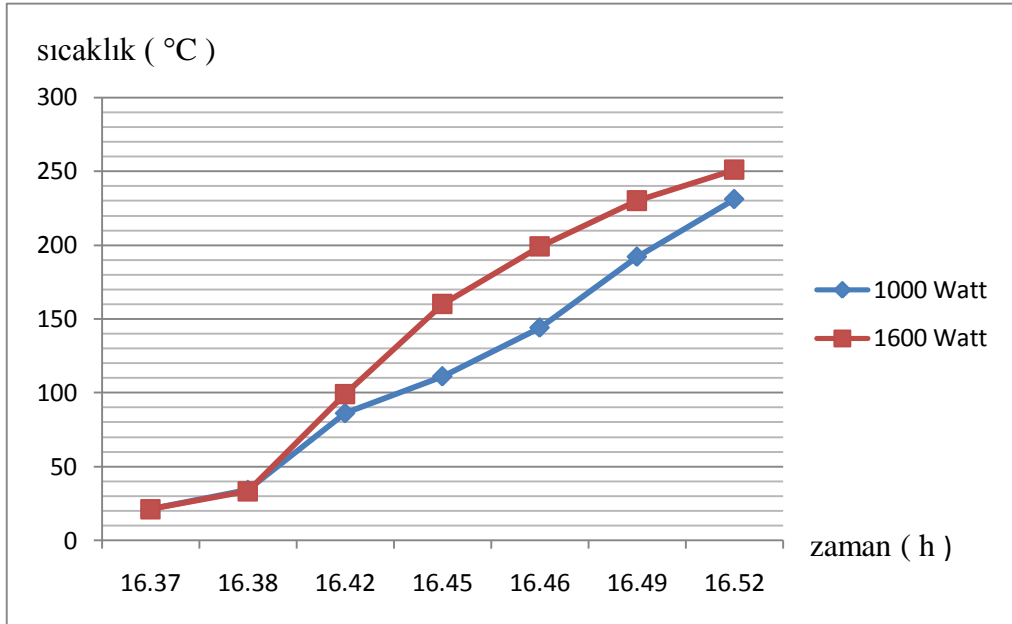
Piyasadaki boru kaynak makinesi (1600 Watt) ve tasarımı yapılan boru kaynak makinesi (1000 Watt) saat 16:37 – 16:52 arasındaki kaynak süresindeki yapılan kaynaklar 90° Dirsek ve T parçalarının kaynak yapıldıktan sonraki sıcaklık değerleri mukayese edilmiştir. Kaynak makinelerinin kanatçık aparatlarındaki sıcaklık dağılımları izlenmiş, 20 mm – 25 mm – 32 mm çaplarındaki aparatlar Deney süresince Şekil 4.16, Şekil 4.17, Şekil 4.18 de gösterilmiştir.



Şekil 4.16. 32 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi.



Şekil 4.17. 25 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi.



Şekil 4.18. 20 mm'lik kanatçık sıcaklıkların zamana göre değişimi.

Yapılan ikinci deneyde boru kaynak laboratuvarında sıyırma ve TS ISO 15874-5 standardına göre yapılan iç basınç deneyi olumlu sonuç vermiş ve test den başarı ile geçmiştir. 20 °C de 60 bar da 1 saat süren test sonucunda kaynak birleşim noktalarındaki sağlamlık test den olumlu sonuç alındı. Sonraki adım ise kaynak

mukavemetini daha da zorlayarak basıncı 60 bar dan 90 bar'a çıkardık ve sonucu gördük ki testten olumlu sonuç alındı.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Tasarımı yapılan bu boru kaynak makinesi ile sağlıklı kaynak yapılması ve zamanın verimli kullanılması sağlanmıştır. Bu çalışma sonunda makinenin ısı iletkenliği, yapılan kaynağın sıyırma ve iç basınç test değerlerinin emniyetli katsayıda olup olmadığı belirlenmiştir. Üretimi yapılan makinede kullanılan malzeme uzay teknolojisinde kullanılan günümüzün en iyi alüminyum iletkenliğine sahip AA7075 serisinin kullanımı 1000 Watt'lık rezistans ile boru ek ve parçalarının kaynaklanabiliyor olmasına olanak sağlamıştır.

Öncelikli olarak yapılan makine kalıbı dökme alüminyum gövdeden yapılması gövde malzeme arasındaki boşluklara ısının zor transferine neden olmuştur. Isı iletkenliği yüksek ve daha az boşluklu malzemeden yapılmış yeni nesil alüminyum AA 7075 serisi alüminyum kullanmamız daha hızlı ısı transferi yapabilme özelliği katmıştır. Buda tesisatlarda hızlı ısınabilme özelliği sayesinde enerji tasarrufu sağlamıştır.

1600 Watt gücündeki standart boru kaynak makinesi ile 1000 Watt gücündeki yeni tip boru kaynak makinesinin ısınmalarına bakıldığında 1000 Watt gücündeki yeni tip boru kaynak makinesi 1 sn daha erken ısınmaktadır.

Standart boru kaynak makinesinin aparatların sabit gövde üzerinde olduğundan değişik çaplardaki kaynakları yapabilmek için aparatların yer değiştirilmesi gerekmekte ve bu da bize enerji ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Yeni tip boru kaynak makinesindeki kanatçıklar üzerindeki aparatların 180° hareket etmesi kaynak aparatlarının yerlerini değiştirmeden kaynak yapabilme olanağı sağlamaktadır.

Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında, kaynaklama sonrası ısıl farklılıkların ve enerji tüketiminin azaltılması amacıyla AA7075 serisi alüminyumdan daha iyi



iletkenlik değerine sahip bakır malzeme kullanılması söz konusu olabilir. Sistem verimliliğinin arttırılması amacıyla tasarlanan makinenin kanatçıklarına ayrıca rezistans eklenebilir ve bu sayede üç bağımsız rezistans ile çalışılabilirlik sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. Özkan, Ö., “Termoplastik boruların elektrofüzyon kaynağında dikiş kalitesini etkileyen faktörler ile uygulanan testlerin analizi”, Yüksek Lisans Tezi. *Y.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 6-14 (2009).
2. Demirarslan, S., “Plastik Malzemelerin Özellikleri ve İnşaat Sektöründeki Kullanım Yeri”, *KOÜ- KMYO/ İnşaat Programı*, 48-53 (2010).
3. Grewell, D. A., Benatar, A. and Park, J. B., “Plastics and Composites Welding Handbook”, *Hanser Publications*, Munich, 3-4 (2003).
4. Chasis, D. A., “The Evolution of Pipe”, *Plastic Pipe Line*, 2, 3 (2007).
5. Ellenberger, J. P., “Piping systems & pipeline: ASME Code Simplified”, *McGraw-Hill*, New York, 1-5 (2005).
6. Willoughby, D. A., Woodson, R. D. and Sutherland, R., “Plastic Piping Handbook”, *McGraw-Hill*, New York, 80-86 (2002).
7. Nayyar, M. L. “Piping Handbook”, *McGraw-Hill*, New York, 90-94 (2000).
8. İnternet: Rice Industrial Piping Systems Brochure, “Industrial Termoplastik Proses Piping System Products & Service”, [http://www.riceeng.com/products/industrial/process\\_piping](http://www.riceeng.com/products/industrial/process_piping) (2003).
9. Georg Fisher Piping Systems, “Engineering Handbook for Industrial Piping Systems”, *Georg Fisher Piping Systems Ltd.*, Schaffhausen, Switzerland, 30-37 (2007).
10. Sixsmith, T. and Hanselka, R., “Handbook of Thermoplastic Piping System Design”, *Marcel Dekker Inc.*, New York, 430 (1997).
11. PPF A, “Selecting the Proper Plastic Piping Material”, *PPFA*, Illinois, 69-72 (2005).
12. Faeshad, M. “Plastic Pipe System Failures, Investigations and Diagnosis”, *Elsevier Science*, Boston, 45-53 (2006).
13. Türk Standartları Enstitüsü, “TS ISO 12162: Termoplastik Malzemeler - Basınç Uygulanan Durumlarda Kullanılan Boru ve Ekleme Parçaları İçin – Sınıflandırma ve İşaretleme -: Toplam Servis (Tasarım) Katsayısı”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara (1997).

14. PPFA Technical Committee, "Plumbing Apprentice Training Manual for Plastic Piping Systems", *Plastic Pipes and Fittings Association*, Illinois, 24, 35-60 (2005).
15. Harrington Industrial Plastics, Inc., "Engineering Handbook For Industrial Plastic Piping Systems, *Harrington Industrial Plastics, Inc*, California, 88-89 (2007).
16. Froment, I., "TWI Job Knowledge 56: Hot gas welding of plastics: Part 1 – 2", United Kingdom, *TWI Global*, 56-56b (2003).
17. Knight, A., "TWI Job Knowledge 58: Butt fusion welding of plastics", *TWI Global*, United Kingdom, 58 (2004).
18. Chipperfield, F., "TWI Knowledge Summary: Welding of Thermoplastic Pipes", *The Welding Institute Ltd.*, Cambridge, 21-22 (2005).
19. TWI Polymer Group, "TWI Knowledge Summary: Infra Red Welding of Plastics", *TWI Polymer Group*, Cambridge, 13-15 (2003).
20. Hüner A., "Plastik Esash Kompozit Malzemelerin Sıcak Birleştirme İşlemlerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Trakya Üniversitesi Makine Mühendisliği*, Edirne, 40-44 (2008).

## ÖZGEÇMİŞ

Kadir YENİAYDIN 1988'de Karabük'ün Eskipazar ilçesinde doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Sakarya Üniversitesi Akyazı Meslek Yüksek Okulu Doğalgaz Isıtma ve Sıhhi Tesisat Teknolojileri Bölümü'nü tamamladıktan sonra 2010'da Karabük Üniversitesi Makine Eğitimi Bölümü Tesisat Öğretmenliği'ne girdi. Eşzamanlı olarak Safranbolu Efe Mühendislik Vaillant firmasında göreve başladı. Halen; yüksek lisans eğitimini Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı altında sürdürmekte ve eşzamanlı olarak Airfel Bayii Bartın Şube sorumlusu olarak çalışma hayatına devam etmektedir.

Adres: Kemerköprü Mah. 151. Cad. No:80/8

BARTIN/MERKEZ

Tel: (536) 512 14 78

E-posta: [kadir\\_yeniaydin@hotmail.com](mailto:kadir_yeniaydin@hotmail.com)