

**FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP POLİMER MALZEME KULLANILARAK
DEĞİŞİK EKSTRÜZYON PAREMETRELERİYLE BORU İMALATI VE
KAREKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harun SEVİNÇ

**Danışman
Prof. Dr. Bekir YALÇIN**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2024

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP POLİMER MALZEME KULLANILARAK
DEĞİŞİK EKSTRÜZYON PAREMETRELERİYLE BORU İMALATI VE
KAREKTERİZASYONU

Harun SEVİNÇ

Danışman

Prof. Dr. Bekir YALÇIN

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2024

TEZ ONAY SAYFASI

Harun SEVİNÇ tarafından hazırlanan “Farklı Özelliklere Sahip Polimer Malzeme Kullanılarak Değişik Ekstrüzyon Parametreleriyle Boru İmalatı ve Karakterizasyonu” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 12 / 02 / 2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği / oy çokluğu** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Başkan : Prof. Dr. Abdurrahman KARABULUT
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Dr. Öğretim Üyesi Mevlüt Yunus KAYACAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. Bekir YALÇIN
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12/ 02/ 2024

Harun SEVİNÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP POLİMER MALZEME KULLANILARAK DEĞİŞİK EKSTRÜZYON PAREMETRELERİYLE BORU İMALATI VE KAREKTERİZASYONU

Harun SEVİNÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Bekir YALÇIN

Bu yüksek lisans tezinde, mesken ısıtma sisteminde kullanılan plastik boruların değişik ekstrüzyon imalat parametreleri göz önüne alınarak, verimlilik ve dayanıklılık özellikleri deneysel araştırılmıştır. Polimer esaslı boruların, kullanım alanı olarak mesken içerisine, strafor yardımıyla döşemesi yapılmakta ve şap malzemesi ile kapatılarak üzerine mesken mimari etkisine göre parke, fayans, mermer vb. eklentiler uygulanmaktadır. Bu borularda oluşacak lokal veya genel arızaların tamirâtı, yapılan mimari eklentilerin bozulmasına ve maddi-manevi kayıplara sebep olacaktır. Ayrıca, uzun ömürlülük göstermeyip kısa süre içerisinde hasara uğrayan boruların tamirâtı, insanların yaşam kalitesi ve refah düzeylerini olumsuz etkilediği bilinen bir gerçektir. Hatta, boru ve imalat arızla nedeniyle çok katlı binalarda oluşan su kaçağının binanın mali değerinin ve dayanıklılığının düşmesine sebep olmakla birlikte binanın ısıtma sisteminde enerji kaybına da yol açmaktadır. Bu bağlamda, XP 9000 polietilen (PE), XP 9020 PE, geri dönüştürülmüş PE, XP9020 ile geri dönüştürülmüş PE karışımından oluşan dört farklı granül polimer malzeme ile dört farklı ekstrüzyon sıcaklığı (°C) ile (180°C, 200 °C, 220 °C, 245 °C) ve dört farklı ekstrüzyon hızı (d/d) ile (35 d/d, 38 d/d, 42 d/d ve 46 d/d) ve dört ekstrüzyon çekme hızı (m/d) ile (14 m/d, 15 m/d, 16 m/d ve 17 m/d) seçilerek, L16 Taguchi deney tasarımı yapılmış ve 16 adet boru numunesi imal edilmiştir. Bu numunelerden sadece 9 numunede somut boru elde edilebilmiştir. Diğer deney koşulları ile somut boru elde edilememiştir. Elde edilebilen 9 adet boru numunesi üzerinde mikroskopik çap ölçümü, yüzey düzgünsüzlülüğü ve esneklik

tain edilmeye çalışılmış olup, sadece bir boru numunesinin kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Akabinde bu numuneye, standart basınç, sıcaklık, buhar testlene tabi tutulmuştur. Sonuçta, XP 9000 PE hammadde kullanılarak 180°C ekstrüzyon sıcaklığı, 38 d/d helezon hızı ve 16 m/d çekme hızı ile imal edilen borunun test sonuçları kullanılabilirlik açısından anlamlı olabileceği kanaati oluşmuştur. Elde edilen numuneyi piyasa da markalaşmış 4 adet boru numunesiyle sıcaklık, basınç, yüzey pürüzlülüğü ve basma deneyleri bakımından kıyaslanmıştır. Sonuç olarak X boru numunesi A, B, C, ve D ticari boru numuneleriyle tezin araştırma konusu kapsamında benzer olabileceği kanaatine varılmıştır.

2024, xiii + 102 sayfa

Anahtar Kelimeler: Ekstrüzyon, Isıtma, Plastik Boru, Plastik Boru Hataları, Taguchi Analizi.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PIPE MANUFACTURING AND CHARACTERIZATION WITH VARIOUS EXTRUSION PARAMETERS USING POLYMER MATERIALS WITH DIFFERENT PROPERTIES

Harun SEVİNÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Bekir YALÇIN

In this master's thesis, the efficiency and durability characteristics of plastic pipes used in residential heating systems were experimentally investigated by considering various extrusion manufacturing parameters. Polymer-based pipes, intended for residential use, are laid with the assistance of styrofoam within the residence and covered with screed material. Subsequently, architectural enhancements such as parquet, tiles, marble, etc., are applied based on the architectural style of the residence. The repair of local or general faults in these pipes may lead to the deterioration of the applied architectural enhancements and result in material and immaterial losses. Moreover, the repair of pipes that do not demonstrate longevity and are prone to damage in a short period negatively impacts the quality of life and well-being of individuals. In fact, water leakage in multi-story buildings due to pipe and manufacturing defects not only reduces the building's monetary value and durability but also results in energy loss in the heating system of the building. In this context, a L16 Taguchi experimental design was implemented with four different granular polymer materials, namely XP 9000 polyethylene (PE), XP 9020 PE, recycled PE, and a mixture of XP9020 with recycled PE. Four different extrusion temperatures (180°C, 200°C, 220°C, 245°C), four extrusion speeds (35 d/d, 38 d/d, 42 d/d, and 46 d/d), and four extrusion draw rates (14 m/d, 15 m/d, 16 m/d, and 17 m/d) were selected for the manufacturing process, resulting in the production of 16 pipe samples. However, only 9 samples yielded concrete pipes, while others did not meet the specified conditions. Microscopic diameter measurement, surface

roughness, and flexibility were attempted to be determined on the obtained 9 pipe samples, and only one pipe sample was found to be usable. Subsequently, this sample was subjected to standard pressure, temperature, and steam tests. Ultimately, the test results of the pipe manufactured using XP 9000 PE raw material, with an extrusion temperature of 180°C, a helix speed of 38 d/d, and a draw rate of 16 m/d, were deemed meaningful in terms of usability. The obtained sample was then compared with four commercially branded pipe samples in the market in terms of temperature, pressure, surface roughness, and compression tests. As a result, it was concluded that the X pipe sample could be similar to A, B, C, and D commercial pipe samples within the scope of the thesis research.

2024, xiii + 102 pages

Keywords: Extrusion, Heating, Plastic Pipe, Plastic Pipe Defects, Taguchi Analysis.

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusunun belirlenmesi, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Bekir YALÇIN' a teşekkür ederim.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesine destek sağlayan, bütün bilgi ve hoşgörüsüyle beni yönlendiren işverenim Metin ÇEVİK' e, numune ve deney aşamalarında yardımlarından dolayı usta başımız Onur ÇAKMAK' a teşekkür ederim. Ayrıca, araştırmalarım sırasında, hiçbir yardımı esirgemedi, koşulsuz emek veren kardeşim Erhan SEVİNÇ' e teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Harun SEVİNÇ

Afyonkarahisar 2024

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	7
2.1 Polimerler.....	7
2.1.1 Organik Polimerler.....	7
2.1.2 İnorganik Polimerler	8
2.2 Polimerlerin İçerdiği Bileşiklere Göre Sınıflandırılması.....	8
2.2.1 Doğal Polimerler	9
2.2.2 Sentetik Polimerler.....	12
2.2.3 Yarı Doğal Polimerler	15
2.3 Zincir Şekillerine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması	16
2.3.1 Düz Zincirli Polimerler	16
2.3.2 Dallanmış Polimerler	17
2.3.3 Çapraz Bağlı Polimerler.....	17
2.4 Polimerlerin Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması	18
2.4.1 Akışkan Polimerler.....	18
2.4.2 Yüksek Elastik Polimerler	19
2.4.3 Katı Polimerler	19
2.5 Polimerlerin Monomer Çeşitlerine Göre Sınıflandırılması	20
2.5.1 Kopolimer	20
2.5.2 Homopolimer	22
2.5.3 Terpolimer.....	22
2.6 Plastikler	23
2.6.1 Termoplastikler	23
2.6.2 Termosetler	24
2.7 Elastomerler	26
2.7.1 Doğal Kauçuk (Poliizopren)	26
2.7.2 Stiren-bütadien Kauçuk.....	27
2.8 Elyaf.....	27

2.9 Ekstrüzyon	28
2.9.1 Direkt Ekstrüzyon	28
2.9.2 İndirekt Ekstrüzyon.....	29
2.9.4 Darbeli Ekstrüzyon.....	30
2.9.5 Boru Ekstrüzyon	30
2.10 Ekstrüzyon Kalıplamada Kullanılan Plastikler	32
2.11 Ekstrüzyon Plastiklerinde Kullanılan Katkı Maddeleri	35
2.11.1 Pekiştirici ve Dayanıklılığı Arttırıcılar	35
2.11.2 Renklendiriciler	35
2.11.3 Plastikleştiriciler.....	36
2.11.4 Kaydırıcı ve İşlemeyi Kolaylaştırıcılar	37
2.11.5 Statik Elektrikleme Önleyiciler	37
2.11.6 UV Işınım Dengeleyiciler	37
2.11.7 Oksitlenme Önleyiciler	37
2.11.8 Köpük Yapıcılar	38
2.11.9 Isı Dengeleyicileri	38
2.11.10 Kaydırıcılar	38
2.12 Ko-Ekstrüzyon	38
2.13 Isıya Dayanıklı Polietilen Borular (PE-RT).....	39
3. MATERYAL ve METOT	41
3.1 Materyal	41
3.2 Metot.....	43
4. BULGULAR	46
4.1 5. Ürün Test İşlemlerinin Yapılması.....	64
4.1.1 Basınç Testi.....	64
4.1.2 Sıcaklık Testi.....	65
4.1.3 Yüksek Sıcaklık Testi	65
4.1.4 Esneklik Testi.....	67
4.2 Piyasa da Kabul Görmüş Ürünler İle Kıyas Testlerinin Yapılması.....	68
4.2.1 Sıcaklık Testi.....	68
4.2.2 Basınç Testi.....	70
4.2.3 Yüzey Pürüzlülük Testi.....	72
4.2.3.1 A Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları	73
4.2.3.2 B Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları	75

4.2.3.3 C Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları	77
4.2.3.4 D Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları	79
4.2.4 Basma Testi.....	85
4.3.1 Yan ve Dik Basma Testi Uzama Sonuçları.....	94
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	96
6. KAYNAKLAR.....	99
ÖZGEÇMİŞ.....	102



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1 Polimer Molekülü.	2
Şekil 1. 2 Ekstrüzyon Çalışma Prensibi	3
Şekil 2. 1 Doğal Kauçuk	7
Şekil 2. 2 Polimerin Yapısı	8
Şekil 2. 3 Organik ve İnorganik Polimerin Yapısı.	8
Şekil 2. 4 Bulundurduğu Bileşik Kaynağına Göre Polimerler..	9
Şekil 2. 5 Biyopolimer Malzeme Örneği Örümcek Ağı	10
Şekil 2. 6 Kauçuk Ağacı	10
Şekil 2. 7 Kükürtle Sertleştirilmiş Kauçuk Bazlı Lastikler.	11
Şekil 2. 8 DNA Polimeri	11
Şekil 2. 9 Selüloz Polimeri	12
Şekil 2. 10 Bakalitten Yapılmış Demlik Sapı	12
Şekil 2. 11 Polietilen Borular	13
Şekil 2. 12 Polistirenden Yapılmış Köpükler	13
Şekil 2. 13 Polivinilklorür	14
Şekil 2. 14 Politetrafloroetilen	14
Şekil 2. 15 Selüloit Malzeme ile Üretilmiş Filmler	16
Şekil 2. 16 Düz Zincirli Polimer	17
Şekil 2. 17 Dallanmış Zincirli Polimerler	17
Şekil 2. 18 Doğrusal, Dallanmış ve Çapraz Bağlı Zincirler	18
Şekil 2. 19 Poliizobütilen	18
Şekil 2. 20 Yüksek Elastik Polimerler	19
Şekil 2. 21 Poliakrilonitril Lifler	19
Şekil 2. 22 Kopolimer	20
Şekil 2. 23 Gelişigüzel Kopolimer	20
Şekil 2. 24 Ardışık Kopolimer	20
Şekil 2. 25 İki Bloklu Kopolimer.	21
Şekil 2. 26 Üç Bloklu Kopolimer	21
Şekil 2. 27 Aşı Kopolimer	22
Şekil 2. 28 Homopolimer	22
Şekil 2. 29 Terpolimer	22
Şekil 2. 30 ABS Terpolimeri	22

Şekil 2. 31 Polipropilen Malzemeden Üretilmiş Sandalye .	23
Şekil 2. 32 Üre-formaldehit Reçineden Üretilmiş Priz .	24
Şekil 2. 33 Fenolformaldehit Reçine ile Üretilen Ürünler .	25
Şekil 2. 34 Epoksi Reçineden Üretilmiş Sehpa .	25
Şekil 2. 35 İzopren Malzeme ile Üretilmiş Ameliyat Eldiveni .	26
Şekil 2. 36 Stiren-bütadien Kauçuktan yapılmış parkeler .	27
Şekil 2. 37 Boncuk Elyaf .	27
Şekil 2. 38 Ekstrüzyon Sistemi .	28
Şekil 2. 39 Direkt Ekstrüzyon Sistemi .	29
Şekil 2. 40 İndirekt Ekstrüzyon Sistemi .	29
Şekil 2. 41 Hidrostatik Ekstrüzyon Sistemi .	30
Şekil 2. 42 Huni .	31
Şekil 2. 43 Tek ve Çift Vidalı Helezon .	31
Şekil 2. 44 Soğutma ve Vakumlama Sistemi .	32
Şekil 2. 45 Çekici .	32
Şekil 2. 46 PVC .	33
Şekil 2. 47 TPE .	34
Şekil 2. 48 Asbest Lifi .	35
Şekil 2. 49 Granül Boya .	36
Şekil 2. 50 (DOTP) Plastikleştirici .	37
Şekil 2. 51 Ko-Ekstrüzyon Isı Hortumu .	39
Şekil 2. 52 Ko-Ekstrüzyon Modeli .	39
Şekil 2. 53 PE-RT Borular Altıtan Isıtma Sistemi .	40
Şekil 3. 1 XP9000 ve XP9020 Teknik Özellikler (ürün kataloğu).....	41
Şekil 4. 1 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (1.Test Numunesi)	46
Şekil 4. 2 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (2.Test Numunesi)	47
Şekil 4. 3 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (3.Test Numunesi)	48
Şekil 4. 4 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (4.Test Numunesi)	48
Şekil 4. 5 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi)	49
Şekil 4. 6 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)	50
Şekil 4. 7 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)	51
Şekil 4. 8 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)	52
Şekil 4. 9 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)	53
Şekil 4. 10 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi)	54

Şekil 4. 11 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi Devamı)	55
Şekil 4. 12 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi Devamı)	55
Şekil 4. 13 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (7.Test Numunesi)	56
Şekil 4. 14 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (8.Test Numunesi)	57
Şekil 4. 15 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (9.Test Numunesi)	58
Şekil 4. 16 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (10.Test Numunesi)	59
Şekil 4. 17 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (11.Test Numunesi)	60
Şekil 4. 18 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (11.Test Numunesi Devamı)	60
Şekil 4. 19 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (12.Test Numunesi)	61
Şekil 4. 20 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (13.Test Numunesi)	61
Şekil 4. 21 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (14.Test Numunesi)	62
Şekil 4. 22 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (15.Test Numunesi)	63
Şekil 4. 23 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (16.Test Numunesi)	63
Şekil 4. 24 Buhara Maruz Kalan Numunedeki Şekil Değişimi	66
Şekil 4. 25 Sahada Uygulanan Dar Dönüş	67
Şekil 4. 26 Sıcaklık Testi Deney Tertibatı	69
Şekil 4. 27 Basınç Testi Deney Tertibatı	71
Şekil 4. 28 A1-1 Numunesi Dış Yüzey	73
Şekil 4. 29 A1-1 Numunesi İç Yüzey	74
Şekil 4. 30 B1-1 Numunesi Dış Yüzey	75
Şekil 4. 31 B1-1 Numunesi İç Yüzey	76
Şekil 4. 32 C1-1 Numunesi Dış Yüzey	77
Şekil 4. 33 C1-1 Numunesi İç Yüzey	78
Şekil 4. 34 D1-1 Numunesi Dış Yüzey	79
Şekil 4. 35 D1-1 Numunesi İç Yüzey	80
Şekil 4. 36 X1-1 Numunesi Dış Yüzey	81
Şekil 4. 37 X1-1 Numunesi İç Yüzey	82
Şekil 4. 38 Dik Basma Deneyi Testi	85
Şekil 4. 39 Yan Basma Deneyi Testi	86
Şekil 4. 40 Dik Basma Deneyi Testi Sonuçları	88
Şekil 4. 41 Yan Basma Deneyi Testi Sonuçları	92

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik 4. 1 Basınç-Çap Değişimi	64
Grafik 4. 2 Sıcaklık-Çap Değişimi	65
Grafik 4. 3 Buhar-Basınç Kaybı.....	66
Grafik 4. 4 Boruya uygulanan su sıcaklığı ile boru çapı değişimi	70
Grafik 4. 5 Basınç Testi.....	71
Grafik 4. 6 Yüzey Pürüzlülük Testi Dış Yüzey Sonuçları	83
Grafik 4. 7 Yüzey Pürüzlülük Testi İç Yüzey Sonuçları.....	83
Grafik 4. 8 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Maksimum Gerilme Sonuçları	89
Grafik 4. 9 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Elastiklik Sonuçları	89
Grafik 4. 10 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Maksimum Gerilme Sonuçları	93
Grafik 4. 11 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Elastiklik Sonuçları	93
Grafik 4. 12 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Uzama	94
Grafik 4. 13 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Uzama Sonuçları	94

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2. 1 Polimerlere Göre Elde Edilen Ürünler Tablosu	15
Tablo 3. 1 Boru ekstrüzyonu için Taguchi deney parametreleri ve alt seviyeleri	44
Tablo 3. 2 Taguchi Ortogonal Dizi Tasarımı.....	44



1. GİRİŞ

Kaliteli üretim, günümüz dünyasında üretim bandının sürekli olarak gelişmesi ve genişlemesi ile artan rekabet karşısında ezilmemek için vazgeçilmez bir kriterdir. Üretilen ürünlerin sağlamlık, kullanılabilirlik ve maliyet bakımından en iyisine ulaşma hedefi birçok firmanın hedefleri arasındadır. Bu hedefler sayesinde sürekli olarak gelişen üretim hızı ve kalitesi üretici firmaları sürekli olarak bir yenilik ve kalite arayışına sürüklemektedir. Gıdadan kozmetiğe, giyimden ev aletlerine kadar her alanda bu yenileşme ve değişim tabi ki de birçok alanda kullanılan boru üretiminde de etkisini göstermiştir (Rofaeti 2019).

Su hayatımızın her noktasında kullandığımız mucizevi bir kaynaktır. Kişisel ihtiyaçlarımızdan da öte de fabrikalar da soğutma işlemi yapılırken, tarımsal sulama yapılırken birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Sadece su olarak düşünemeyiz tabi ki doğal veya doğal olmayan gazların iletiminde de farklı boru tiplerinden yararlanılmaktadır (Rofaeti 2019).

Gazlar ve sıvılar ileri derecede akışkanlık özelliklerinden dolayı taşıma işleminde belirli bir kalıba sokulmaya ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ihtiyaç M.Ö. 1200'lü yıllara dayanan sulama kanallarıyla başlamıştır. Bu kanallar zamanla gelişerek plastik ve metallerin eritilip bükülerek şekiller verilmesiyle daha çok gelişmiştir. Günümüzde her türlü kalınlıkta ve şekilde boru imalatı yapılabilmekte ve gündelik hayatta daha verimli ve bir o kadar işlevsel olan sıvı ve gaz taşınması yapılabilmektedir (Şirin 2018).

Üretim yapılan fabrikalar ise gündelik hayatta işleri kolaylaştıran borular üretirken bir yandan da kendileri için üretim aşamasını destekleyici, iş gücünü azaltıcı ve özellikle de maliyeti düşürücü adımlar atmışlardır. Bu adımlar sayesinde günümüzde farklı maddelerden yapılmış borular bulunmaktadır. Bu boruların işleme aşamasında ise kullanılan yöntemler ve makinelerde gelişime ayak uydurmuş ve çok sayıda yöntem geliştirilmiştir.

Bu gelişimler sayesinde hem üreticileri hem de tüketicileri finansal anlamda rahatlatan diğer bir yandan da kullanılabilirliği arttırarak kullanıma hazırlık aşamasındaki işlemleri kolaylaştıran ürünler elde etmişlerdir.

Üretici firmaların en çok dikkat ettikleri ve buna bağlı olarak geliştirilen üretim makinelerinde bulunması gereken diğer bir etken ise hızdır. Artan nüfus artışıyla birlikte talebin de artması ve buna bağlı olarak üretim bandının geliştirilmesi ihtiyacı fabrikaları en çok zora sokan durumlardan birisidir. Tüm insanların potansiyel birer müşteri olarak görülmesi ve oluşacak arzın karşılanabilmesi için daha hızlı üretim yapılabilen yöntemler ve makineler kullanılması gerekmektedir. Bu sayede üretimin hızı arttırılarak tek bir fabrikadan büyük bir bölgenin ihtiyacını karşılayacak kadar üretim yapılabilmektedir.

Polimer, Monomer olarak da nitelendirilen ve basit moleküllerin birbirilerine kimyasal bağlar ile bağlanması sonucunda oluşan yüksek ağırlıklı maddelerdir. Endüstride sıkça kullanılan bu polimerik malzemeler fiziksel ve mekanik özelliklerine göre 3 farklı şekilde sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırma “plastikler, kauçuklar ve fiberler” şeklinde yapılmaktadır. Polimer bazlı malzemeler günümüzde oldukça yaygın bir alanda kullanılmaktadır. PVC, teflon ve naylon bu tarz polimerik malzemelere verilebilecek en basit örneklerdendir (Günay 2002).

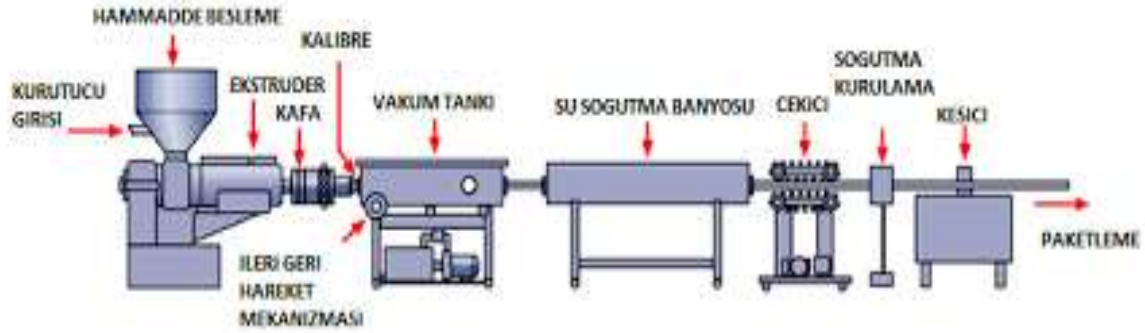


Şekil 1. 1 Polimer Molekülü (Topaloğlu s. 2001).

Polimerik malzemelerin bu kadar yaygın kullanılmalarının sebeplerinin başında hafif olmaları, kolay şekillendirilebilir ve dizayn edilebilmeleri ayrıca maliyetlerinin de çok düşük olması gelmektedir. Bunun dışında kimyasal etkilenmelere karşı, atmosferik koşullara karşı ve mekanik anlamda dayanıklı olması; hijyen açısından güvenilir olması, elektrik, ısı ve sesi iletmemeleri, özelliklerinin isteklere göre değiştirilebilir olması ve şeffaflık, matlık gibi özelliklerinin bulunması yaygın kullanım sebepleri arasındadır.

Farklı türlerde polimerik malzeme ile birçok materyal yapılabilmektedir. Bu materyallerin kullanımında da maliyet ve hız gibi faktörlerde oldukça verimli olan

ekstrüzyon sistemi kullanılmaktadır. Bu sistem özellikle boru imalatında oldukça verimli ve üretim hızı konusunda da oldukça başarılıdır. (Topaloğlu, s. 2001).



Şekil 1. 2 Ekstrüzyon Çalışma Prensibi (Güler s. 2001).

Ekstrüzyon farklı türlerdeki polimerik malzemelerin farklı işlemlere maruz bırakılmasıyla şekillendirme işlemi yapan bir makinedir. Bu işlem sırasında sıcaklık, hız, sürtünme ve yağlama gibi parametreler bulunmaktadır.

Şekil 1.2' de, incelendiğinde ekstrüzyon makinesinin çalışma prensibi verilmiştir. Özet olarak İlk kısımdan ham madde verilir ve ekstrüder bölmesindeki yivler ile ham madde parçalanır. Vakum tankında ham madde istenilen kalıba göre şeklini alır. Bu kısımda boruların şekli ve kalınlığı ayarlanabilmektedir ve artık madde minimum seviyesindedir. Vakum tankında şekil verilen madde soğutma, kurulama gibi işlemleri gördükten sonra çekici yardımıyla ilerletilir ve kesici kısmında malzemeler istenilen boyutlarda ayarlanabilir. Malzemenin uzunluğu da istenilen seviyede ayarlanabilmektedir. Bu özellik ekstrüzyon makineleri için olumlu bir özelliktir (Günay 2002).

Ekstrüzyon makinelerinin birçok yöntemi bulunmaktadır. Bunlar; direkt ekstrüzyon, indirekt ekstrüzyon, hidrostatik ekstrüzyon, darbeli ekstrüzyon ve boru ekstrüzyon olarak 5 türe ayrılmaktadır.

Ekstrüzyon makinelerinde sadece boru değil alüminyum profil gibi farklı türde materyallerde elde edilebilmektedir. Bu özellikte ekstrüzyon makinelerinin farklı türdeki materyallere göre ayarlanıp farklı malzemeler elde edilebilen büyük bir avantaj

daha sağladığını göstermektedir (Şirin 2018).

Her türden polimerik malzeme işlenerek boru üretimi yapılabilmektedir. Bu polimerik malzemelerden en yaygın olarak kullanılanlar, Polivinilklorür yani günlük hayatta en çok karşılaştığımız PVC'ler ve termoplastik elastomerler yani TPE'ler de yangın söndürme hortumu, elektrik malzemeleri gibi birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. (Şirin 2018).

Ekstrüzyon makinelerinde maddelerin işlenmesi sırasında birçok katkı maddesi de kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri; Pekiştirici ve dayanıklılığı arttırıcılar, renklendiriciler, plastikleştiriciler, kaydırıcı ve işlemeyi kolaylaştırıcılar, statik elektriklenmeyi önleyiciler, UV ışıının dengeleyiciler, oksitlenme önleyiciler, köpük yapıcılar, ısı dengeleyicileri ve kaydırıcılar olarak sayılabilir. Bu katkı maddeleri sayesinde elde edilmek istenen profile istenen sertlik düzeyine göre ayarlamalar yapılabilir. Aynı şekilde işlemeyi kolaylaştırmak ve enerji üretimi, atık madde gibi konularda tasarruf sağlamak için plastikleştiriciler ve kaydırıcılar kullanılabilir. İşleme sırasında profile farklı yöntemlerle renklendirme yapılabilir. Profile dış etmenlere karşı yani güneş, ısı, basınç gibi birçok yönde dayanıklılık sağlaması için farklı çeşitlerde katkı maddeleri eklenebilir ve istenilen türde özellik ürüne yansıtılabilir (Rofaeti 2019).

Tüm bu gelişim rekabet sonucu oluşmuştur. Üreticilerin her yönden en kaliteli ve kullanışlı ürünü ortaya koyma ve piyasada en iyiye ulaşma hedefleri bu gelişimleri desteklemiştir. Günümüzde bu rekabet sayesinde her alanda farklı türde materyale ihtiyaç duyan tüketiciye istediği her türlü ürün sunulabilmektedir. Ekstrüzyon makinesi sayesinde bu gelişim sağlanmakla beraber nüfus artışıyla doğru orantılı olarak artan ihtiyaçları karşılama hızı olarak da büyük katkı sağlanmıştır.

Ekstrüzyon işleminin belirli düzeylerde avantajları bulunmaktadır. Bunlar;

- Yarı mamullerin üretimi için oldukça uygun olması
- Üretim aşamasında atık maddenin daha az çıkması
- Ürün boyutlarında istenilen ayarlamayı yapmanın daha kolay olması
- Dayanım arttırmak için soğuk ekstrüzyon kullanılabilmesi

Gibi durumlar ekstrüzyon işleminin en büyük avantajları arasında sayılabilir (Şirin

2018).

Ekstrüzyon işleminde malzeme akışını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerin oranına göre işleme hızı düşmekte ya da artmaktadır. Bu faktörler şu şekilde sayılabilir (Şirin 2018);

- Yöntem olarak direkt, indirekt, hidrostatik, darbeli ve boru ekstrüzyon yöntemlerinin her birinde malzeme akışları farklıdır.
- Yağlama özelliğinde yağlanarak işleme tutulan ve yağlamasız işleme tutulan malzemelerin akışları birbirinden farklıdır.
- Sıcaklık olarak soğuk ekstrüzyon ve sıcak ekstrüzyonun malzeme akışları farklıdır.
- Metal ekstrüzyonunda matrisin tek delikli, çok delikli, düz ya da konik olması malzeme akışını etkilemektedir.
- Kullanılan malzemenin plastiklik özelliği malzeme akışını etkilemektedir.
- Elde edilmek istenen ürünün boru, tel, çubuk ya da profil olması malzeme akışını etkilemektedir.
- Ekstrüzyon oranı olarak küçük ya da büyük oranların seçimi malzeme akışını etkilemektedir.

Ekstrüzyon sisteminde üretim hızlıdır ama maalesef büyüklük, uzunluk gibi özellikler ayarlanabilirken hız faktörüne müdahale edilememektedir.

Ekstrüzyon işlemine tabii tutulabilen polimerler doğal, sentetik ve yarı doğal polimerler olarak üç grupta incelenebilmektedir (Çoban 2011).

Doğal polimerler;

- Kauçuk
- Proteinler
- Selülozlar

Sentetik polimerler

- Polietilen
- Polistiren
- Polivinilklorür
- Politetrafloroetilen (Teflon)

Yarı doğal polimerler

- Selüloz asetat
- Selüloz nitrat

Bu polimerler doğal, sentetik ve yarı doğal polimerlere verilebilecek ve en çok kullanılan örnekleridir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Polimerler

Polimerler endüstride geniş bir alanda kullanılan maddelerdir. İşlenme ve kullanma bakımından oldukça kolaylık sağlayan bu madde boru imalatının can damarı olarak nitelendirilebilir. Bu madde farklı yöntem ve tekniklerle işlenerek birçok ürün elde edilebilmektedir. Boru sanayisinde sıkça kullanılan polimerler sayesinde günümüzde ısınma, su tesisatları, tarım gibi birçok alanda kolaylık sağlamaktadır. Polimerler iki grupta incelenebilmektedir (A. Avcı 2014).

Bunlar;

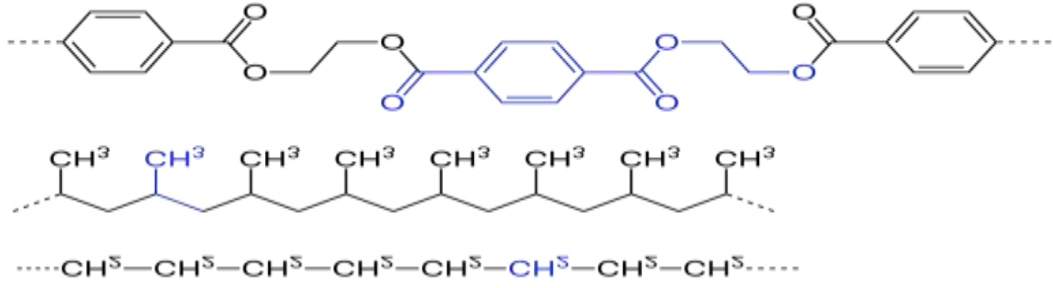
- Organik polimerler
- İnorganik polimerler şeklindedir.



Şekil 2. 1 Doğal Kauçuk (Topaloğlu s. 2001).

2.1.1 Organik Polimerler

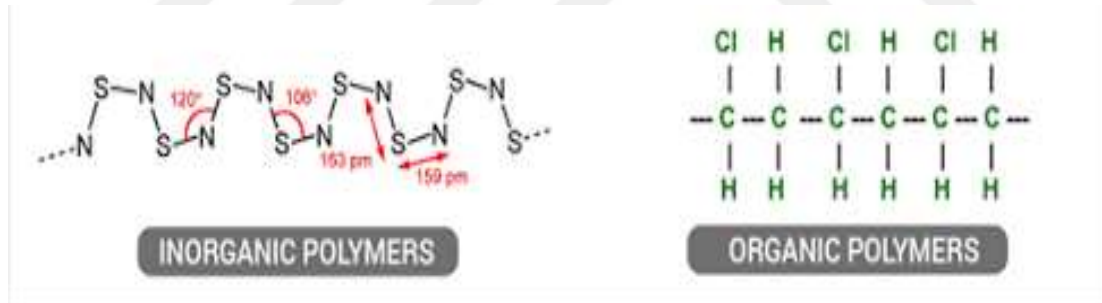
Organik polimerler genellikle yapısında karbon atomu bulundurmaktadırlar. Bu karbon atomunun yanında hidrojen de bulundurabilmektedirler ama ana yapısı karbondan oluşmaktadır. Polietilen, poliamidler, polipropilen, doğal kauçuk, selüloz, proteinler gibi maddeler organik polimerlerin en iyi örnekleri arasında gösterilebilir (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 2 Polimerin Yapısı (Avcı 2014).

2.1.2 İnorganik Polimerler

Polimerlerin genel anlamda yapısında karbon bulunmaktadır. Bazı polimerlerin yapısında ise karbon atomu yerine silisyum, sülfür, fosfor atomu gibi farklı atomlar bulunabilmektedir. Bu atomların bulunduğu polimerlere inorganik polimerler denir. Bu polimerlerin içerisinde organik olan kısımları da olan polimerler vardır. Silikon ve barofan gibi maddeler bu yarı organikte denilebilecek polimerlere örnek olarak gösterilebilir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 3 Organik ve İnorganik Polimerin Yapısı.

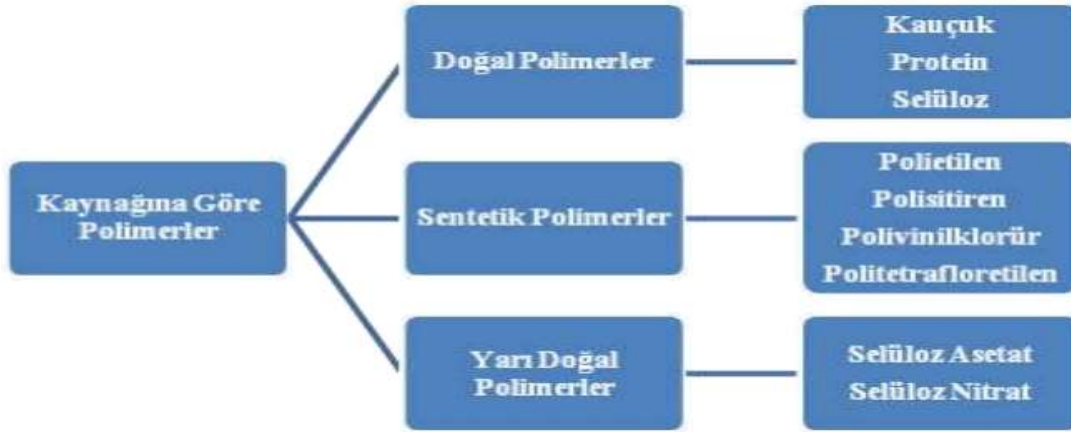
2.2 Polimerlerin İçerdiği Bileşiklere Göre Sınıflandırılması

Polimerler içerdiği bileşiklerin kaynağına göre 3 başlık altında sınıflandırılmaktadır.

Bunlar;

- Doğal polimerler
- Sentetik polimerler

- Yarı doğal polimerler



Şekil 2. 4 Bulundurduğu Bileşik Kaynağına Göre Polimerler. (Avcı H. , s. 2014).

2.2.1 Doğal Polimerler

Doğal polimerler, doğamızda kendi çabalarıyla oluşan maddelerdir. İnsanlık tarihinde bu doğal polimerleri çok farklı alanlarda kullanmıştır. Birçok farklı türde polimer doğada hazır olarak bulunmaktadır. Bunların büyük bir çoğunluğu bitkilerin ve ağaçların temel yapısını oluşturan selülozdur. (Gürgeç 2017).

Doğal polimerler büyük bir kısmı canlıların yapısında bulunmaktadır. Saç, tırnak, yün gibi maddeler yapılarındaki proteinden dolayı doğal polimerlere örnek olarak gösterilebilir. Bunların dışında canlı yapısında polimerik yapıdaki farklı asitlerde bulunmaktadır. Canlıların hareketlilik gibi bazı özelliklerinden sorumlu olan bu polimerlere “Biyopolimerler” de denmektedir (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 5 Biyopolimer Malzeme Örneği Örümcek Ağı (Avcı H. s. 2014).

a. Kauçuk

Kauçuk ağacından akan lateks sıvı eski zamanlardan bu yana en çok kullanılan polimerlerden birisidir. Lateks sıvının içine koyulan maddeler sayesinde oluşan çöküntü doğal kauçuğu oluşturmaktadır. Lateks sıvısını elde etmek için kauçuk ağaçlarının kabukları çizilmektedir.



Şekil 2. 6 Kauçuk Ağacı (Avcı H. s. 2014).

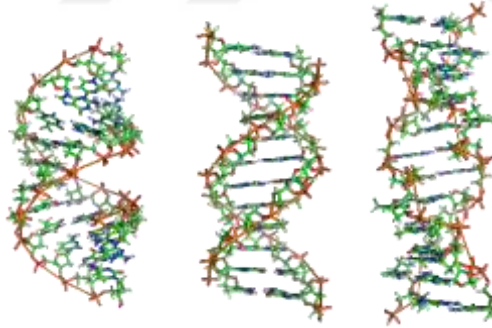
Çökeltiden alınan doğal kauçuk başta işe yaramaz ve kükürt ile desteklenmeye ihtiyaç duymaktadır. Eklenen kükürt miktarına bağlı olarak kauçukta sertleşme sağlanır ve farklı malzemeler elde edilir (Gürgeç 2017). Örneğin %50 civarlarında kükürt eklemesi yapılarak sert otomobil lastikleri elde edilebilmektedir.



Şekil 2. 7 Kükürtle Sertleştirilmiş Kauçuk Bazlı Lastikler.

b. Proteinler

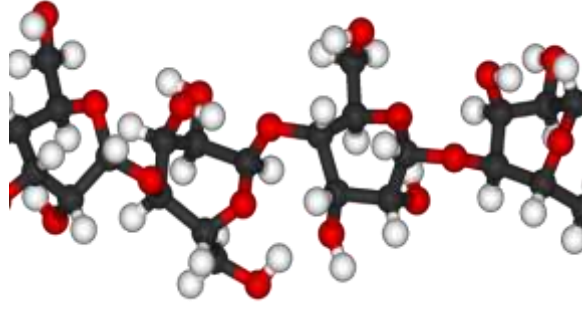
Saç, tırnak, yün gibi canlıların yapısında bulunan ve protein içeren bölgeler doğal polimerlere örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca canlıların yapısında DNA, RNA ve karbonhidrat gibi polimerik yapılarda bulunmaktadır. Canlıların yaşamsal faaliyetlerine katkıları olan bu polimerlere diğer bir ismiyle Biyopolimerler de denir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 8 DNA Polimeri (Arıkan 2017).

c. Selülozlar

Ağaçların ve diğer bitkilerin ana yapısını oluşturan selülozlar doğada en çok bulunan polimerlerdir. Özellikle pamuğun ana bileşeni de selülozdur. Pamuk gibi birçok bitkiden ve ağaçlardan elde edilebilen selüloz doğal polimerlerin en çok elde edileni olduğu söylenebilir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 9 Selüloz Polimeri (Arıkan 2017).

2.2.2 Sentetik Polimerler

Gelişen teknolojiye bağlı olarak sürekli yeni arayışlar içinde olan insanoğlu her alanda kendini geliştirip daha farklı ve daha iyi olanı bulma yolunda adımlar atmaktadır. Polimer de bu adımlardan nasibini almaktadır. Yeni geliştirilen sentez yöntemleri sayesinde doğal polimerlerden sonra yapıları değiştirilmiş ve yeni özellikler kazandırılmış farklı polimerler üretilmiştir. Değiştirilen yapısından dolayı doğallığını kaybeden bu polimerlere sentetik polimerler denmektedir.

Polimerlerin ana kaynağı olarak nitelendirebileceğimiz petrol sayesinde yeni birçok polimer üretimi yapılabilmektedir. Monomerlerden başlanarak sentezlenen bu maddelerin ilki fenol ve formaldehitten sentezlenen bakalittir. Bakalit işlenerek gündelik hayatımızda karşımıza bıçak, alet sapı, düğme, vana parçaları gibi kalıplanmış materyaller olarak çıkmaktadır (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 10 Bakalitten Yapılmış Demlik Sapı (Gürgeç 2017).

a. Polietilen

Etilen gazını polimerizasyon işlemine maruz bırakarak üretilen polietilen dünyada en çok kullanılan polimer unvanına sahiptir. Yoğunluğu yüksek olan polietilenler genellikle araçların yakıt depoları ve boru yapımında kullanılmaktadır. Yoğunluk olarak düşük olan polietilenler ise esnek ve yumuşak oldukları için yiyecek paketlenme, oyuncak gibi alanlarda kullanılmaktadır (Tokgöz 2008).



Şekil 2. 11 Polietilen Borular (Tokgöz 2008).

b. Polistiren

Sert ama kırılğan, işlenmesi gayet kolay ve ucuz bir polimer olan polistiren stiren maddesinin polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Çizilmeyi önleyici plastik köpükler, plastik bardak ve tabaklar, ev aletleri ve oyuncak gibi ürünlerin yapımında kullanılmaktadır. Bu polimer türünden üretilen ürünler oldukça dayanıksız ve kolay parçalanabilen ürünler olduğu için boru üretiminde kullanılmamaktadır (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 12 Polistirenden Yapılmış Köpükler (Avcı 2014).

c. Polivinilklorür

Etilende bulunan bir hidrojen atomunun klor atomuna dönüştürülmesiyle Vinil klorür maddesi oluşturulur. Bu maddenin polimerizasyon işlemine maruz bırakılmasıyla oluşan polivinilklorür maddesi kısaca “PVC” olarak adlandırılmaktadır.

Kimyasal maddelere karşı oldukça dirençli olan PVC oldukça sağlam bir polimerdir. Asitlerden, bazlardan, tuz çözeltilerinden ve yağlardan etkilenmeyen PVC elektrik kablolarında, her türlü su borusu ve hortumlarında, kullanılmaktadır. Bunun dışında conta, top, priz gibi farklı gündelik yaşam ürünlerinde de kullanılabilmektedir (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 13 Polivinilklorür (Avcı 2014).

d. Politetrafloroetilen (Teflon)

Etilendeki hidrojenlerin tamamının flor atomuyla yer değiştirmesi sonucunda oluşan tetrafloroetilen maddesi polimerizasyon işlemi geçirerek politetrafloroetilen maddesini diğer bir adıyla teflonu oluşturmaktadır. Mekanik dayanım anlamında zayıf olması kötü bir dezavantaj olsa da yapışma özelliğinden yararlanılarak tencere ve tava imalatında kullanılmaktadır (Arıkan 2017).



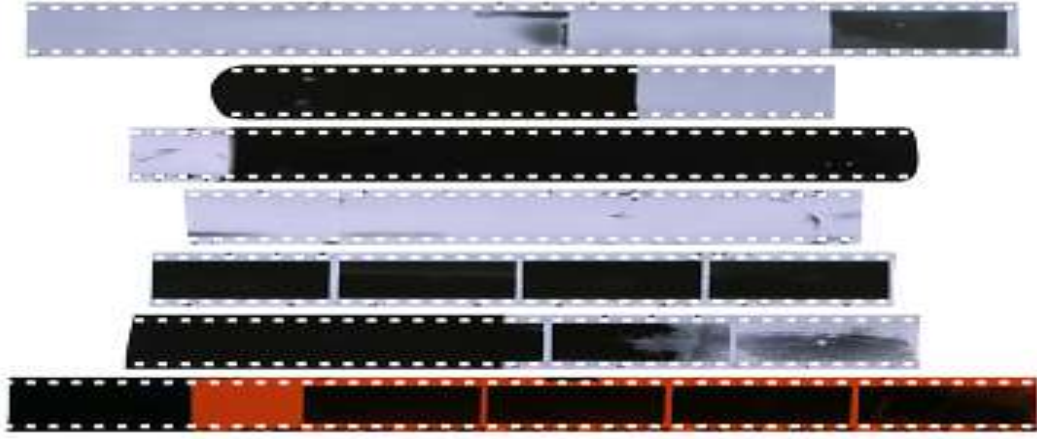
Şekil 2. 14 Politetrafloroetilen (Arıkan 2017).

Tablo 2. 1 Polimerlere Göre Elde Edilen Ürünler Tablosu

KULLANILAN POLİMER TÜRÜ	ELDE EDİLEN ÜRÜN
Poliüretan	Köpük, İzolasyon
Poliesterler	Yapı Malzemeleri, Lif, Levhalar, Kayak Malzemeleri
Polivinilklorür (PVC)	Su Tesisat Malzemesi, Boru, Tüp, İnşaat Malzemesi
Polistiren	Kauçuk, Otomobil Malzemeleri, İzolasyon Malzemesi
Silikon	Kauçuk, Su İtici Malzemeler
Polibütadien	Hortum
Epoksi	Elektrik Devreleri, Yapıştırıcılar, Yer Döşemesi,
Poliakrilamitler	Göz Lensleri
Poliamit	Lif, Diş İpi, Vana, Şişe
Polietilen	Yalıtkan Tabakalar, Boru, Kablo Ambalaj
Selüloz	Tekstil, Kâğıt
Pamuk	Kıyafet

2.2.3 Yarı Doğal Polimerler

Polimerlerin bazı durumlarda uygun işlemlerle kimyasal yapıları değiştirilebilir ve farklı özelliklere sahip yeni polimerler oluşturulabilir. Örnek olarak çözünmez karaktere sahip olan selüloz hidroksil gruplarıyla asetillendirildiğinde çözülebilen selüloz triasetat elde edilebilmektedir. Bu işlemlerle doğal polimer özelliğini nispeten kaybeden maddelere yarı doğal polimerler denir. Doğal, yarı doğal, sentetik olması ayırt edilmeksizin bütün polimerler işlenme aşamalarında boya, dolgu, antioksidan gibi birçok katkı maddesi kullanılarak ürünler elde edilir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 15 Selüloit Malzeme ile Üretilmiş Filmler (Arıkan 2017).

2.3 Zincir Şekillerine Göre Polimerlerin Sınıflandırılması

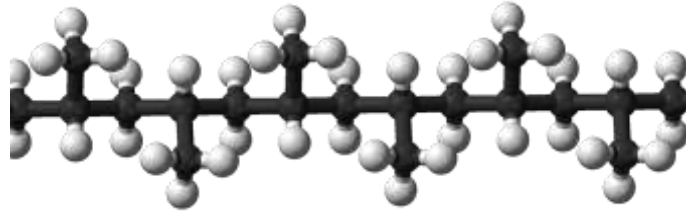
Monomer molekülleri çok sayıda yan yana gelerek polimerleri oluşturmaktadır. Bir zincirin halkalarına benzeyen monomer molekülleri bir araya gelerek bir zincir oluşturmaktadır. Bu özelliklerine göre polimer molekülü demek yerine polimer zinciri tabiri kullanılmaktadır (Arıkan 2017).

Polimer zincirlerini şekillerine göre sınıflandırdığımızda;

- Düz zincirli
- Dallanmış
- Çapraz bağlanmış polimerler olarak sınıflandırabiliriz.

2.3.1 Düz Zincirli Polimerler

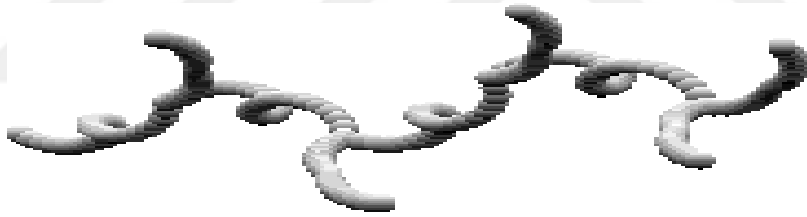
Bu polimerler düz bir zincir üzerine sıralanmışlardır. Ana zincirleri farklı zincirlere bağlı değildir. Doğrusal bir yapısı olan bu polimerler uygun çözücülerde çözündürülüp yeniden şekillendirilebilir. PVC düz zincirli polimerlere örnek olarak gösterilebilir. Bu polimerlerden pencere profili, boru, suni deri gibi ürünler üretilmektedir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 16 Düz Zincirli Polimer (Arıkan 2017).

2.3.2 Dallanmış Polimerler

Ana zincirlerine farklı kovalent bağlarla bağlanan farklı zincirlerin bulunduğu polimer zincirlerine dallanmış zincirli polimerler denir. Bu polimerlerin dallanmış zincirleri polimerizasyon sırasında yan tepkimeler ya da ikincil tepkimelerin oluşmasıyla meydana gelmektedir. Düz zincirli polimerler ile özellikleri genellikle aynı olan dallanmış polimerler neredeyse aynı çözücülerle çözülebilmekte ama dallarında dolayı kristallenme eğilimi daha azdır (Arıkan 2017).

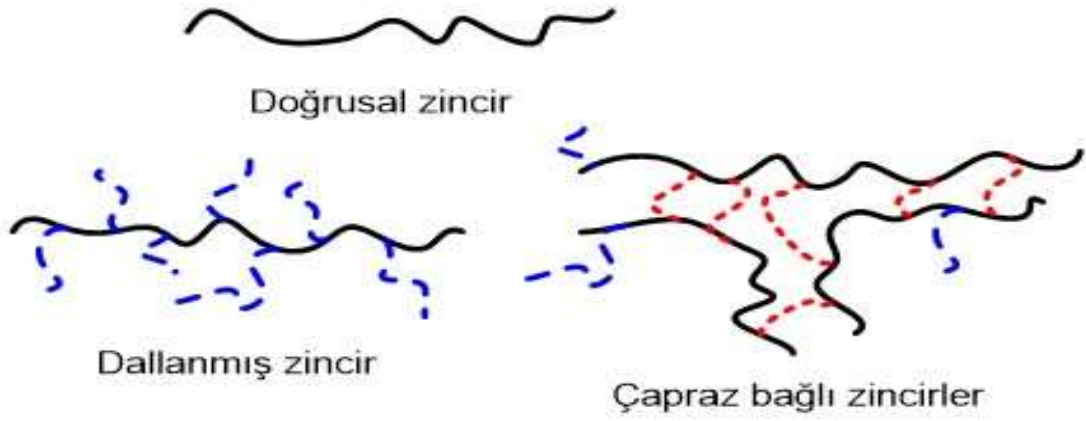


Şekil 2. 17 Dallanmış Zincirli Polimerler (Arıkan 2017).

2.3.3 Çapraz Bağlı Polimerler

Birden fazla ana zincirin kovalent bağlar ile birbirilerine bağlanmasıyla oluşan ve tek bir sistem gibi görünen polimerlere çapraz bağlı polimerler denir (Arıkan 2017).

Bu polimerleri çözünemez olarak nitelendirebilir. Sadece bazı çözücü maddelerle şişmesi sağlanabilir. Çapraz bağ sayısı da şişme miktarını etkilemektedir. Çapraz bağ sayısı arttıkça şişme miktarı azalmaktadır. Çapraz bağlardan dolayı hareketliliklerini kaybeden bu polimerler erime ve akma özellikleri barındırmadığından kalıpla şekil verme işlemi bu polimerlere uygulanamamaktadır (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 18 Doğrusal, Dallanmış ve Çapraz Bağlı Zincirler (Arıkan 2017).

2.4 Polimerlerin Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Polimerler mekanik özellikleri bakımından akışkan polimerler, yüksek elastik polimerler ve katı polimerler olmak üzere 3 başlık altında sınıflandırılabilir. (A. Avcı 2014).

2.4.1 Akışkan Polimerler

Küçük bir mekanik kuvvetle bile şekillendirilebilen bu polimerler amorf özelliğe sahiptir. Amorf özellik katı atomların kararlı olmayan bir kristal yapıya katılar için kullanılan bir terimdir. Poliizobütilen, fenol-formaldehit, gibi polimerler akışkan polimerlere örnek olarak gösterilebilir (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 19 Poliizobütilen (Avcı 2014).

2.4.2 Yüksek Elastik Polimerler

Bir başka amorf özelliğe sahip olan yüksek elastik polimerlerde küçük etkilemelerle şekil değiştirebilen ve kolay şekil alabilen bir yapıdır. Elastomerler yüksek elastik polimerlere örnek olarak gösterilebilir. Ayrıca oda sıcaklığında katı halde bulunan polistiren, polivinilklorür, polivinilalkol, polivinilasetat gibi polimerik maddeler de ısıtıldığında yüksek elastik özelliği kazanabilirler (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 20 Yüksek Elastik Polimerler

2.4.3 Katı Polimerler

Küçük miktarda bir değişiklik için yüksek derecede kuvvet gerektiren polimerlerdir. Uygulanan kuvvet geri çekildiğinde aldığı şekli kaybeden ve eski haline dönen maddelerdir. Bu polimerlere poliakrilonitril, polistiren gibi maddelerin oda sıcaklığındaki halleri örnek olarak gösterilebilir (Gürgeç 2017).



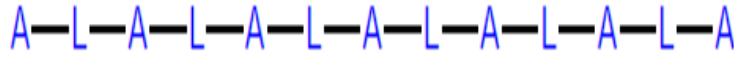
Şekil 2. 21 Poliakrilonitril Lifler

2.5 Polimerlerin Monomer Çeşitlerine Göre Sınıflandırılması

Polimerler yapısındaki monomerlerin çeşitlerine göre kopolimer, homopolimer ve terpolimer gibi 3 farklı türde sınıflandırılmaktadır. (Noyan 2016).

2.5.1 Kopolimer

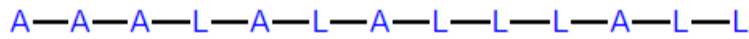
Zincirlerinde kimyasal yapıları birbirinden farklı olan birden fazla monomer birimi bulunan polimerlerdir. Yapısında bulunan monomerlerin oranı kopolimerlerin özelliklerini belirler. Ayrıca bulunan monomerlerin diziliş şekilleri de önemlidir. Kopolimerleri 4 grupta inceleyebiliriz. Bu gruplar, Gelişigüzel kopolimer, ardışık kopolimer, blok kopolimer ve aşı kopolimerler şeklindedir (Noyan 2016).



Şekil 2. 22 Kopolimer (Noyan 2016).

a. Gelişigüzel Kopolimer

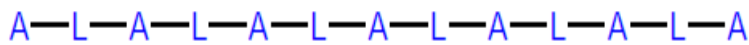
Bu tip kopolimerlerde kopolimerin özelliği monomerlerden farklıdır. Aynı zamanda zincirde bulunan monomerlerinde zincir boyunca sıralanmasında belirli bir düzen yoktur (Bayram 2008).



Şekil 2. 23 Gelişigüzel Kopolimer (Bayram 2008).

b. Ardışık Kopolimer

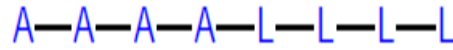
Bu tür kopolimerlerin özellikleri kendisini oluşturan monomerlerden farklıdır. Ancak gelişigüzel kopolimerin aksine ardışık polimerlerde zincirin üzerinde bulunan monomerler düzenli bir şekilde sıralanmıştır (Bayram 2008).



Şekil 2. 24 Ardışık Kopolimer (Bayram 2008).

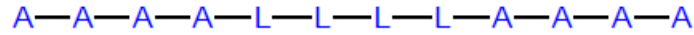
c. Blok Kopolimer

Kimyasal yapıları birbirinden farklı olan iki monomer zincirinin uçlarından birbirine bağlanması ile blok kopolimerler oluşur. A ve L monomerlerinin oluşturduğu iki bloklu kopolimer zincirinde zincirin bir tarafı A kopolimeri bir tarafı ise L kopolimerinden oluşmaktadır. Bunlar iki bloklu kopolimerlerdir (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 25 İki Bloklu Kopolimer (Gürgeç 2017).

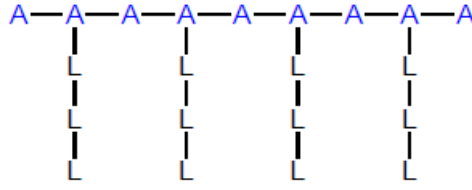
Kopolimer zincirini önce A, sonra L, daha sonra yine A monomer zincirleri oluşturuyorsa bu tarz kopolimerler de üç bloklu kopolimerlerdir. Bu tarz işlemlerle blok sayısı daha da arttırılabilir. Blok kopolimerlerinin birçoğunun fiziksel özellikleri diğer kopolimer türlerinin aksine kendisini oluşturan monomerlerin özellikleri arasındadır (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 26 Üç Bloklu Kopolimer (Gürgeç 2017).

a. Aşı Kopolimer

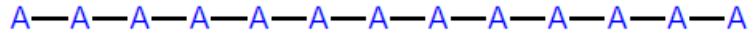
Kimyasal yapıları farklı olan iki polimer zincirinin zincir sonları dışında bir yerden birbirilerine bağlanmaları sonucu oluşur. Bu bağlanma noktalarına aşılama noktaları denir. Bu kopolimerlerin özellikleri kendisini oluşturan monomerlerin özellikleri arasındadır (Noyan 2016).



Şekil 2. 27 Aşı Kopolimer (Noyan 2016).

2.5.2 Homopolimer

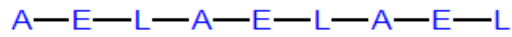
Tek cins monomerlerden elde edilen monomerlere homopolimer denir. Saf halde bulunan polivinilklorür, polietilen gibi polimerler homopolimerlerdir (Noyan 2016).



Şekil 2. 28 Homopolimer (Noyan 2016).

2.5.3 Terpolimer

Kimyasal yapıları farklı üç monomerden oluşan kopolimer zincirlerine terpolimer denir. Akrilonitril, bütadien ve stirenden ABS adında ticari kopolimerler hazırlanmaktadır (Arıkan 2017).



Şekil 2. 29 Terpolimer (Arıkan 2017).



Şekil 2. 30 ABS Terpolimeri (Arıkan 2017).

2.6 Plastikler

Çeşitli plastikler, elektrikli aletlerden oyuncaklara, ambalaj malzemelerinden tıpta kullanılan aletlere kadar çok geniş bir alanda kullanılmaktadır. Çok sayıda avantajı bulunan plastiklerin özellikleri arasında dayanıklı olma, emniyetli, hafif, şekillendirilebilir ve dönüşümlü olarak ucuza kullanılabilme gibi özellikler bulunmaktadır (Tokgöz 2008).

Plastikler termoplastikler ve termosetler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

2.6.1 Termoplastikler

Uzun zincirler halinde bulunan ve dallanmış ya da lineer zincirlerden oluşan polimerik sistemlerdir. Termoplastikler ısıtıldığı zaman yumuşar ve şekil verilebilir, soğutulduğunda ise sertleşebilir. Toz granül ya da çözelti şeklinde bulunabilen termoplastiklerden işlenmesi sonucu günlük hayatta kullandığımız birçok ürün üretilebilir. Polietilen, polistiren, polipropilen ve poliamid gibi maddeler termoplastiklere örnek olarak gösterilebilir (Tokgöz 2008).



Şekil 2. 31 Polipropilen Malzemedan Üretilmiş Sandalye (Tokgöz 2008).

2.6.2 Termosetler

Termosetler, kondensasyon polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Isı ve katalizör etkisi ile mor ötesi ışıqla temas ettirildiğinde çapraz bağı moleküller oluşturarak sertleşir ve tekrar ısıtıldığında yumuşamazlar. Makro molekülü organik maddelerdir. Molekülleri arasında kuvvetli bağları bulunmakla birlikte makromoleküllerde birbirilerine farklı noktalardan kovalent bağlar ile bağlanarak bir ağı oluşturmaktadır. Bu şekilde oluşan yapılar sertleştikten sonra tekrar çözünemezler. Bu duruma bağı olarak kimyasal yapı bozulmadan tekrar şekil vermek mümkün değildir. Termosetler fabrikalarda, araçlarda, evde ve birçok büro malzemesinde kullanılan bir malzemedir. Maliyet konusunda oldukça uygun olmakla beraber soğukta kırılğan değildir ve yüzey parlaklığı ile yüksek mekanik özelliğe sahip maddelerdir. Üre-formaldehit reçineler, fenolformaldehit reçineler ve epoksi reçineler gibi örnekler verilebilir (Tokgöz 2008).

a. Üre-formaldehit Reçineler

En yaygın kullanılan reçineler arasında sayılabilirler. Parlak yüzey verme ve açık renkli olması en önemli özellikleri olması ile birlikte priz, fiş ve anahtar gibi elektrik malzemelerinin yapımında kullanılmaktadır (Yılmazbayhan 2006).



Şekil 2. 32 Üre-formaldehit Reçineden Üretilmiş Priz (Yılmazbayhan 2006).

b. Fenolformaldehit Reçineler

En çok kullanılan plastik maddedir. Üretim metoduna bağı olarak bir ya da iki

kademede üretimi yapılabilir. Radyo ve televizyon kabini, laminantlar, yatak, asit ve bazlara karşı kimyasal uygulamalar, elektronik cihaz parçaları gibi malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Yarı geçirgen özelliği ile akustik malzemesi olarak da kullanılabilen reçine aynı zamanda ağaç ve mobilya sektöründe, odun talaşlarından sunta yapımında yapıştırıcı ve bağlayıcı göreviyle kullanılabilmektedir (Bayram 2008).



Şekil 2. 33 Fenolformaldehit Reçine ile Üretilen Ürünler (Bayram 2008).

c. Epoksi Reçineler

Uç kısımlarında bulunan epoksi gruplarından ismini alan epoksi reçineler, polimer yapılarında bulunan eterden dolayı aşınmaya karşı direnç göstermektedir. Oldukça üstün seviyede elektriksel özelliğe sahip olan bu reçinelerden üretilmiş kaplar, meyve suyu, deterjan ve alkali temizleyiciler gibi maddelere karşı da oldukça dayanıklıdır. Evlerdeki radyatör kaçaqlarının giderilmesinden kırılan porselen ve metalik parçalarının yapıştırılması, yüksek dayanım isteyen boya üretimi gibi alanlara kadar dayanıklılık isteyen birçok alanda kullanılmaktadır (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 34 Epoksi Reçineden Üretilmiş Sehpa (Avcı, 2014).

2.7 Elastomerler

Normal oda sıcaklığında gerçek boyunun iki katından fazlasına kadar uzayabilen, kuvvet ortadan kalkınca da neredeyse eski boyuna geri dönebilen oldukça esnek polimer yapıları malzemelerdir. Düşük sıcaklıklarda ise oldukça sert halde bulunmaktadır. İçerisindeki makromoleküller seyrek çapraz bağlarla bağlanmıştır. Ağ yapısına döndükten sonra geçici şekil vermek mümkündür ama bu şekil kalıcı değildir. Kauçuk, Polibütadien, poliklorbütadien, nitril kauçuk, silikon kauçuk gibi ürünler bu maddelere örnek olarak gösterilebilir. Lastik kavramı elastomer kavramı ile eş anlamlıdır. Çapraz bağlanmayı vulkanizasyon işlemi sağlamaktadır. Çapraz bağlanabilme özelliği de vulkanizasyon ile açıklanır. Vulkanizasyon kauçuk ya da benzer polimerlerin farklı kükürt ya da eş değer kükürtleyiciler ile daha sağlam malzemelere dönüştürülmesini sağlayan bir yöntemdir (Bayram 2008, Gürgeç 2017).

2.7.1 Doğal Kauçuk (Poliizopren)

Doğal polimerik bir malzemedir. Lastik sektörü bu ürünü çeşitli şekillerde üretebilmektedir. Yapılarında tekrarlanan bir düzen ve kristal bir özellik yoktur. Çapraz bağlar ile bağlanmamasına rağmen yine çapraz bağlarla bağlanabilme özelliğine sahiptir. Yumuşak lastiklerin çapraz bağlantı derecesi çok düşük iken sert lastiklerin çapraz bağlantı derecesi çok yüksektir (Kara 2010).



Şekil 2. 35 İzopren Malzeme ile Üretilmiş Ameliyat Eldiveni (Kara 2010).

2.7.2 Stiren-bütadien Kauçuk

Uzun süre yük altında kalabilen ve oldukça iyi kimyasal ve mekanik özelliklere sahip bir malzemedir. Isıya karşı oldukça dayanıklıdır. Doğal gaz dağıtım şebekesi, farklı su ve atık boruları bu maddeden yapılmaktadır. Ayrıca bavul, ev aletleri, telefon gibi ürünlerde bunlara örnek olarak gösterilebilir (Noyan 2016).



Şekil 2. 36 Stiren-bütadien Kauçuktan yapılmış parkeler (Noyan 2016).

2.8 Elyaf

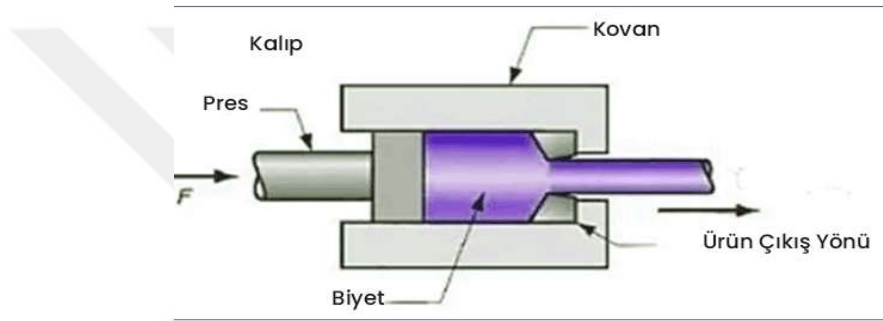
Yüksek bir molekül ağırlığına sahip olan elyaf, düzgün ve muntazam bir yapıya sahip polimerlerdir. Sentetik elyaf olarak kullanılmaktadır. Naylondan yapılmış dokumalar, battaniye ve astarlık kumaş, giyim eşyası, halı ve yer döşemesi gibi malzemelerin yapımında kullanılmaktadır (Bayram 2008).



Şekil 2. 37 Boncuk Elyaf (Bayram 2008).

2.9 Ekstrüzyon

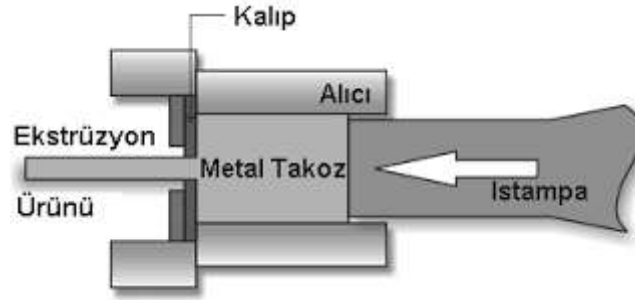
Ekstrüzyon yöntemi, plastik ve metal malzemelerin sıkıştırma yöntemiyle daha küçük kesit alanına sahip kalıpların şeklini almaya zorlanması yöntemidir. Bu yöntem sayesinde daha kullanışlı malzemeler üretilebilmektedir. Bu yöntemin en büyük avantajları enine bir kesit oluşturmak ve kaydırma sırasında oluşan gerilmelerden dolayı kırılma riskini ortadan kaldırmasıdır. Ekstrüzyon yöntemleri 5 türde altında incelenebilir. Bu yöntemler; direkt ekstrüzyon, indirekt ekstrüzyon, darbeli ekstrüzyon, boru ekstrüzyon ve hidrostatik ekstrüzyon yöntemleridir (Bayram 2008, Gürgeç 2017, Kara 2010).



Şekil 2. 38 Ekstrüzyon Sistemi (Bayram 2008; Gürgeç 2017; Kara 2010).

2.9.1 Direkt Ekstrüzyon

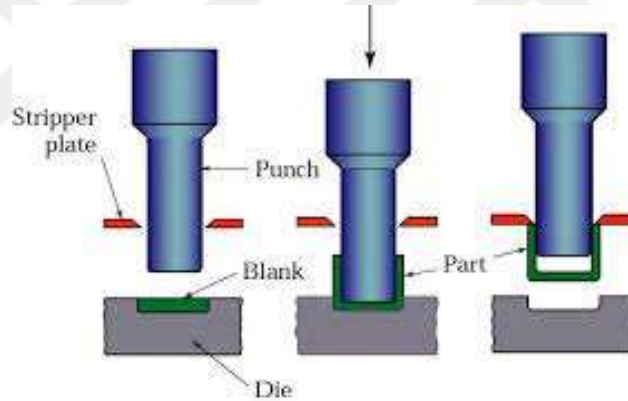
Direkt ekstrüzyon diğer bir ismiyle ileri ekstrüzyon, kovan içerisindeki bloğun pres tarafından itilerek diğer uçtaki delikten geçmesi işlemidir. Bu yöntemin avantajları, boyutları istediğimiz ölçülere sahip yarı mamul imalat sağlamasıdır. En büyük dezavantajı ise ekstrüzyon oranının ve hızının istenilen düzeyde arttırılamamasıdır (Bayram 2008).



Şekil 2. 39 Direkt Ekstrüzyon Sistemi (Bayram 2008).

2.9.2 İndirekt Ekstrüzyon

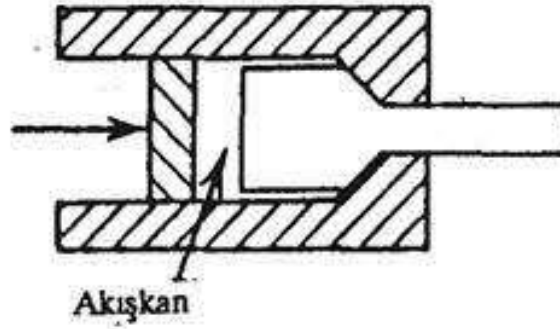
İndirekt ekstrüzyon yönteminin tek farkı ürünün sabit kalması ve kalıbın ürüne doğru gelmesidir. Bu yöntemin en büyük özelliği atık malzemenin daha az çıkması ve istenilen kuvvetin direkt ekstrüzyona göre %25 azalmasıdır (Bayram 2008).



Şekil 2. 40 İndirekt Ekstrüzyon Sistemi (Bayram 2008).

2.9.3 Hidrostatik Ekstrüzyon

Hidrostatik ekstrüzyon yöntemi direkt ekstrüzyona benzemektedir. Aralarındaki fark ise hidrostatik ekstrüzyon da ürün ile kalıp arasındaki sürtünme kuvvetinin bir akışkan madde ile yok edilmesi yöntemidir. Kullanılan akışkanlar sıcaklığa göre değişmekte olup oda sıcaklığındaki maddelerde bitkisel yağ, polimer ve mum kullanılırken yüksek sıcaklarda camın erimiş hali kullanılmaktadır. Bu yöntem kompleks takım kullanımı gerektirmesi ve nadiren tekrarlanması sebebiyle endüstride çok tercih edilmemektedir (Noyan 2016).



Şekil 2. 41 Hidrostatik Ekstrüzyon Sistemi (Noyan 2016).

2.9.4 Darbeli Ekstrüzyon

Darbeli ekstrüzyon, kurşun, alüminyum, magnezyum ve bakır gibi hafif metallerin soğuk olarak ekstrüzyon işlemine sokulmasıdır. Darbeli ekstrüzyon yöntemi ile elde edilen malzemeler zımba ile kalıp arasındaki boşluğun büyüklüğüne bağlıdır. Bu yöntemle genelde macun ve ilaç tüpleri gibi malzemeler üretilmektedir (Noyan 2016).

2.9.5 Boru Ekstrüzyon

Boru ekstrüzyon yönteminde ise dikişsiz borular üretilmektedir. Bu borular hem direkt ekstrüzyon da hem de indirekt ekstrüzyon da üretilebilmektedir. Direkt ekstrüzyon da hem dolu hem de delikli takozlar kullanılabilirken indirekt ekstrüzyon da sadece delikli takozlarla boru üretimi yapılabilir (Öncel 2015).

Plastik boruların yaklaşık %30'luk bir kısmı ekstrüzyon yöntemi ile üretilmektedir. Bu boruların üretildiği makineler diğer bir ismiyle ekstrüder makineleri de denmektedir. Bu makineler sayesinde borular istenilen uzunlukta ve kalınlıkta kesiksiz yani devamlı bir şekilde üretilebilmektedir. Bu makinelerin birçok bölmesi bulunmaktadır.

a. Huni

Bu parça ekstrüzyon makinelerinde işlenecek malzemenin sürekli olarak takviye edilmesini sağlamaktadır. Bu makinelerde istenilen uzunlukta boruların üretilmesi amaçlanmaktadır. Boruların malzeme eksikliğinden kesikliğe maruz kalmaması için bu

huni kullanılır böylece malzeme takviyesi sağlanır (Doğan, et al. 2015).



Şekil 2. 42 Huni (Doğan vd. 2015).

b. Helezon

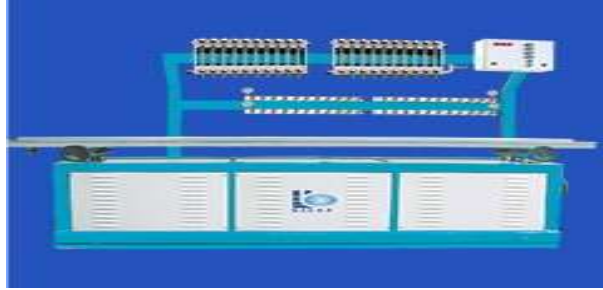


Şekil 2. 43 Tek ve Çift Vidalı Helezon

Helezon ekstrüzyon makinesinin en önemli parçası denilebilir. Helezon sayesinde huni içerisine takviye edilen plastiğin taşınması ve homojenleştirilmesi gibi görevleri yerine getirir. Ekstrüzyon makinelerinde iki tür vida kullanılmaktadır. Birincisi yivli (tek) vidalardır bu yivler sayesinde malzemenin iletilmesi artar ve sıkıştırılması da artırılır. İkincisi ise Çift vidalardır bu vidaların görevi ise öncelikle homojen bir karışım elde etmektir. Malzemeler uç kısma taşındıkların da ise basınç arttığı için sürtünme ile eritilir (Arıkan 2017).

c. Soğutma ve Vakumlama Ünitesi

Bu bölüm bir soğutma pompası ve bir vakumlama pompası ile ürünün vakumlanması ve soğutulmasının yapıldığı bölümdür (Arıkan 2017).



Şekil 2. 44 Soğutma ve Vakumlama Sistemi (Arıkan 2017).

d. Çekici

Makine içerisinde işlenen ve kalıptan geçen ürünün çekilerek kesime hazırlandığı bölümdür. Ürünün çekilmesi için genelde paletler kullanılmaktadır (A. Avcı 2014).



Şekil 2. 45 Çekici (Avcı 2014).

2.10 Ekstrüzyon Kalıplamada Kullanılan Plastikler

Ekstrüzyon yönteminde kalıplamada en çok kullanılan plastikler polivinilklorür (PVC) ve termoplastik elastomerler (TPE) kullanılmakla birlikte polipropilen ve polietilen gibi diğer plastik ürünlerin neredeyse hepsi kullanılmaktadır (Kara 2010).

a. Polivinilklorür (PVC)

Amorf plastiklerin başında gelen Polivinil klorür ekstrüzyon teknolojisinin en çok kullanılan plastik malzemesidir. Normal bir PVC %50 - 55 arasında klor içermektedir. Yüksek elektroliz özelliğe sahip olan PVC'ye aynı zamanda su, alkol ve benzin hiçbir etki göstermez. Son derece dayanıklı bir plastik olan PVC 140 °C'de yavaş yavaş erimekte, 170 °C'de ise kolaylıkla HCl (Hidrojen Klorür) ayrılmasıyla parçalanır ve polimerde çift bağlar oluşur. Böylece polimere stabilizatörler de dahil olur (Yılmazbayhan 2006).



Şekil 2. 46 PVC (Yılmazbayhan 2006).

PVC'lerin yumuşak ve sert olmak üzere iki çeşit kullanma alanı bulunmaktadır. Sert PVC genellikle duvar kaplamaları, borular ve pencere profili gibi alanlarda kullanılır. Sert PVC'ler hava şartlarına oldukça dayanıklı, yüksek mukavemetli ve yanmaz özelliğe sahiptir. Yumuşak PVC ürünleri ise genellikle eldiven, oyuncak, kablo kaplama ve yer döşemeleri gibi alanlarda kullanılmaktadır. Özellikle yüksek dayanıklılık, işleme kolaylığı, metallere yapışması ve elektriksel yalıtıcılık gibi özellikler bakımından kablo yapımında kullanım oranı daha fazladır. Günümüzde ülkemizde yapılan alçak gerilim kablolarının neredeyse tamamında PVC kullanılmıştır. PVC ham madde halindeyken toz olarak bulunur ama üretim alanlarından geri dönüşümlü PVC'lerde çok fazla kullanılmaktadır (Çoban 2011).

Ham maddenin bazı problemlerini gidermek içinde birçok katkı maddesi kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri ısı ve ışık etkilerini dengelemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu katkı maddelerinin en önemlileri ısı dengeleyicileri, hareketsiz doldurucular, alev geciktiriciler ve plastikleştiricilerdir (Çoban 2011).

b. Termoplastik Elastomerler (TPE)

Plastik ekstrüzyon yönteminde kullanılan ham maddelerden birisi de Termoplastik Elastomerlerdir (TPE). TPE'ler iki tür yapı içermektedir. Bu yapılardan birincisi sert polimer yapıdır. Sert polimer yapı oda sıcaklığında eriyik özellik göstermez ancak ısıtıldığında akışkan bir şekil alır. Diğer bir yapı ise yumuşak ve kauçuk özelliğine sahiptir. TPE'lerin işlenebilmesi için hava sirkülasyonlu fırınlarda ya da kurutma odalarında kurutulması gerekmektedir (Tokgöz 2008).



Şekil 2. 47 TPE (Tokgöz 2008).

TPE ürünleri yüksek derecede esneklik, yapışma ve kaynama gibi özelliklere sahip ürünlerdir. Bu tarz dayanıksız gibi görülen özelliklerine rağmen aşınma, delinme ve yırtılmaya karşı oldukça dirençlidirler. Mikroplara karşı direnç, uzama ve hidroliz gibi özelliklerinden dolayı farklı türlerde hortumlarda ve yüksek darbelere karşı dayanıklılık, kalıcı bükülmelere karşı dayanıklılık, kesilme ve aşınma gibi faktörlere karşı direnç göstermesinden dolayı kayak ve buz hokeyi botlarında da kullanılabilir. Ayrıca insan derisine uyumu sayesinde tıp alanında ve cam ile güçlendirme yapılarak otomotiv sanayisinde de kullanılabilir (Kara 2010).

Diğer kullanım alanları;

- Yangın söndürme hortumları
- Elektrik malzemeleri
- Jeolojik ölçüm kabloları
- Ayakkabı tabanları

- Tekstil
- Koruyucu örtüler gibi birçok kullanım alanı bulunmaktadır.

2.11 Ekstrüzyon Plastiklerinde Kullanılan Katkı Maddeleri

Plastik maddeler kullanıldıkları alanlara ve işleme yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadırlar (Arıkan 2017, Bayram 2008, Gürgeç 2017, Öncel 2015). Kullanım amaçlarına göre ise farklı katkı maddeleri kullanılarak plastiklere farklı özellikler kazandırılabilir. Bu sebeple plastik sanayisinde katkı maddelerinin oldukça önemli bir yeri vardır. Kullanılan katkı maddeleri şu şekildedir;

2.11.1 Pekiştirici ve Dayanıklılığı Arttırıcılar

Bu katkı maddelerinin kullanıldığı plastiğin elektriksel ve ısısal özellikleri yükseltilmektedir. Ayrıca boyutsal kararlılığı sağlar ve bazı durumlarda ise maliyeti düşürebilmektedir. Özellikle dayanıklılığı arttırarak uzun ömürlü bir kullanım sağlar (Bayram 2008).



Şekil 2. 48 Asbest Lifi (Bayram 2008).

2.11.2 Renklendiriciler

Plastiklerin renklendirilmesindeki tek amaç ürünlerin daha güzel görünmesini sağlamaktır. Plastikleri renklendirmek için kullanılan üç yöntem vardır.

Bunlar; Ürünün formülasyonuna renklendiriciler katarak renklendirme, ürünün üretimi sırasında yapılan renklendirme, üretimden sonra ürünün üst yüzeyinin boyanmasıdır.

Formülasyon sırasında eklenen renklendiricilerin maddeye homojen olarak karışması gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için granül ya da toz halinde bulunan renklendirici madde polimerin yüzeyine yapışır. Yapışmayı kolaylaştıran maddelerinde ortama eklenmesiyle renklendirme daha kolay ve etkili bir hale getirilebilir. Ürünün üretimi sırasında yapılan renklendirme plastiğe şekil veren makinelerde yapılmaktadır. Renklendirici maddeler ham madde içerisine belirli oranlarda karıştırılmaktadır. Ürünün üretimden sonra boyanması yönteminde ise ürün, renklendirici çözeltinin içerisine batırılarak ya da renklendiricinin ürünün üzerine püskürtülmesiyle yapılmaktadır. Bu yöntem en çok kullanılan yöntemdir (Arıkan 2017).



Şekil 2. 49 Granül Boya (Arıkan 2017).

2.11.3 Plastikleştiriciler

Plastiklerin ısı ve basınçla şekillendirilmesi aşamasında kırılganlığı azaltıp esnekliği arttıran, işlenmeyi kolaylaştıran ve plastiğin daha akışkan olmasını sağlayan katkı maddeleridir. Kullanılan plastikleştiricinin mümkün olduğunca plastikle uyumlu olabilmesi, iyi bir şekilde karıştırılarak bünyede kalabilmesi önemlidir. Kullanılan plastikleştiricilerin çözücülü türlerinin yapacağı işlemler geçici olduğundan bu tarz plastikleştiriciler çok kullanılmamalıdır (Gürgeç 2017).



Şekil 2. 50 (DOTP) Plastikleştirici (Gürgeç 2017).

2.11.4 Kaydırıcı ve İşlemeyi Kolaylaştırıcılar

Alüminyum, kalsiyum, kurşun, çinko, amitler ve yağ asidi esterleri gibi maddelerin belirli oranda plastiklerle karıştırılarak işlemeyi kolaylaştırmaya çalışılmaktadır (Gürgeç 2017).

2.11.5 Statik Elektriklemeyi Önleyiciler

Plastik kullanılan alanlarda elektrostatik yükler bazı sorunlar doğurabilmektedir. Yapışma, yanma hatta patlamaya sebep olma gibi tehlikeli durumlara karşı plastikte uyumlu antistatik maddeler kullanılmalıdır. Bu maddeler ya direkt olarak granül halindeki plastiğe katılır ya da yüzeysel püskürtme işlemi yapılarak uygulanır (Öncel 2015).

2.11.6 UV Işınım Dengeleyiciler

Güneş ışınları bilindiği üzere plastik maddelerin görünüşünü ve yapısını etkilemektedir. Polimer bağların tahrip olması ile zamanla oluşacak tahribatları önlemek için plastiğin içine UV dengeleyiciler katılmaktadır (Bayram 2008).

2.11.7 Oksitlenme Önleyiciler

Plastik malzemede oksijenin ve ısımaların zararlarını önlemek için antioksidanlar karıştırılmaktadır. Bu antioksidanlar direkt olarak granüle katılabileceği gibi işleme sırasında da eklenebilir. Başlıca kullanılan antioksidan maddeler, aromatik aminler, tuzlar ve fenollerdir (Bayram 2008).

2.11.8 Köpük Yapıcılar

Daha çok polietilen, poliüretan, polistiren ve polivinillerde kullanılan bu katkı maddeleri eklendiklerinde buharlaşarak sistemden ayrılan ya da bozulma ile hücresel boşluklu yapı meydana getiren kimyasal maddelerdir (Arıkan 2017).

2.11.9 Isı Dengeleyicileri

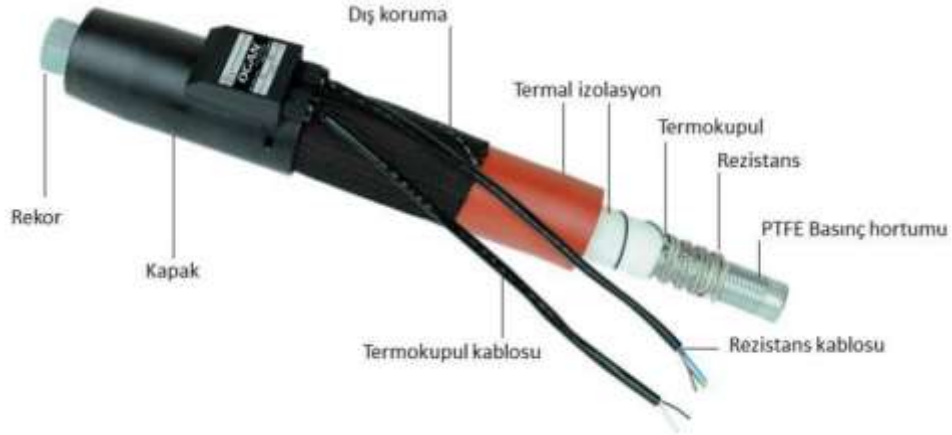
Isı ve Işık gibi etkiler PVC’lerde bozulmalara sebep olabilmektedir. PVC polimerlerinin yüksek sıcaklıklarda işlenmesi sırasında kullanılan ısı dengeleyici maddeler sayesinde bu durum en aza indirgenebilmektedir. Bu katkı maddelerinin seçiminde polimerle uygunluk, koku, zehirlilik, uçuculuk, ürün verimine etkisi, ekonomik olma ve işleme metoduna etkisi gibi etkenler göz önünde bulundurulmalıdır (Gürgeç 2017).

2.11.10 Kaydırıcılar

İç kaydırıcılar ve dış kaydırıcılar olarak sınıflandırılan bu maddeler plastiğin işlenmesi sırasında ortaya çıkan kuvvet ve baskıyı azaltmak için kullanılır. Bu maddeler polimerin işlenme özelliklerini geliştirmekte ve iyileştirmektedir. İç kaydırıcılar plastik ile daha çok uyumluluk gösteren yani çözünabilen, dış kaydırıcılar ise plastik ile uyumsuzluk gösteren yani çözünemeyen maddelerdir (Öncel 2015).

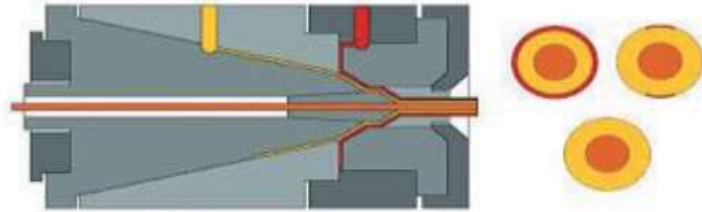
2.12 Ko-Ekstrüzyon

Ko-Ekstrüzyon birden fazla ekstrüzyon makinesi kullanılarak tek bir kalıptan tek ürün çıkarma yöntemidir. Farklı plastik malzemelerin birleştirilmesi için her bir plastik malzemeyi işleyecek ekstrüzyon makinesi kurulur ve bu malzemeler tek bir ko-ekstrüzyon kalıbından ürün olarak çıkartılır. Sonrasında bu ürünler soğutma ya da kalibre ünitelerine taşınır. Ayrı ayrı işlenen plastik maddeler 7 – 8 katlık farklı plastik ürünlerin birleştirilmiş olarak tek ürün halinde çıkması sağlanmaktadır (Zhu, Liu ve Qiu 2020).



Şekil 2. 51 Ko-Ekstrüzyon Isı Hortumu (Zhu, Liu , & Qiu, 2020).

Ko-Ekstrüzyon yöntemi plastik ambalaj malzemeleri, yalıtım ürünleri, kablolar ve diğer birçok PVC sistemlerinin yaygın olarak üretilmesinde kullanılmaktadır. Şekil 2.51’de görüldüğü üzere 3 farklı plastik maddenin işlendikten sonra tek bir Ko-ekstrüzyon kalıbından çıkışı yapılarak çok katlı bir ürün elde edilmektedir.



Şekil 2. 52 Ko-Ekstrüzyon Modeli (Zhu vd. 2020).

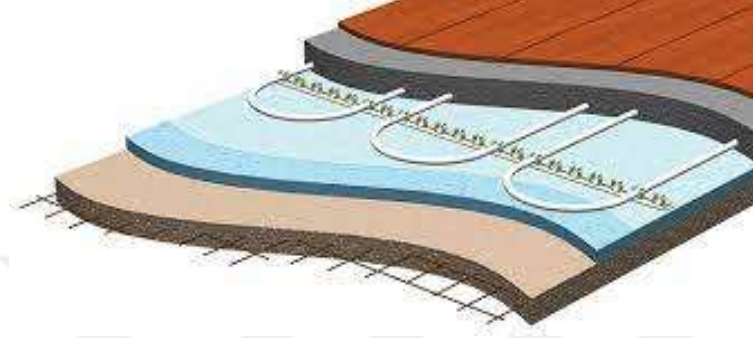
2.13 Isıya Dayanıklı Polietilen Borular (PE-RT)

Ekstrüzyon yöntemiyle yapılan başka bir boru tipide ısıya dayanıklı polietilen borular (PE-RT)’dır. Bu borular genel olarak ısınma sistemlerinde kullanılmaktadır. Üretiminde geri dönüştürülebilir ham maddeler kullanılan bu borular 90 °C’ye kadar dayanabilen borulardır (Tokgöz 2008).

Kullanışlılık bakımından oldukça kolaylık sağlayan bu borular kolay uygulanıp kıvrılıp, bükülebilir ve aynı zamanda ısıya dayanıklılığından ziyade yüksek basınçlara ve kimyasallara karşıda oldukça dayanıklıdır. Isınma sistemlerinde genel olarak yerden

ısıtma, yerden soğutma ve duvar soğutma – ısıtma alanlarında kullanılmaktadır (Çoban 2011).

Birden fazla katı bulunan bu borularda Ko-ekstrüzyon yöntemiyle üretilen borulara örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 2. 53 PE-RT Borular Altıtan Isıtma Sistemi (Çoban 2011).

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Polietilen granül, polietilen plastik hammaddesinin küçük taneler halindeki formülüdür. Polietilen, etilen adı verilen bir monomerin polimerizasyonu ile elde edilen bir termoplastik polimerdir ve yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) olmak üzere iki ana tipi vardır. Isıtma tesisat boruları genelde LDPE malzemeden imal edildiği için (Çoban 2011), çalışmada imalat ve testlerde kullanılan malzeme LDPE özellikli polietilen seçilmiştir.

LDPE esaslı XP9000 ve XP9020 sınıfına sahip malzemeler orijinal saf polimerlerdir. Bu ürünlerin teknik özellik karşılaştırmaları Şekil 3.1’de verilmiştir.

Ham madde Özellikleri	Birim	Test Metodu	XP9000	XP9020
Yoğunluk	g/cm ³	ASTM D1505	0,935	0,941
Erime İndeksi (190 °C, 2,16 kg)	g/10min	ASTM D1238	0,6	0,14
Erime İndeksi (190 °C, 5 kg)	g/10min	ASTM D1238	2	0,5
Vicat Yumuşama Sıcaklığı *	°C	ASTM D1525	122	122
Erime Sıcaklığı	°C	ASTM D3418	125	126

Levha Özellikleri	Birim	Test Metodu	XP9000	XP9020
Akımda Çekme Mukavemeti	kg/cm ²	ASTM D638	180	210
Kopma Uzunluğu	%	ASTM D638	>600	>600
Eğilme Modülü	kg/cm ²	ASTM D790	4500	6200
İzod Darbe Dayanımı (Çentik, -30 °C)	kg-cm/cm	ASTM D256	10	12
ESCR (B Durumu, F50)	hr	ASTM D1693	>10000	>10000
Parlak / Cila	-	ASTM D2457	75	50

Şekil 3. 1 XP9000 ve XP9020 Teknik Özellikler (ürün kataloğu)

Boru numunelerin imalatın da tabloda verilen hammaddelerin yanında 3. bir hammadde

olarak yine LDPE özellikli geri dönüşümden elde edilmiş plastik granül kullanılmıştır. Seçilen 4. malzeme ise, saf (sıfır) XP9020 granülü ile üçüncü geri dönüştürülmüş polimer malzemenin granülü karıştırılarak elde edilmiştir. Farklı polimer malzemeler, farklı çekici hızları ve itici helezonları yönlendiren motorların farklı hızları (ekstrüder hızı) kullanılarak boru üretimi yapılmıştır. Değişik malzeme ve üretim şartlarının sistematik uygulanabilmesi için, Taguchi ortogonal deney tasarımı yöntemi kullanılmıştır. Taguchi yöntemi, kalite bilimi alanında kullanılan bir tasarım ve bakım tekniğidir. Bu yöntem, ürün veya süreç tasarımında optimum performansı elde etmek için deneysel deneylerin gerçekleştirilmesini sağlar. Taguchi yöntemi araştırma projelerinde ve dışarıda toplananlar oldukça faydalı olabilir. Özellikle yeni bir ürün geliştirme veya mevcut bir süreci değiştiren gibi projelerde kullanılır. Yöntem, çalışma (tasarım işlemleri) ve tepkilerin (performans gösterimleri) sürdürülmesi olarak analiz edilmeye devam etmektedir. (Montgomery, DC 2005).

Ortogonal Taguchi Tasarımı, Taguchi yönteminin bir uygulama şeklidir ve deney tasarımı alanında kullanılır. Bu tasarım, minimum parçalarla maksimum bilgi elde etmeyi amaçlamaktadır. Özellikle çok sayıda faktör değerlendirmeleri için etkili bir araçtır. Ortogonal Taguchi Tasarımı yapmak için aşağıdaki sıralanan yollar izlenmelidir.

- 1. Faktörlerin Belirlenmesi:** İlk adımda, istediğiniz oranların belirlenmesidir. Faktörler, tasarım veya süreç üzerinde etkisi olduğu değişen değişkenlerdir. Örneğin, bir ürün tasarımında boyutlar, malzeme seçimi, işleme parametreleri gibi faktörler olabilir.
- 2. Seviyelerin Belirlenmesi:** Her faktör için incelenecek seviyeler belirlenir. Seviyeler, bir faktörün alabileceği farklı değerlerdir. Örneğin, boyut faktörü için küçük, orta ve büyük gibi seviyeler belirlenebilir.
- 3. Deney Matrisinin Oluşturulması:** Seviyeler belirlendikten sonra bir deney matrisi oluşturulur. Deney matrisi, her bir hatanın hangi faktör seviyelerinde gösterileceğini belirtir. Ortogonal Taguchi Tasarımı, faktörlerin arasındaki iletimleri dengeli şekilde temsil eden özel bir matristir.
- 4. Deneylerin Yapılması:** Belirlenen deney matrisine göre testler yapılır. Her deneyde kayıtlı seviyelere göre ayarlama ve arıza sonuçlarının kaydedilmesi gerekmektedir.
- 5. Veri Analizi:** Deneyler sonucu elde edilen veriler analiz edilir. Taguchi analiz

sistemlerinin kullanımı, dağıtımı ve paylaşımları kullanılır. Bu analiz, optimal parametre parametreleri ve süreçlerin belirlenmesi için kullanılır.

6. **Optimizasyon:** Analize göre, süreç veya tasarım optimizasyonu için gerekli adımlar atılır. Faktör veya proses parametreleri ayarlanarak istenilen performansa ulaşmak için gerekli değişiklikler yapılır.
7. **Doğrulama:** Tasarım veya süreçte yürütülen çalışmaların sürdürülmesi için ek testler yapılabilir. Bu adım, yapılan işlemlerin istenilen sonuçları sağlayıp sağlamadığını kontrol etmek için (Montgomery, DC 2005).

3.2 Metot

Boru ekstrüzyon makinesi ile, dört farklı hammadde kullanılarak 3 farklı üretim parametresi ve dört alt seviye ile L16 (4^4) ortogonal deney dizininde 16 farklı şartta 16 adet boru deney numunesi imal edilmiştir. Tablodaki sütunlar bu 16 farklı numunede karışıklığın önüne geçebilmek için numuneler kodlanmıştır. Üretim sonuçlarının tam verimli değerlendirebilmek için işleme başlamadan önce ham madde hunisi tamamen boş ve temizliği yapılmış olacaktır. Helezonların temizliği ise makine 15 dakika boyunca boş olarak çalıştırılacak ve iki farklı deney numunesinin birbirine karışması engellenecektir. Bu işlem kullanılacak her farklı numune değişimin de uygulanacaktır. Kalıptan çıkıp soğutma haznesine giren numunenin karşılaşacağı soğutma suyu sıcaklığı deney sonuçlarını etkilememesi için 20 °C değerinde kalması sağlanamamıştır. Bu önlemler alınarak deney sonuçlarını doğrudan etkileyebilecek dış etkenler bertaraf edilmiş oldu. Bu şartlar sağlanıp 16 farklı değerdeki numuneler elde edilmeye başlandığında numune boyları en az 1m olacak şekilde üretim yapılmıştır.

Tablo 3. 1 Boru ekstrüzyonu için Taguchi deney parametreleri ve alt seviyeleri

Boru Ekstrüzyon Parametreleri	Levels			
	1	2	3	4
Hammadde	XP9020	XP9000	Geri Dönüşüm LDPE	XP9020 + Geri Dönüşüm
Ekstrüzyon Sıcaklığı (°C)	180°	200°	220°	245°
Motor Hızı (devir/dk)	35	38	42	46
Palet Çekme Hızı (mt/dk)	14	15	16	17

Tablo 3.2 Taguchi Ortogonal Dizi Tasarımı

Hammadde	Deney Numarası L16	Deney Parametreleri		
		Ekstrüzyon Sıcaklığı (°C)	Motor Hızı (devir/dk)	Palet Çekme Hızı (mt/dk)
Xp9020	1	180	35	14
	2	200	38	15
	3	220	42	16
	4	245	46	17
Xp9000	5	180	38	16
	6	200	35	17
	7	220	46	14
	8	245	42	15
Geri Dönüşüm	9	180	42	17
	10	200	46	16
	11	220	35	15
	12	245	38	14
Xp9020 + Geri Dönüşüm	13	180	46	15
	14	200	42	14
	15	220	38	17
	16	245	35	16

Taguchi yöntemi kullanılarak yapılan deney tasarımı (Tablo 2) sonuçlarına göre elde edilen ürünler de kullanılabilirlik durumu 2 ana özellik göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Bunlar; gözle muayene sonucu yüzey pürüzlülüğü, boru iç ve dış çapı.

Gözle muayene ve kumpas yardımı ile bu özellikleri sağlayacak olan numuneler basınç,

sıcaklık ve esneklik testlerine tabi tutulmuştur. Bu testlerden başarı sağladığımız en iyi numune ile piyasa da markalaşmış 4 farklı ürün ile kıyaslaması yapılmış ve sonuçlar grafik olarak aktarılmıştır.

Toplam 16 adet imal edilmiş boru numunelerinden gözle muayene ve makro iç –dış çap ölçümleri neticesinde aşağıda sıralanan testlere tabi tutulabilecek bir adet boru numunesi elde edilebilmiştir. Testler;

- Yüksek sıcaklık testi (70-90 °C)
- Yüksek basınç testi (8-10 bar).

Bu numune 5. Deney koşuluyla imal edilmiş olup, ticarileşmiş diğer dört farklı boru numuneleri ile kıyaslanmıştır. Bu kıyas yöntemleri de yine aşağıda sıralana testler ile yapılmıştır.

- Yüksek sıcaklık testi (70-90 °C)
- Yüksek basınç testi (8-10 bar).
- Yüzey pürüzlülüğü testi.
- Basma dayanımı testi

4. BULGULAR

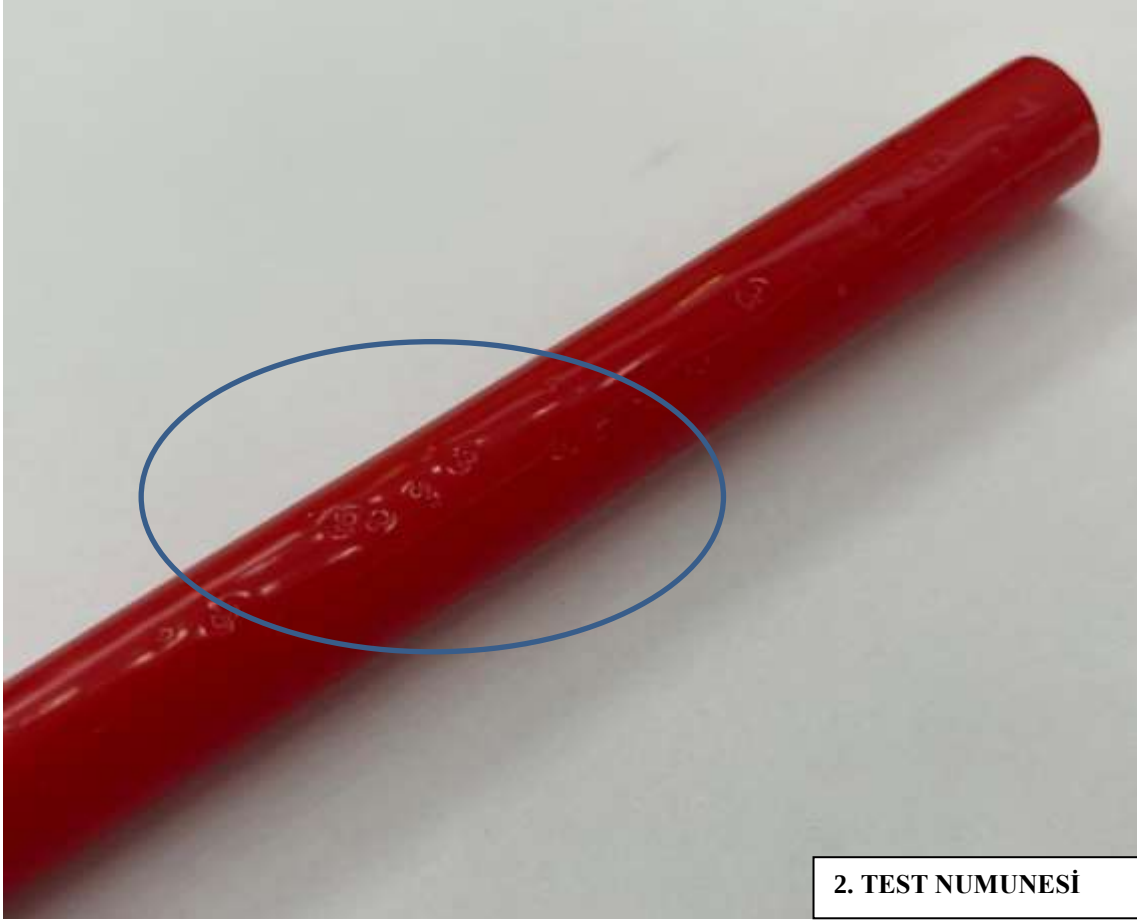
Taguchi deney tasarımına göre imal edilen boru numuneleri sırasıyla aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. 1 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (1.Test Numunesi)

1 nolu boru test numunesi, XP9020 hammadde kullanılarak 180 °C sıcaklıkta, 35

devir/dk motor hızı ve 14 m/dk palet çekme hızı ile üretilmiştir. Boru numunesin de makine yüzey boşlukları oluştu ve uygun yüzey pürüzlülüğü sağlanamadı.



Şekil 4. 2 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (2.Test Numunesi)

2 numaralı deneyde XP9020 hammadde kullanılarak 200 °C sıcaklıkta, 38 devir/dk motor hızı ile ve 15 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edildi. Üründe yüzey pürüzlülüğü sağlanamadı ve yüzeyde gözle görülür çatlaklar oluştu. Bu iki deneyde ürünlerin kalıp çıkış ağzında çok titrediği ve çıkan ürüne zarar verdiği gözlemlendi. Bunun sebebi olarak palet çekme hızının yüksek olduğu belirlendi. Daha düşük hızlarda yapılacak üretim her ne kadar iyi sonuç vermeye yatkın olsa da dakika başına çıkacak ürün miktarında kayba sebebiyet vereceği için üretici firma tarafından iş kaybı olarak karşılandı ve ürünler olumsuz olarak nitelendirildi.



Şekil 4. 3 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (3.Test Numunesi)



Şekil 4. 4 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (4.Test Numunesi)

3 ve 4 numaralı deneyde sırasıyla XP9020 hammadde kullanılarak 220 °C sıcaklıkta, 42

devir/dk motor hızı ile ve 16 m/dk palet çekme hızı ile 245 °C sıcaklıkta, 46 devir/dk motor hızı ile ve 17 m/dk palet çekme hızı ürün elde edildi. İki üründe de yapılan ilk iki deneye paralel olarak palet çekme hızları ürünler için yüksek geldi ve şekillendirme yapılamadan ürünler kalıp çıkışı koptu.



Şekil 4. 5 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi)



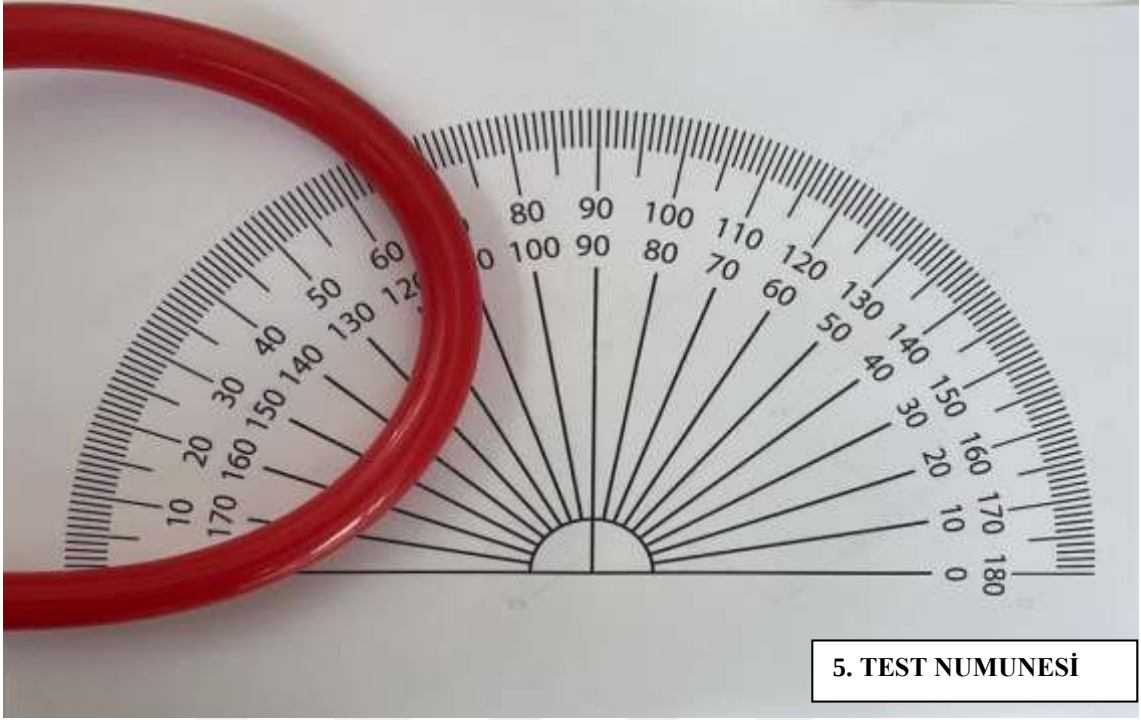
Şekil 4. 6 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)



Şekil 4. 7 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)



Şekil 4. 8 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)



Şekil 4.9 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (5.Test Numunesi Devamı)

5 numaralı deneyde XP9000 hammadde kullanılarak 180 °C sıcaklıkta, 38 devir/dk motor hızı ile ve 16 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edildi. Elde edilen ürünün yüzey pürüzsüzlüğü, çap ölçümleri ve kolektör yüzük parçası ile uyumu ölçüldü. Ürünün keskin dönüşler için esnekliği denendi. Üretilen ürün tüm standartları karşıladı ve bu anlamda diğer testlerin yapılması için somut boru numunesi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 9 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi)



Şekil 4. 10 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi Devamı)



Şekil 4. 11 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (6.Test Numunesi Devamı)

6 numaralı deneyde XP9000 hammadde kullanılarak 200 °C sıcaklıkta, 35 devir/dk motor hızı ile ve 17 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edildi. Elde edilen ürünün yüzey kalitesini sağlamadığı ve standart çaplara yaklaşılsa da tam sonuç alınamadı. Bu yapılan deney sonucunda ürün için verilen hammadde miktarı (motor hızı) ve palet çekme hızının birbirini karşılar değerlerde olması gerektiği sonucuna varıldı.



Şekil 4. 12 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (7.Test Numunesi)



Şekil 4. 13 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (8.Test Numunesi)

7 ve 8 numaralı deneyde sırasıyla XP9000 hammadde kullanılarak 220 °C sıcaklıkta, 46 devir/dk motor hızı ile ve 14 m/dk palet çekme hızı ile 245 °C sıcaklıkta, 42 devir/dk motor hızı ve 15 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edildi. Her iki deneyde de her ne kadar ürün elde edilmiş olsa da önceki deneylerde de olduğu gibi palet çekme hızı ile ham madde miktarı birbiri ile orantılı olmadığı için standart çapa ulaşamadı.



Şekil 4. 14 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (9.Test Numunesi)

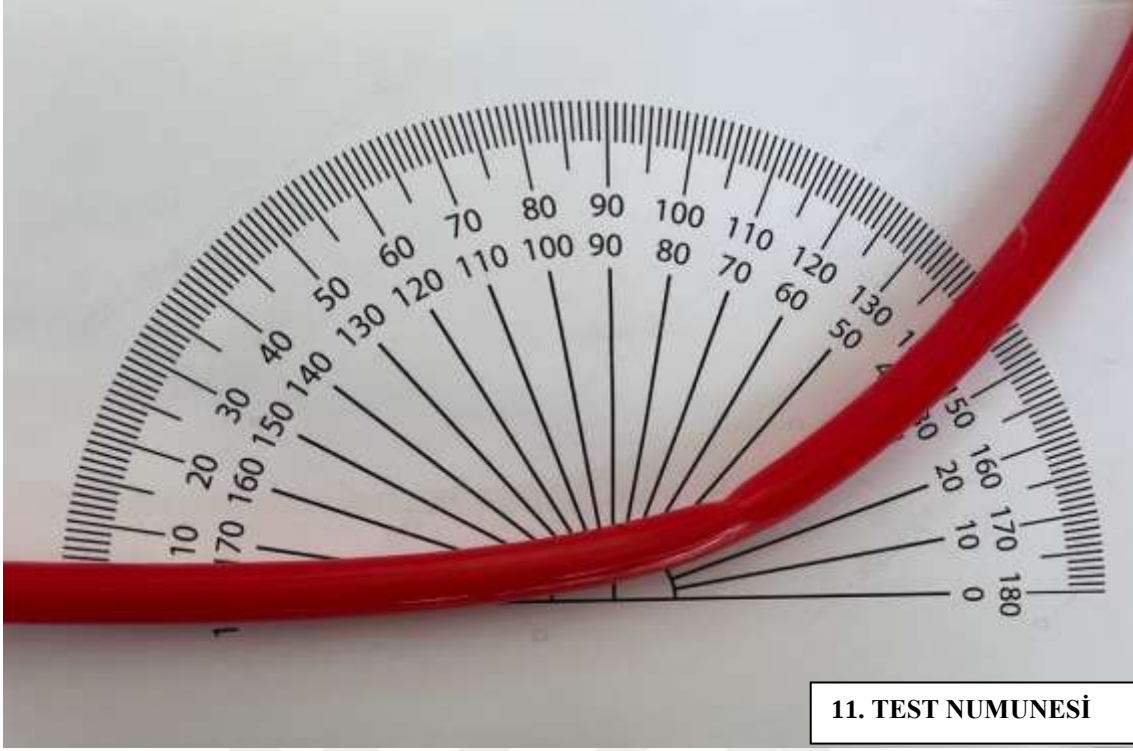
9 numaralı deneyde geri dönüşüm hammadde kullanılarak 180 °C sıcaklıkta, 42 devir/dk motor hızı ile ve 17 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edildi. Ürün dış çapın

da 5 mm eksiklik belirlendi. Bunu gidermek için daha önceki deney sonuçları göz önüne alınarak palet çekme hızında azaltma yapılması gerektiği saptandı.



Şekil 4. 15 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (10.Test Numunesi)

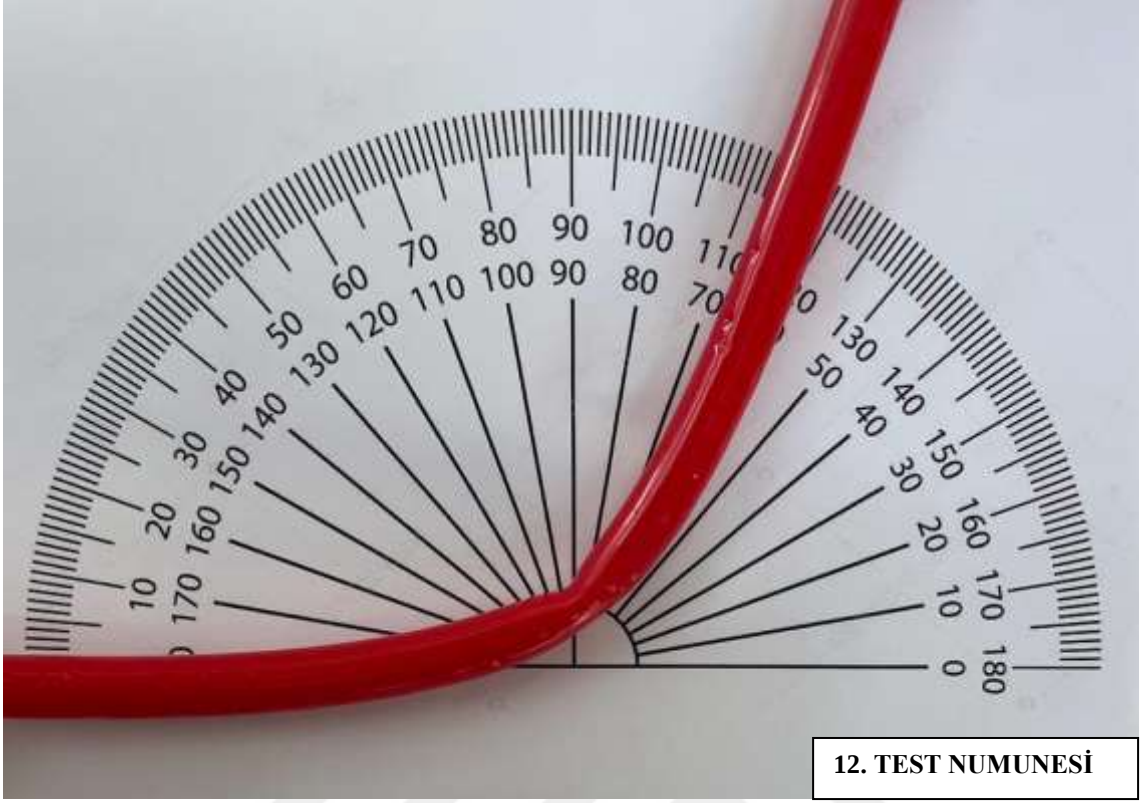
10 numaralı deneyde geri dönüşüm hammadde kullanılarak 200 °C sıcaklıkta, 46 devir/dk motor hızı ile ve 16 m/dk palet çekme hızı için ürün elde edilemedi. Kalıptan çıkan üründe ham madde miktarı fazla geldi ve soğutucu ünite kalıbına ürün alınamadı.



Şekil 4. 16 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (11.Test Numunesi)



Şekil 4. 17 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (11.Test Numunesi Devamı)



Şekil 4. 18 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (12.Test Numunesi)

11 ve 12 numaralı deneyde sırasıyla geri dönüşüm hammadde kullanılarak 220 °C sıcaklıkta, 35 devir/dk motor hızı ile ve 15 m/dk palet çekme hızı ile 245 °C sıcaklıkta, 38 devir/dk motor hızı ve 14 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edilmiştir ve elde edilen boruların da çap ve pürüzlülük uygun olarak belirlendi. Ancak uygulama esnasında keskin dönüşler için istenilen esneklik sağlanamamıştır. (Şekil 4.19.) Ürün üretime uygun değildir.

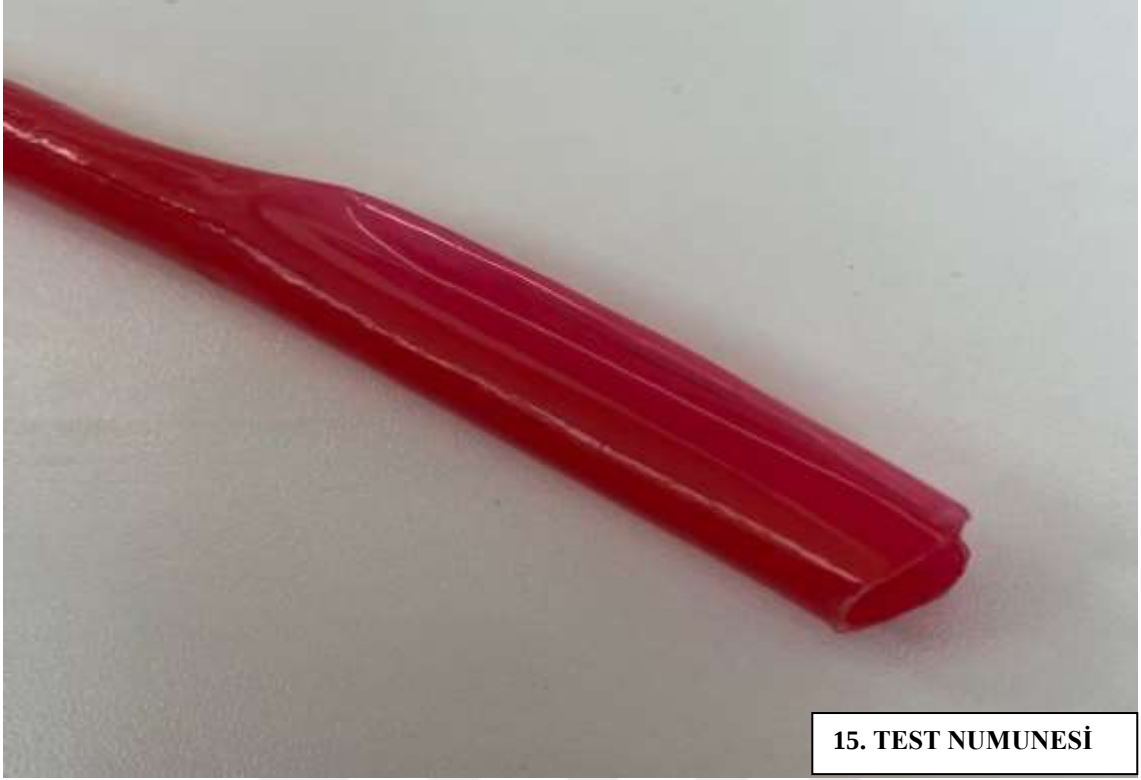


Şekil 4. 19 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (13.Test Numunesi)



Şekil 4. 20 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (14.Test Numunesi)

13 ve 14 numaralı deneyde sırasıyla geri dönüşüm hammadde ve XP9020 ham madde karıştırılarak kullanılmıştır. 180 °C sıcaklıkta, 46 devir/dk motor hızı ve 15 m/dk palet çekme hızı ile 200 °C sıcaklıkta, 42 devir/dk motor hızı ve 14 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edilmek istendi. Kalıptan çıkan ürün her ne kadar ham madde karışımı sağlansa da birbiri ile birleşmedi. Bu sebeple üretime uygun değil olarak belirlendi.



Şekil 4. 21 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (15.Test Numunesi)



Şekil 4. 22 Extrüzyon Değerleri Sonucu Elde Edilen Ürün (16.Test Numunesi)

15 ve 16 numaralı deneyde sırasıyla geri dönüşüm hammadde ve XP9020 ham madde karıştırılarak kullanılmıştır. 220 °C sıcaklıkta, 38 devir/dk motor hızı ile ve 17 m/dk palet çekme hızı ile 245 °C sıcaklıkta, 35 devir/dk motor hızı ile ve 16 m/dk palet çekme hızı ile ürün elde edilmek istendi. Hammadde oranları ve palet hızlarındaki

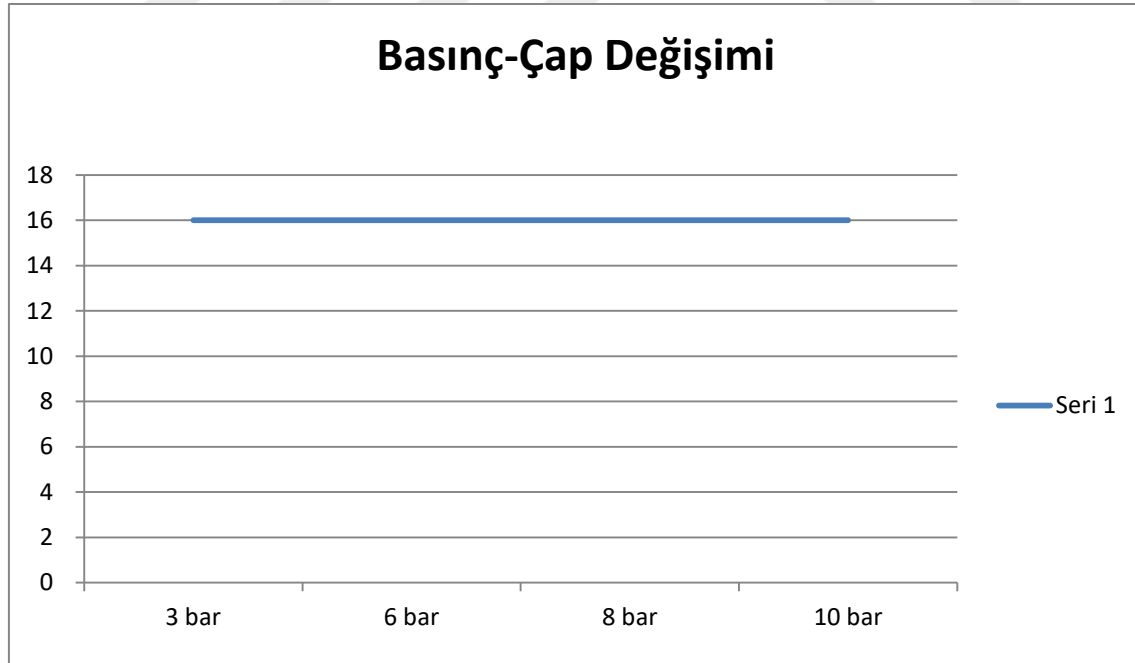
oranlar daha önceki deneylerde de görüldüğü gibi sonucu olumsuz etkiledi. Bu sebeple ürün makine kalıbından çıkışta şekil almadan koptu.

4.1 5. Ürün Test İşlemlerinin Yapılması

Üretime uygun bulunan 5. ürün için deney aşamasında boyutların da ölçümler yapılmış olup uygunlukları belirlenmiştir. Numune sırasıyla 10 bar basınç testi ve 90 °C sıcak su testine tabi tutulmuştur. Bu numune daha sonra Kahvecioğlu prefabrik tesisine götürüldü ve burada 120-160 °C sıcaklık aralığında su buharı testine sokulmuştur. Numuneden 15-20 mt uzunluğunda üretim yapılarak saha şartlarında bire bir kullanıcılar tarafından keskin dönüşlerde uygulanarak esnekliği test edilmiştir.

4.1.1 Basınç Testi

Numunenin bir tarafı körlenerek ve diğer tarafına manometre bağlanarak vidalı kompresör yardımıyla 9-10 bar basınçlandırma yapılmıştır. Saha şartlarında üretilen boru azami 4 bar basınçta kullanılacaktır. Sonuç grafik olarak aşağıdaki gibidir.



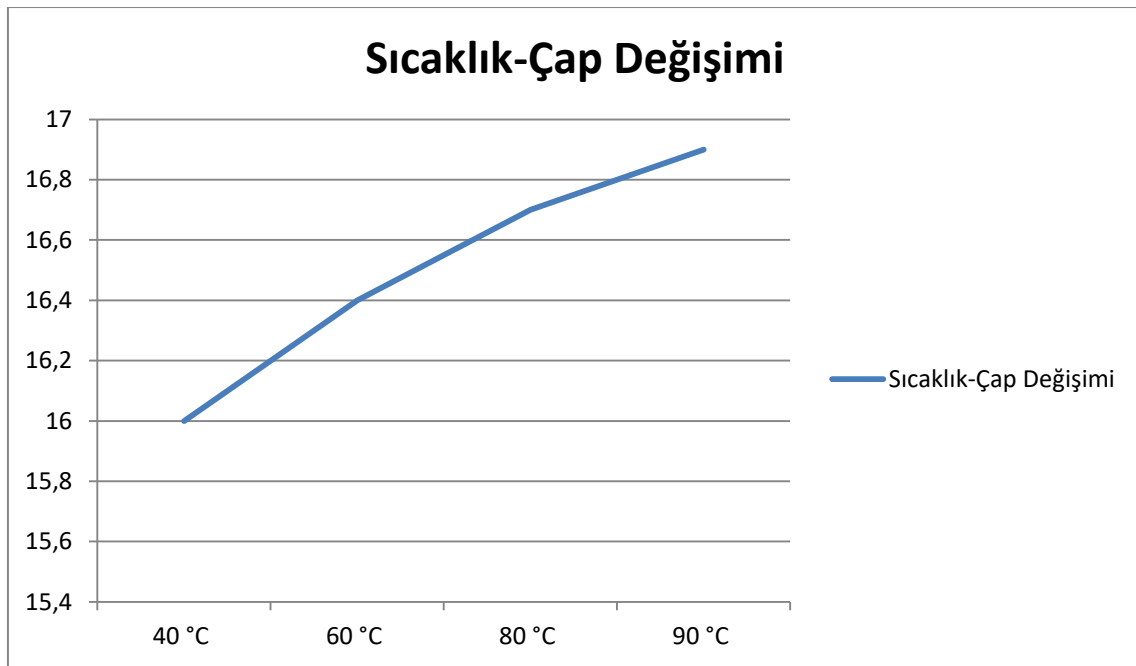
Grafik 4. 1 Basınç-Çap Değişimi

Uygulanan basınç testinde boru çapında bir deforme gözlenmemiştir ve numune

kullanım basıncının 2,5 katına kadar olan basınca dayanabilmiştir.

4.1.2 Sıcaklık Testi

Numune fabrika ofis ısıtmasında kullanılan doğalgazlı kazana bağlandı. Numune içeresine 40 °C başlanarak sıcak su verildi ve çapında oluşabilecek değişiklikler saptanmaya çalışıldı. Aynı anda numune de oluşabilecek şekil bozuklukları gözlemlenmeye çalışıldı ve sonuçlar aşağıdaki grafikte aktarıldı.

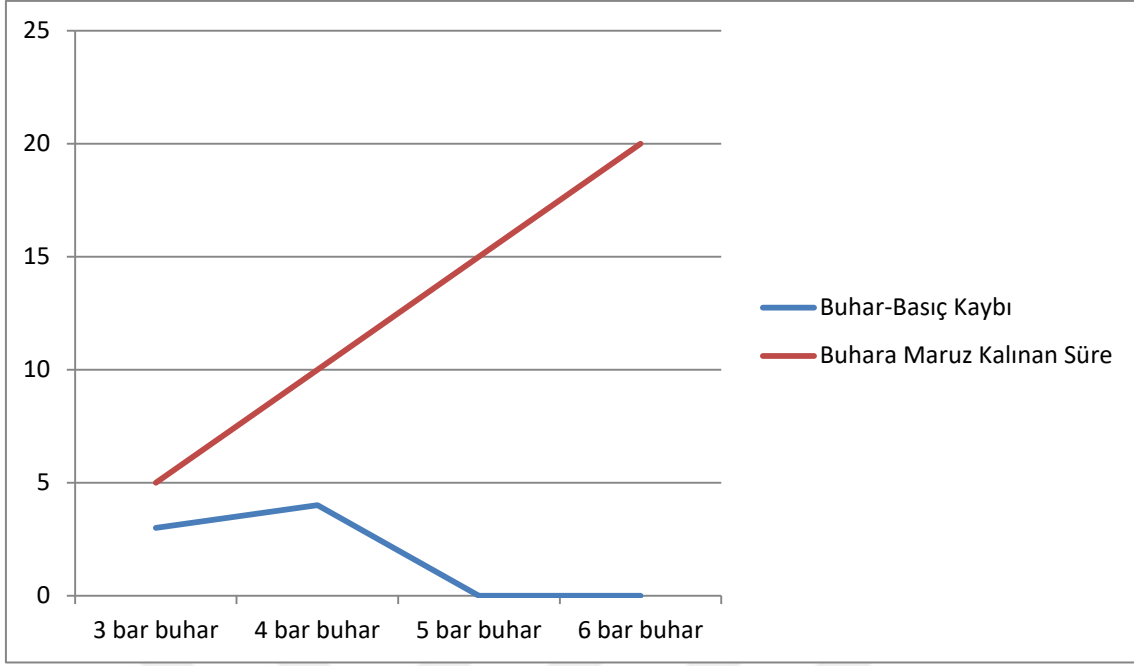


Grafik 4. 2 Sıcaklık-Çap Değişimi

Numuneye uygulanan farklı sıcaklıklar sonucunda genleşmeden kaynaklı dış çapta genişlemeler gözlenmiştir. Bu değişimler kalıcı deformasyona sebep olmamıştır. Numune testten çıkartılıp soğutulduğun da aynı boyuta geri dönmüştür.

4.1.3 Yüksek Sıcaklık Testi

Numune Kahvecioğlu prefabrik tesislerinde beton kürleme işlemi için kullanılan buhar hattına bağlanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki grafikte verilmiştir.



Grafik 4. 3 Buhar-Basıç Kaybı

Numuneye verilen buhar sonucun da ilk 10 dakika deformasyona uğramamıştır. Maruz kalınan süre geçtikçe buhar faz değiştirerek suya dönüş yapmıştır. Su ve buhar çarpışması sonucu açığa çıkan vuruntu gücüne numune dayanamamıştır.



Şekil 4. 23 Buhara Maruz Kalan Numunedeki Şekil Değişimi

4.1.4 Esneklik Testi

Numuneden 20 mt üretim yapılarak saha şartlarına uygulanmıştır. Bire bir kullanıcılar tarafından esneklik testi için keskin dönüşlü uygulamalar yaptırılmıştır.



Şekil 4. 24 Sahada Uygulanan Dar Dönüş

Görselde de görüldüğü üzere uygulanabilecek en dar açı dönüşü kırılma olmadan başarıyla yapılabilmektedir.

4.2 Piyasa da Kabul Görmüş Ürünler İle Kıyas Testlerinin Yapılması

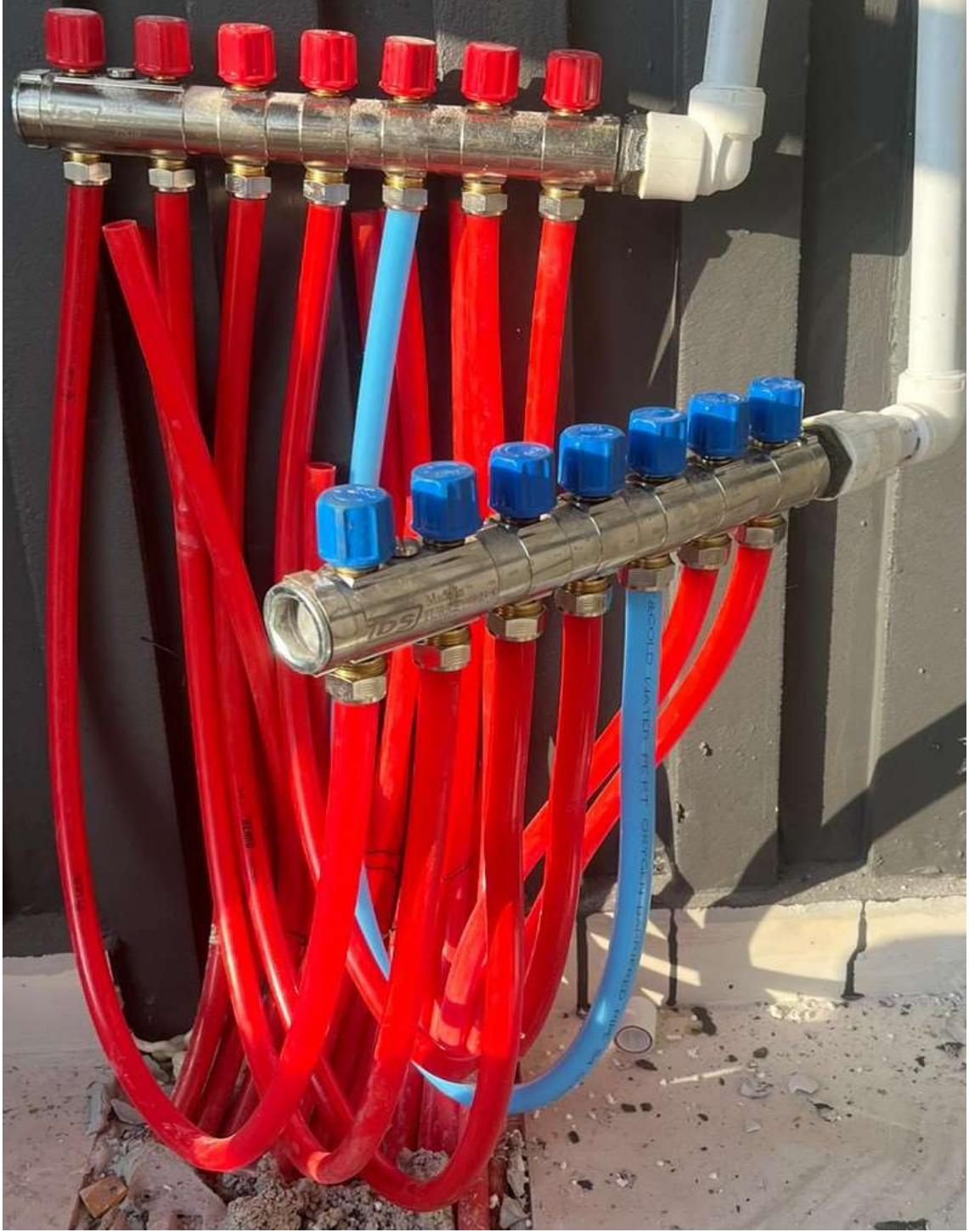
Piyasa da EN1264-2 standardına göre kabul görmüş ve ticarileşmiş 4 adet boru markası belirlenmiştir. Bu markalardan, A, B, C ve D kodlu numuneleri kesilerek aşağıda sıralanan testlere hazır hale getirilmiştir. Bu numuneler ile deneysel çalışma ile elde edilen boru numunesine (X) aynı testler ve ölçümler yapılmış ve ölçülen değerler mukayese edilmiştir.

Yapılan testler;

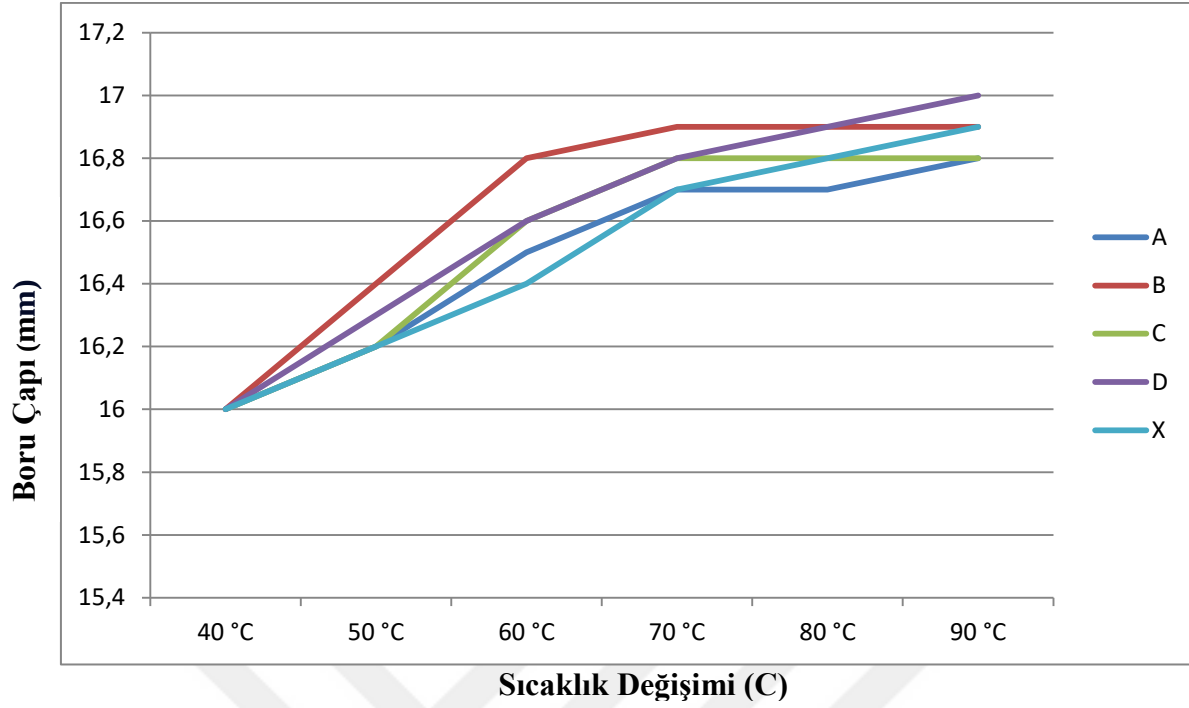
- Sıcaklık Testi.
- Basınç Testi
- Yüzey Pürüzlülük Testi
- Basma Deneyi

4.2.1 Sıcaklık Testi

Numunelere sırasıyla 40 °C sıcaklıktan başlanarak 90 °C sıcaklığa kadar 2 bar basınç altında sıcak su verilmiştir. Bu işlem yapılırken borularda ki çap değişimleri ölçülmüş ve sıcaklığa karşı dayanımları karşılaştırılmıştır. Numunelerin sıcaklık altında ki değişimleri Grafik 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4. 25 Sıcaklık Testi Deney Tertibatı

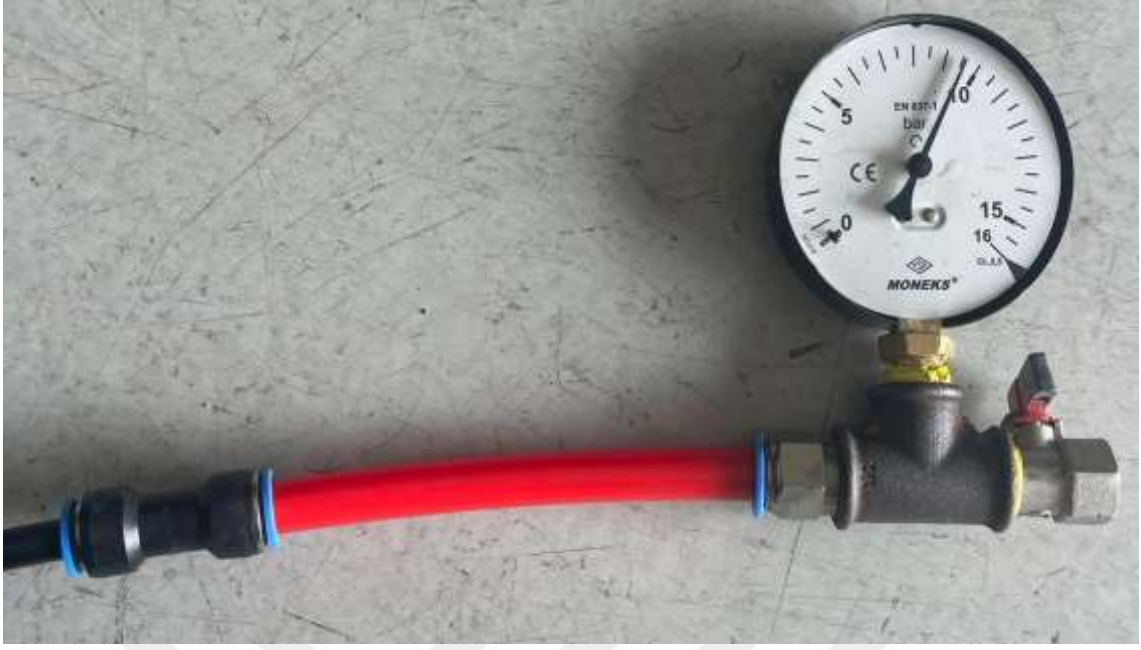


Grafik 4. 4 Boruya uygulanan su sıcaklığı ile boru çapı değişimi

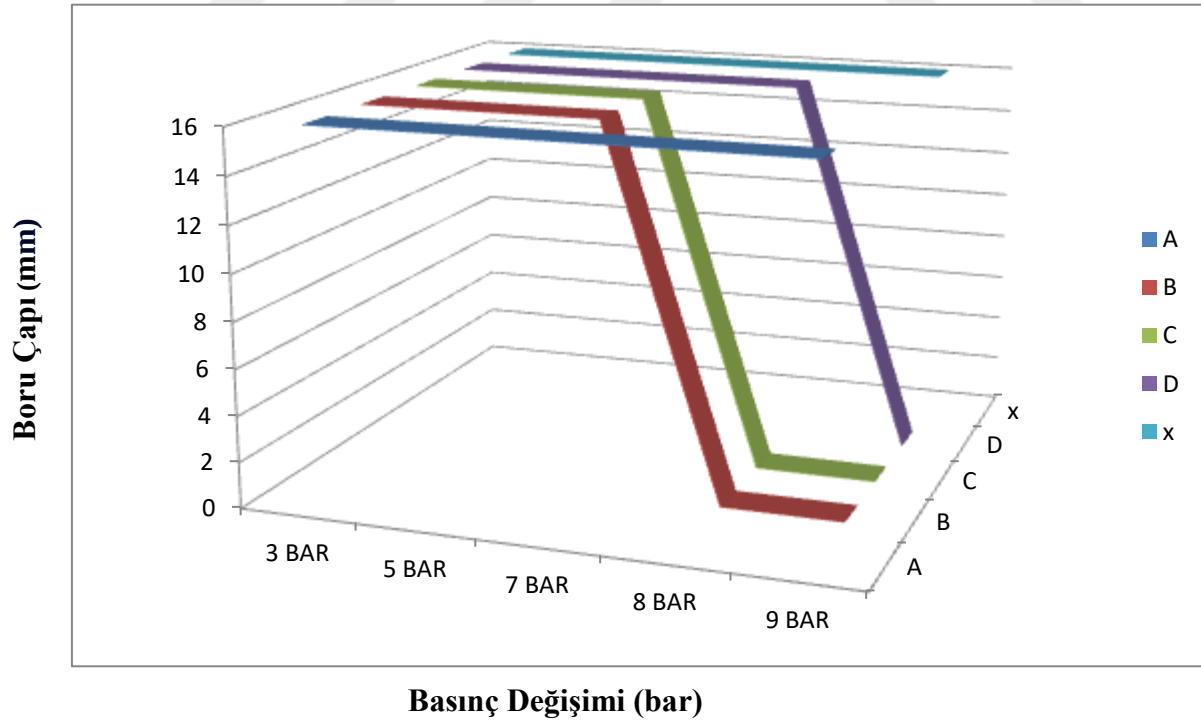
Beş farklı boru numunesi eş zamanlı olarak, kombinin ısıtma sistemi kullanılarak uygulanan altı farklı su sıcaklığı altında boru çaplarında genleşmeden kaynaklı çap artışları hassas kumpas ile ölçülmüş ve Grafik 4.4’de verilen eğilimler elde edilmiştir. Bu bağlamda, tüm boru numunelerinde 90 °C sıcaklığa kadar uygulanan tüm sıcaklıklarda patlama veya çatlama ve/veya büzülme gibi kalıcı şekil değişimi gözlemlenmemiştir. Ancak, X tipi imal edilen boru numunesinin piyasada kabul görmüş polimer borularla benzer genleşme eğilimine sahip olabileceği, 50 °C su sıcaklığı altında genleşme verilerine göre A, B, C boru tipleri ile, 70 °C su sıcaklığında A tipi boru ile, 80 °C’ de C ile ve 90 °C’ de B boru tipi ile eş değer özellikte olabileceği düşünülmektedir. .

4.2.2 Basınç Testi

Boru numunelerine kompresör yardımıyla 9-10 bar basınç verilmiştir. Saha şartların da bu borular en fazla 4 bar işletme basıncı altında çalışmaktadır. Yüksek basınç altında numunelerin davranışları Grafik 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4. 26 Basınç Testi Deney Tertibatı



Grafik 4. 5 Basınç Testi

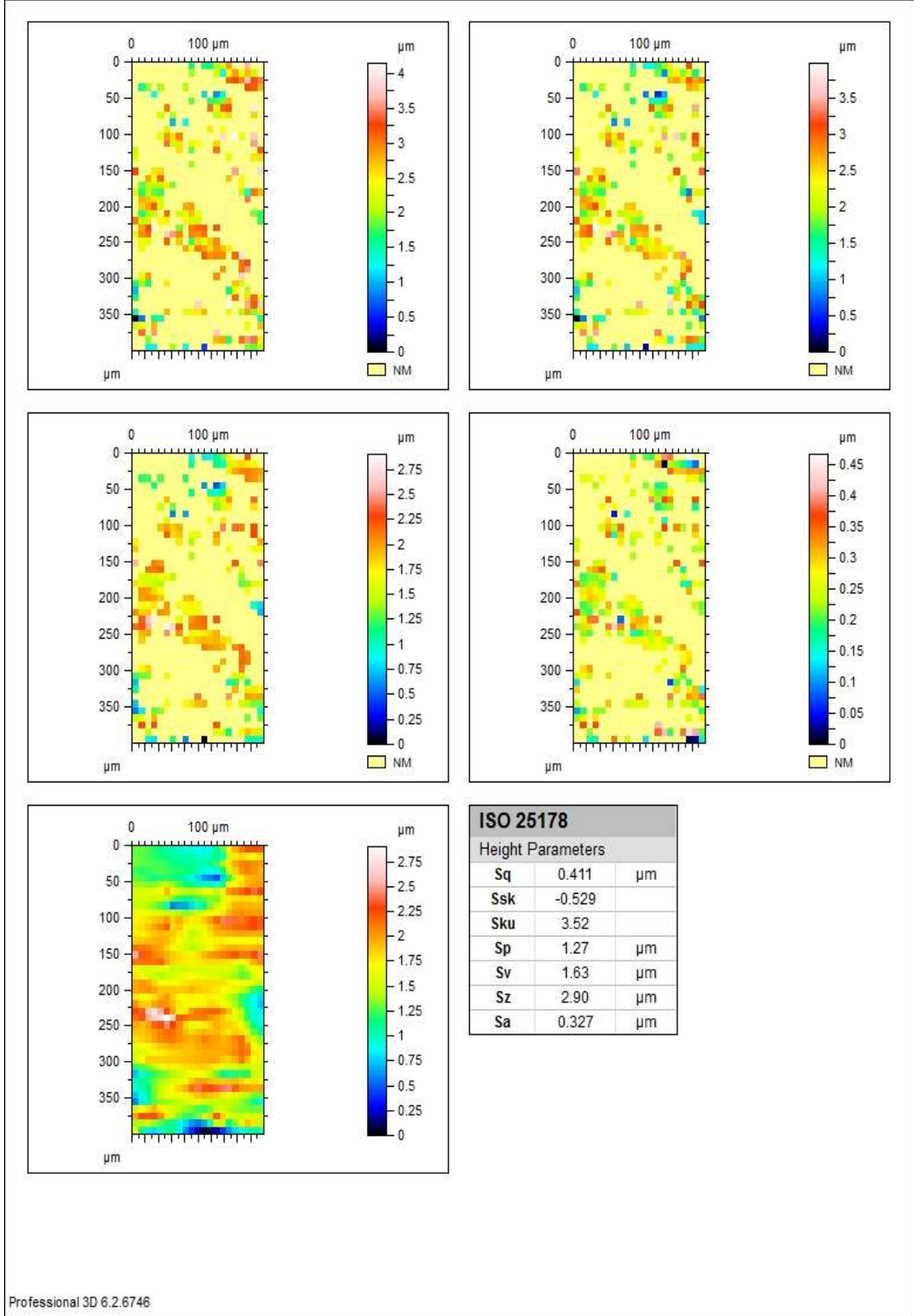
Boru numunelerine uygulanan basınç testi sırasında B ve C numuneleri 8 bar basınç altında, D numunesi de 9 bar basınçta altında patlak vermiştir. A ve X numunelerinde 9 bar basınç altında herhangi bir çatlama veya patlama gözlemlenmemiştir.

4.2.3 Yüzey Pürüzlülük Testi

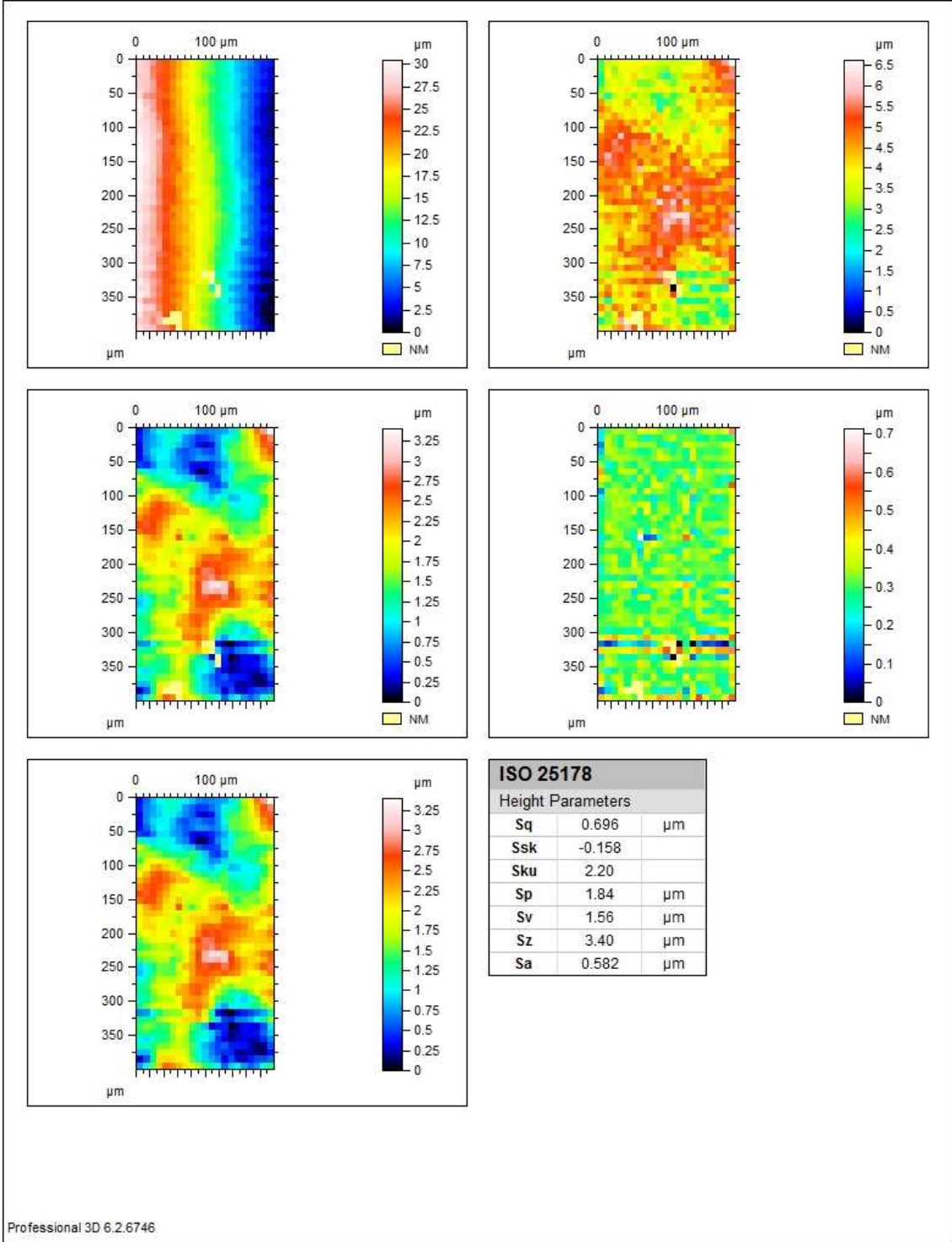
Boru numunelerinden üçer adet test numunesi alınmıştır. Bu numunelerin iç ve dış yüzeylerinin pürüzlülük değerleri saptanmıştır. Çıkan sonuçlar aşağıdaki gibidir.



4.2.3.1 A Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları

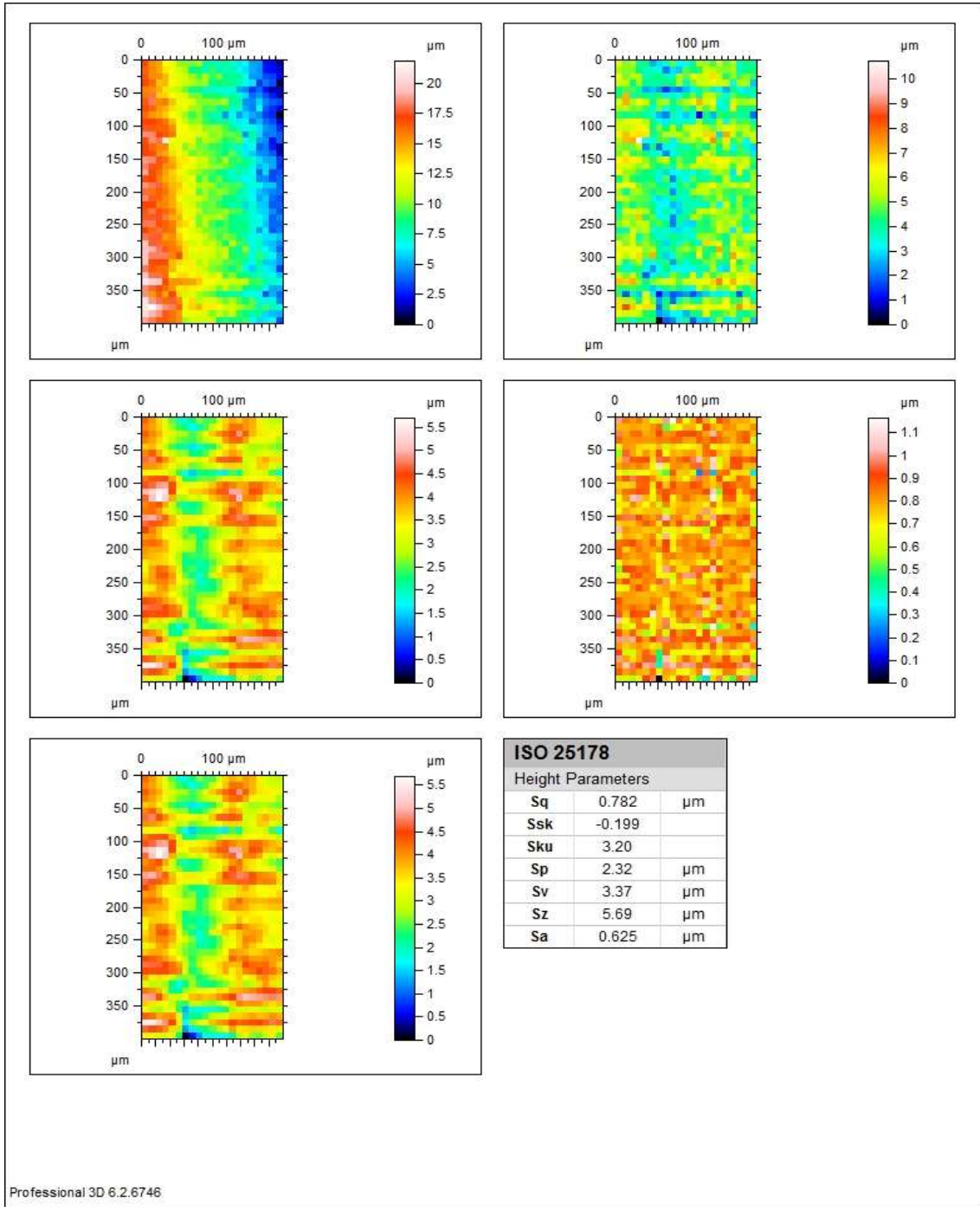


Şekil 4. 27 A1-1 Numunesi Dış Yüzey

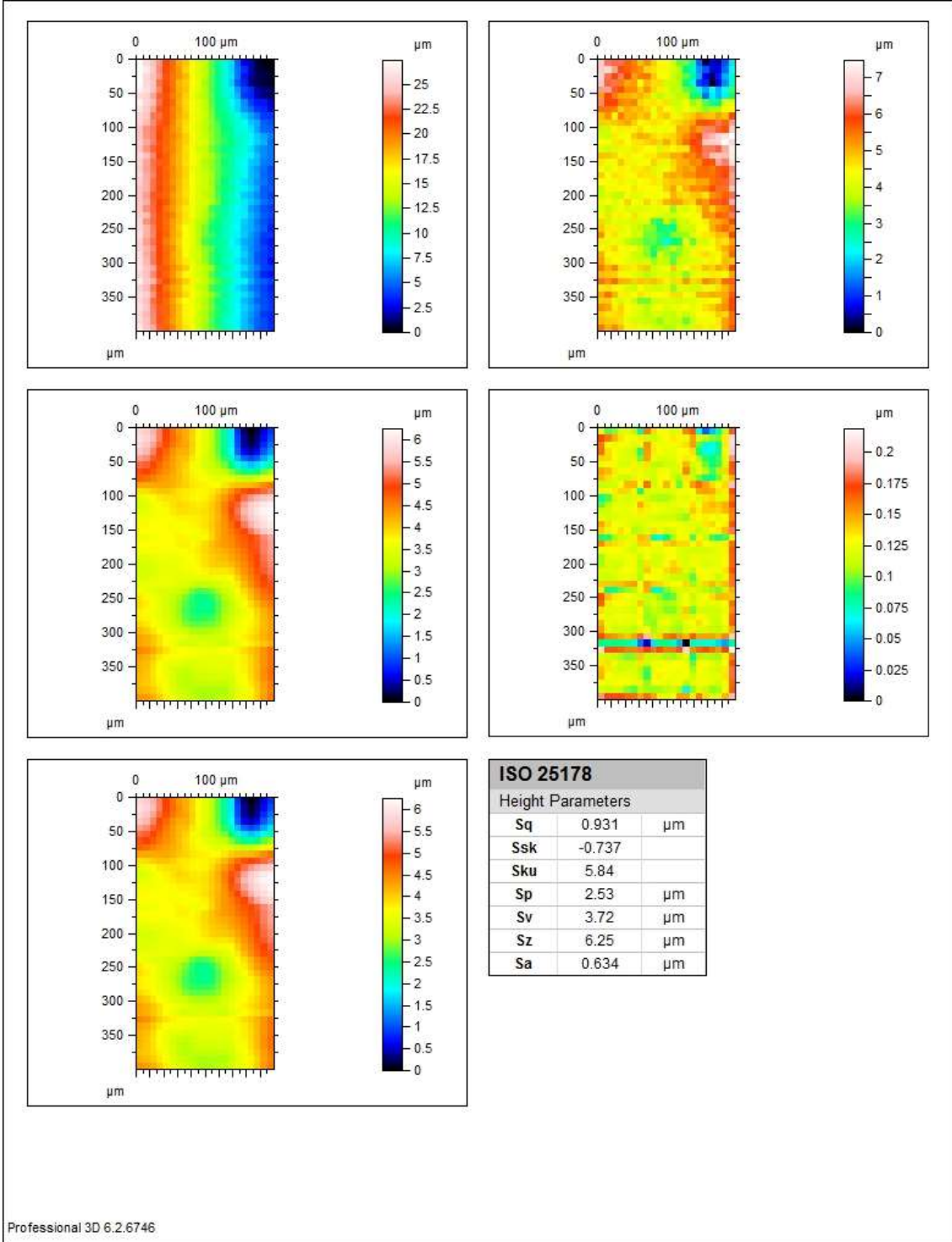


Şekil 4. 28 A1-1 Numunesi İç Yüzey

4.2.3.2 B Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları

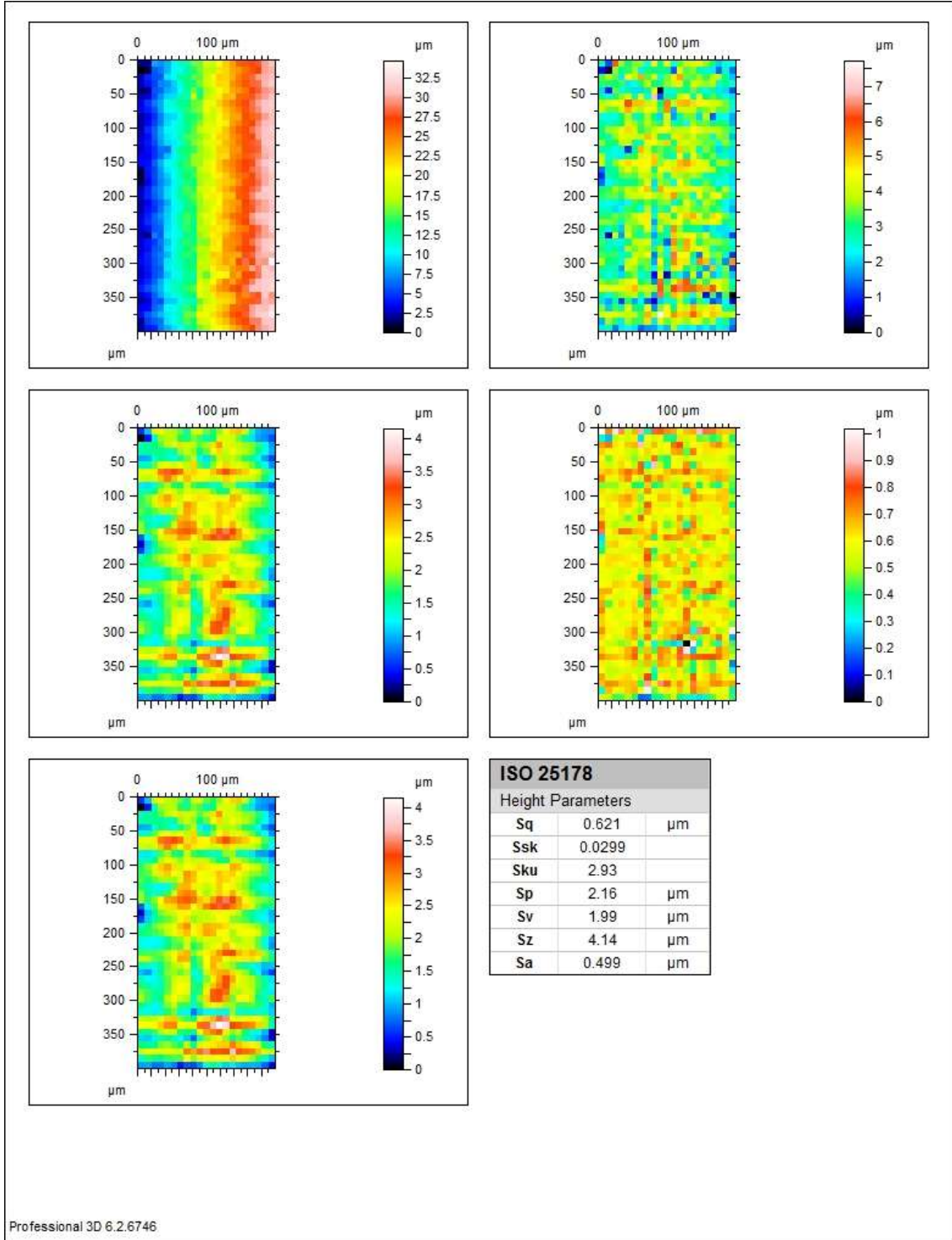


Şekil 4. 29 B1-1 Numunesi Dış Yüzey

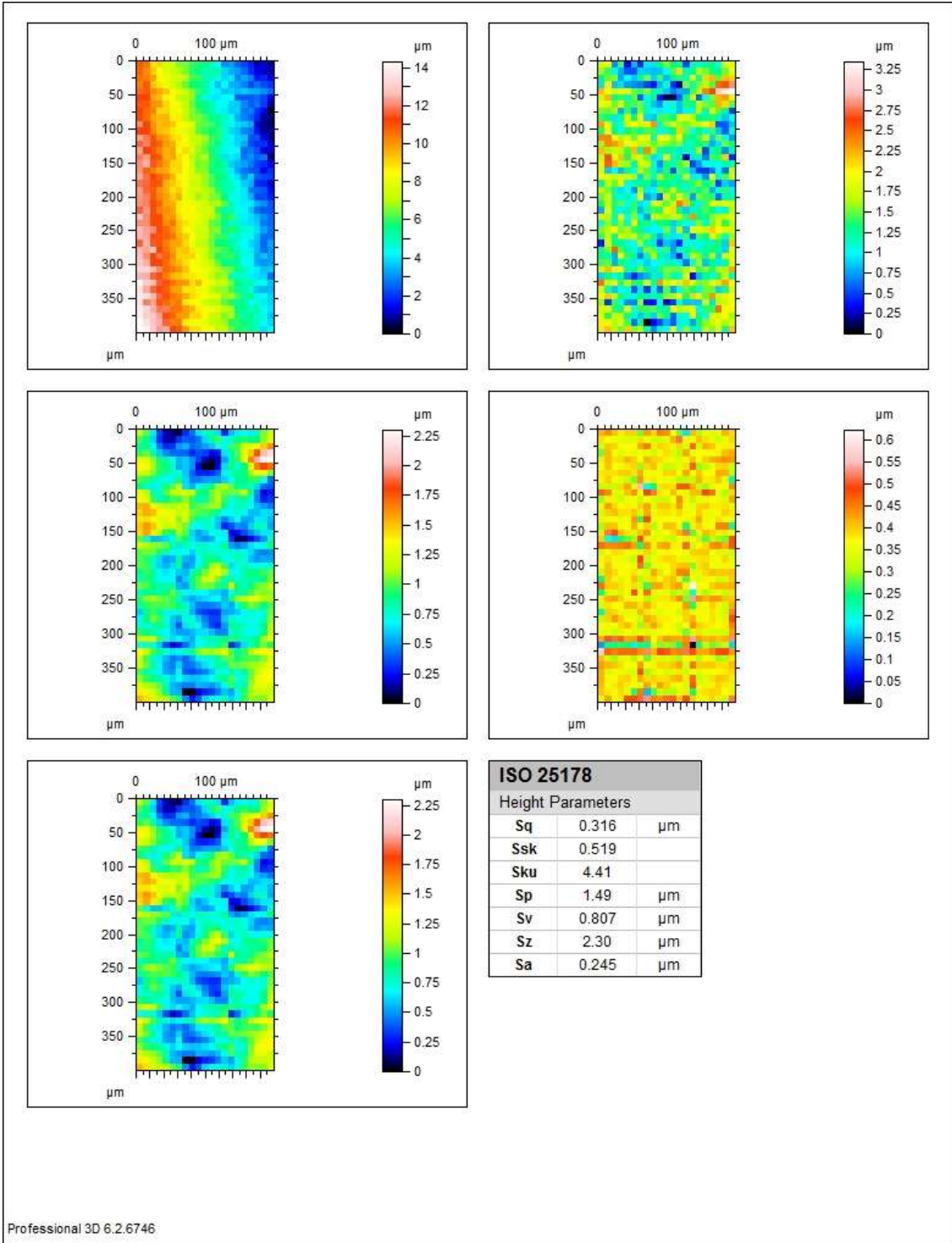


Şekil 4. 30 B1-1 Numunesi İç Yüzey

4.2.3.3 C Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları

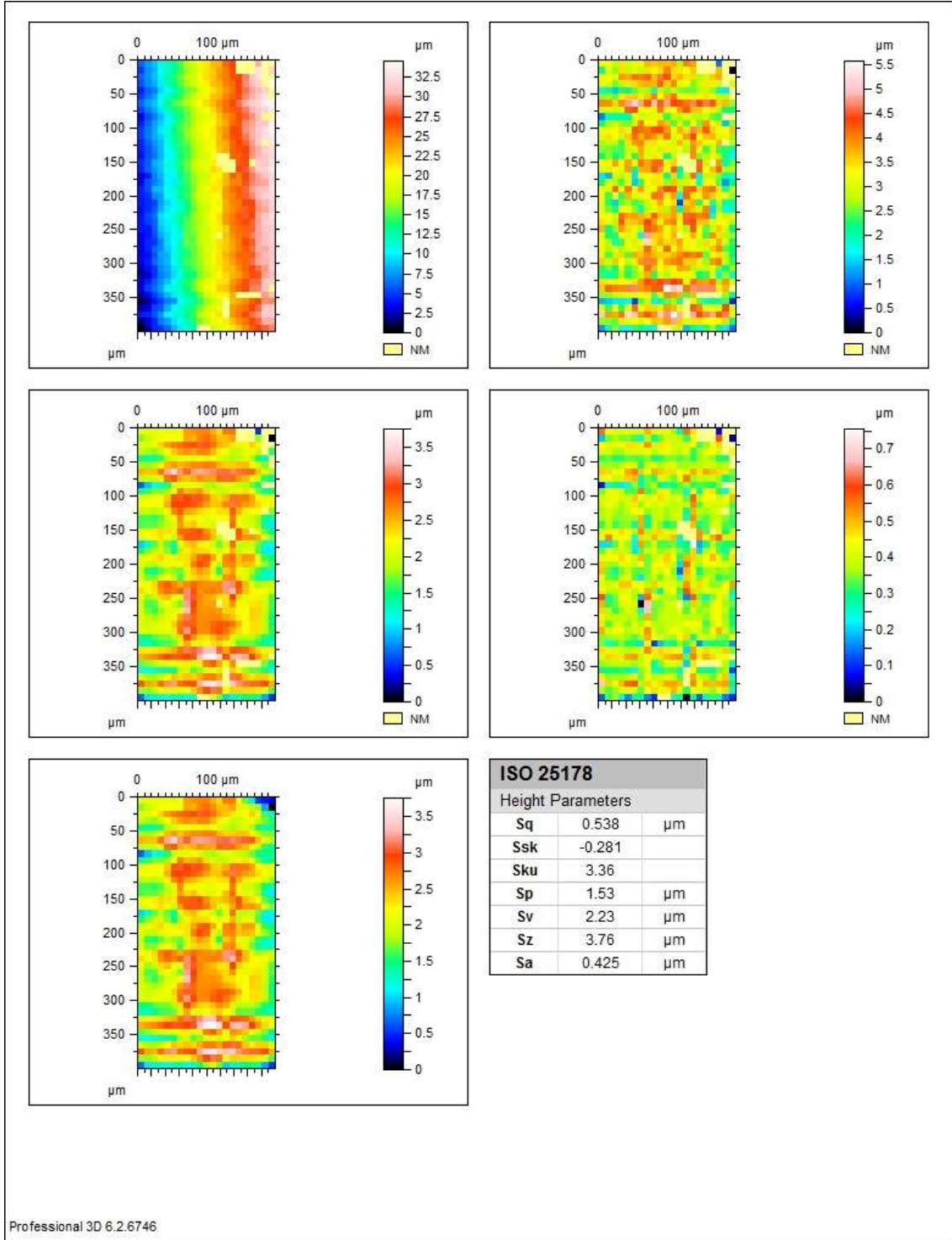


Şekil 4. 31 C1-1 Numunesi Dış Yüzey

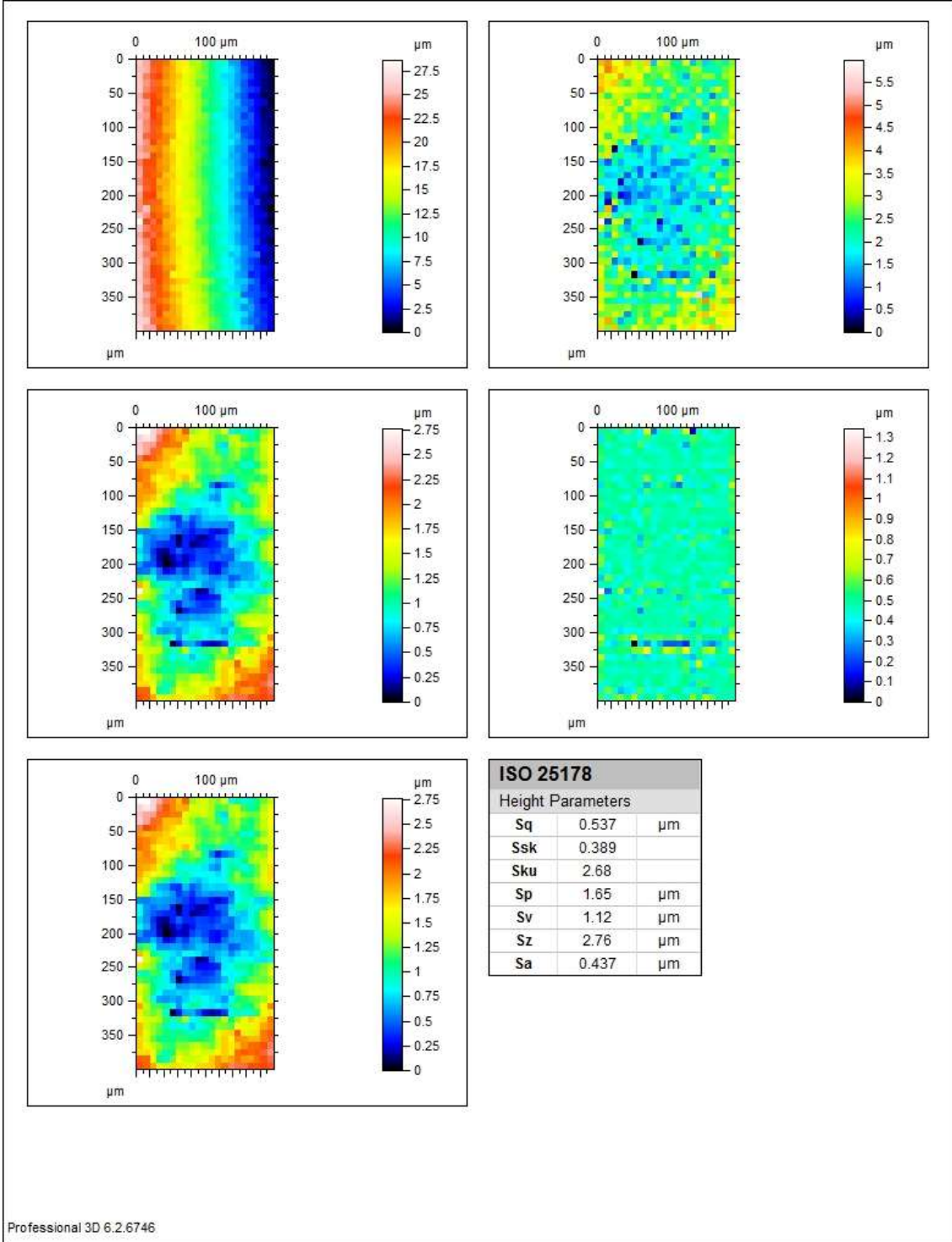


Şekil 4. 32 C1-1 Numunesi İç Yüzey

4.2.3.4 D Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları

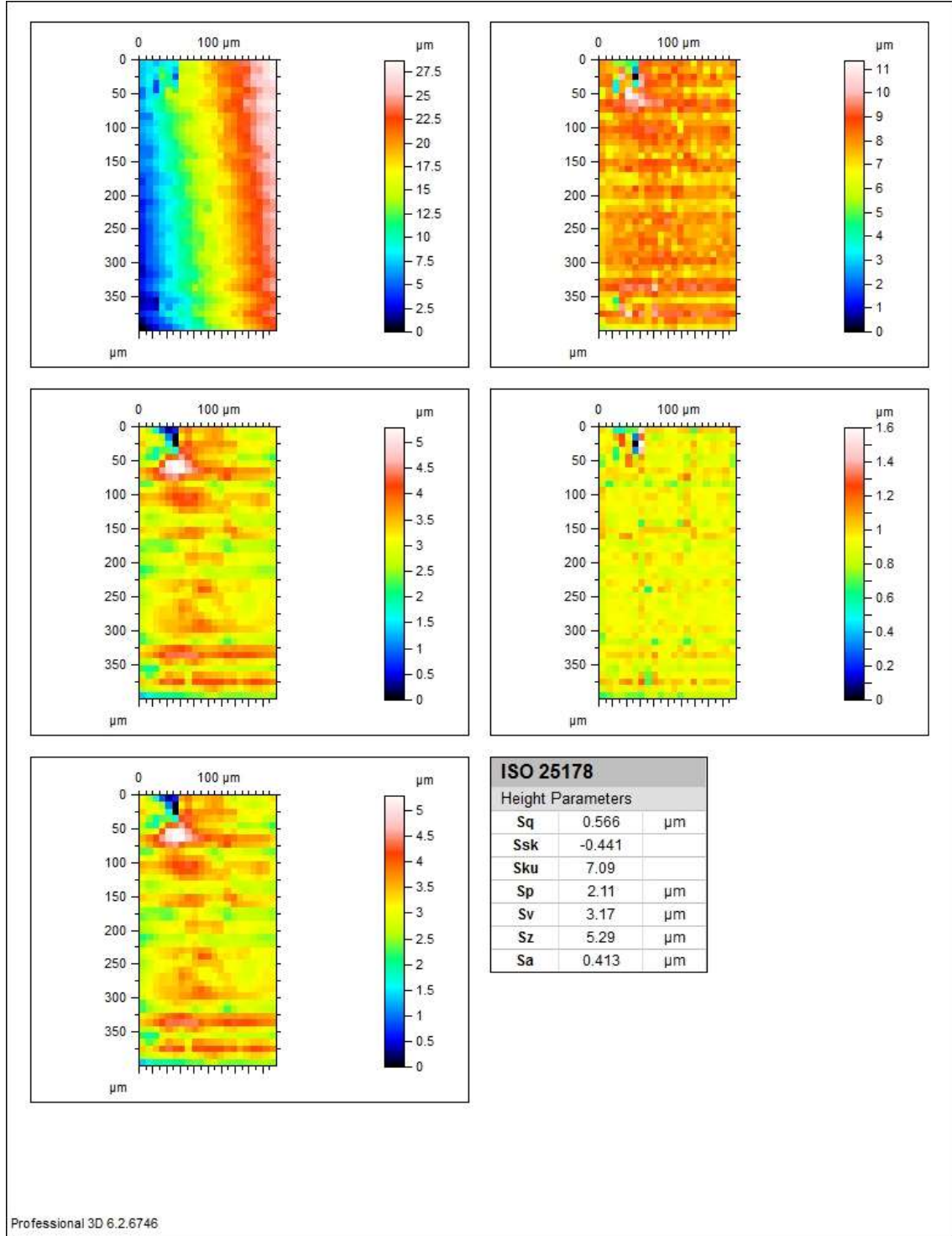


Şekil 4. 33 D1-1 Numunesi Dış Yüzey

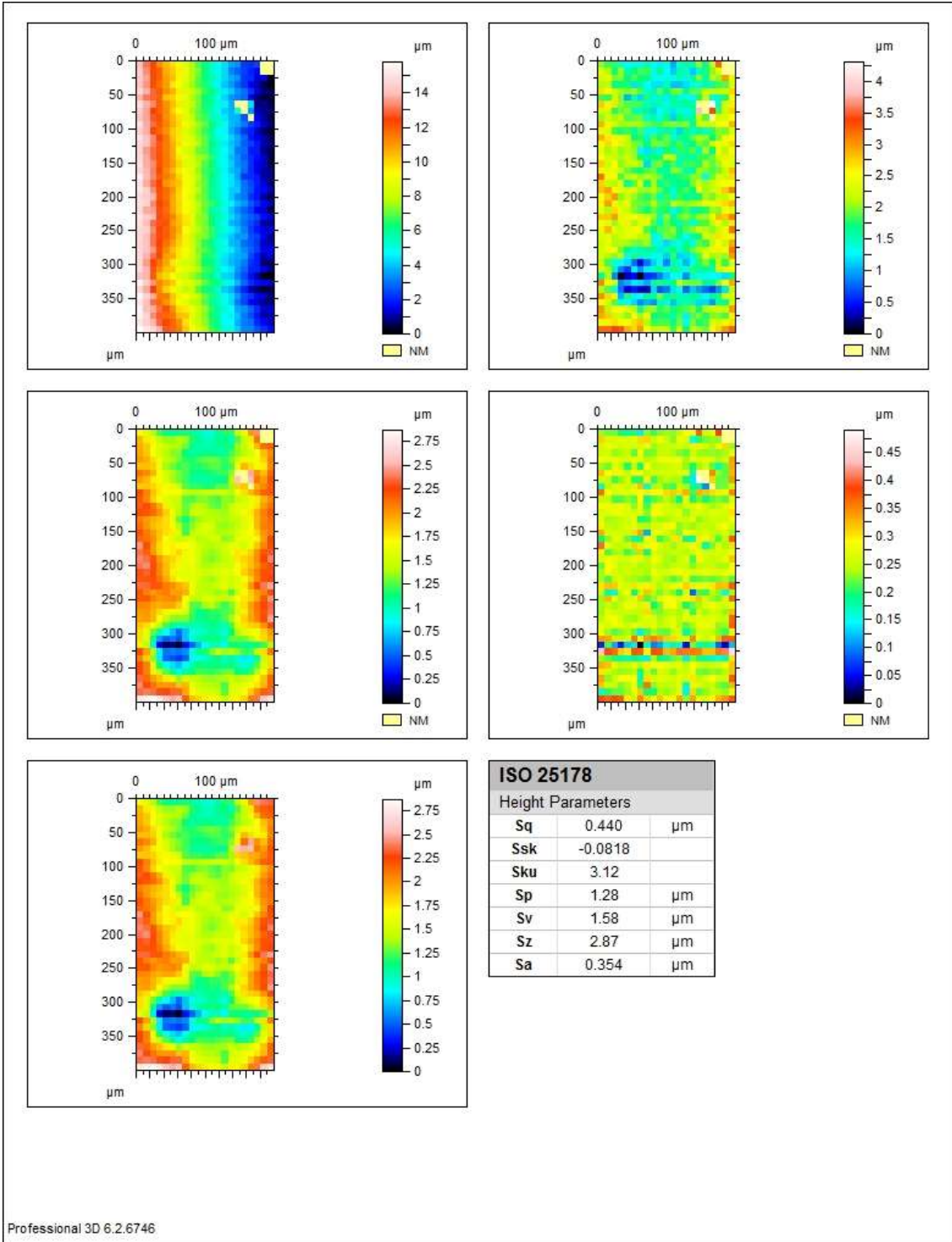


Şekil 4. 34 D1-1 Numunesi İç Yüzey

4.2.3.5 X Numunesi İç ve Dış Pürüzlülük Testi Sonuçları



Şekil 4. 35 X1-1 Numunesi Dış Yüzey

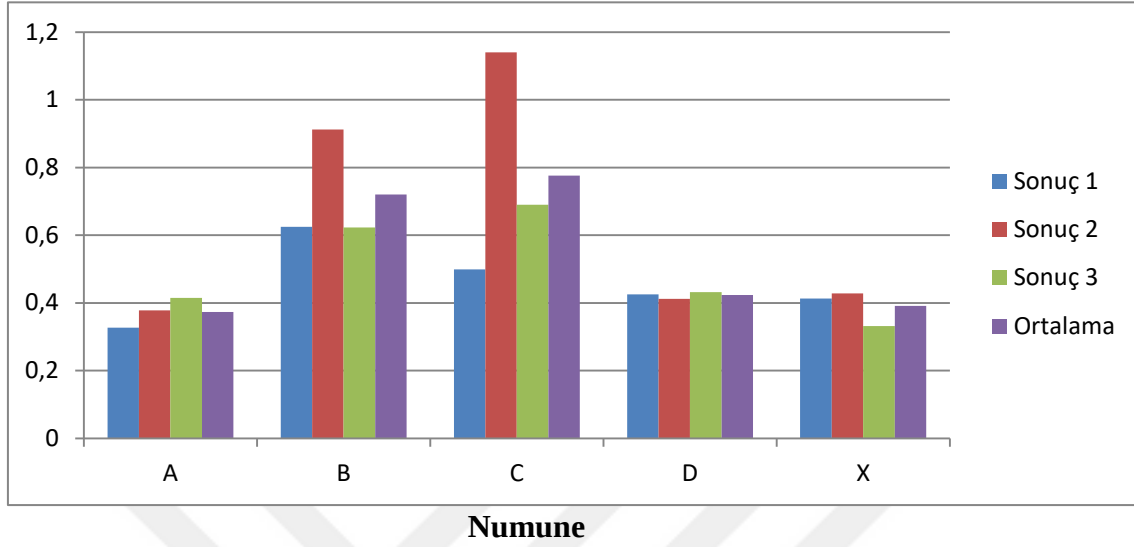


Şekil 4. 36 X1-1 Numunesi İç Yüzey

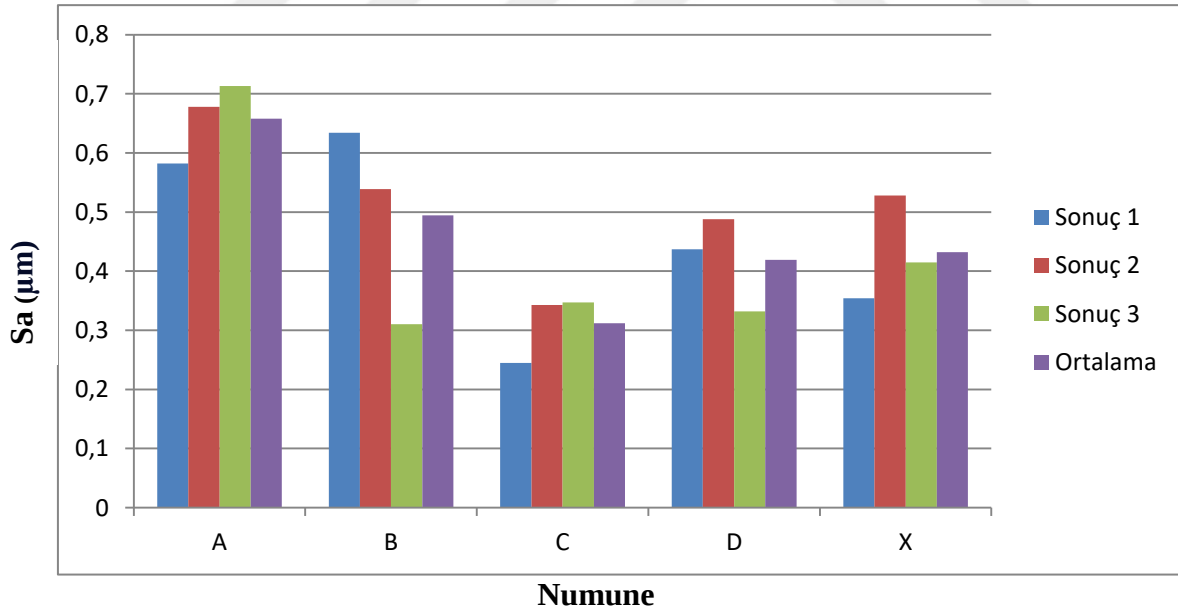
4.2.4 Yüzey Pürüzlülük Testi Sonuçları Yorumlaması

Numunelere uygulanan yüzey pürüzlülük testi kıyaslaması için Sa ortalama değerler

esas alınmıştır. Bu değerler neticesinde dış yüzey pürüzlülük ve iç yüzey pürüzlülük değerleri aşağıdaki grafiğe aktarılmıştır.



Grafik 4. 6 Yüzey Pürüzlülük Testi Dış Yüzey Sonuçları



Grafik 4. 7 Yüzey Pürüzlülük Testi İç Yüzey Sonuçları

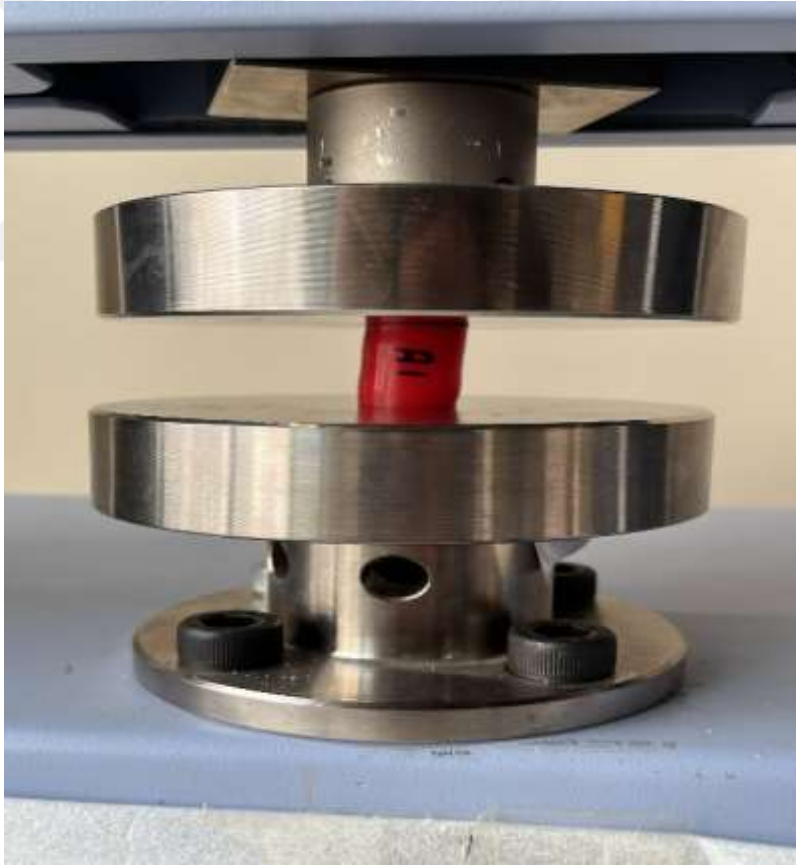
Yapılan testler sonucun da dış yüzey pürüzlülük değerleri A, D ve X boru numunelerinde birbirine yakın ve düşük sonuçlar elde edilmiştir. B ve C numunelerinde yüzey pürüzlülük değerleri ortalamanın çok üzerinde bulunmuştur. Bu sonuçlara paralel olarak, X numunesi ile birlikte A ve D numunelerinin dış yüzey pürüzlülükleri daha düşük ölçülmüştür. Bu da hem oksijenin iç yüzeye iletimini azaltacağı gibi dış etkenlere karşı darbe dayanımını iyileştirebileceği şeklinde yorumlanmıştır. Grafik 4.5’den yola çıkarak, A ve X boru numunelerinin dış yüzeylerindeki pürüzlülüğün az olması basınç dayanım testi sırasında test numunelerinin patlak vermemesine katkıda bulunmuştur. D numunesi dış yüzey pürüzlülüğü A ve X’e göre nispeten daha fazladır. Bu sebeple D numunesi 9 bar basınç altında patlak vermiştir. B ve C boru numunelerinin daha yüksek dış yüzey pürüzlülük değerine sahiptir. Grafik 4.5’de de görüldüğü üzere B ve C numuneleri ancak 8 bar basınçta dayanım sergilemiştir.

İç yüzey pürüzlülük değerlerinin ortalaması esas alındığında C numunesi en pürüzsüz iç yüzeye sahiptir. Bunun nedeni, C tipi borunun iç yüzeyinde oksijen bariyerinin olmasından kaynaklanmaktadır. A, B, D ve X tipi boru numunelerin bu bariyer boru kesitin ortasında olduğundan 0,3 ila 0,6 mikron düzeyinde alansal yüzey pürüzlülüğü tespit edilmiştir. A ve B boru numunelerinin iç yüzeyleri diğer numunelerden daha pürüzlü bir yapıya sahiptir. Basınçlı sıcak su dolaşımının da iç yüzey pürüzlülüğü su da basınç kaybına neden olacaktır ve enerji iletiminde bu istenen bir özellik değildir. Bunun nedeni boru imalatında kullanılan polimer hammaddenin ve/veya boru ekstrüzyonunda kullanılan mandrelin yüzey kalitesi olarak yorumlanabilir.

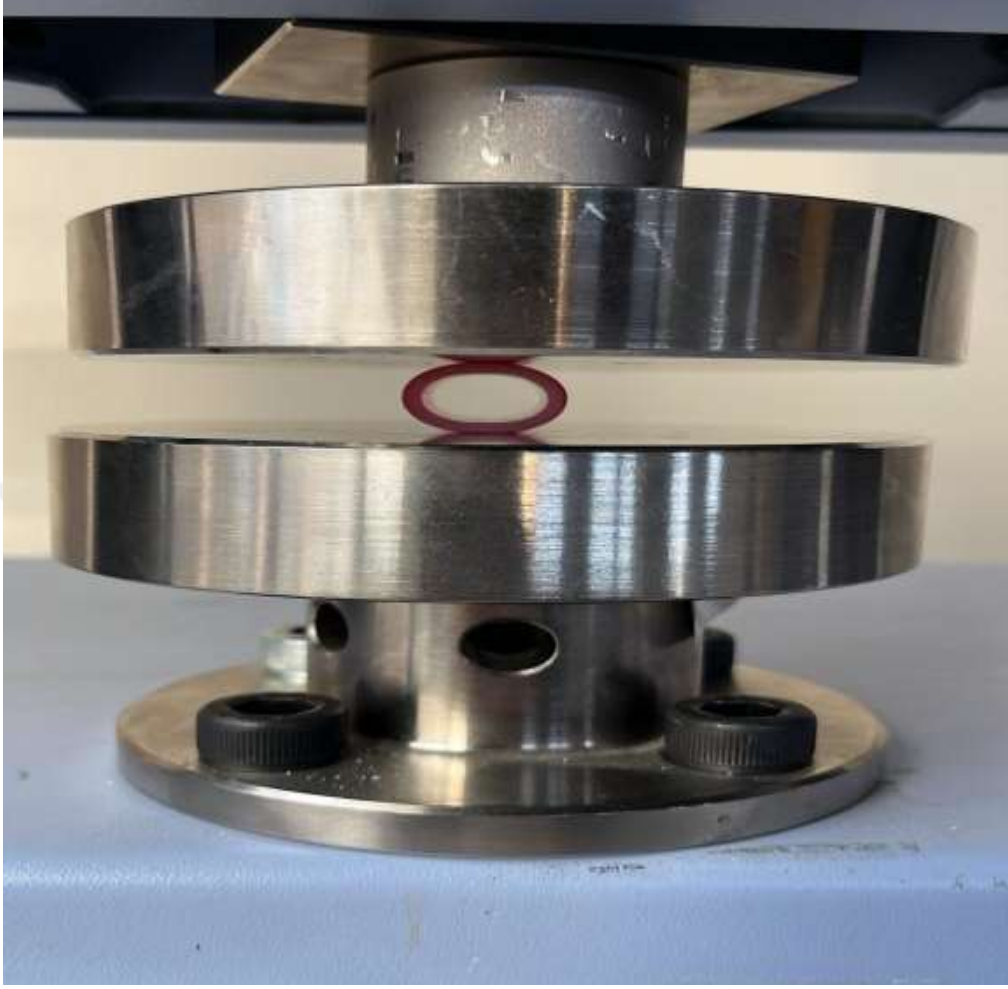
Alansal iç ve dış yüzey pürüzlülüğü sonuçlarına göre, D numunesi ile X numunesi benzer karakteristiğe sahip olduğu söylenebilir. A numunesinin dış yüzeyi ne kadar pürüzsüz dahi olsa iç yüzeyindeki pürüzden dolayı basınç kaybına sebep olabileceği ve sıcak su akışkanının kaba boru iç yüzeyden ilerlerken sürtünme kaynaklı hızının düşmesi suyun soğumasına sebep olması ve dolayısıyla verimli ısıtma için daha fazla enerji sarfiyatının olabileceği yorumlanmıştır. C numunesi için ise tam tersi bir durum söz konusudur. Dış yüzeyinin pürüzlü olması hem dayanımını etkilemiş hem de oksijen bariyer performansını tam sağlayamayacaktır.

4.2.4 Basma Testi

Piyasadaki borularda uygulama kolaylığı ve büküm esnasında kırılmanın önlenmesi için esneklik aranan önemli şartlardan biridir. Bu basma deneyi ile boru numunelerindeki esneklik değerleri birbiri ile karşılaştırma da kolaylık sağlayacaktır. Beş farklı numuneden alınan üçer adet boru parçasına yan ve dik olarak basma kuvveti uygulanmıştır (Şekil 4. 36. ve Şekil 4. 37). Bu deney sonucunda ulaşılan değerler grafiklere aktarılmış ve yorumlamaları yapılmıştır. Basma deneyi uygulanan boru numunelerine uygulanan maksimum kuvvet altında elastiklik değerleri ile maksimum gerilme değerleri üzerinden kıyaslamaya tabi tutulmuştur. Bu kıyaslama için değerlerin ortalama değerleri baz alınmıştır. Yapılan deneyler sonucun da elde edilen değerler aşağıda verilmiştir.



Şekil 4. 37 Dik Basma Deneyi Testi



Şekil 4. 38 Yan Basma Deneyi Testi

4.3 Basma Testi Sonuçları

Anahtar Kelime		Ürün Adı	
Test Dosyası Adı	bekiryalcın28092023_plas tikboru_basma_20230928_ 1217.xtas	Metot Dosya Adı	bekiryalcın28092023_plas tikboru_basma.xmas
Rapor Tarihi	28.09.2023	Test Tarihi	28.09.2023
Test Modu	Tek	Test Tipi	Basma
Hız	1mm/min	Sekil	Boru1
Grup Sayısı:	5	Alt Grup Sayısı:	3

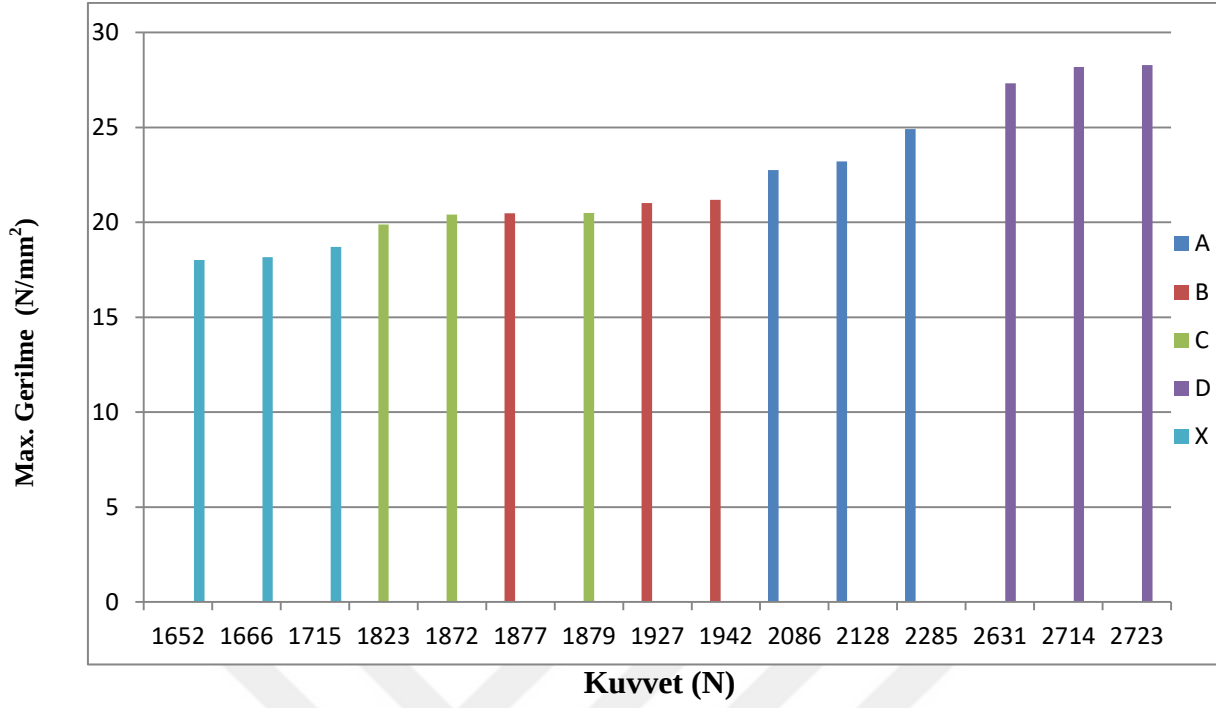
İsim	Elastik	Max_Kuvvet	Max_Uzama	Max_Gerilme
Parametreler	Kuvvet 100 – 150 N	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması
Birim	N/mm2	N	mm	N/mm2
A-DIK_1	206,234	2285,09	5,75980	24,9183
A-DIK_2	156,150	2086,59	4,71500	22,7537
A-DIK_3	159,693	2128,37	4,92037	23,2093
Ortalama	174,026	2166,68	5,13172	23,6271
Standart Sapma	27,9494	104,649	0,55354	1,14118
Aralık	50,0840	198,500	1,04480	2,16460
B-DIK_1	243,435	1942,88	4,38863	21,1866
B-DIK_2	115,493	1877,13	4,55137	20,4697
B-DIK_3	155,448	1927,32	4,08623	21,0169
Ortalama	171,459	1915,78	4,34208	20,8911
Standart Sapma	65,4564	34,3613	0,23604	0,37465
Aralık	127,942	65,7500	0,46514	0,71690
C-DIK_1	176,343	1872,29	5,05917	20,4169
C-DIK_2	168,468	1823,06	5,04937	19,8800
C-DIK_3	153,555	1879,81	5,11917	20,4989
Ortalama	166,122	1858,39	5,07590	20,2653
Standart Sapma	11,5737	30,8240	0,03779	0,33616
Aralık	22,7880	56,7500	0,06980	0,61890
D-DIK_1	191,191	2631,28	5,83233	27,3272
D-DIK_2	264,459	2723,33	5,80100	28,2832
D-DIK_3	201,646	2714,28	5,88383	28,1892
Ortalama	219,099	2689,63	5,83905	27,9332
Standart Sapma	39,6295	50,7348	0,04182	0,52691
Aralık	73,2680	92,0501	0,08283	0,95600
X-DIK_1	122,460	1666,03	4,41430	18,1677
X-DIK_2	96,4771	1652,86	4,98797	18,0240
X-DIK_3	174,478	1715,27	4,74500	18,7047
Ortalama	131,138	1678,05	4,71576	18,2988
Standart Sapma	39,7180	32,8964	0,28795	0,35879
Aralık	78,0009	62,4100	0,57367	0,68070
ToplamOrtalama	172,369	2061,71	5,02090	22,2031
ToplamStandart Sapma	45,0983	366,340	0,57397	3,49152
ToplamAralık	167,982	1070,47	1,79760	10,2592

İsim	Max_Yüzde_Uzama	Max_Zaman	Max_Uzama_Kuvvet	Max_Uzama_Uzama
Parametreler	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması		
Birim	%	sec	N	mm
A-DIK_1	23,0392	345,590	1258,08	12,5001
A-DIK_2	18,8600	282,900	911,185	12,5001
A-DIK_3	19,6815	295,220	488,604	12,5001
Ortalama	20,5269	307,903	885,956	12,5001
Standart Sapma	2,21415	33,2138	385,358	0,00000
Aralık	4,17920	62,6900	769,476	0,00000
B-DIK_1	17,5545	263,320	794,876	12,5001
B-DIK_2	18,2055	273,080	819,618	12,5001
B-DIK_3	16,3449	245,170	134,813	10,8225

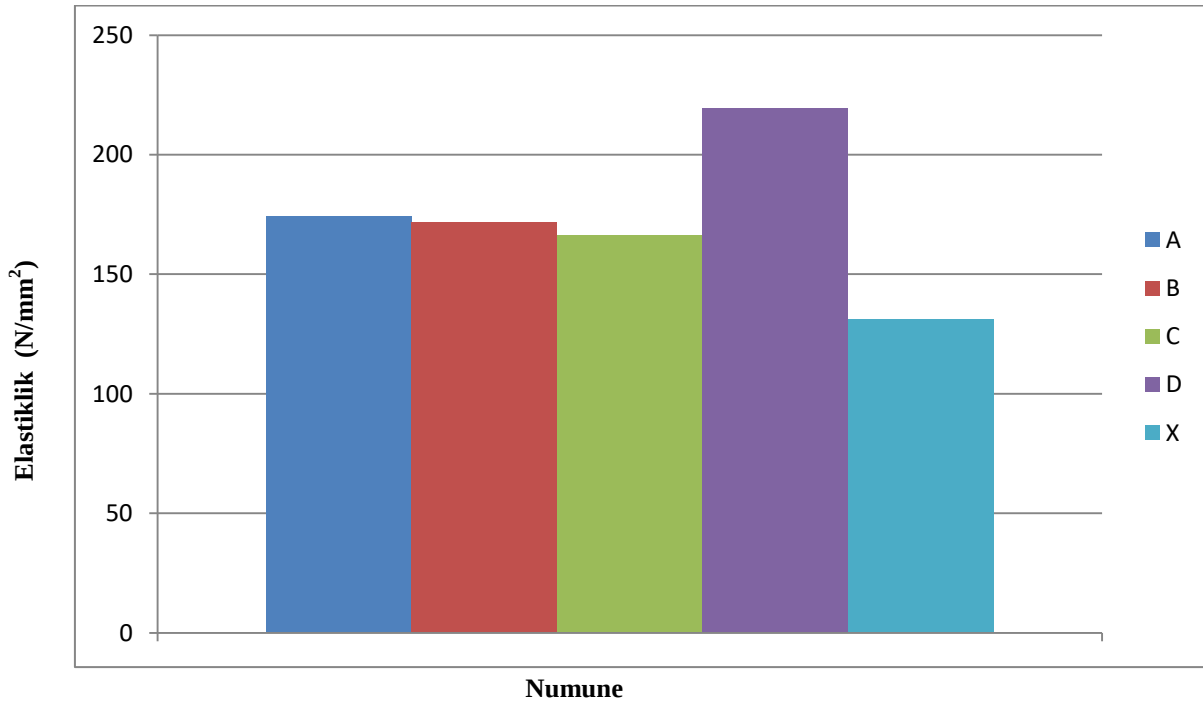
Ortalama	17,3683	260,523	583,102	11,9409
Standart Sapma	0,94417	14,1636	388,427	0,96856
Aralık	1,86060	27,9100	684,805	1,67760
C-DIK_1	20,2367	303,550	112,780	11,9468
C-DIK_2	20,1975	302,960	500,519	12,5001
C-DIK_3	20,4767	307,150	765,987	12,5001
Ortalama	20,3036	304,553	459,762	12,3157
Standart Sapma	0,15116	2,26805	328,505	0,31945
Aralık	0,27920	4,19000	653,207	0,55330
D-DIK_1	23,3293	349,940	990,068	12,5001
D-DIK_2	23,2040	348,060	1481,28	12,5001
D-DIK_3	23,5353	353,030	769,617	12,5001
Ortalama	23,3562	350,343	1080,32	12,5001
Standart Sapma	0,16728	2,50943	364,315	0,00000
Aralık	0,33130	4,97000	711,663	0,00000
X-DIK_1	17,6572	264,860	860,003	12,5001
X-DIK_2	19,9519	299,280	300,751	12,5001
X-DIK_3	18,9800	284,700	661,637	12,5001
Ortalama	18,8630	282,947	607,464	12,5001
Standart Sapma	1,15181	17,2769	283,534	0,00000
Aralık	2,29470	34,4200	559,252	0,00000
ToplamOrtalama	20,0836	301,254	723,321	12,3514
ToplamStandart Sapma	2,29589	34,4388	378,923	0,44631
ToplamAralık	7,19040	107,860	1368,50	1,67760

İsim	Max_Uzama_Gerilme	Max_Uzama_Yüzde	Max_Uzama_Zaman
Parametreler			
Birim	N/mm2	%	sec
A-DIK_1	13,7191	50,0005	750,070
A-DIK_2	9,93625	50,0005	750,060
A-DIK_3	5,32811	50,0004	750,090
Ortalama	9,66115	50,0005	750,073
Standart Sapma	4,20225	0,00006	0,01529
Aralık	8,39099	0,00010	0,03003
B-DIK_1	8,86794	50,0005	750,100
B-DIK_2	8,93774	50,0004	750,050
B-DIK_3	1,47010	43,2900	649,360
Ortalama	6,35859	47,7636	716,503
Standart Sapma	4,23571	3,87428	58,1478
Aralık	7,46764	6,71050	100,740
C-DIK_1	1,22984	47,7871	716,810
C-DIK_2	5,45803	50,0005	750,070
C-DIK_3	8,35290	50,0005	750,060
Ortalama	5,01359	49,2627	738,980
Standart Sapma	3,58227	1,27791	19,1998
Aralık	7,12306	2,21340	33,2600
D-DIK_1	10,2824	50,0005	750,100
D-DIK_2	15,3838	50,0005	750,100
D-DIK_3	7,99288	50,0005	750,050
Ortalama	11,2197	50,0005	750,083
Standart Sapma	3,78356	0,00000	0,02886
Aralık	7,39092	0,00000	0,04999
X-DIK_1	9,37812	50,0004	750,070
X-DIK_2	3,27961	50,0005	750,060
X-DIK_3	7,21499	50,0005	750,100
Ortalama	6,62424	50,0005	750,077
Standart Sapma	3,09188	0,00006	0,02080
Aralık	6,09851	0,00010	0,03998
ToplamOrtalama	7,77545	49,4056	741,143
ToplamStandart Sapma	3,99780	1,78527	26,7975
ToplamAralık	14,1540	6,71050	100,740

Şekil 4. 39 Dik Basma Deneyi Testi Sonuçları



Grafik 4. 8 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Maksimum Gerilme Sonuçları



Grafik 4. 9 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Elastiklik Sonuçları

Boru numuneleri dikey konumlandırılarak uygulanan basma deneyi neticesinde çıkan sonuçlar ve grafik karşılaştırmaları hazırlanmıştır. Yapılan bu işlem de boru numunesi uygulanan kuvvetlerin borular üzerindeki davranışları incelenmiştir. Bu sonuçlara göre maksimum gerilmeye ulaşılabilmesi için en yüksek kuvvet D numunesine uygulanmıştır. X numunesine ise en az kuvvet uygulanarak maksimum gerilme değerine gelmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda 100-150 N arasında her numuneye uygulanan kuvvet sonucun da en sert numunenin D numunesi olduğu, X numunesinin de en yumuşak olan numune olabileceği anlaşılmıştır.



Anahtar Kelime		Ürün Adı	
Test Dosyası Adı	bekiryalcın28092023_plas tikboru_basmaYAN_20230 928_1722.xtas	Metot Dosya Adı	bekiryalcın28092023_plas tikboru_basmaYAN.xmas
Rapor Tarihi	28.09.2023	Test Tarihi	28.09.2023
Test Modu	Tek	Test Tipi	Basma
Hız	1mm/min	Sekil	Boru1
Grup Sayısı:	5	Alt Grup Sayısı:	3

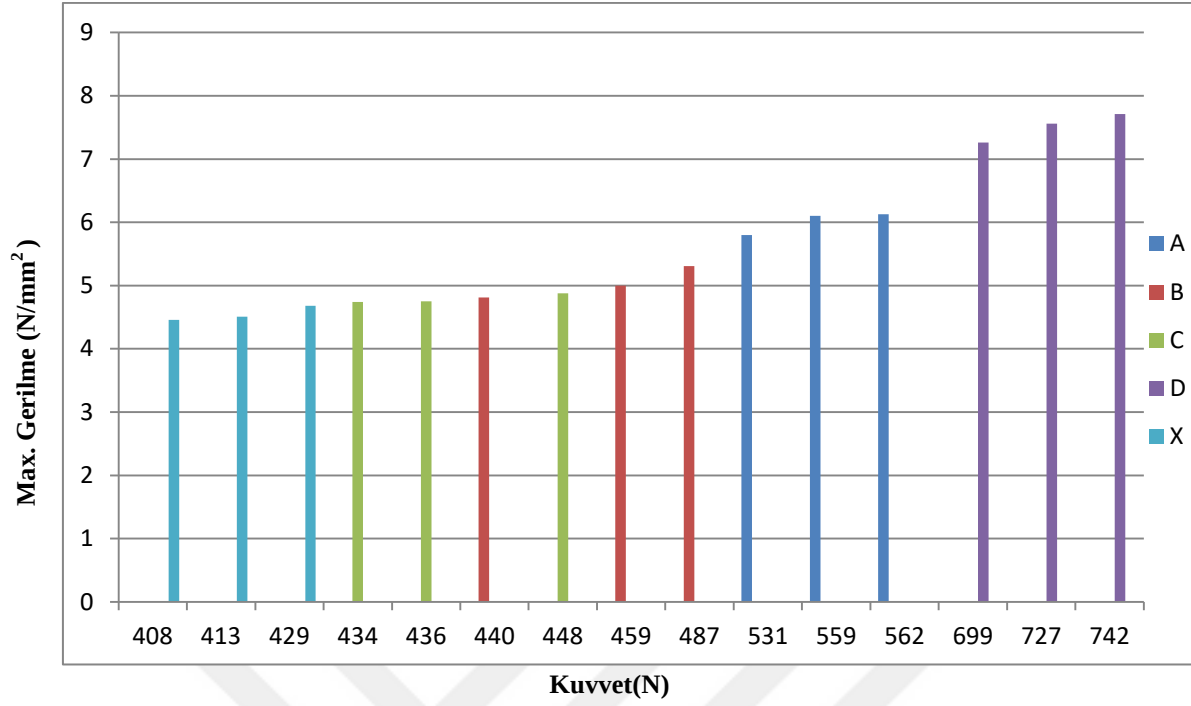
İsim	Elastik	Max_Kuvvet	Max_Uzama	Max_Gerilme
Parametreler	Kuvvet 30 – 50 N	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması
Birim	N/mm2	N	mm	N/mm2
A-YAN_1	40,4111	558,941	8,00010	6,09511
A-YAN_2	46,2517	562,286	8,00010	6,13160
A-YAN_3	39,8285	531,847	8,00010	5,79966
Ortalama	42,1638	551,025	8,00010	6,00879
Standart Sapma	3,55222	16,6924	0,00000	0,18203
Aralık	6,42320	30,4390	0,00000	0,33194
B-YAN_1	30,7574	459,334	8,00010	5,00893
B-YAN_2	27,1128	440,925	8,00007	4,80818
B-YAN_3	28,0545	487,099	8,00007	5,31169
Ortalama	28,6416	462,453	8,00008	5,04293
Standart Sapma	1,89189	23,2445	0,00002	0,25347
Aralık	3,64460	46,1740	0,00003	0,50351
C-YAN_1	30,9540	448,189	8,00007	4,88739
C-YAN_2	29,9779	434,621	8,00003	4,73944
C-YAN_3	30,0708	436,171	8,00010	4,75634
Ortalama	30,3342	439,660	8,00007	4,79439
Standart Sapma	0,53874	7,42659	0,00004	0,08098
Aralık	0,97610	13,5680	0,00007	0,14795
D-YAN_1	55,0935	699,762	8,00007	7,26739
D-YAN_2	57,6193	742,866	8,00003	7,71506
D-YAN_3	56,9713	727,959	8,00010	7,56023
Ortalama	56,5614	723,529	8,00007	7,51423
Standart Sapma	1,31185	21,8908	0,00004	0,22735
Aralık	2,52580	43,1040	0,00007	0,44767
X-YAN_1	21,2108	413,737	8,00013	4,51171
X-YAN_2	21,5302	429,080	8,00010	4,67902
X-YAN_3	21,7660	408,958	8,00007	4,45959
Ortalama	21,5023	417,258	8,00010	4,55011
Standart Sapma	0,27865	10,5130	0,00003	0,11464
Aralık	0,55520	20,1220	0,00006	0,21943
ToplamOrtalama	35,8407	518,785	8,00008	5,58209
ToplamStandart Sapma	12,8390	116,812	0,00003	1,13426
ToplamAralık	36,4085	333,908	0,00010	3,25547

İsim	Max_Yüzde Uzama	Max_Zaman	Max_Uzama_Kuvvet	Max_Uzama_Uzama
Parametreler	Tüm Alan Hesaplaması	Tüm Alan Hesaplaması		
Birim	%	sec	N	mm
A-YAN_1	50,0006	480,030	558,494	8,00013
A-YAN_2	50,0006	480,030	562,159	8,00013
A-YAN_3	50,0006	480,030	531,481	8,00013
Ortalama	50,0006	480,030	550,711	8,00013
Standart Sapma	0,00000	0,00000	16,7545	0,00000
Aralık	0,00000	0,00000	30,6780	0,00000
B-YAN_1	50,0006	480,030	459,202	8,00010
B-YAN_2	50,0004	480,030	440,534	8,00010
B-YAN_3	50,0004	480,020	486,999	8,00013

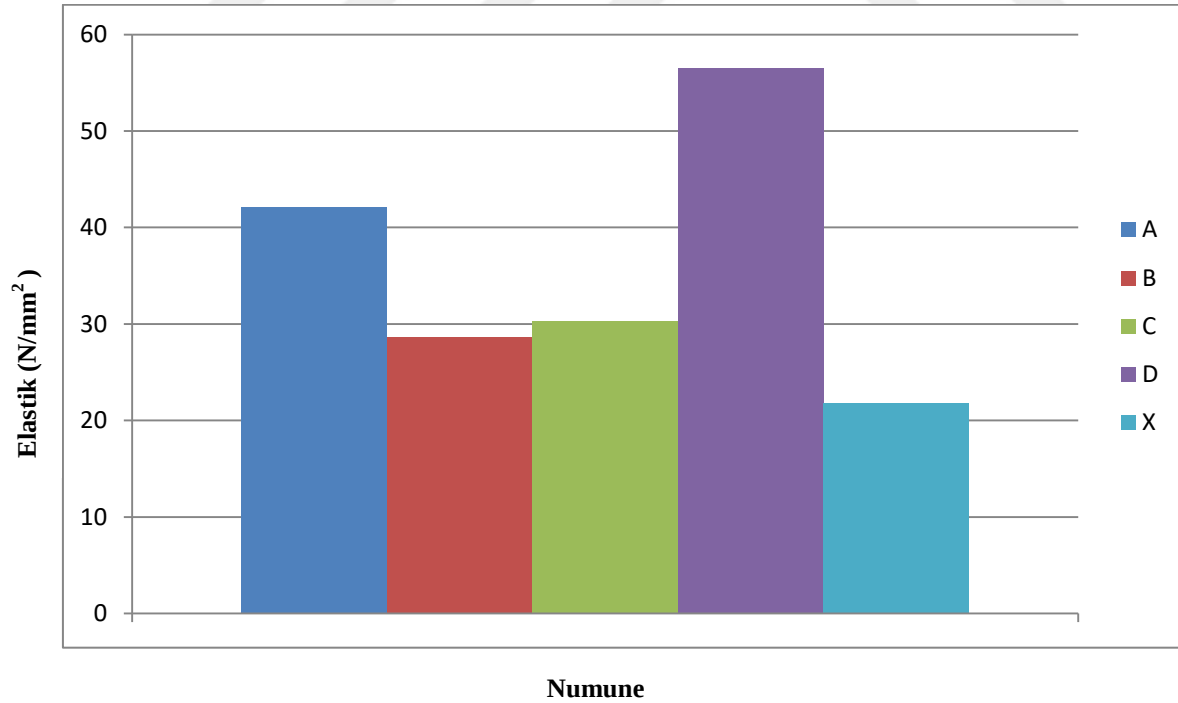
Ortalama	50,0005	480,027	462,245	8,00011
Standart Sapma	0,00011	0,00578	23,3815	0,00002
Aralık	0,00020	0,01001	46,4650	0,00003
C-YAN_1	50,0004	480,020	447,920	8,00010
C-YAN_2	50,0002	480,020	434,491	8,00010
C-YAN_3	50,0006	480,030	435,818	8,00013
Ortalama	50,0004	480,023	439,410	8,00011
Standart Sapma	0,00020	0,00578	7,39998	0,00002
Aralık	0,00040	0,01001	13,4290	0,00003
D-YAN_1	50,0004	480,030	698,999	8,00013
D-YAN_2	50,0002	480,010	742,367	8,00013
D-YAN_3	50,0006	480,030	727,832	8,00013
Ortalama	50,0004	480,023	723,066	8,00013
Standart Sapma	0,00020	0,01154	22,0733	0,00000
Aralık	0,00040	0,01999	43,3680	0,00000
X-YAN_1	50,0008	480,050	413,710	8,00017
X-YAN_2	50,0006	480,020	428,896	8,00013
X-YAN_3	50,0004	480,020	408,618	8,00010
Ortalama	50,0006	480,030	417,075	8,00013
Standart Sapma	0,00020	0,01732	10,5494	0,00003
Aralık	0,00040	0,03000	20,2780	0,00007
ToplamOrtalama	50,0005	480,027	518,501	8,00012
ToplamStandart Sapma	0,00017	0,00900	116,722	0,00002
ToplamAralık	0,00060	0,03998	333,749	0,00007

İsim	Max_Uzama_Gerilme	Max_Uzama_Yüzde_Uzama	Max_Uzama_Zaman
Parametreler			
Birim	N/mm2	%	sec
A-YAN_1	6,09024	50,0008	480,090
A-YAN_2	6,13021	50,0008	480,060
A-YAN_3	5,79567	50,0008	480,080
Ortalama	6,00537	50,0008	480,077
Standart Sapma	0,18270	0,00000	0,01527
Aralık	0,33454	0,00000	0,03000
B-YAN_1	5,00749	50,0006	480,060
B-YAN_2	4,80392	50,0006	480,090
B-YAN_3	5,31060	50,0008	480,060
Ortalama	5,04067	50,0007	480,070
Standart Sapma	0,25496	0,00012	0,01732
Aralık	0,50668	0,00020	0,03000
C-YAN_1	4,88446	50,0006	480,080
C-YAN_2	4,73802	50,0006	480,060
C-YAN_3	4,75249	50,0008	480,090
Ortalama	4,79166	50,0007	480,077
Standart Sapma	0,08070	0,00012	0,01527
Aralık	0,14644	0,00020	0,03000
D-YAN_1	7,25947	50,0008	480,110
D-YAN_2	7,70987	50,0008	480,090
D-YAN_3	7,55891	50,0008	480,060
Ortalama	7,50942	50,0008	480,087
Standart Sapma	0,22924	0,00000	0,02516
Aralık	0,45040	0,00000	0,04999
X-YAN_1	4,51141	50,0010	480,060
X-YAN_2	4,67701	50,0008	480,070
X-YAN_3	4,45588	50,0006	480,090
Ortalama	4,54810	50,0008	480,073
Standart Sapma	0,11504	0,00020	0,01527
Aralık	0,22113	0,00040	0,03000
ToplamOrtalama	5,57904	50,0007	480,077
ToplamStandart Sapma	1,13338	0,00012	0,01633
ToplamAralık	3,25399	0,00040	0,04999

Şekil 4. 40 Yan Basma Deneyi Testi Sonuçları



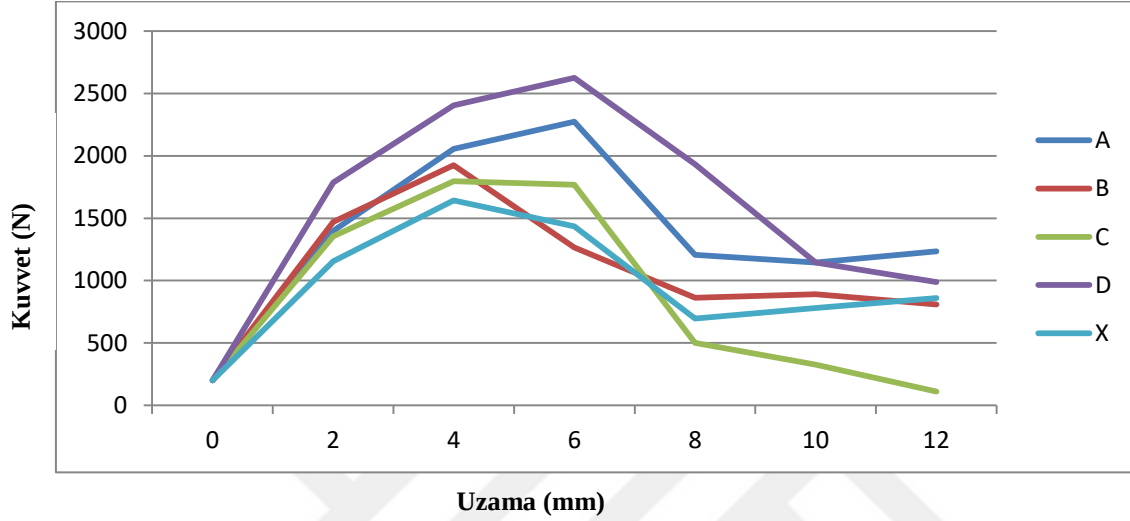
Grafik 4. 10 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Maksimum Gerilme Sonuçları



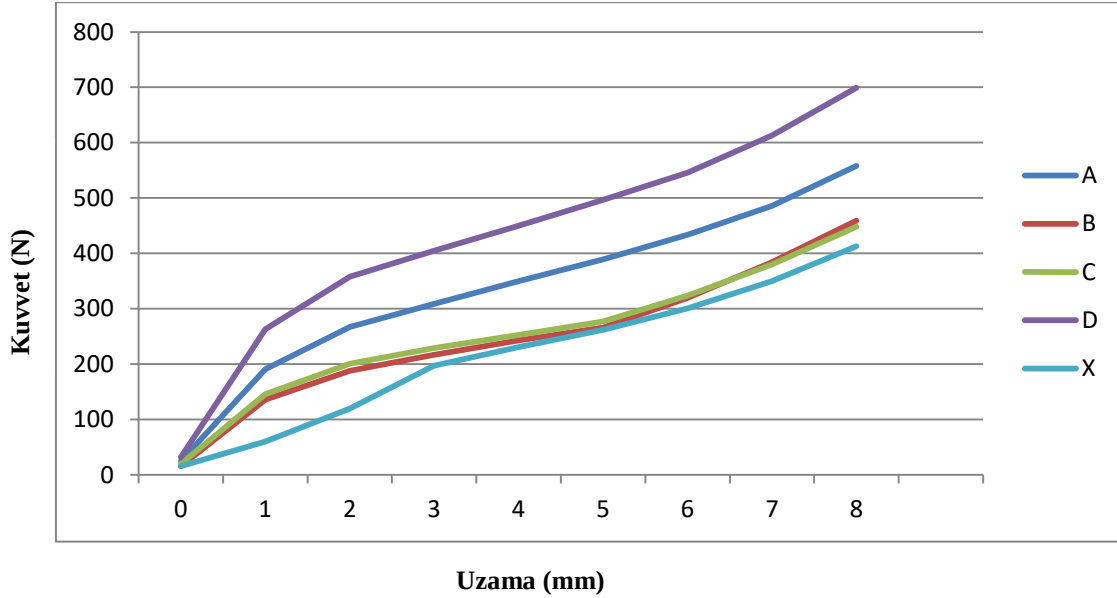
Grafik 4. 11 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Elastiklik Sonuçları

Boru numunelerine yatay olarak uygulanan basma testi sonuçları ve grafik karşılaştırmaları yukarda verilmiştir. Bu sonuçlar neticesinde numuneler arasındaki esneklik değerleri kıyaslanabilmektedir.

4.3.1 Yan ve Dik Basma Testi Uzama Sonuçları



Grafik 4. 12 Dik Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Uzama



Grafik 4. 13 Yan Basma Testi Uygulanan Kuvvet ve Uzama Sonuçları

Boru numuneleri, aynı süreler de aynı uzama değerlerine ulaşmak için farklı boyutlarda kuvvetler uygulanmıştır. Örneğin B numunesine yatay da 3 mm uzama için 180 sn sonra da 220 N bir kuvvet uygulanarak ulaşmak istenen uzamaya ulaşılmıştır. Grafik 4. 12. ve Grafik 4. 13.'de verilen sonuçlar göz önüne alındığında da D numunesi en sert numune olmuştur. X numunesi de en yumuşak numune olarak değerlendirilmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu yüksek lisans tezinde, mesken ısıtma sisteminde kullanılan plastik boruların değişik ekstrüzyon imalat parametreleri göz önüne alınarak, kullanılabilirlik, makro, mikro ve dayanım bakımından deneysel olarak araştırılmıştır. Bu bağlamda, XP 9000 polietilen (PE), XP 9020 PE, geri dönüştürülmüş PE, XP9020 ile geri dönüştürülmüş PE karışımından oluşan dört farklı granül polimer malzeme ile dört farklı ekstrüzyon sıcaklığı (°C) ile (180°C, 200 °C, 220 °C, 245 °C) ve dört farklı ekstrüzyon hızı (d/d) ile (35 d/d, 38 d/d, 42 d/d ve 46 d/d) ve dört ekstrüzyon çekme hızı (m/d) ile (14 m/d, 15 m/d, 16 m/d ve 17 m/d) L16 Taguchi deney tasarımına 16 adet boru numunesi imal edilmiştir. Bu numunelerden sadece 9 numunede somut boru elde edilebilmiştir. Üretilen boru numuneleri ve belirlenen ticarileşmiş dört adet polimer yerden ısıtma borusuna bazı test ve ölçümler uygulanmış ve aşağıda sıralanan bulgular ve öneriler elde edilmiştir.

En çok karşılaşılan sorun sistemden çıkan ham madde miktarının palet çekim hızı ile orantılı olarak belirlenememesi dikkat çekmiştir. Elde edilmeye çalışılan çoğu boru numunesi ekstrüzyon makinesinin soğutma kalıbına ya sığmamış ya da şekil almamıştır. Şekil verme işlemi başarılı olan numuneler standart çapları karşılayamamış, esneklik ve yüzey pürüzlülüğü şartlarını yerine getirememiştir. Üretimi yapılması hedeflenen boru numunesinin imalatında ham madde karışım oranlarının en belirleyici özellik olduğu ve bu oranın mutlak sağlanması sonucuna ulaşılmıştır.

Deneyler sonucunda, 5. ekstrüzyon koşulu 180 °C sıcaklığı, 38 d/dak helezon hızı, 16 m/dak palet çekme hızı ile yapılan boru ekstrüzyonla imal edilen yerden ısıtma boru numunesi, belirlenen kıvrıma, esneklik gibi makro deneyler, boyutsal ölçüm, basınç ve basma testleri, yüzey pürüzlülüğü gibi bilimsel testlerden elde edilen veriler doğrultusunda mevcut ticarileşmiş markaların özelliklerine yakın olabileceği yorumlanmıştır.

Sıcaklık testinde numunelere aynı ortamlarda 40 °C sıcaklıktan başlayarak 90 °C sıcaklığa kadar aynı süre içerisinde sıcak su verilmiştir. Numunelerdeki basınç değişimleri not edilmiş ve kıyaslama yapılmıştır. Numunelerin hepsi sıcaklık

değişimine karşı başarı göstermiş ve bir patlama veya kalıcı şekil değişime uğramamışlardır.

Basınç testinde, numunelere bir kompresör yardımı ile 3 bar basınçtan başlanarak 9 bar basınca kadar hava basılmıştır. B ve C numuneleri 8 bar basınç altında, D numunesi de 9 bar basınçta altında patlak vermiştir. A ve X numunelerinde 9 bar basınç altında herhangi bir çatlama veya patlama gözlemlenmemiştir.

Numunelere uygulanan yüzey pürüzlülük testi hem iç hem dış yüzey olarak yapılmış ve sonuçlar kıyaslanmıştır. Her numuneden 2 cm olacak şekilde 6 adet parça kesilmiştir. Bu parçaların 3 tanesinin iç, 3 tanesinin de dış yüzeyi pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Dış yüzey pürüzlülük değerleri A, D ve X boru numuneleri ortalama S_a değeri olan 0,4 mikron ortalamasına yakın sonuçlar elde edilmiştir. B ve C numunelerinde dış yüzey pürüzlülük ortalama değerleri 0,7 mikron değerinde bulunmuştur. Bu sonuçlara paralel olarak, X numunesi ile birlikte A ve D numunelerinin dış yüzey pürüzlülükleri daha düşük ölçülmüştür.

İç yüzey pürüzlülük değerlerinin 0,4 mikron ortalaması esas alındığında C numunesi en pürüzsüz iç yüzeye sahiptir. Bunun nedeni, ticari C tipi borunun iç yüzeyinde oksijen bariyerinin bulunmasındandır. A, B, D ve X tipi boru numunelerin bu bariyer boru kesitin ortasında olduğundan 0,3 ila 0,6 mikron düzeyinde alansal yüzey pürüzlülüğü tespit edilmiştir. A ve B boru numunelerinin iç yüzeyleri diğer numunelerden daha pürüzlü bir yapıya sahiptir.

Dik basma testi için numunelere 1 mm/dk hız da 30-50 N aralığında uygulanan kuvvet neticesinde elastiklik X numunesi için 130 N/mm², B numunesi için 170 N/mm², C numunesi için 160 N/mm², A numunesi için 175 N/mm² ve D numunesi için 220 N/mm², ölçülmüştür. Kısalma değerleri göz önüne alındığında 2 mm uzamaya X numunesi 1200 N, C numunesi 1400 N, A numunesi 1450 N, B numunesi 1490 N, D numunesi 1800 N kuvvette ulaşmıştır. Yan basma testinde numunelere 1 mm/dk hız da 30-50 N aralığında uygulanan kuvvet neticesinde elastiklik X numunesi için 22 N/mm², B numunesi için 28 N/mm², C numunesi için 30 N/mm², A numunesi için 42 N/mm² ve D numunesi için 57 N/mm² değerler ölçülmüştür. Uzama değerleri için 1 mm uzamaya X numunesi 50 N, C numunesi 125 N, A numunesi 190 N, B numunesi 120 N, D

numunesi 280 N kuvvette ulaşmıştır. Bu sonuçlara göre uzama değerleri ve elastiklik değerleri baz alınarak en yumuşak X numunesi, en sert de D numunesi olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre tez çalışmasında elde edilen X boru numunesinin, A, B, C, D, ticari boru numuneleriyle benzeştiği ancak daha fazla testler ile desteklenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



6. KAYNAKLAR

- Altun A, ve Döner A, 2020, HDPE Polimer Boru Üretiminde Farklı Ekstrüzyon Parametrelerinin Boru Özellikleri Üzerine Etkisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 153-164.
- Apparao K, Anil Kumar B, 2017, Optimization of Die Casting Process Based on Taguchi Approach. Materials Today Proceedings, 1852 - 1859.
- Aydın A, 2017, Polimer Kompozit Boruların Üretiminde Ekstrüzyon Parametrelerinin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Hüseyin A, Polimerler, Özellikleri ve Uygulamaları, Osmangazi Üniversitesi, Ders Kitabı, Eskişehir.
- Ahmet A, 2014, Polimer Boru Üretiminde Ekstrüzyon Parametrelerinin Optimizasyonu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi.
- Önder A, 2019, Kalıp parametrelerinin ekstrüzyon kuvveti üzerine etkisinin Taguchi yöntemiyle optimizasyonu, DÜMF Mühendislik Dergisi, 633 - 640.
- Engin B, Osman B, 2018, Farklı Polimer Malzemelerle Üretilen Boruların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 134-140.
- Hüseyin B, 2008, Ekstrüzyon Yönteminde Sıcaklık, Ekstrüzyon Hızı ve Sürtünme Parametrelerinin Profil Kalitesine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sedat B, 2016, Kalıp Girişinin Ekstrüzyon Edilebilirlik Üzerindeki Etkisi, Dicle Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 159-167.
- Hao C, Guoqun Z, Cunsheng Z, Yanjin G, Hui L, Funjun K, 2011, Numerical Simulation of Extrusion Process and Die Structure Optimization for a Complex Aluminum Multicavity Wallboard of High-Speed Train, Materials and Manufacturing Processes, 1530-1538.
- Onur Ç, 2011, Polimer Matrisli Kompozitlerde Partikül Takviyesinin Malzeme İç Yapısına, Mekanik ve Tribolojik Özelliklere Etkisi, Doktora Tezi, Kocaeli

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Demir E, ve Ahmet Ö, 2018, Polimer Boru Üretiminde Farklı Yüzey İşlem Tekniklerinin Boru Kalitesine Etkisi. Anadolu Bilim Üniversitesi ve Teknoloji Dergisi, 119-129.
- Doğan B, ve Ali K, 2019. Polimer Boru Üretiminde Farklı Soğutma Şekillerinin Boru Özellikleri Üzerine Etkisi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, 1829-1839.
- Doğan M, Ahmet A, Mustafa K, Celil K, 2015, A comparative study on the effect of pressure, temperature and time on the crystallization behavior of high-density polyethylene pipes, Polymer Testing, 141-148.
- Feldmann M, Johannes F, 2016, Injection Molding of Bio-Based Plastics, polymers, and Composites, Specialized Injection Molding Techniques, 211-237.
- Ümit G, 2001, Termoplastiklerin Ekstrüzyonunda Kalıp Yüzey Pürüzlülüğünün Akış Hızı ve Basınç Düşümüne Etkisi, Namık Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Günay D, 2002, Sanayi ve Sanayi Tarihi, Mimar ve Mühendis Dergisi, 8-14.
- İsmail G, Emre K, 2018, Polimer Boru Üretiminde Farklı Ekstrüzyon Parametrelerinin Boru Performansına Etkisi, Polimerler ve Kompozitler Dergisi, 63-70.
- Levent G, 2017, Polimer Malzemelerin Ekstrüzyon İşlemiyle Üretimi ve Karakterizasyonu, Gazi Üniversitesi.
- Alper K, 2010, Karşıt Ekstrüzyon İşleminin Al Esaslı Seramik Takviyeli Kompozitlerde Mekanik Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Anıl K, ve Fahri K, 2020, Polimer Boru Üretiminde Farklı Karıştırma Oranlarının Boru Kalitesine Etkisi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 103-123.
- Can N, 2016, Polimer Karışımlarında Kullanılan Ekstrüzyon Parametrelerinin Malzeme Performansına Etkisi, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi.
- Mustafa Ö, 2015, Ekstrüzyon İşlemiyle Üretilen Polimer Boruların Mekanik

Özelliklerinin Belirlenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Eli R, 2019, Karakterisasyısı Biodegradasyısı Polimer, Prosiding Seminar Nasional Panelitian, Pendidikan Dan Penerepan MIPA, 248-257.

Dominick V R, Matthew V R, 2004, Plastic Product Material and Process Selection Handbook, Elsevier.

Şahin A, Rabia G, 2019, Polimer Boru Üretiminde Malzeme Seçimi ve Ekstrüzyon Parametrelerinin Etkisi, Journal of Polymeric Materials, 249-258.

Şirin K, 2018, Tozaltı Kaynak Yöntemi ile Spiral Boru Üretiminde Kaynak Parametrelerinin Kaynak Dikiş Kalitesi Üzerindeki Etkilerin İncelenmesi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mehmet Ali T, Emre D, 2017, LDPE Polimer Boru Üretiminde Malzeme Özellikleri ve Ekstrüzyon Parametrelerinin Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 141-149.

Ümit T, 2008, Plastik Boru İmalatında Boru Kalibresinde Termoelektrik Soğutma Uygulaması ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Emir T, Polimer Molekülü, Öğrenci Yardım.

Ahmet U, Bayram Ö, 2020, Polimer Boru Üretiminde Farklı Ekstrüzyon Hızlarının Boru Kalitesine Etkisi, Tekstil ve Mühendis, 31-38.

Aziz Y, 2006, Maleik Anhidritle Graftlanmış Oligomerlerin ve İ-PP/Silikat Nanokompozitlerin Tepkimeli Ekstrüzyon Yöntemiyle Sentezi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi.

Zhu Y, Liu J, Qiu J, 2020, Effect of antioxidants on the thermal and mechanical properties of high-density polyethylene pipes for water supply, Journal of Applied Polymer Science, 48932.