ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Polimerik Optik Fiberler ile Dokunan Kumaşların Dokumadaki Bükülme Yapısına Göre Analizi

Can ESMERCAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat, 2024

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ ONAYI

Polimerik Optik Fiberler ile Dokunan Kumaşların Dokumadaki Bükülme Yapısına Göre Analizi

Can ESMERCAN

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu Yüksek Lisans Tezi 13/02/2024 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Değerlendirilmiş ve Oy Birliği / ~~Oy Çokluğu~~ ile Kabul Edilmiştir.

Jüri : Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM (Danışman) ……

: Prof. Dr. R.Tuğrul OĞULATA ……

: Prof. Dr. Mustafa GÖÇKEN ……

Bu Tez Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.
Tez No:

Prof. Dr. Sadık DİNÇER
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2022-15607

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR III
ÇİZELGELER DİZİNİ IV
ŞEKİLLER DİZİNİ V
SİMGELER VE KISALTMALAR VII
1. GİRİŞ 1
1.1. Polimer Optik Fiberler için Üretim Teknikleri 2
1.1.1. Polimer Optik Fiberler için Süreksiz Üretim Teknikleri 2
1.1.2. Polimer Optik Fiberler için Sürekli Üretim Teknikleri 2
1.1.3. İki Bileşenli Fiberler (bicomponent fibers) 4
1.2. Fiberlerin İndeks Profilleri 5
1.2.1. Adım İndeks Profilli Fiberler 5
1.2.2. Derece İndeks Profilli Fiberler 5
1.3. POF Market ve Uygulama Alanları 6
1.4. Polimer Optik Fiberlerin Dokunması 6
1.4.1. Dokuma Yapısı 8
1.5. Optik Fiberlerin Temelleri 10
1.5.1. Sayısal Açıklık(A_N) 10
1.6. Kırılma İndisi (RI) 12
1.7. Işık Zayıflaması 12
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 15
2.1. POF Hakkında Literatür Araştırması 15
2.1.1. POF'un Gelişimi 15
2.2. POF Dokuması Hakkında Literatür Araştırması 17
3. MATERYAL VE METOT 21
3.1. Yumuşak Eğirme (Melt-Spinning) 21
3.1.1. Yumuşak Eğirme Ön Denemeleri 21
3.1.2. Yumuşak Eğirme Final Denemesi 22
3.2. Işık Zayıflaması (Attenuation) Ölçümü 23
3.3. Çekme Mukavemeti Ölçümü 24
3.4. Çapı 1 mm Olan Lifler İçin Yumuşak Eğirme (melt-spinning) Ön Deneme Çalışmaları 25
3.4.1. Çapı 1 mm Olan Fiber İçin Işık Zayıflaması Testi Ölçümü 27
3.5. Çapı 0,5 mm Olan Lifler İçin Eğirme (Melt-Spinning) Ön Denemeleri 28
3.5.1. Çapı 0,5 mm Olan Fiberler İçin Işık Zayıflama Testi Ölçümü 28

3.6. Çapı 0,75 mm Olan Lifler İçin Eğirme (Melt-Spinning) Final Denemesi 28
3.6.1. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Işık Zayıflama Testi Ölçümü 33
3.6.2. Çapı 0,75 mm Olan Lifler İçin Çekme Mukavemeti Testi Ölçümü 33
3.7. Ticari Fiberlerin Üretilen Fiberlerle Karşılaştırılması 34
3.7.1. Ticari Fiberlerin Çekme Mukavemeti Ölçümleri 35
3.8. Dokuma 35
3.8.1. Dokuma Ön Denemeleri 35
3.8.2. Dokuma Final Denemesi 36
3.9. Parlaklık ölçümü 37
3.10. Ön Deneme Kumaşların Üretimi 37
3.10.1. Dokuma Kumaşların Fiber Demetlenmesi 39
3.10.2. Üretilen Kumaşların Parlaklık Ölçümü 42
3.11. Final Deneme Kumaşların Üretimi 42
3.11.1. Final Denemelerin Parlaklık Ölçümü 45
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 47
4.1. POF Üretiminin Sonuçları 47
4.1.1. Çapı 1 mm Olan Fiber İçin Ön Denemelerin Sonucu 47
4.1.2. Çapı 0,5 mm Olan Lifler İçin Ön Denemelerin Sonuçları 48
4.1.3. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Ana Denemelerin Sonuçları 50
4.1.4. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Çekme Mukavemet Testi Ölçüm Sonuçları 55
4.1.5. Ticari Fiberlerin Işık Zayıflama Ölçümü Sonuçları 57
4.1.6. Ticari Fiberler İçin Çekme Mukavemeti Testi Sonuçları 58
4.2. Dokuma Kumaş Üretimi Sonuçları 59
4.2.1. Ön Deneme İle Üretilen Kumaşların Parlaklık Testi Ölçüm Sonuçları 59
4.2.2. Final Denemesi İle Üretilen Kumaşların Sonuçları: Uygulanabilirlik 63
4.2.3. Ana Deneme İle Üretilen Kumaşların Parlaklık Testi Ölçüm Sonuçları 65
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 69
KAYNAKLAR 73
ÖZGEÇMİŞ 75
EKLER 77
Ek 1. Yüksük çapı hesaplama excel belgesi 79

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Polimerik Optik Fiberler ile Dokunan Kumaşların Dokumadaki Bükülme Yapısına Göre Analizi

Can ESMERCAN

Danışman: Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZ

Tezin amacı, POF'un (polimerik optik fiberin) ışık zayıflaması ve POF kumaşın parlaklığı ile ilgili olarak bir yumuşak eğirme yöntemi (melt-spinning) ve dokuma kılavuzu oluşturmaktır. POF'un sürekli üretim yöntemleri ve POF dokuma sistematik olarak literatürde araştırılmıştır. Hem yumuşak eğirme yöntemi hem de dokuma için ön denemeler ve ana denemeler yapılmıştır. Üretilen POF'lar optik olarak zayıflama ve mekanik olarak çekme mukavemeti testi ile analiz edilmiştir. Ancak POF için en önemli mekanik test, sonraki dokuma denemeleri sırasındaki dokunabilirliğidir. Dokuma kumaş denemeleri için parametreler, makine ayarı gibi dış etkenler ve motif gibi iç faktörler olarak sınıflandırılmıştır ve bu faktörlere göre denemeler gerçekleştirilmiştir. Üretilen kumaşlar, parlaklık testi ölçümü ile analiz edilmiştir. POF üretiminin malzeme seçimi, ışık yoğunluğunun fiber üzerinden geçirilebilen zayıflama etkisi açısından merkezi bir rol oynamaktadır. Bazı fiberler uygun bir zayıflama etkisi göstermesine rağmen, yüksek çekme mukavemetlerine rağmen kırılgan olmaları nedeniyle kullanılamazlar. PMMA-PP'nin ortalama zayıflama değeri diğer gruplara göre on kat daha yüksek olan 30 dB/m'dir. Dokumada kullanılacak POF'un çapı azaldıkça dokuma yapılmasını mümkün kılmaktadır. Çözgü ipinin gerilimi, atkı sıklığı ve atkı besleyicide alüminyum plaka kullanımı gibi parametreler, kumaşın parlaklığını ve kumaşın stabilizasyonunu kumaş desenin etkisi kadar etkilemektedir. Son deneme kumaşları için ortalama parlaklık 34.78 cd/m^2'dir ve bu değer, ön deneme kumaşlardan 15 kat daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: POF, Polimer optik fiber, Dokuma kumaş, Parlaklık, Zayıflama

CUKUROVA UNIVERSITY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MSc THESIS

Analysis of Polymeric Optical Fibers (POF) Woven Fabrics with Respect to Bending

Can ESMERCAN

Advisor: Doç.Dr. Füsun DOBA KADEM

Department of Textile Engineering

ABSTRACT

The aim of the thesis is creating a melt-spinning and weaving guideline with regard to the attenuation for the POF (polymeric optical fibres) and the luminance for the POF fabric.Continuous production methods of POF and weaving POF are systematically researched in literature. Pre-trials and main trials for both melt spinning and weaving are handled. The produced POF are analysed optically by attenuation and mechanically by tensile strength test. The most important mechanical test for the POF however is its weaving ability during the subsequent weaving trials. The parameters for the woven fabric trials were classified as external such as machine adjustment and internal factors as pattern and the trials are carried out according to these factors. The produced fabrics are analysed by luminance test measurement.The materials selection of POF production plays a central role in light intensity through the fibre as attenuation. Although some fibres show a suitable attenuation effect, the fibres are too brittle to be used despite their high tensile strength. PMMA- PP has an average attenuation of 30 dB/m, which is ten times higher than other groups. The diameter of POF to be used in weaving allows weaving as it decreases. Parameters such as warp tension, weft density and use of aluminium plate on the weft feeder affect the luminance of fabric and stabilization of fabric as well as the fabric pattern. The average luminance is 34.78 cd/m^2 for final trial fabrics, which is 15 times higher than pre-trials fabrics.

Keywords: POF, Polymer optic fibre, Woven fabric, Luminance, Attenuation

TEŞEKKÜR

Yapmış olduğum tez çalışması süresince bana yön gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen, beni yüreklendiren, bazı zamanlarda gerek psikolojik gerekse mental olarak yorulmuş hissettiğim anlarda tekrar ayağa kalkmamı sağlayan, bilgileriyle projeme ışık tutan, yönlendirici ve yüreklendirici sözleriyle bana akademik yolda yürüme arzusu kazandıran ve öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım tez danışanım sayın Doç. Dr. Füsun DOBA KADEM'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimimde gerçekleştirmiş olduğum Erasmus öğrenci değişim programına katılma imkanı tanıyan Tekstil Mühendisliği Bölümü'ne, tez kapsamında yapılan uygulama sürecinde birlikte çalıştığım RWTH Aachen üniversitesindeki tüm okul yöneticilerine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca benden sonsuz desteklerini esirgemeyen aileme de teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Son 45 Yıldaki En Önemli SI-POF Simgesel Yapılarının Tarihsel Gelişimi 16
Çizelge 3.1. POF üretimi için malzemelerin özellikleri 21
Çizelge 3.2. 1 mm liflerin eğirme işlemi parametreleri 26
Çizelge 3.3. 0,5 mm liflerin eğirme işlemi parametreleri 28
Çizelge 3.4. PMMA-PVDF bobinler için üretim parametreleri 30
Çizelge 3.5. PMMA-PMP bobinleri için üretim parametreleri 31
Çizelge 3.6. PMMA-PMMA bobinleri için parametreler 32
Çizelge 3.7. Ticari fiber verileri 35
Çizelge 3.8. Dokuma ön denemelerinin parametreleri 39
Çizelge 3.9. Atkı sıklığına göre fiber miktarı 40
Çizelge 3.10. Kumaşların yüksüklerinin çapları 41
Çizelge 3.11. Dokuma ana deneme parametreleri 43
Çizelge 4.1. Ana denemenin başarısı 63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tekstil aydınlatma uygulaması için POF ile dokunmuş kumaş 1
Şekil 1.2. POF için çeşitli sürekli üretim süreçlerine genel bakış 4
Şekil 1.3. Adım ve dereceli indeks profillerin karşılaştırılması 5
Şekil 1.4. İplik entegrasyonu 6
Şekil 1.5. Farklı bükülmelere sahip iplik yollarında kırılmadan kaynaklanan ışık yoğunluğunun azalması 7
Şekil 1.6. Dokuma kumaş yapısının üstten ve kesit görünümü 9
Şekil 1.7. Optik fiber içinde ışın yansımaları 10
Şekil 1.8. Kabul açısının tanımı 11
Şekil 1.9. Cam fiberlerin ve polimer fiberlerin açıklık açısı ve çekirdek çapı 11
Şekil 1.10. Işık zayıflamasının tanımı 12
Şekil 2.1. Tekstil ağı ve POF 18
Şekil 2.2. Reflektör elemanlı kumaş 20
Şekil 3.1. RWTH ITA'daki Kleine BiKo (a) hazne (b) eğirme(spin) paketi 22
Şekil 3.2. RWTH ITA'daki HT BiKo eğirme hattı (a) hazne (b) eğirme paketi (c) su banyosu 23
Şekil 3.3. Zayıflama testi ölçüm cihazı yerleşimi. (a) LED ışık kaynağı (b) POF (c) Işık dedektörlü entegre küre (d) Fiberin güç göstergesi 24
Şekil 3.4. İplik numarasını ölçmek için çıkrık ve terazi (a) terazi (b) çıkrık 24
Şekil 3.5. Çekme mukavemeti testi için Textechno Statimat M4 (a) ekran (b) POF bobini (c) statimat makinesi (d) kıskaçlar 25
Şekil 3.6. (a) Çekme mukavemeti (b) Düğüm çekme mukavemeti testi 34
Şekil 3.7. Dokuma tezgahı ve dokuma akış şeması (a) dornier rapierli dokuma tezgahı (b) dokuma akış şeması 36
Şekil 3.8. Jakarlı dokuma tezgahı (a) dokuma tezgahı (b) jakarlı dokuma tezgahının akış şeması 37
Şekil 3.9. Atkı besleyici üzerinde alüminyum plaka (a) alüminyum plaka 38
Şekil 3.10. Liflerin demetlenmesi (a) demetleme uzunluğu (b) fiberlerin soyulması 40
Şekil 3.11. Yoğunluk değerlerine göre fiberli yüksükler 41
Şekil 3.12. Yüksüklü fiberlerin son görünümü 41
Şekil 3.13. Parlaklık testi ölçüm düzeneği (a) ışık kaynağı (b) ölçülecek kumaş (c) ışık ölçüm kamerası (d) sonuç ekranı 42
Şekil 3.14. Atkı ipliklerinin desenlerine göre geçişleri 44
Şekil 3.15. Desen tasarımları (a) 3x3 dimi (b) 6x6 dimi 44
Şekil 4.1. 1 mm için aynı bobin üzerindeki iki numuneye göre liflerin genel ortalama zayıflama ölçümü 47

Şekil 4.2. Aynı bobin üzerindeki iki numunenin iki bobin ışık zayıflama ölçümünün her bir ölçüm uzunluğuna göre karşılaştırılması 48
Şekil 4.3. 0,5 mm için aynı bobin üzerindeki iki numuneye göre liflerin genel ortalama zayıflama ölçümü..... 49
Şekil 4.4. PMMA-PVDF bobin üzerinde tırtıkların oluşumu 50
Şekil 4.5. 0,75 mm çapındaki liflerin bobin kombinasyonlarına göre genel ortalama zayıflama ölçümü (1) gaz alma ünitesi modu (2) °C cinsinden ara ısıtma sonrası sıcaklık (3) bobin sayısı 51
Şekil 4.6. PMMA-PVDF bobinlerinin faktöriyel deney tasarımı analizleri 51
Şekil 4.7. PMMA-PMP bobinlerinin faktöriyel deney tasarımı analizleri..... 53
Şekil 4.8. PMMA-PMMA bobinlerinin deney tasarımı analizleri 54
Şekil 4.9. Gaz alma açık ve kapalı modda 0,75 mm fiberlerin ışık zayıflama ölçüm sonucu 54
Şekil 4.10. 0,75 mm fiberlerin ısıtma sonrası sıcaklıkları ile ışık zayıflama ölçüm sonucu..... 55
Şekil 4.11. Düğümlü sonucun düğümsüz sonuca gerilme mukavemeti test sonuçlarına oranı..... 56
Şekil 4.12. Ticari fiberlerin ışık zayıflama ölçümü..... 57
Şekil 4.13. Ticari fiberlerin düğümlü/düğümsüz çekme mukavemet testi oran sonuçları..... 58
Şekil 4.14. Ortalama parlaklık testi ölçüm sonuçları (1) alüminyum plaka durumu (2) çözgü gerginliği (cN/iplik) (3) atkı sıklığı (atkı/cm)..... 59
Şekil 4.15. Dokuma ön denemelerinin deney tasarımı analizleri, çözgü gerginliği (cN/iplik), atkı sıklığı (atkı/cm)..... 60
Şekil 4.16. Çok fazla atkı kopuşuna sahip kumaşın görsel görüntü ve parlaklık kontur haritaları örneklerinden biri 61
Şekil 4.17. Yüksek atkı sıklığından düşük çözgü gerginliği kombinasyonuna doğru kumaş katlanması (a) 25 atkı/cm-59 cN/iplik (b) 20 atkı/cm-59 cN/iplik (c) 20 atkı/cm-50 cN/iplik (d) 15 atkı/cm-40 cN/iplik 61
Şekil 4.18. Kumaşların homojenliği 62
Şekil 4.19. Dokumada hata (a) rapier sisteminde atkı kopuşları (b) Toray Industries bobin 0.25 mm atkı kopuşları 64
Şekil 4.20. Ana denemelerin ortalama parlaklık testi ölçümü (1) alüminyum plaka koşulu (2) dokuma deseni (3) çözgü gerginliği (kN/iplik) (4) atkı sıklığı (atkı/cm)..... 65
Şekil 4.21. Kumaş görünümleri ve parlaklık kontur haritaları..... 66
Şekil 4.22. Ana denemelerin kumaşlarının homojenliği..... 67
Şekil 5.1. Tezin özeti 69

SİMGELER VE KISALTMALAR

α	: Işık zayıflama katsayısı
αı	: km/s biriminde ışık zayıflama katsayısı
µm	: Mikrometre
ATM	: Asenkron aktarım modu
cd	: Kandela
cN	: Santi newton
COP	: Siklo-Olefin Polimerler
dB	: Desibel
dtex	: Desiteks
e	: Ends (Çözgü ipi sayım simgesi)
EMI	: Elektromanyetik girişim
F	: Yüksük mesafesi
Gbps	: Saniyedeki gigabit
GI	: Dereceli indeks
GOF	: Cam optik fiberi
ITA	: Teknik tekstil enstitüsü RWTH
km	: Kilometre
kN	: Kilonewton
L	: Kalan kumaş uzunluğu
LAN	: Yerel alan ağı
LED	: Işık yayan diyot
m2	: Metre kare
m	: Metre
Mbps	: Saniyedeki megabit
mm	: Milimetre
NA (AN)	: Sayısal açıklık
nm	: Nanometre
p	: Atkı (Atkı ipi sayım simgesi)
PAM	: Darbe genlik modülasyonu
PC	: Polikarbon
PET	: Polietilen tereftalat
PLA	: Polilaktik asit
PMMA	: Polimetil metakrilat
PMP	: Polimetilpenten
POF	: Polimer optik fiber

PP : Polipropilen

PS : Polistiren

PTFE : Politetrafloroetilen

PVDF : Poliviniliden florür

RI : Kırılma indisi

rpm : Dakikadaki devir sayısı

s : Saniye

SI : Adım indeksi

tex : İpliklerin yoğunluğunu ölçmek için kullanılan bir ağırlık birimi

TIR : Toplam kırılma indisi

USB : Evrensel seri veri yolu

UV : Ultraviyole (Morötesi)

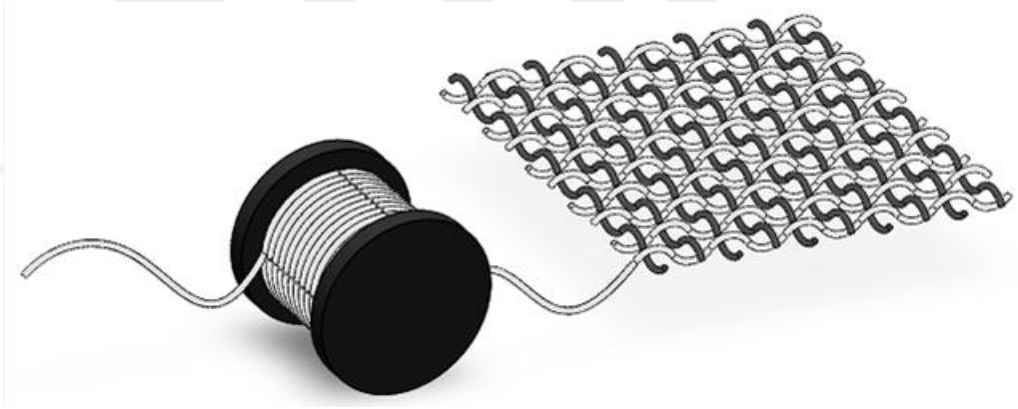
w : Kumaş genişliği

X : Soyulmuş iplik mesafesi

1. GİRİŞ

Polimer optik fiberler (POF), çoğunlukla fiber optik sensörler olarak kısa mesafeli veri iletimi için ve aydınlatma uygulamalarında kullanılan, ışığı yönlendiren monofilamentlerdir. POF tipik olarak çekirdek (core) kaplama (core/cladding) yapısına sahip iki bileşenli dairesel fiberlerdir. Çekirdek (core) (core), optik fiberin ışık ileten kısmıdır; kaplamanın (cladding) ise, toplam iç yansımanın ortaya çıkabilmesi için tutarlı bir kırılma indeksi oranına sahip bir yansıma ara yüzüne sahip olması gerekir.

Veri iletimi için kullanılan POF'un çok yüksek bir optik kaliteye sahip olması gerekir ve bu nedenle çok özel bir prosedürle üretilir. POF kumaşlarla tekstil aydınlatması söz konusu olduğunda POF için optik kriterler daha az önemlidir; ancak aydınlatma için gerekli olan POF miktarının yüksek olma ihtiyacı nedeniyle fiyat kritik hale gelir. Bu nedenle geleneksel yumuşak eğirme yöntemi (melt-spinning) monofilamentinin kullanılması gerekir. Tekstil aydınlatması için fiber üretiminin yanı sıra dokumada hayati öneme sahiptir. POF bobini ve kumaşı Şekil 1.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Tekstil aydınlatma uygulaması için POF ile dokunmuş kumaş

Tezin amacı, POF kumaşının zayıflaması ve parlaklığı için bir yumuşak eğirme yöntemi (melt-spinning) ve dokuma işlemi için kılavuz geliştirmektir.

POF'un sürekli üretim yöntemleri ve POF dokuma yöntemleri literatürde kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır. Literatür taramasının sonuçları, uygulama öncesinde teknik ve bilimsel personel ile tekrar tekrar tartışılan faktöriyel bir deney tasarımının geliştirilmesine temel teşkil etmektedir. Üretilen POF'lar optik (zayıflama, saçılma vb.) ve mekanik (mukavemet, bükülebilirlik vb.) olarak analiz edilir. Ancak POF için en önemli mekanik test, sonraki dokuma denemeleri sırasındaki dokunabilme yeteneğidir.

POF ile aydınlatma için yanal emisyon birçok yolla sağlanabilmesi nedeniyle maksimum parlaklığın doğrudan ölçümü mümkün değildir. Bu çalışmada, POF'un yanal emisyonunun daha sonra etkinleştirilebilmesinin mümkün olması sebebiyle, POF atkı ipi olarak uç ışık/son ışık

olabilme açısından kullanılmış ve değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, malzemeler minimum parlaklığın tek düzeliğini maksimuma çıkarma açısından değerlendirilecektir. Diğer hususların yanı sıra kumaşlardaki POF bükülmesi, kumaştaki yan emisyonun ayarlanmasında önemli bir rol oynar ve bu nedenle dikkatle incelenmiştir.

1.1. Polimer Optik Fiberler için Üretim Teknikleri

Geçmişte POF üretimi için çok sayıda farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Bu stratejilerin her birinin kendine göre artıları ve eksileri vardır. Bu nedenle uygun üretim prosesinin seçimi ürünün gereksinimlerine bağlıdır. Önemli hususlar şunları içerir:

- Üretim Maliyetleri
- Planlanan üretim hacmi
- Kabul edilebilir zayıflama
- Adım indeksli polimer optik fiberler (SI-POF) veya dereceli indeksli polimer optik fiberler (GI-POF)

Üretim prosedürleri sürekli ve süreksiz olmak üzere iki kategoriye ayrılır (Bunge et al., 2017).

1.1.1. Polimer Optik Fiberler için Süreksiz Üretim Teknikleri

Bilinen süreksiz işlemler ısıyla çekme(heat-drawing) ve toplu ekstrüzyondur. Bu süreçler art arda gerçekleştirilen en az iki farklı adımdan oluşur. Bu özellik, oluşan filamentlerin uzunluğunu sınırlı tutar (Bunge et al., 2017; Beckers et al., 2014).

1.1.2. Polimer Optik Fiberler için Sürekli Üretim Teknikleri

Tüm süreç adımlarının eşzamanlı yürütülmesi bu yöntemlerin ayırt edici özelliğidir. Bu nedenle üretilen POF'un teorik maksimum uzunluğu sonsuzdur. Bir SI-POF veya bir GI-POF oluşturmak için ham madde veya eğirme(spinning) prosesinin değiştirilmesi gerekir. Aşağıdaki teknikler şunlardır:

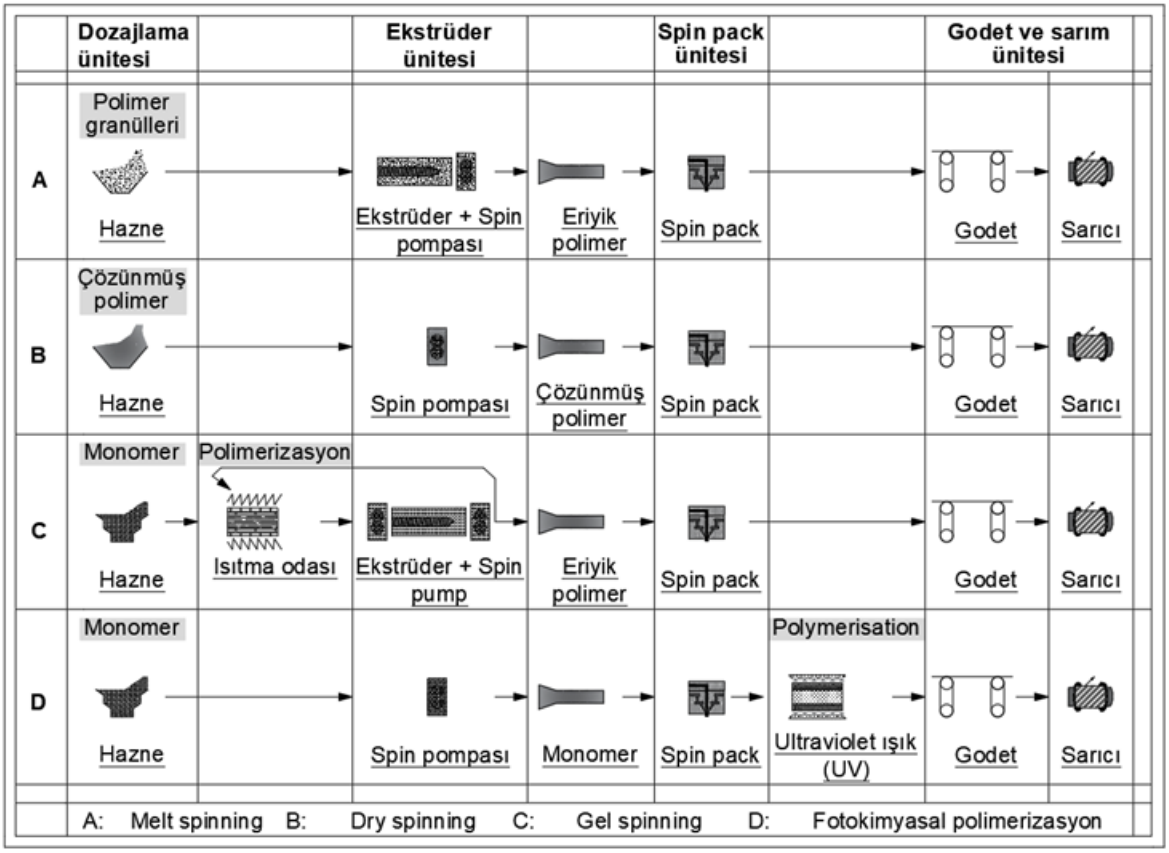
- Sürekli ekstrüzyon (Jel döndürme)(Gel-spinning)
- Fotokimyasal polimerizasyon
- Kuru eğirme (Dry-spinning)
- Yumuşak eğirme (Melt-spinning) (Bunge, Beckers, Gries,2017),

Sürekli ekstrüzyon, SI-POF'un üretimi için uygundur ve bu yöntemin sürekli olması dışında toplu ekstrüzyona oldukça benzerdir. Monomerler ve katkı maddeleri hammadde olarak kabul edilir. Bu ham maddeler, polimerizasyon reaksiyonunun meydana geldiği ısıtılmış bir reaksiyon odasına sürekli olarak pompalanır. Polimer ve artık monomer, polimerizasyon reaktöründen bir ekstrüdere beslenir. Bu yöntem ısıyla çekme yöntemine göre yaklaşık 10 kat daha verimlidir. Bu sistem, üretilen optik fiberlerin yüksek saflığının oluşması dışında teknolojinin bir avantajıdır. Sürekli ekstrüzyonun ana dezavantajları pahalı yatırım maliyeti ve polimerizasyonu içeren karmaşık prosesine sahip olmasıdır.

Fotokimyasal polimerizasyon, SI-POF için başka bir sürekli üretim yöntemidir. Bu nedenle hem çekirdek (core) hem de kaplama (cladding) için fotoaktif polimerler kullanılır. Reçineler bir eğirme ağzından geçirilir ve UV ışığına maruz bırakılır. Bu ultraviyole enerji, polimerizasyon sürecini başlatmak için fotoaktif reçineler tarafından emilir. Son olarak, bobin sarma ünitesi SI-POF'u sarar. Bu prosedür, ham maddelerin ısıtılmaması avantajına sahiptir; bu nedenle termal stres oldukça azdır.

Kuru eğirme yöntemi aynı zamanda GI-POF üretimi için de uygundur. Bu yöntemin hammaddeleri bir polimer ve polimerden daha yüksek kırılma indeksine sahip en az bir monomerdir. Bir karıştırma odasında polimer eritilir, monomerle birleştirilir ve homojenleştirilir. yumuşak eğirme prosesi, kademeli polimer optik fiberler üretmek için ve ayrıca gradyan indeks profilleri için kullanılabilir. Her iki durumda da ham maddeler polimerlerdir. İki ayrı ekstruderde iki polimer çekirdek (core) ve kaplama (cladding) eritilir. Daha sonra bir eğirme pompası erimiş polimerleri eğirme nozülüne taşır. Üfleme kutusunda fiber, eğirme kalıbını terk ettikten sonra cam geçiş sıcaklığının altına soğutulur. Ortaya çıkan fiber, katılaştırma prosedürü tamamlandıktan sonra sarma mekanizması tarafından sarılır (Bunge et al.,2017).

Sürekli üretim süreçlerine genel bakış Şekil 1.2'de görülebilir.



Şekil 1.2. POF için çeşitli sürekli üretim süreçlerine genel bakış

1.1.3. İki Bileşenli Fiberler (bicomponent fibers)

Yumuşak eğirme (melt-spinning), ticari sentetik fiberlerin üretiminde en çok kullanılan tekniktir. İki bileşenli (konjuge) eğirme yoluyla fiber morfolojisinin değişmesi, polimer yumuşak eğirmede (melt-spinning) bir trenddir. İki bileşenli bir fiber, farklı kimyasal (örneğin bileşim, katkı maddeleri) ve/veya fiziksel (örneğin ortalama moleküler ağırlık, kristallik) özelliklere sahip, tek bir düzeden ekstrüde edilen iki polimerden oluşturulur. İki bileşenli yumuşak eğirme, öncelikle, iki polimerin faydalı mekanik, fiziksel veya kimyasal niteliklerini tek bir fiberde birleştirerek, uygulama çeşitliliğini genişleterek, her iki polimerde de bulunmayan yeteneklerden yararlanmayı amaçlamaktadır. Çeşitli polimerlerin özelliklerine bağlı olarak, iki bileşenli fiberler öncelikle ısıyla bağlanmış dokunmamış kumaşlarda bağlama elemanları olarak, dokulu iplik üretmek için kendiliğinden kıvrılan fiberler olarak veya özel polimerlerin ve katkı maddelerinin yüzey işlevselliğine sahip fiberler olarak daha düşük bir fiyata pazarlanmaktadır (Dauner et al., 2020).

POF iki parçadan oluşur: çekirdek (core) ve kaplama (cladding). İki bileşenli fiberlerin yumuşak eğirme yoluyla gerekli çekirdek (core)-kaplama (cladding) tasarımı gerçekleştirilebilir. Bu fiberleri üretmek için iki polimer aynı anda tek bir fiber halinde ekstrüde edilir. İki bileşenli yumuşak eğirme ile iki malzemenin olumlu niteliklerini tek bir fiberde birleştirmek mümkündür. Kaplama bileşeninin koruyucu etkisi nedeniyle, iki bileşen de yumuşak eğirme sırasında eğirme

hattı boyunca sıcaklık profillerini karşılıklı olarak etkileyebilir. Bu etki her iki bileşenin yapısal oluşumunu değiştirmek için kullanılabilir (Hufenus et al., 2014).

1.2. Fiberlerin İndeks Profilleri

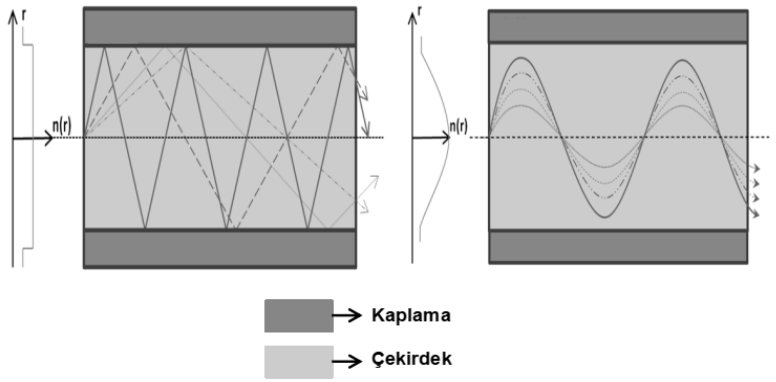
Optik fiberlerin gerçek özellikleri temel olarak üç kriterle belirlenir. Işık zayıflaması/düşmesi ve kromatik dağılma, seçilen çekirdek (core) ve kaplama malzemeleri tarafından belirlenir. Tüm optik ortamlarda, farklı dalga boylarında ışığın değişen yayılma hızları gözlemlenebilir. Yayılma sabitleri dalga boyuna göre farklılaştırıldığında, sözde kromatik dağılma elde edilir. Işık zayıflaması, ışığın bir fiber içinden geçerken karşılaştığı en önemli süreçtir (Krauser et al., 2007).

1.2.1. Adım İndeks Profilli Fiberler

Adım indeksli profil(SI-POF) fiberler, ilk polimer optik fiberlerdir. Bu, homojen bir çekirdeğin basit bir optik kaplama tarafından çevrili olduğunu gösterir. Fiber boyunca geçişler, geometrik optikte bir ışın gibi aynı şekilde belirlenir. Adım indeksli fiberlerde, ışın çekirdek (core)-kaplama (cladding) arayüzüne ulaşana kadar takip edilir. Işının yansıması, yayılma yönünün yeniden hesaplanmasıyla hesaba katılır. Eğer yansıma optimal ise, o zaman gelen açısı ve yansıma açısı eşittir (Krauser et al., 2007).

1.2.2. Derece İndeks Profilli Fiberler

Bu profillerde, kırılma indisi fiber ekseninden başlayarak kaplama tarafına doğru sürekli olarak(bir gradyan olarak) dışarı doğru ilerler ve azalır. İlkeler bakımından, adım indeksli fiberlerin tanımıyla tamamen aynı şekilde ilerler. Ancak, ışık bu fiberlerin içinden düz bir şekilde ilerlemek yerine, kırılma indisinin mekansal değişimi tarafından belirlenen bir eğri doğrultusunu izler. İndeks profilleri Şekil 1.3'te görülebilir. Veri hızlarının önemli olması ve veri iletimi için çok yüksek optik kaliteye ihtiyaç duyulması nedeniyle, GI-POF genellikle veri iletimi için kullanılmaktadır. Ancak, yüksek fiyatı nedeniyle aydınlatma uygulamaları için uygun değildir (Krauser et al., 2007).



Şekil 1.3. Adım ve dereceli indeks profillerin karşılaştırılması

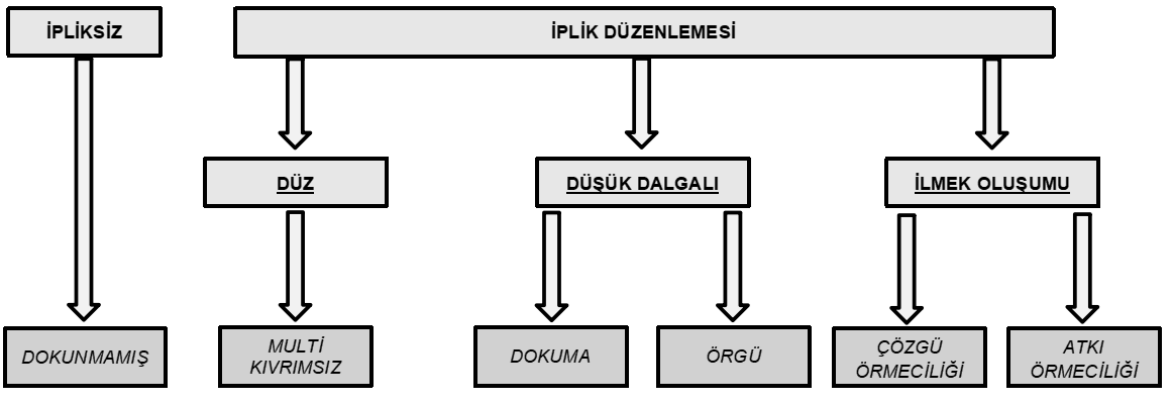
1.3. POF Market ve Uygulama Alanları

POF'un pazarı sürekli olarak genişlemiştir ve birçok gösterge, bu eğilimin sadece devam etmeyeceğini, hatta ivme kazanabileceğini göstermektedir. POF için en hızlı büyüme oranına sahip endüstri, veri transferi olmuştur. Özellikle endüstriyel kontrol sistemlerinde, tüketici elektroniğinde ve otomotiv uygulamalarında düşük maliyetli kısa mesafe bağlantı ve performansın iyileştirilmesi gibi alanlarda devam eden dijitalleşme, POF için güçlü ve geleceğe dayalı bir pazar gücü oluşturacaktır. POF ayrıca, kullanım alanı geniş olan büyük bir pazardan da faydalanmaktadır. GOF'un (Cam Optik Fiber) iletişim ve BT işletmelerine odaklanmasının aksine, POF o kadar çok alanda kullanılmaktadır ki, düşüş şansı neredeyse yoktur. GOF maliyeti, karmaşıklığı ve çalışılan dalga boyu nedeniyle kısa mesafe uygulamalarının pazarına ulaşamamaktadır. İşte burada, POF için fiyatların düşmesi, performansın artması ve elektromanyetik gürültüye karşı bağışıklığının bulunması gibi fırsatların geniş bir alan açılmaktadır. (Bunge et.al, 2017).

1.4. Polimer Optik Fiberlerin Dokunması

Son yıllarda, akıllı kumaşlar çalışma ve geliştirme açısından tekstil sektöründe ilgi odağı olmuştur. Akıllı tekstil ailesinin bir üyesi olarak, POF kumaşları; esneklikleri, hafif yapıları, dayanıklılıkları, kolay kullanımı, basit bağlantıları, biyo uyumlulukları gibi özellikleri nedeniyle büyük ilgi görmüştür. POF, dokuma, örme ve örgü gibi çeşitli tekstil işlemlerinde kumaşlara dahil edilebilir (Jing, 2012).

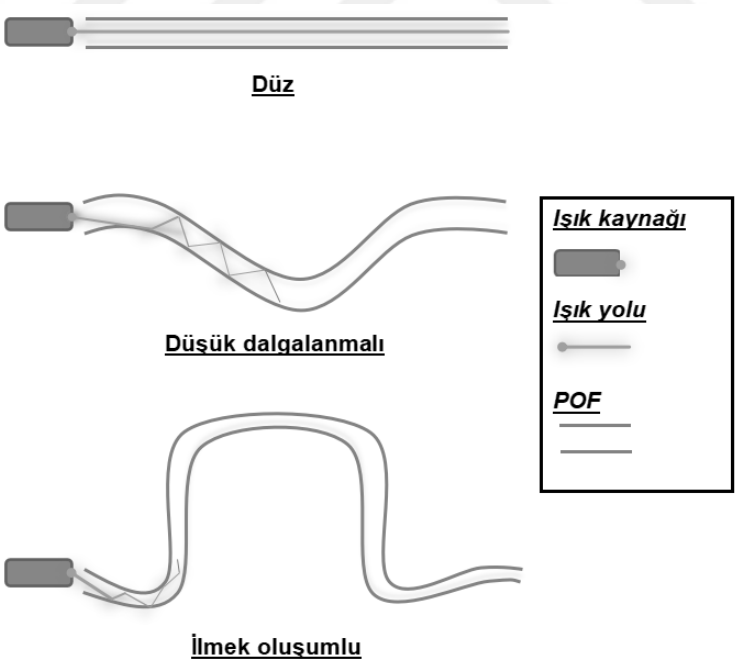
İpliklerin kumaş içindeki oryantasyonuna bağlı olarak bu beş teknik, üç farklı iplik düzenleme senaryosu halinde gruplandırılmıştır. Bunlar düz iplikler, düşük dalgalanmalı iplikler ve ilmek oluşumundaki ipliklerdir. İpliğin kumaş yapısı içerisindeki atlamalar nedeniyle kazandığı dalgalara kıvrım(crimp) denir. Multi kıvrımsız yöntem, düz iplik düzenlemesine uyumlu tekstil kumaşları yapmak için kullanılan işlemdir. Düşük dalgalı ipliklerden tekstil üretimi için dokuma veya örgü yöntemi kullanılabilir. İlmek yapısı hem çözgü hem de atkı örme teknikleriyle üretilir.



Şekil 1.4. İplik entegrasyonu

Tekstiller ayrıca doğrudan fiber seviyesinden itibaren dokunmamış yapılara dönüştürülebilir. Polimer optik fiber (POF) malzemesini tekstillere dâhil etmenin temel amacı, ışık gibi ortamları aktarmaktır. Işık, tekstillerde ortam aydınlatması gibi fonksiyonel etkiler sağlamak veya atletik tekstillerde güvenlik amacıyla tek filamentleri aydınlatmak için kullanılabilir. Sonuç, ipliğin tekstil içinde gittiği yöne göre değişir. Işık düz bir iplik yolu boyunca hareket ederse büyük mesafeler boyunca iletilebilir. Ancak kırılmaya bağlı olarak dalgalı veya ilmekli yapılarda taşındığında ışık gücü kısa mesafelerde azalır. POF malzemesinin avantajlarından yararlanmak için kumaş içindeki ışıklı ipliklerin mümkün olan en az dalgalanmaya sahip olması veya düz olması gerekir. Tekstil kumaş imalatının sınıflandırılması Şekil 1.4'te görülmektedir (Bunge et al., 2017).

Optik fiberlerin tekstil yapısına entegrasyonu karmaşıktır. Optik fiberler bükülmeye ve mekanik strese karşı hassastırlar. Bir fiberin minimum bükülme yarıçapı, fiber büküldüğünde oluşan yayın en kısa yarıçapıdır. Eğer fiber bu yarıçapın ötesinde bükülürse anında kırılacaktır. Optik fiber tekstiller, geliştirilmiş görünümleri, esneklikleri ve hatta dökümlülük yetenekleri sayesinde aydınlatıcı ürün çeşitliliğini artırır. Dokuma, optik fiberlerin tekstil yapılarına işlenmesinde en çok dikkate alınan tekstil teknolojisidir. Farklı dokuma desenleri, atkı ekleme yöntemleri ve benzersiz özelliklerinden dolayı optik fiber, tekstil yapılarında çeşitlilik sunar. Bükülmeden kaynaklanan ışık yoğunluğu Şekil 1.5'te görülebilir (Tao,2015).



Şekil 1. 5. Farklı bükülmelere sahip iplik yollarında kırılmadan kaynaklanan ışık yoğunluğunun azalması

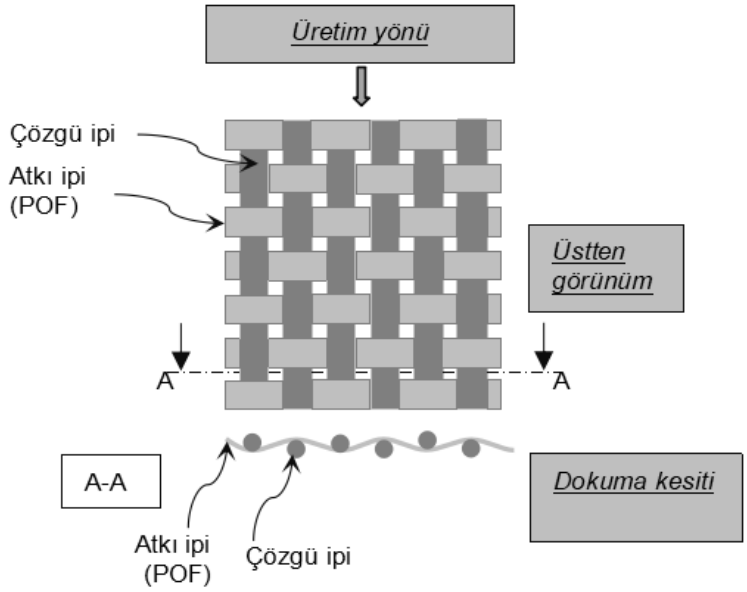
1.4.1. Dokuma Yapısı

Dokuma yöntemi, POF tekstilleri oluşturmak için örgü ve nakış tekniklerinden daha yaygın olarak kullanılır. POF'un dokuma yapılara entegre edilmesi, POF'un makro bükülmesini sınırlandırarak elde edilebilecek bir parlaklık etkisi elde etmek için çok önemlidir. Parlaklık, ışığın birim alan başına düşen ışık yoğunluğunun fotometrik ölçüsüdür. Birimi cd/m^2'dir. Makro bükülme, ışığın kırılma açısının yükselmesine neden olan bükülmedir. POF'un makro bükülmesi, ipliklerin birbirine geçmesiyle üretilir, bu da örgü ve nakışta ilmek yöntemine kıyasla daha az ciddi bükülmelere neden olur. Dokuma POF tekstilleri, ışık yoğunluğu ve homojenlik açısından diğer tüm tekniklerden daha iyi performans gösterir. Örme kumaşlar, gevşek tutulan ilmek yapıları nedeniyle tipik olarak daha esnek ve daha şekillendirilebilirdir.

Dokuma kumaşlardaki ipliklerin nispeten düz yapısının aksine örgü iplikleri, ilmeklerin oluşması nedeniyle bükülmeye karşı hassas olup daha güçlü bir bükülme performansı gösterir. Bu nedenle, polimer optik fiberlerle örülmüş kumaşların etkili bir şekilde üretilmesi ve uygulanmasına yönelik mekanik esneklik kriterleri daha sıkı bir şekilde uygulanır. Bu nedenle dokuma teknolojisi POF tekstillerinin üretimi için uygundur. Düz, saten ve dimi dokumalar üç ana kumaş yapısı türüdür. Düz örgü, çözgü ve atkı şeritlerinin çapraz bir desende bağlandığı tüm örgülerin en temelidir (Ge,2020).

Dokuma sırasında çözgü ve atkı (çapraz iplik) birbirine dik olarak düzenlenir. Dokumanın üç temel adımından ilki ağızlığın açılmasıdır. Çözgü iplikleri üst ve alt konumlara ayrılarak çözgüler arasında ağızlık olarak bilinen geçici bir ayrım oluşturulur. İkinci aşama olarak ağızlık açıldığında atkı bir taraftan diğer tarafa atılır. 1980'lerin başında dokuma kumaşlarda POF uygulaması ilk kez belgelenmiştir. POF tipik olarak dokumada atkı ve çözgü ipliği olarak kullanılabilir ama atkı ipi olarak kullanılması daha yaygındır. İkinci iplik olarak pamuk, PET veya diğer malzemelerden oluşan standart çok filamentli veya kesikli fiber iplikleri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda şeffaf ipliklerin kullanımı parlaklık tekdüzeliğini artırır. Çünkü altlarındaki POF'tan radyal olarak yayılan ışığın geçmesine olanak tanırlar (Kallweit et al., 2021).

Çözgü leventi sarılmadan önce POF uygulaması için kullanılacağı belirtilmelidir. Atkı ipliği olarak POF, çözgü ipliği olarak POF'tan daha çok yönlüdür. Desenlendirmeyi önceden tanımlamaya gerek yoktur. Ancak her atkı atma tekniği POF'un işlenmesi için uygun değildir (Bunge et al.,2017).



Şekil 1. 6. Dokuma kumaş yapısının üstten ve kesit görünümü

POF'un mekanik ve optik özellikleri dokuma gibi tekstil işlemleriyle değiştirilebilir. Bu nedenle POF'un doğru entegrasyonu için tekstil yapılarının işlem parametreleri ve son şekil gereksinimlerinin kesin olarak belirlenmesi gerekir. Spesifik olarak, POF olarak bilinen plastik veya polimerden yapılmış fiber, cam OF (GOF) olarak bilinen camdan yapılmış fiberden daha dayanıklıdır ve geleneksel tekstil makineleri kullanılarak kumaşa dahil edilebilir. POF'un tekstil yapısına entegre edilmesi yenilikçi bir strateji olmasına rağmen, ticarileştirilmesinin önünde hala çeşitli engeller bulunmaktadır (Cho,2010). Dokuma kumaşın kesit görünüşü Şekil 1.6'da görülmektedir.

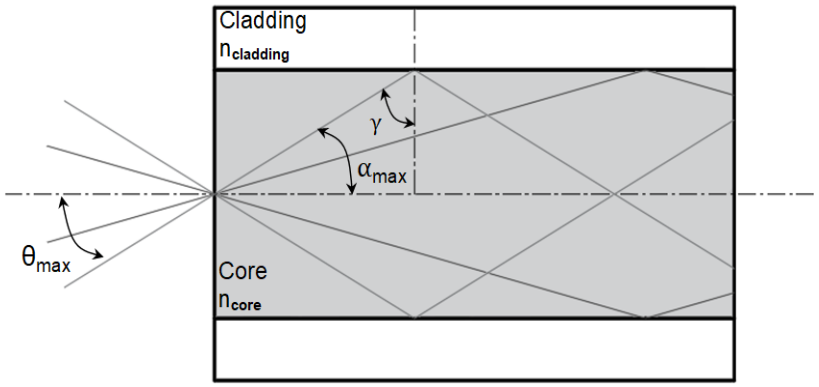
POF'un kumaşa dahil edilebilmesi için tekstili oluşturan çözgü veya atkı iplikleriyle uyumlu olması gerekir. Çözgü iplikleri önemli ölçüde daha yüksek gerilime maruz kalır, bu da daha katı mekanik özellik gereksinimleri gerektirir. Bu gerilim çözgüyü atkı ipliklerine göre daha fazla gerilime maruz bırakır, belki de yüzey hasarına veya iplik kopmasına neden olur. Dokuma sırasında en önemli unsur POF'a uygulanan bükülme koşuludur. Küçük bir eğrilik yarıçapına sahip bir bükülme, mekanik gerilimi arttırır ve sonuç olarak POF'un kırılmasına neden olabilir. Atkı ipliği, çeşitli atkı yerleştirme teknikleri (mekik, projektil, kıskaç, hava ve su jeti) kullanılarak elde edilen ağızlığa verilir. POF durumunda en iyi dokuma kancalı kıskaçlarla gerçekleştirilir. Çünkü POF tipik olarak hava veya su jetleri için çok ağırdır ve mekiklerin sarım çapı genellikle çok küçüktür (Yamada,2020;Kallweit et al.,2021;Cho,2010;Tao,2015;Bunge et al.,2017).

POF'un çapı, dokuma deseni ve kumaş yoğunluğu (cm başına iplik sayısı) kumaşın esnekliğini belirler. Makul ışık emisyonuna sahip POF tekstilleri oldukça dayanıklıdır; endüstriyel ve mimari sanat kullanımları, otomobiller, kamusal alanlar ve diğer benzer amaçlar için daha uygundur. POF tekstillerinin temel rolü aydınlatmak içindir (Jing,2012).

1.5. Optik Fiberlerin Temelleri

Optik fiber özellikleri çok sayıda olası yapısal değişken tarafından belirlenir. Örneğin, seçilen malzeme ışık zayıflaması ve termal kararlılığı büyük ölçüde etkiler. Öte yandan, kırılma indisi profili, temelde iletim kapasitesi olan optik bant genişliğini belirler (Krauser et al., 2007).

Optik fiber türlerinin çoğu, özellikle de polimer-optik fiberler (POF), TIR (toplam kırılma indisi) sürecine dayanır. Sonuç olarak, daha yüksek bir kırılma indisine sahip bir iç bölge (genellikle fiberlerde dairesel) daha düşük bir indise sahip başka bir bölge tarafından çevrelenir. Kaplama (cladding) malzemesinin kırılma indisi çekirdeğin (core) kırılma indisinden daha düşük olacak şekilde ayarlanarak, iç çekirdek bölgesine yayılan ışığın dış kaplamaya geçememesi sağlanabilir. Farklı kırılma indislerine sahip iki bölgenin ara yüzeyinde ışık yansıyacaktır. Işın çarpmaları Şekil 1.7'de görülebilir. Bu yansıma dalgaları yönlendirmek için kullanılabilir. Bu yansımalar fiberin uzunluğu boyunca sık sık meydana geldiğinden, tipik olarak dalganın küçük bir miktarının da iletilmesi ve tüm gücün arayüzde yansıtılmaması gerçeğinden kaynaklanan ek kayıplara neden olmamalıdır. Bu, TIR işlemi kullanılarak gerçekleştirilebilir.



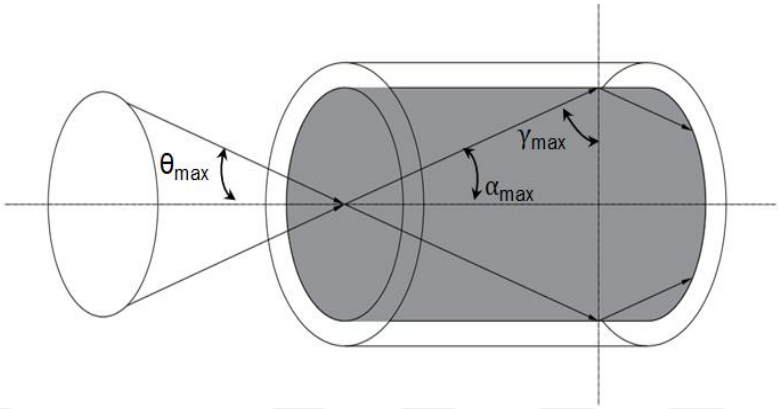
Şekil 1.7. Optik fiber içinde ışın yansımaları

1.5.1. Sayısal Açıklık(A_N)

Dalga yönlendirme nitelikleri öncelikle çekirdek(core) ve kaplama(cladding) kırılma indisleri arasındaki fark tarafından belirlenir. Bu farkı manipüle ederek, fiberin maksimum kabul açısını tasarlamak mümkündür, bu özellik fiberin kullanımı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Çeşitli kırılma indisleri arasındaki eşitsizliği yönetmek ve ölçmek için, kullanılan sayısal açıklık (A_N) kullanılır (Bunge et al.,2017).

$$A_N = \sqrt{n_{core}^2 - n_{cladding}^2} \qquad (2.2)$$ (Bunge et al.,2017).

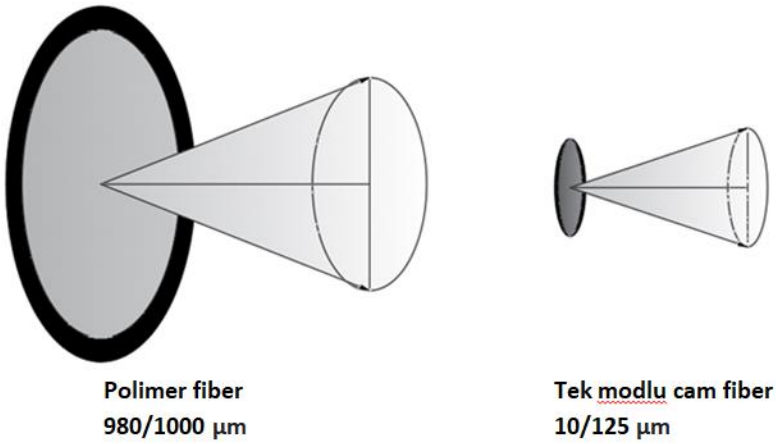
Maksimum gelen ışın açısının sinüsü sayısal açıklık A_N olarak tanımlanır. Bu açı kabul açısı olarak bilinir. Sayısal açıklık değeri yalnızca çekirdek ve kaplama malzemeleri arasındaki kırılma indisleri farkı tarafından belirlenir (Krauser et al., 2007).



Şekil 1.8. Kabul açısının tanımı (Krauser et al., 2007)

Kabul açısı Şekil 1.8'de görülebilir. Tüm çekirdek(core) boyunca, adım indeksli profil fiberin sayısal açıklığı değişmeden kalır (Krauser et al., 2007).

A_N, fiberin ne kadar ışık kabul edeceğini tanımlar. Step-index (SI)POF'un A_N'si için standart değer 0,5'tir ve bu da max =30°'lik bir kabul açısına eşdeğerdir. Bunlar standart-A_N-POF olarak bilinir (Bunge et al.,2017).



Şekil 1.9. Cam fiberlerın ve polimer fiberlerın açıklık açısı ve çekirdek çapı (Krauser et al., 2007)

POF, tüm fiber türleri arasında en yüksek sayısal açıklığa ve en büyük çekirdek (core) çapına sahiptir. Bu özellik, POF için kullanılabilecek bağlantı teknolojisinin cam fiberlere göre daha ucuz olması nedeniyle POF'un en önemli avantajlarından biridir (Krauser et al., 2007). Şekil 1.9. cam ve polimer fiberlerin açıklık açılarını göstermektedir.

1.6. Kırılma İndisi (RI)

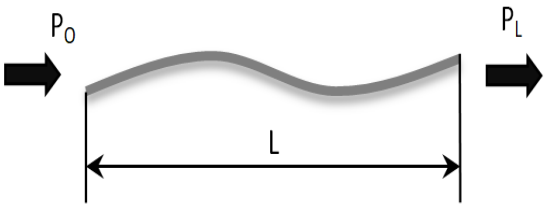
Bir ışık ışını optik olarak farklı bir ortamdan diğerine geçtiğinde, ışık ikisi arasındaki arayüzde kırılır ve yansır. Kırılma, malzemeye veya ortama ve kırılma indisi olarak bilinen belirli bir malzeme özelliğine bağlıdır. Kırılma indisi sınırsızdır ve ışığın vakumdaki hızı ile ortamdaki yayılma hızı arasındaki oran olarak tanımlanır (Tao, 2015).

Buna ek olarak, çekirdek (core) ve kaplama (cladding) arasındaki kırılma indisinde önemli bir değişiklik sayısal açıklığı artırır. Bu nedenle, ışık çekirdek(core) boyunca yönlendirilir. Işık yönlendirme aracı olarak, bağlantılı ışık ışını çekirdek(core) içinde kalmalıdır. Kaplamadan (cladding) geçen ışık ışınları ışık kanalına gönderilmez. Bu nedenle, ışık arayüzde tamamen yansıtılmalıdır (Krauser et al., 2007;Tao, 2015).

Tekstil yapılarına entegre edilen POF'un çoğunluğu PMMA (poli-metilmetakrilat) çekirdeklere ve kaplama malzemesi olarak floropolimerlere dayanmaktadır. Alkalilere, zayıf asitlere, benzine, mineral ve terebentin yağlarına karşı dayanıklıdır. Optik şeffaflık, makromoleküllerin amorf yapısının bir sonucudur. PMMA'nın kırılma indisi n = 1.492'dir. PVDF kaplama (poliviniliden florür, n = 1.42) en sık kullanılan kaplama malzemesidir (Tao, 2015;Hufenus et al., 2014).

1.7. Işık Zayıflaması

Işığın bir fiber boyunca ilerlerken karşılaştığı en önemli süreç ışığın zayıflamasıdır. Işık L uzunluğundaki bir optik fiberden geçerken yoğunluğu azalır. Zayıflama öncelikle optik güç emilimi, saçılma ve radyasyon tarafından indüklenir. Bu etkiler optik fiberlerin hem içsel hem de dışsal özelliklerine bağlıdır. Bükülmenin bir POF'un zayıflamasını artırabileceği iki mekanizma vardır: mikro bükülme ve makrobükülme. Mikro bükülme kaybı, çekirdek(core) ve kaplama(cladding) arasındaki ara yüzdeki küçük değişikliklerin veya tümseklerin neden olduğu kayıptır. Bir makro bükme, fiber çapına göre büyük bir eğrilik yarıçapına sahip bir bükülmedir ve eğrilik yarıçapı birkaç santimetreden az olduğunda önemli bir kayıp kaynağı haline gelir (Koike, 2015;Bunge et al.,2017).



Şekil 1. 10. Işık zayıflamasının tanımı (Krauser et al., 2007)

$$\alpha = \frac{10}{L} \cdot \log\frac{P_0}{P_L} = 4{,}343 \cdot \alpha'$$

(2.3) (Krauser et al., 2007)

Şekil 1.10. zayıflama tanımını görsel olarak ifade etmektedir. P_L ve P_0 sırasıyla L uzunluğundaki bir fiberden kilometre cinsinden geçtikten sonra ve fiberin ön ucundaki ışığın gücüdür. α^{ι}, saniyede kilometre cinsinden zayıflama katsayısını temsil eder. Dolayısıyla, zayıflama katsayısı α olarak gösterilir. Optik fiberin türüne bağlı olarak, zayıflama ya dB/km (saf cam fiber ve plastik kaplı silika fiber veya PCS) ya da dB/m cinsinden ölçülür. POF, yakın kızılötesi alanda oldukça küçük iletim mesafeleri için giderek daha fazla kullanılmaktadır. Son olarak, PMMA da mm ölçekli dalga kılavuzu yapıları için kullanılabilir. Buna ek olarak, kristallikteki artış optik fiberler için istenmeyen bir durumdur çünkü malzemede anormallikler ve yoğunluk değişimleri yaratarak daha yüksek ışık saçılımı ve zayıflamasına neden olur (Krauser et al., 2007;Hufenus et al. 2014; 1).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. POF Hakkında Literatür Araştırması

2.1.1. POF'un Gelişimi

19. yüzyılın ikinci yarısında, cam çubukların aydınlatılması kavramı araştırmaların büyük ilgi odağıydı. Çünkü diş hekimleri ağzın tamamını aydınlatmak için veya görüntüleme, spektroskopi, endoskopi, doku patolojisi, ışık terapisi, biyoalgılama, biyostimülasyon, lazer cerrahisi, diş hekimliği, dermatoloji ve sağlık durumu izleme,kan akışının izlenmesi gibi diğer tıbbi kullanımlar için ışık yönlendirme teknolojilerine ihtiyaç duyuluyordu.

Optik fiberlerin ilk tıbbi uygulaması, endoskopik tedaviler sırasında iç organların aydınlatılması için sağlamıştır. Manfred Borner, 1965 yılında Almanya'nın Ulm kentindeki Telefunken Araştırma Laboratuvarlarında optik fiberlere dayalı ilk optik veri iletim sistemini yaratmıştır. Teknolojinin patenti 1966 yılında alınmıştır. 1960 yılında Theodore Maiman tarafından ilk lazer sisteminin icadı başka bir devrim niteliğindeki gelişmeydi (Bunge et al., 2017; Peng, 2019).

Uzun mesafe çalışabilen cam fiberlerin ve POF'un gelişiminin lazerin ortaya çıkışıyla başladığı söylenebilir. 1960'ların sonlarında, ışık yönlendirici fiberler üzerine yapılan araştırmalar, cam optik fiberler ile yeni oluşturulan polimer bazlı optik fiberler arasında ikiye bölünmüştür. 20. yüzyılın son yıllarında ve 21. yüzyılın başında üretim teknolojisi büyük ölçüde gelişmiş ve fiber kayıpları büyük ölçüde azalmıştır. Pazar potansiyelinin yanı sıra veri aktarımına, sensörlere ve fiberlerin fonksiyonel tekstillere entegrasyonuna uygun POF uygulamaları geliştirilmiştir (Bunge et al.,2017).

Kullanılan monomer malzemelerinin saflığının yetersiz olmasından dolayı ışık zayıflaması hala 1.000 dB/km'ye yakındı. 1970'lerde, kayıpları 650 nm dalga boylarında, yaklaşık 125 dB/km'lik teorik sınıra neredeyse indirmek başarılmıştı. O zamanlar, 1.300 nm/1.550 nm'de kayıpları 1 dB/km'nin önemli ölçüde altında olan büyük miktarlarda cam fiber, çok yüksek fiyatlarda da olsa mevcuttu. 1990'larda uzun mesafeli iletim için veri iletişiminin tamamen dijitalleştirilmesinden sonra, bireysel kullanıcılara yönelik dijital sistemlerde büyük gelişmeler başlamıştır. 1992'den bu yana her yıl düzenlenen ve bu uzmanlaşmış sektördeki en önemli bilimsel etkinlik olan polimer optik fiberler ve uygulamalarına yönelik uluslararası konferansın tarihi, bu ilerlemenin göstergesidir (Krauser et al., 2007).

POF, cam fiber alternatiflerine göre önemli avantajlar sunmaktadır. Özellikle, geniş çapları (genellikle 0,25 ila 1 mm), düşük hassasiyetli plastik bağlantıların kullanılmasına olanak tanır ve bu da sistemin toplam maliyetini azaltır. Buna ek olarak POF, artan esnekliği, şok ve titreşimlere karşı dayanıklılığı ve ışık kaynağından çıkan ışığın fiber tarafından yüksek oranda algılanması ile öne çıkmaktadır. Bu faydalardan dolayı birçok POF uygulaması geliştirilmiş ve pazarlanmıştır (Arrue and Zubia, 2000).

Çizelge 2.1. Son 45 Yıldaki En Önemli SI-POF Simgesel Yapılarının Tarihsel Gelişimi (Arrue and Zubia, 2000;Polishuk,2007;Peng, 2019;Alli and Werneck, 2020)

Yıl	**Organizasyon**	**Dönüm noktası**
1968	Dupont	PMMA çekirdek (core)li ilk SI-POF
1972	Toray	PS çekirdek (core)li ilk SI-POF
1976	Mitsubishi Rayon	Eska™, a PMMA SI-POF: >300 dB/km 650 nm'de
1981	NTT	Düşük ışık zayıflamalı PMMA SI POF 55 dB/km 568 nm'de
1982	NTT	Döteryumlu, PMMA çekirdek (core)li ilk SI POF, 650 nm'de 20 dB/km
1983	Mitsubishi Rayon	PMMA-POF: 65 dB/km 570 nm'de
1991	Hoechst Celanese	SI PMMA "Infolite" POF 650 nm'de 130 dB/km.
1993	Essex University	PMMA çekirdek (core)li SI POF ve ekolayzır devresi aracılığıyla 100 m'de 631 Mbps'de iletim
1994	Asahi Chemical	Yüksek hızlı iletim için üretilen ilk çok çekirdek (core)li SI POF
1995	Mitsubishi Rayon, NEC	Düşük NA, SI-POF ve hızlı kırmızı LED aracılığıyla 100 metrede 156 Mbps iletim
1997	POF Consortium of Japan	ATM Forumunda 50 m SI POF üzerinden ATM LAN 156 Mbps'de standardizasyon.
1997	POF Consortium of Japan	IEEE 1394 156 Mb/s normunun 50 m SI POF üzerinde standardizasyonu.
1998		Otomobiller için MOST Standardı başladı
2006-2007		400 metrede 1 mm SI POF (4-PAM, 8-PAM) üzerinden 10 Mbps
2006-2007		200 metrede 1 mm SI POF (4-PAM, 8-PAM) üzerinden 100 Mb/sn
2011	POF-PLUS	50 metrelik SI PMMA üzerinden 1 Gbps
2011	Opto Marine Co., Ltd. /Korea	650 nm'de 100 metrede 500 Mbps, 5 Gbps ve 10 Gbps veri hızlarına sahip 1 mm SI POF.
2013	KDPOF/Spain	Otomotiv Endüstrisi için 1 Gbps SI POF

Not: SI, adım indeksi; GI, dereceli indeks; PMMA, polimetil metakrilat

SI-POF'un tarihsel gelişimi Çizelge 2.1'de görülebilir. POF literatürünün çoğunluğu iletişime odaklanmaktadır. Polimer optik fiberlerin uygulamaları veri iletiminin ötesine uzanır. En büyük pazarlardan biri aydınlatma çalışmalarıdır. POF, kumaşlara entegre edilmek için ideal olup çok sayıda tekstil polimer fiberden oluşur. Daha sonra bu fiberler aydınlatma, aşınma sensörleri veya iletişim amacıyla kullanılabilir (Bunge et al.,2017).

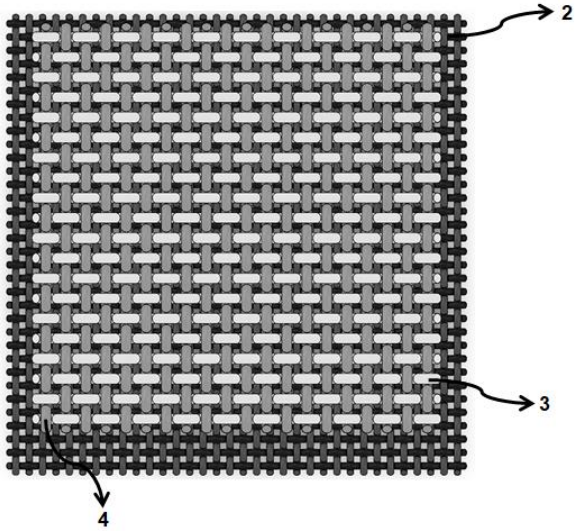
2.2. POF Dokuması Hakkında Literatür Araştırması

Geçmişten günümüze POF-kumaş ile ilgili birçok patent bulunmaktadır. 1967 yılında Derick ve Snyder ışıklı tekstil ürünleri üzerinde çalışmışlardır. Buluşları kumaşlar, iplikler ve teller gibi tekstil ürünleriyle ve daha spesifik olarak POF'un dahil edilmesiyle ışık efektine sahip ürünlerle ilgiliydi. Bu çalışma aynı zamanda POF'un kumaşlarda kullanıldığı ilk yayınlanmış ve patentli çalışmadır. POF'un uzunluğu boyunca iletilen ışık kaybının arzu edildiği POF kullanımı, mevcut buluşun bir yönünü oluşturmaktadır. Çekirdek (core) filamentin toplam yansımasının engellenerek iç yansıtma yüzeyinin bozulması, çekirdek (core) filamentin geometrisinin değiştirilmesi olarak sonuçlanır. Böylece ışık ışını artık dahili olarak yansımaz veya bu yöntemlerin herhangi bir kombinasyonu, toplam yansımayı önlemenin yollarıdır. Çekirdek (core) filamentin yüzeyini aşındırarak, kumlayarak veya aşındırarak, iç yansıtıcı yüzeyleri bozan pürüzlü bir alan üretmek mümkündür (Derick and Snyder Jr, 1967).

Mevcut buluşun bir başka yönü, malzemenin uçtan uca ışık geçirgenliğini korurken POF'un bir tekstil ürününe dahil edilmesini gerektirir. Dokuma veya dokumasız teknikler kullanılarak, POF kumaşlar oluşturmak için kendisiyle ve/veya diğer filamentli ipliklerle de dokunabilir. POF, bir tekstil ürününe dahil edilmeden önce veya sonra, ürüne ve istenen ışık efektine bağlı olarak, bozuk toplam yansıma sergileyecek şekilde modifiye edilebilir. Dokumanın sıkılığı gibi değişkenler, bu buluşa göre kumaşların aydınlatma homojenliğini değiştirmek için kullanılabilir. Sonuç olarak, POF'un tekstil ürününe entegre edilmesini içeren bir tekstil ürününü aydınlatma yöntemi, POF'un ışık geçiren kısmının yüzeyini bozarak toplam yansıma karakterini bozar (Derick and Snyder Jr, 1967).

1979 yılında Maurice Daniel, fiber optik elemanların kumaşın iplikleri olduğu fiber optik aydınlatmalı bir kumaş sağlamak için çalışmıştır. Bu buluşun bir diğer amacı da fiber optik tabanlı giysi aydınlatması için bir yöntem sağlamaktır. Önceki buluş, aydınlatma için POF'u bir tekstil ürününe entegre etmeyi ve POF'un tekstil ürününe ilişkin ışık ileten kısmını göstermeyi amaçlıyordu. Ancak bu çalışmada, aydınlatmanın homojenliğini göstermek öncelikli amaçtı. Buluş, çözgü ve atkı gibi bir kumaşın geleneksel fiberlerinin yerine POF'un dahil edilmesiyle ilgiliydi. Buluşun bir sonucu olarak, aydınlatma, ısı veya güneşlenme için kullanılabilen fiber optiklerin uygulandıkları kumaşa dokunduğu iddia edildi (Daniel,1979).

1988 yılında Jeffery R. Parker, genel olarak tanımlanan türde bir ışık yayan panelin optik verimliliğinin nasıl artırılacağını ve ayrıca daha yüksek bir ışık çıkışı üreten böyle bir ışık yayan panelin nasıl sağlanacağını araştırdı. Normalde, bir POF'un bir ucuna giren ışık, bir kayıp yaşadıktan sonra diğer uçtan çıkar. Ancak, optik fiberin yüzeyi çizilirse veya bazı noktalarda bükülerek deforme olursa, bu noktalarda ışık yayılacaktır. Panel, yayıcı yüzeyin bir veya her iki ucuna bağlı bir kablo veya ışık kanalı aracılığıyla uzaktaki bir ışık kaynağından yayıcı yüzeye iletilen ışık ile bir sıvı kristal veya başka bir cihaz için arka ışık olarak kullanım için idealdir (Parker, 1988).



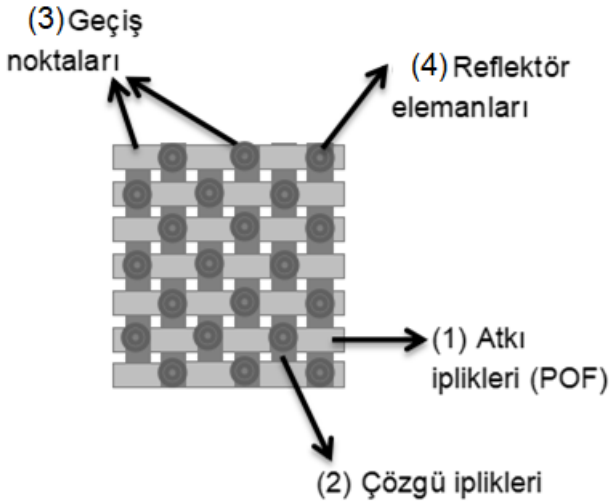
Şekil 2.1. Tekstil ağı ve POF (Brochie et al., 2006)

2007 yılında, Delphine Molhamme tarafından, çözgü ve atkı bağlayıcı ipliklerle dokunmuş çözgü ve/veya atkı optik fiberleri içeren ve söz konusu optik fiberlerin yanlara doğru ışık yayabildiği bir kumaş ağı ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Aydınlatma tertibatı, POF'un (3) bağlayıcı ipliklerle (4) birlikte dokunduğu bir tekstil ağından (2) oluşmaktadır. Özel uygulamaya bağlı olarak, POF (3) atkı yönünde düzenlenirken, bağlayıcı iplikler (4) çözgü yönünde düzenlenmiştir. Böyle bir tekstil ağı (2) içeren bir aydınlatma kompleksinin aydınlatma özelliklerini geliştirmek için, bağlayıcı iplikler (4) yerel olarak POF(3) ile dokunabilir. Bağlayıcı iplikler (4), optik fiberlerin ışık enerjisinin geçmesine izin verebilecek boş alanlar oluşturmak için bir "kumaş" örgüsü olarak iç içe dokunabilir. Tekstil ağı (2) sert bir altlığa tutturulur ve bir bağlama ara maddesi açısından bağlanır. Bu durumda, POF (3) yapıştırma ara maddesi (6) ile sürekli temas halindedir. Bu bağlayıcı ara madde (6) POF tarafından yayılan ışığın doğrudan yansıtılmasını sağlar (Brochier et al., 2006). Tekstil ağı ve POF Şekil 2.1'de görülebilir.

Optik fiberlerin iç kısmı polimetil-metakrilat (PMMA), polikarbonat (PC) ve Siklo-Olefin Polimerlerden (COP) oluşan gruptan seçilen bir malzemeden oluşabilir. Bağlayıcı iplikler, insan yapımı liflerden oluşan gruptan seçilen bir malzemeden dokunmuştur.

2013 yılında Thomas Franz ve arkadaşları cam fiberden oluşan ışıklı bir kumaş üzerinde çalışmışlardır. Buluşun amacı, mükemmel aydınlatma performansına ve ışıklı dokuma kumaşın tüm yüzeyi boyunca eşit parlaklığa sahip ışıklı bir dokuma kumaş üretmektir. Cam, görünür ışığa karşı son derece şeffaf bir malzemedir. Cam fiber kullanımı, ışıklı dokuma kumaşta ışık kaybını önlemeyi mümkün kılar ve böylece optik etkinliği ve parlaklığı artırır. Yapılan çalışmalara göre, 68 tex'lik çözgü ipliği olarak cam ipliklerden oluşan ışıklı dokuma kumaş ve atkı ipliği olarak 250 µm - 500 µm çapında PMMA/PTFE tarafından üretilen POF kullanılarak mükemmel aydınlatma seviyeleri elde edilmiştir. Dokuma tekstil destekleri, 8 ila 14 iplik / cm atkı yoğunluğu ile 4, 8 ve 12 demet saten örgü ile Şekil 2.2.'deki örgü tarafından üretilmiştir. Sonuç olarak, en iyi aydınlatma performansı 500 µm çapında ve en az 8 iplik/cm, tercihen en az 10 iplik/cm ve en iyisi en az 12 iplik/cm yoğunluğunda optik fiberler içeren dokuma tekstil destekleri ile elde edilir. Çözgü ipliği olarak boyutlandırılmış cam filamentlerin kullanılması, optik fiberlerin yoğunluğunu artırma olasılığını artırır (Franz et al.,2013).

Ayrıca 2013 yılında Hans-Joachim Kobek, tek tip ışık saçan tekstil kumaşı üretmek için çalışmıştır. Bilinen kendinden ışıklı kumaş ayrıca, esasen ikinci katmanın üzerinde yer alan ve bir difüzör katmanı olarak işlev gören üçüncü bir şeffaf iplik katmanı içermektedir. Kendinden ışıklı kumaşın bu bilinen düzenlemesi ile kumaşın tüm yüzeyinde tek tip bir ışık izlenimi elde edilir. Şeffaf veya kısmen şeffaf liflerin bu düzenlemesini kontrol etmek zordur ve ayrıca ışık bağlama türüne bağlıdır. Işık yayan yüzeyin parlaklığı yetersizdir çünkü ışık yayan iplikler her yönde ışık yayar ve tek bir yönde belirli bir ışık yayımı yoktur. Yayılan ışığın ışık yayan tarafa yüksek parlaklık ve düzgün bir ışık izlenimi ile yönlendirilmesini sağlayan bir ışık dekuplaj yapısı yoktur. Amaç, ışığın hedeflenen yansıması için ışıldayan tekstilin yüzeyinin en az bir tarafına basılan ve böylece ışık yönlendirici elemanlara yapışan yansıtıcı elemanlarla bir ışık ayrıştırma yapısı ile elde edilir. Bu ışık kılavuz kumaşı POF içerir. Işıldayan tekstilin bir tarafında, yansıtıcı elemanlar yüzeye dağıtılır ve esnek olan ve bu nedenle ışıldayan tekstilin esnekliğinden ödün vermeyen bir kaplama işleminde ışıklı tekstilin ipliklerinin yüzeyine yapıştırılır ve bu yansıtıcı elemanlar fibere yayılan ışığı yansıtır. Şekil 2.2'de POF(1) olarak atkı iplikleri (1), çözgü iplikleri (2), atkı ve çözgü ipliklerinin kesişme noktası-geçiş noktaları (3) ve reflektör elemanları (4) ile gösterilmiştir. Sonuç olarak, buluş öncelikle eşit derecede parlak, homojen bir yüzey oluşturulmasından ibarettir (Kobek, 2013).



Şekil 2.2. Reflektör elemanlı kumaş (Kobek, 2013)

2014 yılında, esnek bir ışık yönlendirici optik fiber kumaş Zhou Leijing tarafından Ningbo Jingzhi Electronic Technology Co. Shenzhen, Guangdong/Çin'de çalışılmıştır. Buluş, esnek bir ışık ileten optik fiber kumaşı mümkün kılmaktadır. Atkı iplikleri PMMA optik fiberin dönüşümlü olarak kullanılmasıyla oluşturulurken, çözgü iplikleri yaygın ipliklerden oluşmaktadır. POF'un çapı 0.2 mm - 0.8 mm'dir. Bu fiber optik kumaş, 8, 16 numara saten dokuma ile atkıya adapte edilmiştir. Esnek ışık ileten POF kumaşın uygulaması, ev tekstili, elbise süslerini içerir (Leijing, 2014).

2015 yılında Jiangsu/Çin'de Leng Jianjun, POF ve ışık saçan kumaşlar konusunda çalışmıştır. Bu çalışmada, ışıldayan tekstiller, POF olarak atkı ipliklerinin iç içe geçirilmesiyle oluşturulmuştur. Kumaştaki POF dokuma tezgahında dokumaya tabi tutulur ve polimer optik fiber bağlandıktan ve belirli bir ışık kaynağı ile birleştirildikten sonra polimer optik fiber ışıklı kumaş oluşturur. Çözgü ipliği 120-300 tex suni ve sentetik fiber hat yoğunluğuna sahip iplik, atkı ipliği POF ve ışık kaynağı 5 mm mavi LED'dir. Kumaş aşağıdaki özelliklere sahiptir: Atkı sıklığı ve kalınlığı 10 cm'de 250'dir. POF'un dokuma şeklinin bir sonucu olarak, kolayca kırılmaz ve ondan yapılan ışıklı kumaş, yüksek parlaklık ve uzun hizmet ömrü özelliklerine sahiptir (Fang and Jianjun, 2015)

2021 yılında Benjamin Mohr ve Niklas Stracke, fiber optik kumaş hazırlamaya yönelik bir cihaz ve yöntem üzerinde çalışmışlardır. Buluşun amacı, fiber optik bir kumaşın mümkün olan en basit ve en esnek şekilde hazırlanmasını mümkün kılan bir cihaz ve yöntem sağlamaktır, böylece ışık fiber optik kumaşa verimli, esnek ve kontrollü bir şekilde dahil edilebilir. Işık yönlendirici kumaşın genişliği boyunca, ışık yönlendirici liflerin açıkta kalan uç kısımlarının uzunluğu da değişebilir. Buluşa dayalı cihazın önemli avantajı, ışık ileten liflerin uç kısımlarının ne ölçüde açıkta kalacağının, tarama cihazının tasarımı veya tarama elemanı ile besleme cihazının göreceli hareketi ile kumaştan bağımsız olarak belirlenebilmesidir (Mohr and Stracke, 2021).

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Yumuşak Eğirme (Melt-Spinning)

3.1.1. Yumuşak Eğirme Ön Denemeleri

Bu bölümde, tez çalışması sırasında üretilmiş olan POF ile ilgili dokuma denemeleri ve POF üretimi için kullanılan materyal ve metotlar açıklanmaktadır.

POF'un nihai üretim denemelerinden önce, farklı malzeme türlerinin POF olarak nasıl davrandığını göstermek için ön denemeler yapılmıştır. Bu ön denemeler, sonraki denemeler için kullanılacak malzemelerin sınıflandırılmasını ve seçeneklerini azaltmak, nihai denemeler için malzemeleri tanımlamak ve fiber üzerinde uygun zayıflamaya sahip olmak için nihai denemelerin üretim yöntemlerini geliştirmek için yapılmıştır.

Ön denemeler için POF üretimi, RWTH ITA'da Fourné Polymertechnik GmbH, Alfter markası tarafından iki bileşenli (bicomponent) yumuşak eğirme hattı "kleine-BiKo" da gerçekleştirilmiştir. İki bileşenli fiber üretimi için çekirdek (core) malzemesi olarak PMMA ve kaplama (cladding) malzemesi olarak PVDF, PLA (polilaktik asit), PMP (polimetilpenten) ve PP (polipropilen) kullanılmıştır. Malzemelerin kaliteleri ve ilgili bilgiler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

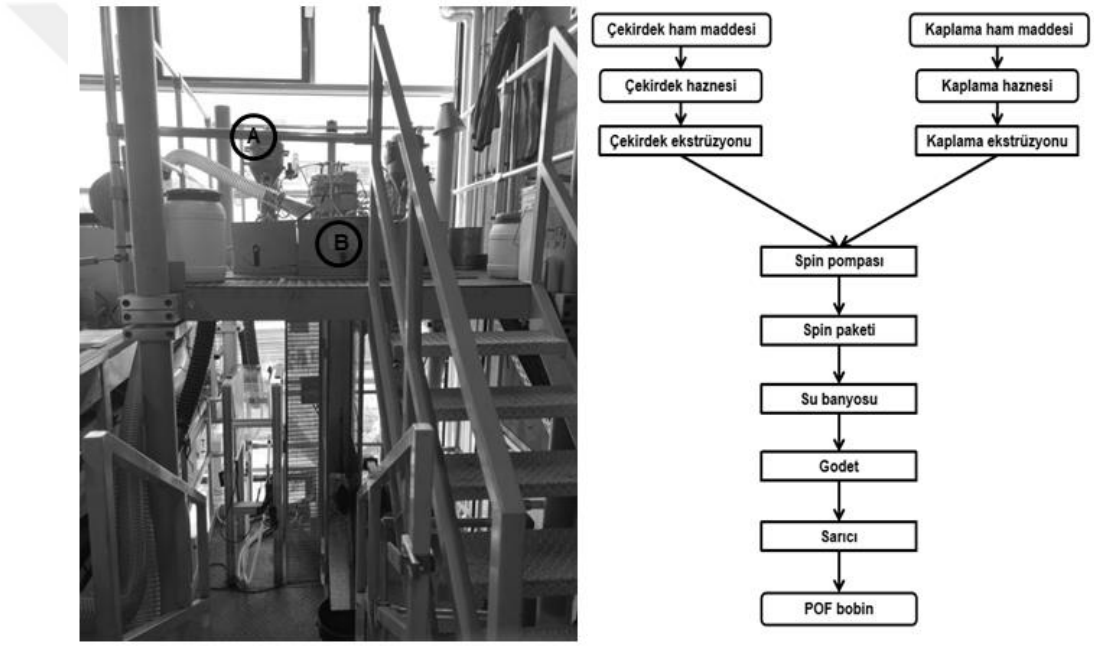
Çizelge 3.1. POF üretimi için malzemelerin özellikleri

Malzeme	**PMMA**	**PVDF**	**PMP**	**PLA**	**PP**
Sınıf	Plexiglas 7N	Solvay Solef 1008	MX 002	Ingeo 6202D	Sabic 513A
Yoğunluk	1.19 g/cm^3	1.68 g/cm^3	0.834 g/cm^3	1.24 g/cm^3	0.905g/cm^3
Camsı geçiş sıcaklığı (T_g)	110 °C	-67 °C	23-50 °C	55-60 °C	-25°C
Erime sıcaklığı (T_m)	220-260 °C	158-200 °C	224 °C	220-240 °C	120-176 °C
Kırılma indisi (RI)	1.49	1.42-1.49	1.46	1.35-1.45	1.49
Işık geçirgenliği	92 %	85-94 %	93 %	2.2 %	----
Kristalite	Amorf	Yarı kristal (%50 Amorf)	Yarı kristal (%55-85)	Yarı kristal (%65)	Yarı kristal (%3,2-67)

Yukarıda da açıklandığı gibi PMMA, amorf olan kristalliği, kırılma indisi ve geçirgenlik özellikleri nedeniyle çekirdek (core) malzeme olarak kullanılacaktır. PMMA'nın şeffaflığı, ışık

transferi için kullanılacağından POF üretimi için çok önemlidir. Bu nedenlerden dolayı, kaplama (cladding) malzemelerinin seçimleri POF üretmek için kullanılan çekirdek (core) malzemeye göre yapılır. Bölüm 1'de açıklandığı gibi, toplam iç yansımanın işlemini sağlamak için çekirdek (core) malzemenin kırılma indisi kaplama (cladding) malzemesinin kırılma indisinden daha yüksek olmalıdır. Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi, PVDF, PMP ve PLA olan kaplama (cladding) malzemeleri daha düşük kırılma indislerine sahiptir ve PP, PMMA ile eşit kırılma indisine sahiptir. Polimerler amorf bölgede saydam, kristal bölgede ise yarı saydam ve opak özellikler gösterir. Bu nedenle kristallik, şeffaflığını kaybetmesi durumunda kristalin bölgeye geçmemek için bu malzemelerin seçiminde önemli bir rol oynar. POF üretimi sırasında şeffaflığın kaybolduğu bir POF üretilmesi beklenmez.

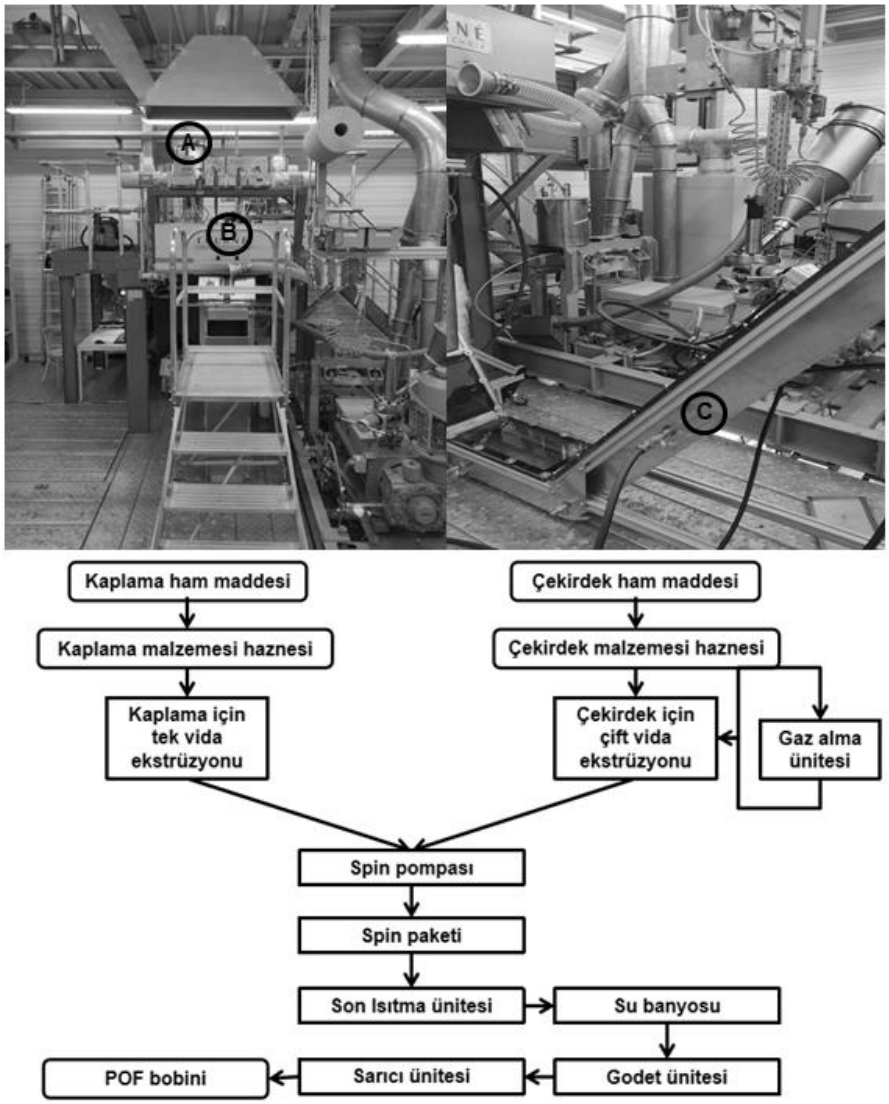
Ön denemeler için kullanılan üretim makinesi Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. RWTH ITA'daki Kleine BiKo (a) hazne (b) eğirme(spin) paketi

3.1.2. Yumuşak Eğirme Final Denemesi

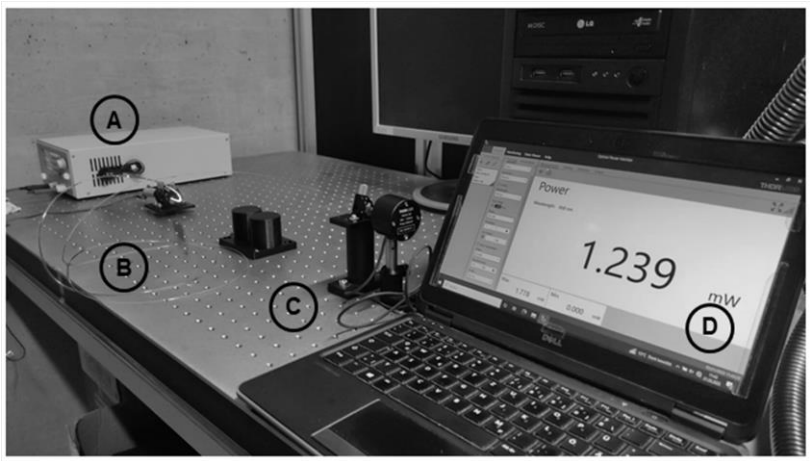
Ön deneme sonuçlarından elde edilen malzemelerle POF üretiminin eğirme son denemeleri RWTH ITA'da Fourné Polymertechnik tarafından "HT-BiKo" eğirme hattında üretilmiştir. Eğirme hattı Şekil 3.2'te gösterilmektedir. Sonuç olarak, PMMA, PMP ve PVDF malzemeleri dokuma için son bobinlerin üretiminde kullanılmıştır. Bu son deneme sadece seçilen malzemelerle dokuma için bir POF üretmeyi ve aynı zamanda mekanik ve fiziksel özellikleri bakımından iyi kalitede bir fiber üretilmesi de amaçlanmaktadır.



Şekil 3.2. RWTH ITA'daki HT BiKo eğirme hattı (a) hazne (b) eğirme paketi (c) su banyosu

3.2. Işık Zayıflaması (Attenuation) Ölçümü

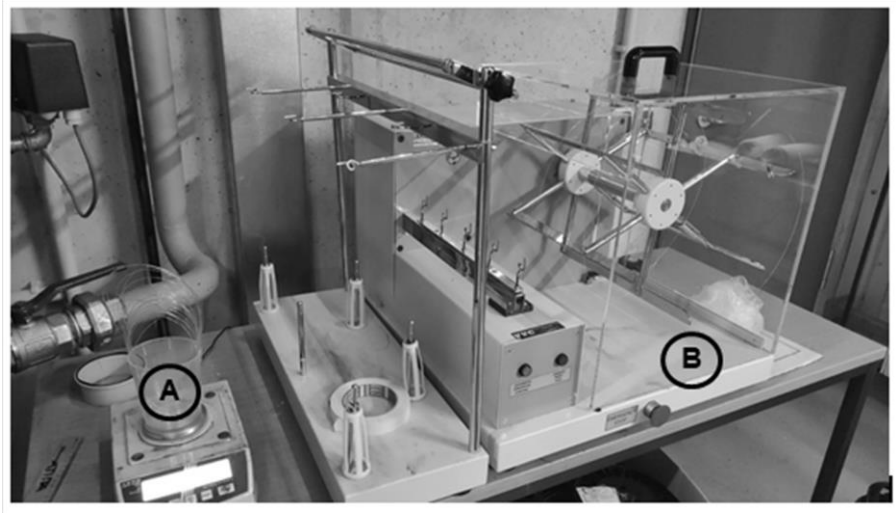
Fiber boyunca ilerleyen ışık yoğunluğunu değerlendirmek için bir ışık zayıflama ölçüm testi gerçekleştirilir. Bu test, fiber için kullanılacak optik fiber bağlı ışık kaynağı ve ışığın gücünü ölçmek için bir ışık dedektörü ile entegre küre ile gerçekleştirilir. WT&T Optik fiber bağlı LED kaynağı (Model LE1R-CE-Custimized) ışık kaynağı olarak, uygun PC'de Thorlabs optik güç monitörü uygulaması ve Thorlabs'tan ışık yönlendirici güç kamerası (Model PM16-140) ışık zayıflamasını ölçmek için kullanılır. Test ölçüm cihazlarının yerleşimi Şekil 3.3'te gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Zayıflama testi ölçüm cihazı yerleşimi. (a) LED ışık kaynağı (b) POF (c) Işık dedektörlü entegre küre (d) Fiberin güç göstergesi

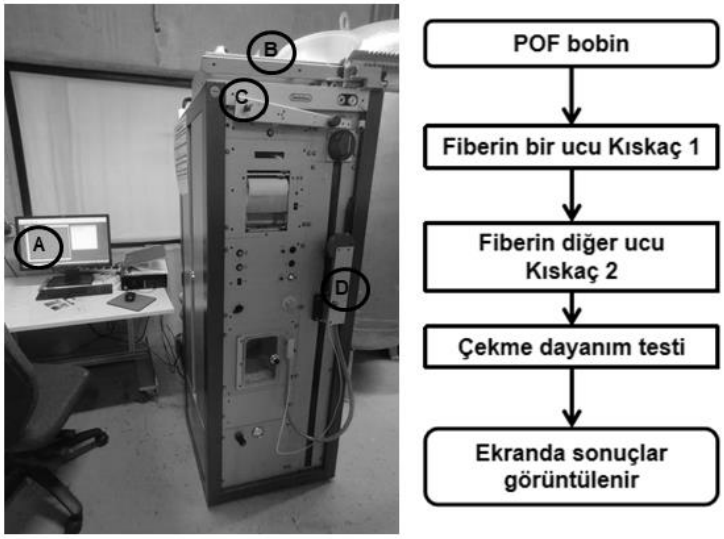
3.3. Çekme Mukavemeti Ölçümü

Çekme mukavemeti testi, fiberin ne kadar stres taşıyabileceğini kontrol etmek için uygulanmıştır. Teste başlamadan önce, her bir fiberin iplik numarası değerini bilmek gerekmektedir, bu da dtex cinsinden fiberin 10.000 metrede gram cinsinden ağırlığıdır. İplik numarası tayini için, çıkrık kullanılmıştır. Ancak çalışmada üretilen POF yuvarlanmaya ve bükülmeye karşı kırılgandır. Makinenin hızı, fiberin makinede kırılmasına ve onunla birlikte yuvarlanmasına neden olur. Bu nedenle, fiber uzunluğu şerit metre ile ölçülmüştür. Ölçüm cihazları Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3.4. İplik numarasını ölçmek için çıkrık ve terazi (a) terazi (b) çıkrık

Çekme mukavemeti testi, Textechno Gmbh'nin RWTH ITA'daki Statimat M1 model makinesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Çekme mukavemeti test cihazı Textechno Statimat M1 Şekil 3.5'te gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Çekme mukavemeti testi için Textechno Statimat M4 (a) ekran (b) POF bobini (c) statimat makinesi (d) kıskaçlar

3.4. Çapı 1 mm Olan Lifler İçin Yumuşak Eğirme (melt-spinning) Ön Deneme Çalışmaları

Eğirme parametreleri Çizelge 3.2.'de gösterilmektedir. Bu parametreler, ekstrüder bölgesinin sıcaklık profilleri, spin pompası hızı, ısıtma bölgesi, su sıcaklıkları ve çekme oranı vb. gibi çekirdek/kaplama malzemesi ile ilgili olarak üretilen fiber çapını göstermektedir.

Çizelge 3.2. 1 mm fiberin yumuşak eğirme işlemi parametreleri

	Bobin	**PMMA-PVDF (1mm)-C**	**PMMA-PVDF (1mm)-D**	**PMMA-PMP (1mm)**	**PMMA-PLA (1mm)**	**PMMA-PP (1mm)**
Polimer malzemesi	Çekirdek(core)	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA	PMMA
	Çekirdek(core) sınıfı	Plexiglas 7N	Plexiglas 7N	Plexiglas 7N	Plexiglas 7N	Plexiglas 7N
	Kaplama(cladding)	PVDF	PVDF	PMP	PLA	PP
	Kaplama(cladding) sınıfı	Solvay Solef 1008	Solvay XX	PMP MX002	Purapol L130	Sabic 513A
Kurutma	Çekirdek(core) zaman/sıcaklık	26 s-70 °C	26 s-70 °C	36 s-70 °C	36 h-70 °C	12 s-70 °C
	Kaplama(cladding) zaman/sıcaklık	yok	yok	yok	16s-70°C	yok
	Ortam sıcaklığı (°C)	20	20	20	20	20
Sıcaklık profilleri Çekirdek (Core)	Isıtma bölge 1 (°C)	205	205	205	205	205
	Isıtma bölge 2 (Ext) (°C)	215	215	225	225	225
	Isıtma bölge 3 (°C)	230	230	235	235	235
	Isıtma bölge 4 (Probe başı) (°C)	240	240	245	245	245
	Isıtma bölge 5 (Melt borusu) (°C)	250	250	255	255	255
	Isıtma bölge 6 (Pompa ünitesi) (°C)	250	250	250	250	250
Sıcaklık profilleri Kaplama(cladding)	Isıtma bölge 1 (°C)			245	200	
	Isıtma bölge 2 Ext) (°C)			255	210	
	Isıtma bölge 3 (°C)			270	220	
	Isıtma bölge 4 (Probe başı) (°C)			270	230	
	Isıtma bölge 5 (Melt borusu) (°C)			290	240	
	Isıtma bölge 6 (Pompa ünitesi) (°C)			290	240	
	Isıtma bölge 7 (Spinning head) (°C)			290	255	
Ekstrüder	Basınç (Core Ext) (bar)	35	35	35	35	35
	Basınç (Cladding Ext) (bar)	30	30	30	30	30
Proses parametreleri	Nozül çağo (mm)	3.5	3,5	3,5	3,5	3,5
	Core spin pompası (cm^3/u)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Core spin pompa hızı (rpm)	14,7	7,1	14,7	14,7	14,7
	Cladding spin pompası (cm^3/U)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
	Cladding spin pompa hızı (rpm)	5	5	5	5	5
	Godet ünitesi (m/min)	23,2	23,2	23,2	23,2	23,2
	Sarıcı (m/min)	23,5	23,5	23,5	23,5	23,5
	Isıtma bölümü sıcaklığı (°C)	135	135	135	135	135
	Soğutma havuzu sıcaklığı (°C)	60-54	60-54	20	20	20

Kurutma işlemi, özellikle çekirdek (core) malzemenin kurutma işlemi, polimerin içindeki nemi uzaklaştırdığı için iyi kalitede bir nihai ürün elde etmek için hayati önem taşımaktadır. Polimerlerin içinde nem bulunur ve bu nem kurutma işlemi ile alınmazsa, eğirme işlemi sırasında kirliliklere neden olabilir ve fiber boyunca özelliklerin stabilizasyonuna zarar verebilir ve nihai ürünün kalitesini etkileyebilir.

Isıtma bölgesinin sıcaklık profilleri malzemelerin erime sıcaklığına göre ayarlanır. Sarma ünitesinin hızını, su banyosu sıcaklığını ve sarıcı ünitesini içeren proses parametreleri, 1 mm ve 0,5 mm olmak üzere kullanılacak fiberin istenen çapına göre ayarlanır.

Yarı kristal kaplama malzemeleri nedeniyle; su banyosu sıcaklığı, eğirme kafasından çıktığında fiberin hızlı bir şekilde soğumasını sağlamak için düşük bir sıcaklık değerine ayarlanır. Çünkü hızlı soğutma hızında kristalleşme engellenir, bu nedenle fiberin şeffaflığı kaybolmaz ve opak fiber elde edilemez. Ancak daha yavaş soğutma hızında, kristalleşme daha belirgin bir şekilde oluşur. Bu durumda, çekirdek ve kaplama malzemeleri, POF kullanımında uygun olmayan opak özelliklere dönüştürülebilir.

3.4.1. Çapı 1 mm Olan Fiber İçin Işık Zayıflaması Testi Ölçümü

Her bir fiberin zayıflamasının ölçülmesine 2 m uzunluğundaki fiberin bobinlerden kesilmesiyle başlanır. Uzunluğu 2 m olan fiberin başlangıç ve bitiş noktalarının yüzeyleri zımpara kağıdı kullanılarak düzleştirilir ve parlatılır. Daha sonra ultrasonik banyo, ultrason (süpersonik dalga) ve temizleme solventi kullanılarak kir partiküllerini fiberden hızla ve tamamen uzaklaştırmak için kullanılır. Her fiber 60 °C sıcaklıkta üç dakika boyunca banyoya tabi tutulmuştur. Ölçüm, yüzey pürüzsüzleştirildikten ve temizleme işleminden sonra iki metre uzunluğundaki fiber ile başlatılır. Ardından, fiberin başlangıç noktası LED ışık kaynağına ve fiberin uç noktası bir ışık dedektörü ile güç ölçümü entegre küresine bağlanır. Fiber, ortadaki mod karıştırıcıdan on kez geçirilerek fiber üzerinde bir bükülme etkisi yaratılır ve bu da bir denge modu dağılımı oluşturur. Daha sonra, PC'deki Thorlabs optik güç ölçüm uygulaması fiberden geçen ışık gücünü ölçmek için kullanılır ve sonuç bir ekranda görülür.

Aynı zamanda, ölçüm cihazının doğruluğu ve hassasiyeti de doğru sonuçlar almak için denenir. Fiber, bir güç ölçüm kamerasında beş kez içeriden dışarıya çekilir. Sonuçlar ekranda görüldükten sonra, ışığın gücünün mesafeden nasıl etkilendiğini görmek için 0,2 metrelik bir fiber parçası kesilir. Fiberin başlangıç noktası, yeniden kurulum işlemi nedeniyle herhangi bir ölçüm bozukluğuna neden olmamak için LED ışık kaynağının içinde kalır. Bununla birlikte, her bir fiberin bitiş noktası, her kısaltma işleminden sonra tekrar tekrar zımparalama ve ultrasonik banyo ile işlenir. Bu ölçüm, fiber boyutu yaklaşık 2, 1,8, 1,6, 1,4, 1,2 ve 1 metre uzunluğunda kısaltılarak beş kez gerçekleştirilir ve ekranlardaki güç ölçümü toplanır.

Toplanan güç ölçümü ile zayıflama ölçümü, Bölüm 2'de açıklanan 2.3. denklemi ile ele alınmaktadır. Ölçüm, aynı bobin üzerindeki fiberin doğruluğunu ve hassasiyetini de görmek için

aynı bobin üzerinden iki kez yapılır. Bu şekilde, masura boyunca fiber stabilizasyonunu kontrol etmek için bazı sonuçlar da verebilir.

3.5. Çapı 0,5 mm Olan Lifler İçin Eğirme (Melt-Spinning) Ön Denemeleri

Seçilen malzemeler ile POF üretimi ilk olarak RWTH ITA'da Fourné Polymertechnik markası tarafından "Klein-BiKo" üzerinde gerçekleştirilmiştir ve Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Eğirme parametreleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Çizelge sadece bir önceki Çizelgedan farklı parametre değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.3. 0,5 mm liflerin eğirme işlemi parametreleri

	Bobin	PMMA-PVDF - A2 (0.5 mm)	PMMA-PLA – 2 (0.5 mm)	PMMA-PMP - 1 (0.5 mm)	PMMA-PMP - 2 (0.5 mm)
	Çekirdek (core) spin pompa hızı (rpm)	7	7,1	7,1	7,1
	Kaplama (cladding) spin pompa hızı (rpm)	5,2	5,2	5,2	5,2
	Godet ünitesi (m/min)	49,5	49,3	49,3	49,3
	Sarıcı ünitesi (m/min)	49,5	49,5	49,5	49,5

Isıtma bölgesinin sıcaklık profilleri, malzemelerin erime sıcaklık noktalarına göre ayarlanır. Sarma ünitesinin hızı, su banyosu sıcaklığı ve sarıcı ünitesini içeren proses parametreleri, kullanılacak olan 0,5 mm'lik fiber çapına göre ayarlanır. Fiberlerin 0,5 mm çapında üretilmesinin nedeni, POF üretiminin gelecekteki nihai denemeleri için fiber zayıflama ölçümünün fiber çapından nasıl etkilendiğini kontrol etmektir. Yukarıda gösterilen parametrelere göre bobinler hazırlanmış ve zayıflama ölçümü için doğrudan gerçekleştirilmiştir.

3.5.1. Çapı 0,5 mm Olan Fiberler İçin Işık Zayıflama Testi Ölçümü

Ölçüm prosedürü 0,5 mm çapındaki lifler için aynı kalmıştır. Her bir bobinin 0,5 mm fiberlerin zayıflama ölçümü, ortalaması ve standart sapması ekte gösterilmiştir. Son denemeler PMMA, PMP ve PVDF malzemeleri ile yapılacaktır.

3.6. Çapı 0,75 mm Olan Lifler İçin Eğirme (Melt-Spinning) Final Denemesi

Fiberin içinde kabarcıklanma veya yumru oluşumu meydana gelmesi, bu son denemelerde makinedeki gaz alma ünitesinin nasıl etkilediğini görmek için denenmesine neden oldu. Gaz alma ünitesi, polimer eriyiği içindeki tüm sıkışmış gazları vakumlamak ve üretim sırasında bunları çıkarmak için kullanılır. Ayrıca, son ısıtma ünitesi, fiberin mukavemeti gibi mekanik özelliklerini nasıl etkilediğini kontrol etmek için denemeler sırasında düzenlenmiştir.

Denemeler sırasında, PMMA-PVDF, PMMA-PMP ve PMMA-PMMA malzeme kombinasyonlarıyla, gaz alma ünitesini açma ve kapama seçeneği ile 40°'lik bir başlangıç noktasından 70°'ye ve ardından 120°'ye kadar artan son ısıtma sıcaklıklarına göre on yedi bobin üretilmiştir. PMMA-PVDF (Bobin 1 ve 2 numara grupları) , PMMA-PMP (Bobin 3 ve 4 numara grupları) ve PMMA-PMMA (Bobin 5 numara grubu) olmak üzere 3'lü gruplar halinde bir çift malzeme ile toplam altı kombinasyon elde edilmiştir. Her bir kombinasyonla ilgili ayrıntılı parametreler Çizelge 3.4., 3.5. ve 3.6.'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.4. PMMA-PVDF bobinler için üretim parametreleri

		Bobbin	Bobbin 1	Bobbin 1.2	Bobbin 2.1	Bobbin 2.2	Bobbin 2.3
Polimer malzemesi	Çekirdek	Çekirdek malzemesi	PMMA				
		Çekirdek sınıfı	Plexiglass 7N				
	Kaplama	Kaplama malzemesi	PVDF				
		Kaplama sınıfı	Innoflar 1005				
Kurutma	Zaman/ sıcaklık	Çekirdek (s/°C)	24s / 70°C				
		Kaplama (s/°C)	yok				
		Ortam sıcaklığı (°C)	20				
Sıcaklık profili Çekirdek (Core)	Ekstrüder	Isıtma bölgesi 1 (°C)	205				
		Isıtma bölgesi 2 (°C)	215				
		Isıtma bölgesi 3 (°C)	225				
		Isıtma bölgesi 4 (°C)	245				
		Isıtma bölgesi 5 (°C)	255				
		Isıtma bölgesi 6 (°C)	255				
		Isıtma bölgesi 7 (°C)	255				
		Isıtma bölgesi 8 (°C)	255				
		Isıtma bölgesi 9 (°C)	255				
		Isıtma bölgesi 10 (Melting line) (°C)	255				
Sıcaklık profili Kaplama (Cladding)	Ekstrüder	Isıtma bölgesi 1 (°C)	190				
		Isıtma bölgesi 2 (°C)	205				
		Isıtma bölgesi 3 (°C)	215				
		Isıtma bölgesi 4 (°C)	225				
		Isıtma bölgesi 5 (°C)	235				
		Isıtma bölgesi 6 (°C)	235				
		Isıtma bölgesi 7 (Melting line) (°C)	235				
		Isıtma bölgesi 8 (Spinning head) (°C)	250				
Ekstrüder		Basınç (Core Ext) (bar)	35-40				
		Basınç (Cladding Ext) (bar)	80				
Gaz alma ünitesi		Açık/kapalı	K	K	A	A	A
Proses parametresi		Nozül çapı (mm)	4,5				
		Çekirdek spin pompası (cm³/U)	2,4				
		Çekirdek spin pompa hızı (rpm)	5,50				
		Cladding spin pompası (cm³/U)	2,4				
		Cladding spin pompa hızı (rpm)	5				
		Godet unitesi (m/min)	50				
		Sarıcı (m/min)	50				
		Ara ısıtma sıcaklığı (°C)	40	70	70	120	40
		Su banyosu sıcaklığı (°C)	60-65				

Yukarıdaki Çizelge 3.3'ten görüldüğü gibi, bu parametreler sadece PMMA-PVDF bobin kombinasyonunu göstermektedir. Gaz alma ünitesi modunun açık veya kapalı olması ve ısıtma sonrası sıcaklığın 40°-120°C arasında değişmesi haricinde tüm ekstrüder parametreleri aynıdır. Çizelge 3.5. ve 3.6. sadece yukarıdaki önceki parametrelerden farklarına göre parametreleri göstermektedir. Detay Çizelgeları ekte görülebilir.

Çizelge 3.5. PMMA-PMP bobinleri için üretim parametreleri

		Bobbin	Bobbin 3.1	Bobbin 3.2	Bobbin 3.3	Bobbin 4.1	Bobbin 4.2	Bobbin 4.4
Polimer malzemesi	Kaplama	Kaplama malzemesi	PMP					
		Kaplama sınıfı	MX 002					
Kurutma	Zaman/ sıcaklık	Kaplama (s/°C)	yok					
		Ortam sıcaklığı (°C)	20					
Sıcaklık profilleri Kaplama (Cladding)	Extruder	Isıtma bölgesi 1 (°C)	235					
		Isıtma bölgesi 2 (°C)	245					
		Isıtma bölgesi 3 (°C)	260					
		Isıtma bölgesi 4 (°C)	260					
		Isıtma bölgesi 5 (°C)	280					
		Isıtma bölgesi 6 (°C)	280					
		Isıtma bölgesi 7 (Melting line) (°C)	270					
		Isıtma bölgesi 8 (Spinning head) (°C)	260					
Ekstrüder		Basınç (Core Ext) (bar)	35-40					
		Basınç (Cladding Ext) (bar)	80					
Gaz alma ünitesi		Açık/Kapalı	K	K	K	A	A	A
Proses parametreleri		Ara ısıtma sıcaklığı (°C)	40	70	120	120	70	40
		Su banyosu sıcaklığı (°C)	60-65					

Çekirdek polimer malzemesi, çekirdek için kurutma işlemi, ortam sıcaklığı, çekirdek için sıcaklık profili, hem çekirdek hem de kaplama için ekstrüder basıncı, çekirdek / kaplama için döndürme pompası hızı, alma ünitesi ve sarıcı hızı gibi işlem parametreleri tüm denemeler için aynı kalır. Çekirdek ve kaplama için ısıtma bölgelerinin sıcaklıkları, kullanılacak malzemelerin erime sıcaklığına bağlıdır. Tüm denemeler, gaz alma ünitesi modu açık ve kapalı iken 40-70-120°C arasındaki son ısıtma sıcaklıkları dışında temel olarak aynı koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Çapı 0,25 mm olan fiberlerın üretilmesi hedeflenmiştir, ancak sınırlı ve maksimum seviyedeki sarma ünitesi ve sarıcı nedeniyle kurulum sınırlıdır. Bu nedenle, tüm fiberler 0.75 mm çapında üretilmiştir. Toplam 17 adet bobin üretilmiş ve bunlar ölçüm zayıflaması ve gerilme mukavemeti açısından test edilmiştir.

Çizelge 3.6. PMMA-PMMA bobinleri için parametreler

		Bobin	Bobbin 5.1	Bobbin 5.2	Bobbin 5.3	Bobbin 5.4	Bobbin 5.5	Bobbin 5.6
Polimer malzemesi	Kaplama	Kaplama malzemesi	PMMA					
		Kaplama sınıfı	Plexiglass 7N					
Kurutma	Zaman/ sıcaklık	Kaplama (s/°C)	24s / 70°C					
Sıcaklık profilleri Kaplama (Cladding)	Extruder	Isıtma bölgesi 1 (°C)	205					
		Isıtma bölgesi 2 (°C)	215					
		Isıtma bölgesi 3 (°C)	220					
		Isıtma bölgesi 4 (°C)	225					
		Isıtma bölgesi 5 (°C)	230					
		Isıtma bölgesi 6 (°C)	240					
		Isıtma bölgesi 7 (Melting line) (°C)	250					
		Isıtma bölgesi 8 (Spinning head) (°C)	255					
Gaz alma ünitesi		Açık/Kapalı	K	A	A	K	K	A
Proses parametreleri		Ara ısıtma sıcaklığı (°C)	40	40	70	70	120	120
		Su banyosu sıcaklığı (°C)	60-65					

3.6.1. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Işık Zayıflama Testi Ölçümü

Ön denemelerden elde edilen sonuçlara göre, nihai denemelerin PMMA, PVDF ve PMP malzemeleri ile yapılmasına karar verilmiştir. Ölçüm prosedürü ve cihazlar 0,75 mm çapındaki lifler için aynı kalmıştır. Tüm bobinler için önceki zayıflama ölçümünde olduğu gibi aynı prosedürler uygulanmıştır.

3.6.2. Çapı 0,75 mm Olan Lifler İçin Çekme Mukavemeti Testi Ölçümü

Bu fiberler bir dokuma makinesinde kullanılacağından, son denemelerinin çekme mukavemeti değerlendirilmiştir. Dokuma makinesinde, fiberler atkı besleme motoru, üzerindeki atkı besleme motoru üzerinde yuvarlanan fiber ve rapier vb. nedeniyle çok fazla strese maruz kalmaktadır.

Fiber bobinden 10 metre uzunlukta kesilir ve ağırlığı Şekil 3.5'te gösterilen hassas terazi ile ölçülür. Terazi, 10 metreye göre gram cinsinden fiber ağırlığının bir sonucunu verir. Daha sonra, fiberin dtex değerini bulmak için verilen sonuç 1000 ile çarpılmalıdır. Bu ölçüm, son denemeler için üretilen her bir bobin için yapılır.

Fiber, başlangıç ve bitiş noktalarından 250 mm uzunluğunda kıskaç yardımı ile tutturulur. Daha sonra fibere kuvvet uygulanır. Statimat'ın bilgisayar yazılımından, dtex, sıkıştırma uzunluğu ve ölçüm kapsamı gibi bir ölçüm elde etmek için tüm parametreler yazılır. Daha sonra, çekme mukavemetini ölçmek için makine manuel veya otomatik olarak çalıştırılır. Fiber, uygulanan kuvvet tarafından kırılana kadar alt kıskacın hareketi ile gerilir. Fiberin koptuğu nokta çekme mukavemeti test sonucunu verir.

Çekme testinde iki ayrı ölçüm yapılır. Birincisi, mekanik özelliklerini öğrenmek için fiberin gerilme mukavemeti için ele alınır. Bu test, fiber üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan doğrudan fiberin iki sıkıştırma ünitesi arasına yerleştirilmesiyle gerçekleştirilir. Diğeri ise yaklaşan dokuma denemeleri için ele alınmaktadır. Bilindiği gibi fiber, seçilen dokuma desenine bağlanacak atkı ve çözgü ipliği nedeniyle bükülmeye maruz kalır. Bu bükülme etkisi Textechno Statimat M1 üzerinde fiberi üç kez düğüm şeklinde bağlayarak dokuma sırasında çekme mukavemetinin nasıl gösterdiğini ve bükülmeden nasıl etkilendiğini kontrol etmek için sağlanır. Bu yöntem, ilmek veya düğüm konfigürasyonlarında üretilen tekstil liflerinin mukavemetini kırmak için standart bir test yöntemi olan ASTM D3217-07'ye göre kullanılır. Bu ölçüm, dokuma denemeleri için uygun fiberi seçmek üzere gelecek dokuma denemelerine rehberlik eder. Normal çekme testi ve düğüm çekme mukavemeti testi ölçüm yöntemi Şekil 3.6'da görülmektedir.



Şekil 3.6. (a) Çekme mukavemeti (b) Düğüm çekme mukavemeti testi

Tipik olarak, düğüm gerilme mukavemeti testi için fiber üzerinde sadece bir düğümün yuvarlanması amaçlanmıştır. Ancak, fiber esnekliği nedeniyle, makine fiber boyunca tekli düğüm oluşumunu algılayamamış ve herhangi bir sonuç vererek farkı tespit edememiştir. Bu nedenle, lif boyunca düğüm oluşumunun tanınabilmesi, makinenin farklılıkları tespit edebilmesi ve bükülme etkisi için üç düğüm ile gerçekleştirilmiştir.

Normal çekme mukavemeti testi her bir bobin için on kez gerçekleştirilir ve on test sonucunun ortalaması alınır. Normal çekme mukavemeti testi için ölçüm kuvveti 100 Newton'dur. Düğüm gerilme mukavemeti testi her bir bobin için üç kez gerçekleştirilmiş ve üç test sonucunun ortalaması alınmıştır. Düğüm gerilme mukavemeti testi için ölçüm kuvveti 10 Newton'dur. Sıkıştırma mesafesi her iki ölçüm için 250 mm'dir. Dokumadaki stresi taşıyacak şekilde yapılacak dokuma denemeleri için düğüm/düğüm olmayan çekme testi oranının yüksek olması hassas bir konudur. Tabii ki, dokuma için yüksek bir düğüm-düğüm olmayan gerilme mukavemeti oranına sahip olmak yeterli değildir; bu yüksek oranı en düşük zayıflama ile eşleştirmek de önemlidir. Bu sonuç kombinasyonu, dokuma denemelerinden sonra üretilecek kumaşın parlaklığı için yol göstericidir.

3.7. Ticari Fiberlerin Üretilen Fiberlerle Karşılaştırılması

Eğirme(melt-spinning) işlemi sırasında, en düşük ışık zayıflamasına sahip uygun homojen kumaş üretmek amacıyla dokuma işlemi için en uygun fiberi kontrol etmek ve bulmak için farklı parametrelerle ilgili birçok deneme yapılmıştır. Denemeler sırasında 0.5 mm, 0.75 mm ve 1 mm çapında fiberler üretilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, 0.25 mm çapındaki en uygun fiberin dokuma işlemi için doğru eşleşme olduğu iddia edilmektedir. Sarıcı ve godet ünitesi sınırlamaları nedeniyle, bu çapta fiber elde edilememiştir.

RWTH ITA'da 0,25 mm, 0,5 mm ve 1 mm çaplarında bazı ticari fiberler bulunmaktadır. Işık zayıflama ölçüm testi ve çekme ve düğüm çekme mukavemeti testi, mekanik özelliklerini ve zayıflamalarını kontrol etmek ve sonuçları üretilen liflerle ilgili olarak yönlendirmek ve karşılaştırmak için ticari liflere uygulanmıştır. Ticari fiber verileri Çizelge 3.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.7.Ticari fiber verileri

POF	**Çap (mm)**	**Tip**	**Optik yapı**	**Çekirdek/ Kaplama**	**Organizasyon**
Asahi Kasei - SB 250	0.25	Uç yayıcı	SI	PMMA / Florlu Polimer	Asahi Kasei Corporation Tokyo/JAPAN
Jiangxi Daishing	0.25	Yan yayıcı			Jiangxi Daishing POF Co.,Ltd Provinoe/China
Toray- FB250	0.25				Toray Industries, Inc. -Japan
Diemount	0.5				Diemount Gmbh -Germany
Jiangxi Daishing	1				Jiangxi Daishing POF Co.,Ltd Provinoe/China

3.7.1. Ticari Fiberlerin Işık Zayıflaması Ölçümleri

Ticari lifler, üretilen liflerde olduğu gibi 2 metre uzunluğunda gerçekleştirilmiştir; liflerin noktaları zımpara kağıdı ile düzeltilmiş ve 60°C'de üç dakika boyunca ultrasonik banyoya alınmıştır. Bu ölçüm 2, 1.8, 1.6, 1.4, 1.2 ve 1 metre uzunluğundaki fiberlerin boyları kısaltılarak yapılmış ve ekranlardaki güç ölçümü toplanmıştır. Çapları 0,25 mm, 0,5 mm ve 1 mm olan ticari fiberlerin zayıflama ölçümü, her bir bobinin ortalama ve standart sapması ekte gösterilmiştir.

3.7.1. Ticari Fiberlerin Çekme Mukavemeti Ölçümleri

Ticari fiberlerin çekme mukavemeti testleri, sonuçları kontrol etmek ve üretilen fiberlerle karşılaştırmak için ele alınmıştır. Bu fiberleri ticari fiberlerle karşılaştırmak, rehberlik etmek ve gelecek dokuma denemeleri için sonuçların ne kadar yakın olduğunu görmek açısından önemliydi. RWTH ITA'daki Textechno Statimat M1 makinesi çekme mukavemeti testini gerçekleştiriyor. Parametreler ve yöntemler ticari fiberler için üretilen fiberlerle aynıdır. Tek fark, ticari fiberin düğüm testinin üç kez yerine sadece bir kez düğümlenmiş olmasıdır. Fiber ve çekme mukavemeti test makinesi, sonuç almak için fiberin bir kez düğümlenmesine izin verir.

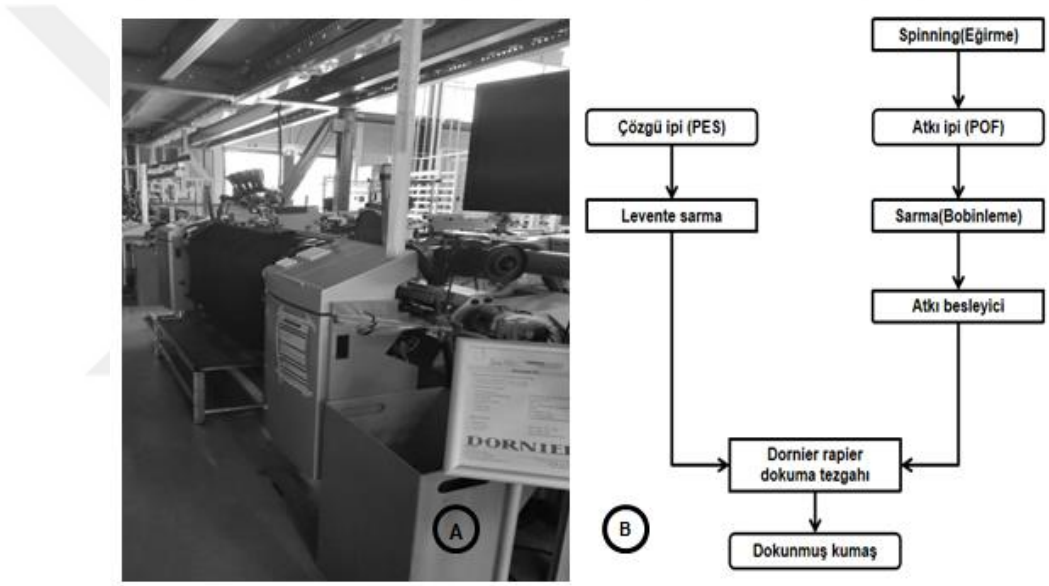
3.8. Dokuma

3.8.1. Dokuma Ön Denemeleri

Dokuma denemeleri, POF kumaşlar üzerinde hedeflenen parlaklık etkilerini kontrol etmek ve elde etmek için ele alınmıştır. Denemeler iki aşamada gerçekleştirilmiştir: birincisi ön

denemeler ve ikincisi nihai denemeler olarak gerçekleştirilmiştir. Dokuma işlemi, bir kumaş elde etmek için çözgü ve atkı ipliklerinin uygun desenle birleştirilmesidir. Makine sistemleri ve parçaları, ipliklerin uygun bağlanma sürecini elde eder. Bu nedenle, dokuma için kullanılacak ipliklerin yanı sıra çözgü ve atkılar için makine sistemleri, parçaları ve iplik beslemeleri, desenler de önemli bir rol oynar.

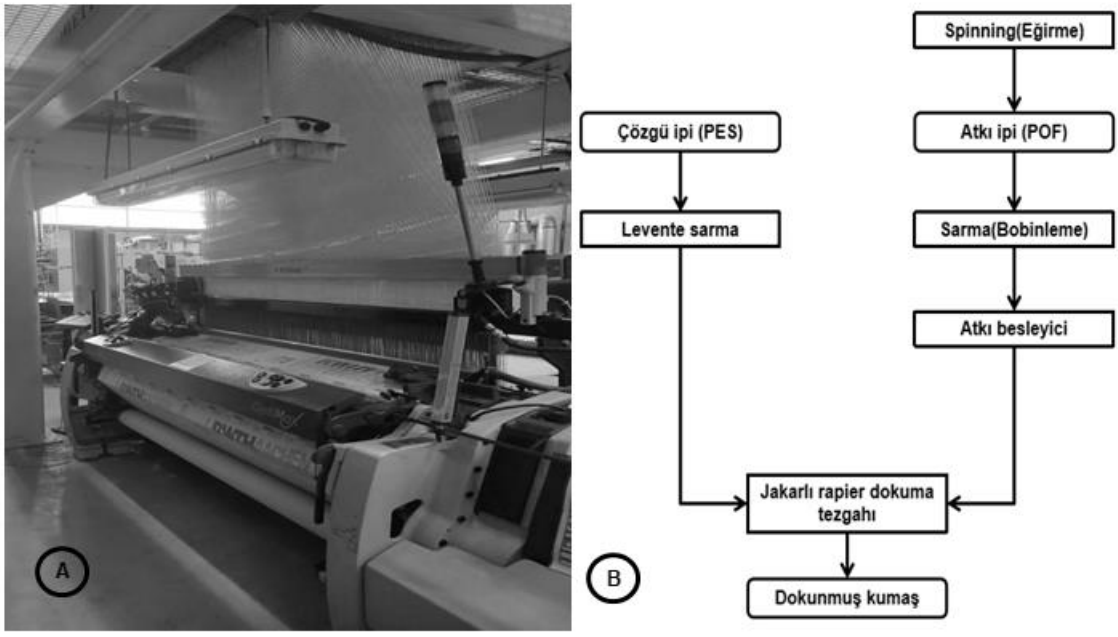
Dokumanın ön denemesi RWTH ITA'da Lindauer Dornier Gmbh tarafından Dornier P1 makinesi ile gerçekleştirilmiştir. Atkı ipliği İroab Gmbh'nin Picanol Luna X2 atkı besleyicisi tarafından beslenir ve fiber bir rapier sistemi ile tezgah boyunca taşınmaktadır. Dokuma tezgahı ve üretim akış şeması Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Atkı ipliği olarak Jiangxi Daishing'den 0,25 mm çapında ticari bir POF kullanılmıştır. Çözgü ipliği olarak Nm 60/2 siyah akrilik bazlı iplik (%65 Pyrotex siyahı, %33 Kermel siyahı, %2 belltron siyahı) kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Dokuma tezgahı ve dokuma akış şeması (a) dornier rapierli dokuma tezgahı (b) dokuma akış şeması

3.8.2. Dokuma Final Denemesi

Dokumanın ana denemesi RWTH ITA'da Picanol NV, Laper, Belçika tarafından üretilen jakarlı bir mekanizmaya sahip Jacquard Optimax-8-R 190 rapierli dokuma makinesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Atkı ipliği, İroab Gmbh tarafından üretilen Picanol Luna X2'nin atkı besleyicisi tarafından beslendi ve fiber, rapier sistemi ile dokuma tezgâhı boyunca taşındı. Jakarlı dokuma tezgahı ve üretim akış şeması Şekil 3.8'de gösterilmektedir.



Şekil 3.8**.** Jakarlı dokuma tezgahı (a) dokuma tezgahı (b) jakarlı dokuma tezgahının akış şeması

Final denemelerinde çözgü ipliği olarak eski TWD Fibres GmbH, Deggendorf, Almanya tarafından üretilen 167 dtex inceliğinde beyaz PET multifilament "DIOLEN" kullanılmıştır.

3.9. Parlaklık ölçümü

Işık kaynağı tarafından aydınlatılan bir POF kumaştan yanal olarak yayılan ışık miktarını kontrol etmek için bir parlaklık testi ölçümü yapılır. Test, Jadak Technology Gmbh tarafından üretilen PhotoResearch Tru-Image TRU8 model fotometrik ışık ölçüm kamerası ile yapılmıştır. Işık kaynağı Brochier Technologies tarafından LS100-W-1 modeli ile sağlanmıştır.

3.10. Ön Deneme Kumaşların Üretimi

Ön deneme, uygun dokuma için gerekli parametreleri elde etmek ve POF'un dokuma kumaştaki parlaklık üzerindeki doğrudan etkisini görmek için makine parçalarının dokuma üzerindeki etkilerini kısaltmak için yapılır.

POF'u sarmak ve dokuma kumaş oluşturmak için dokuma tezgahındaki rapierlere iletmek için bir atkı besleyici kullanılır. Atkı besleyicideki fiberlerin dokuma tezgahına düzgün bir şekilde iletilmesi için alüminyum plakalar vardır. Tipik olarak, kesikli elyaf iplikler gibi iplikler için uygundur. Bununla birlikte, alüminyum plakanın POF'un sertliği nedeniyle kaplama(cladding) tabakası yüzeyinde kusurlara neden olduğu ve alüminyum plakanın dokuma sırasında elyafa zarar verdiği düşünlmektedir. Fiberde çatlaklara neden olabilir, böylece kumaş üzerinde atkı kırılmaları görülebilir ve bu da parlaklığı etkiler. Atkı besleyici Şekil 3.9'da görülmektedir.



Şekil 3. 9. Atkı besleyici üzerinde alüminyum plaka (a) alüminyum plaka

Daha önce de belirtildiği gibi, dokuma atkı ve çözgü ipliklerinin birleştirme işlemidir. Bu nedenle, atkı ve çözgü sıklığı ve dokuma sırasındaki gerginlikleri kumaşın üretilmesinde önemli bir rol oynar. Gerginlik ve sıklık, kumaşın sağlamlığını oluşturdukları için çok önemlidir. Bunun yanı sıra, ipliklerin kumaş boyunca bükülmesi ve dokunması nedeniyle kırılmaları önlemek için sıklık ve gerginlikle ilgili bir desen oluşturmak da hayati önem taşır. Bu nedenle, POF dokuması için uygun sıklık ve gerginliği ve alüminyum plakanın etkilerini kontrol etmek ve bulmak için 18 farklı parametreye sahip toplam 18 kumaş üretilmiştir. Çizelge 3.8. dokuma ön denemelerinin parametrelerini göstermektedir.

Denemeler, alüminyum plaka ile ve alüminyum plaka olmadan atkı sıklığını artırarak ve çözgüyü azaltarak ele alınmıştır. Çözgü gerginliğinin daha düşük bir değere düşürülmesinin, atkı ipliğinin yüksek miktarda bükülme olmadan çözgü iplikleri arasından daha kolay geçmesini sağladığı ve atkı ipliğinde atkı kopması olmadan düzgün bir bağ oluşmasına yardımcı olduğu düşünülmektedir. Çözgü tansiyonu, atkılar daha fazla atılırken tarak hareketine direnmek için levent üzerindeki her bir çözgü ipliğine uygulanan kuvvet olarak ifade edilebilir. Atkılar ve çözgüler kumaş üretmek için bağlanırken net ve pürüzsüz bir yol nedeniyle düzenlenmiştir. Ayrıca, atkı ipliğinin yoğunluğunun arttırılmasının, parlaklık etkisini arttırmak için birbirleriyle kompakt ve bütünsel bir yapı elde etmesini sağladığı düşünülmektedir. Temel olarak, daha fazla POF ile dokumanın daha fazla ışık iletebileceği düşünülmektedir.

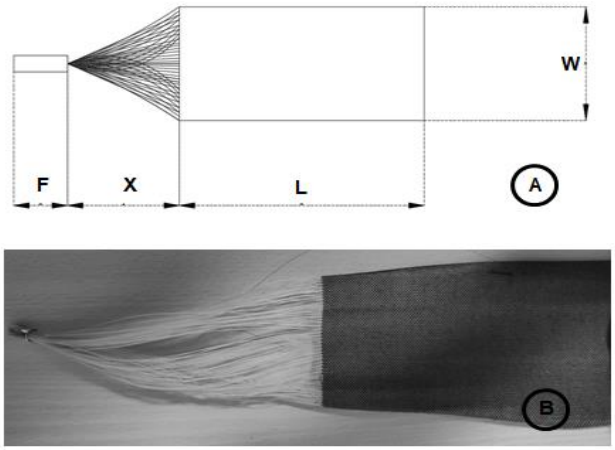
Denemeler sırasında, kumaşın 160 cm uzunluğunda 18 farklı parametreye sahip toplam 18 adet numune üretilmiştir. Parlaklık ölçümü için, her bir numune, demetleme işlemi için kumaş üzerinde ek bir uzunluk ile 11 cm yükseklik ve uzunlukta kesilmiştir.

Çizelge 3.8. Dokuma ön denemelerinin parametreleri

DORNIER RAPIER DOKUMA TEZGÂHI ÖN DENEMELER							
Deneme	Atkı ipi	Çözgü ipi	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözgü sıklığı (tel/cm)	Çözgü tansiyonu (cN/ip)	Atkı besleyici durumu	Desen
1	Ticari POF (D = 0.25 mm - Daishing)	Nm 60/2 siyah akrilik bazlı iplik (%65 Pyrotex siyahı, %33 Kermel siyahı, %2 belltron siyahı)	15	32	59	Alüminyum plakalı	3x3 Dimi
2			20				
3			25				
4			15		50		
5			20				
6			25				
7			15		40		
8			20				
9			25				
10			15		59	Alüminyum plakasız	
11			20				
12			25				
13			15		50		
14			20				
15			25				
16			15		40		
17			20				
18			25				

3.10.1. Dokuma Kumaşların Fiber Demetlenmesi

POF'un tekstile entegre uygulamalarda kullanılabilmesi için bir ışık kaynağına ihtiyacı vardır. Ancak kumaşın atkı sıklığı ve yüksekliğine göre dokuma ve kumaş oluşturma işleminden sonra, kumaş üzerindeki her POF için bir ışık kaynağı sağlamak mümkün değildir. Bu nedenle demetleme işlemi uygulanmaktadır. Lif demetleme, ışık kaynağı için tek bir bağlantı parçasına sahip olmak amacıyla kumaş boyunca tüm liflerin toplanması ve tek bir yüksükte bir araya getirilmesi işlemidir. Demetleme işlemi Şekil 3.10'da görülmektedir.



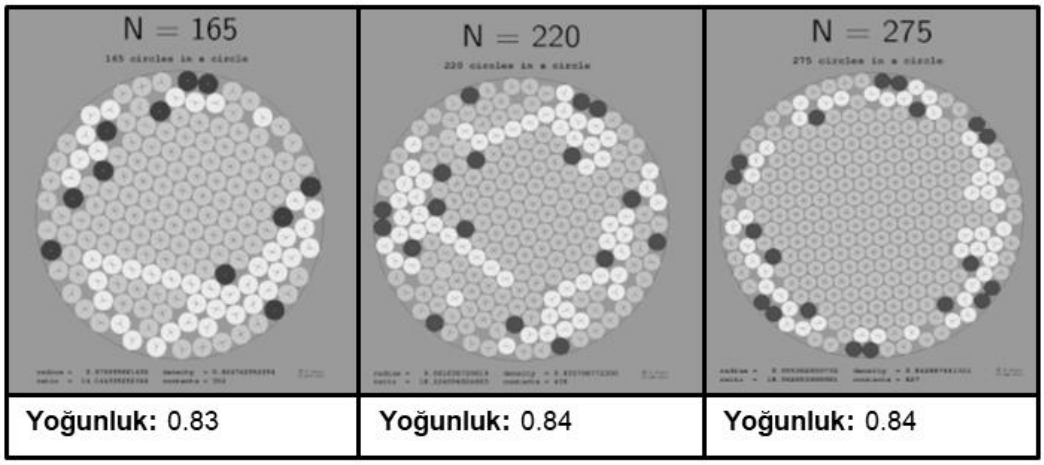
Şekil 3. 10. Liflerin demetlenmesi (a) demetleme uzunluğu (b) fiberlerin soyulması

Demetleme işlemi için kumaş üzerindeki fiberlerinlerin gerekli bir uzunluğu vardır. Tüm kumaşlar 11 cm uzunluğunda üretilmektedir. Uzunluk, kumaşın uzunluğunun 1,6'sı ile çarpılır. F yüksük uzunluğunu, X soyulmuş atkı ipliği mesafesini, L kalan kumaş uzunluğunu ve W kumaşın enini ifade eder. Bu sonuç, demetleme için F+X uzunluğunu verir. Hesaplama ve kumaş üzerinde yapılan bazı denemelerden sonra, 1.6 ile çarpmanın, liflerin yüksüklere girmesi istendiğinde bükülmemesi için yeterli olduğu görülmüştür. Kumaşın parlaklık ve burkulma testleri için liflerin düzgün geçişine sahip olmak önemlidir. Gelecek testleri kontrol etmek için kumaştan kesmek için F+X+L gereklidir. F+X'in bir kısmı demetleme için kullanılacak; L ve W kısımları kumaş numuneleri için kullanılacaktır. Daha sonra, o bölgedeki atkı olarak tüm POF, uygun yüksüğe girmek için bir araya getirilir. Yüksük iç çapı kumaş enine, elyaf çapına ve üretilen atkı sıklığına bağlıdır. Tüm numuneler için genişlik 11 cm'dir, ancak atkı sıklıkları cm başına 15, 20 ve 25 atım arttırılmıştır. Yüksük iç çapının hesaplanması, atkı sıklıkları ve kumaş yükseklikleri ile ilgili olarak aşağıda Çizelge 3.9. 'da gösterilmiştir.

Çizelge 3.9. Atkı sıklığına göre fiber miktarı

Denemeler	**Atkı sıklığı (tel/cm)**	**Fiber miktarı (adet/11 cm)**
1	15	165
2	20	220
3	25	275

Kumaş üretiminde cm başına 15 atkı sıklığında toplam 165 fiber, cm başına 20 atkı sıklığında toplam 220 fiber ve cm başına 25 atkı sıklığında toplam 275 fiber kullanılmaktadır. Web sayfası referansından (11), kumaş üzerindeki elyaf miktarı için sıklık numarası bulunur. Daha sonra, iç çap, yoğunluk değeri ve kumaştaki elyaf sayısı ile ilgili Excel dosyası (ekte gösterilmiştir) referans alınarak denklem ile hesaplanır. İç çap bu şekilde bulunur ve tüm fiberleri yüksüklere kolayca yerleştirmek için bu iç çap değerine tolerans (güvenlik faktörü) eklenir. Dış çap 10,5 mm olarak seçilmiştir. Fiberli yüksüklerin yoğunluğu ve görünümleri Şekil 3.11'de görülmektedir.

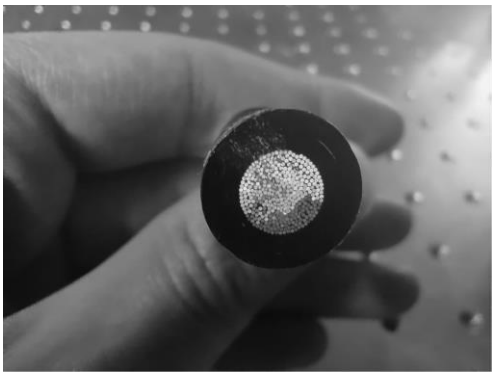


Şekil 3.11. Yoğunluk değerlerine göre fiberli yüksükler

Çizelge 3.10. Kumaşların yüksüklerinin çapları

Kumaştaki POF sayısı	**Yoğunluk değeri**	**POF-Ø**	**Tolerans POF-Ø**	**$Ø_{İç}$**	**$Ø_{Dış}$**
		[mm]	+/- [mm]	[mm]	[mm]
165	0.83	0.25	0.10	5	10.5
220	0.84	0.25	0.09	5.5	10.5
275	0.84	0.25	0.08	6	10.5

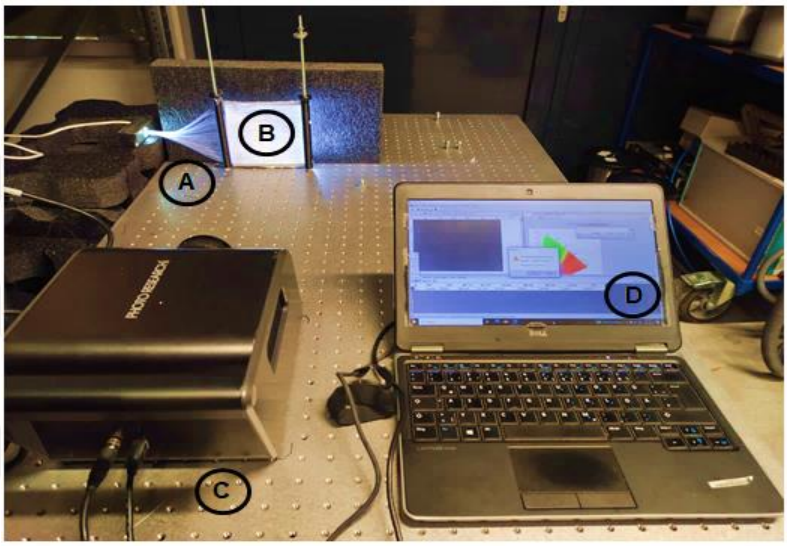
Çizelge 3.10., fiberlerin demetlenmesi için tolerans dahil olmak üzere yüksüklerin iç ve dış çapını göstermektedir. Yüksükler bir 3D yazıcıda üretilmiştir. Tüm fiberler yüksüklerin içine yerleştirilir. Yüksüklerde sabit kalmaları için epoksi reçine hazırlanır. Epoksi reçine yüksüklere uygulandıktan sonra sertleşmesi için 24 saat bekletilir. Sertleşme işlemi tamamlandığında yüksüklerin yüzeyleri zımpara ile pürüzsüz hale getirilir. Tüm kumaşlar parlaklık testi ölçümü için hazırlanır. Yüksüklü fiberlerin son görünümü Şekil 3.12'de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Yüksüklü fiberlerin son görünümü

3.10.2. Üretilen Kumaşların Parlaklık Ölçümü

Kumaş, önceden hazırlanmış bir yüksük ile ışık kaynağına bağlanmıştır. Kumaş, fotometrik ışık kamerasının kumaşa tam olarak odaklanabileceği mesafeden ışık ölçüm kamerası tarafından ölçülmek üzere bantla yapıştırılarak iki çubuk üzerine yerleştirilir. Kamera kumaşa odaklanmış şekilde kurulur. Fotometrik ışık kamerası kumaştan yanal olarak yayılan ışığı parlaklık olarak ölçer. Parlaklık metrekare başına Kandela olarak ölçülür. Sonuçlar bilgisayarda Jadak Technology Gmbh tarafından üretilen Video Win3 yazılımı ile toplanır. Ölçüm düzeneği Şekil 3.13'de görülmektedir.



Şekil 3.13. Parlaklık testi ölçüm düzeneği (a) ışık kaynağı (b) ölçülecek kumaş (c) ışık ölçüm kamerası (d) sonuç ekranı

3.11. Final Deneme Kumaşların Üretimi

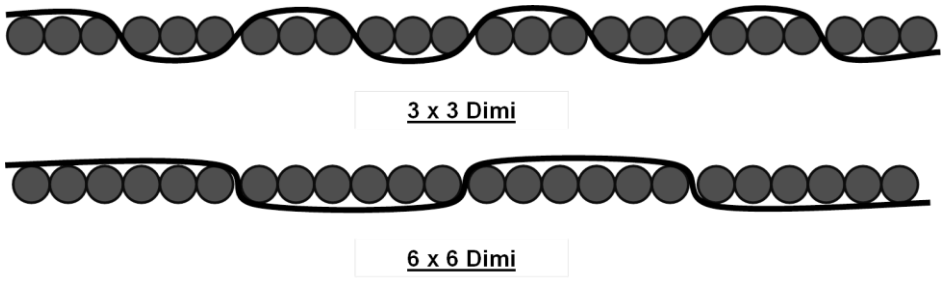
Dokumanın ana denemesi RWTH ITA'da Picanol NV, Laper, Belçika tarafından üretilen jakarlı bir mekanizmaya sahip Jacquard Optimax-8-R 190 rapierli dokuma makinesi tarafından gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerdeki Dornier dokuma makinesi, dokuma makinesinde çözgü levendi bulunmadığı için kullanılamamıştır. Ön deneme, ana denemeler için gerekli düzenlemeleri yapmak üzere gerçekleştirilmişti. Ana denemeler, önceden kararlaştırılan düzenlemelere göre dokumanın desen etkisini görmek için yapıldı. Son eğirme(spinning) denemelerinden 0.75 mm çapa sahip 1.2, 2.1, 3.2 ve 4.1 numaralı bobinler son denemeler için seçilmiştir. Ayrıca, dokuma tezgahındaki performanslarını karşılaştırmak için 0.25 mm, 0.5 mm ve 1 mm çaplı ticari fiberler seçildi.

Atkı besleyici ve atkı besleyicinin parçaları dokuma tezgahına elektronik olarak bağlanır. Bu nedenle alüminyum plakalar sadece elektrikçiler tarafından çıkarılabilir. Denemeler sırasında elektrikçi olmaması nedeniyle alüminyum plakalar sökülememiştir. Denemelere alüminyum plakalar ile devam edilmiştir. Atkı iplikleri ile ilgili deneme parametreleri Çizelge 3.11'de gösterilmiştir. Koyu satırlar dokumada başarı ile gerçekleştirilen lifleri temsil etmektedir.

Çizelge 3.11. Dokuma ana deneme parametreleri

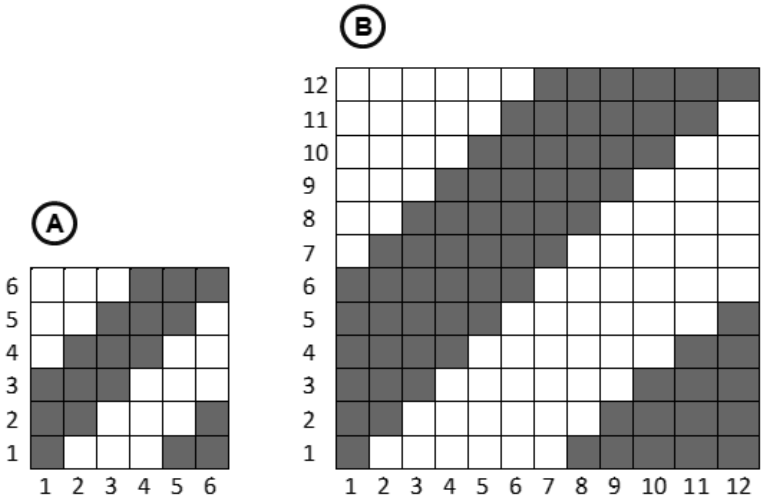
Denemeler	Fiberler	Atkı ipleri	Çözgü ipi	Atkı sıklığı (tel/cm)	Çözgü sıklığı (tel/cm)	Çözgü tansiyonu (kN/iplik)	Atkı besleyici durumu	Desen
1	Ticari fiberler	Jiangxi Daishing - 1 mm	Beyaz PES İpliği	5	24	0.8	Alüminyum plakalı	3x3 Dimi
2		Diemount 0.5 mm		11				
3		Jiangxi Daishing 0.25 mm		21				
4		Asai Kasei - SB 250 0.25 mm		21				
5		Toray- FB250 0.25 mm		21				
6	Eğirme denemeleri	PMMA-PVDF 0.75 mm- B.1.2		7				
7		PMMA-PVDF 0.75 mm- B.2.1		7				
8		PMMA-PMP 0.75 mm - B.3.2		7				
9		PMMA-PMP 0.75 mm - B.4.1		7				
10	Ticari fiberler	Jiangxi Daishing- 1 mm		5				6x6 Dimi
11		Diemount 0.5 mm		11				
12		Jiangxi Daishing 0.25 mm		21				
13		Asai Kasei - SB 250 0.25 mm		21				
14		Toray- FB250 0.25 mm		21				
15	Eğirme denemeleri	PMMA-PVDF 0.75 mm- B.1.2		7				
16		PMMA-PVDF 0.75 mm- B.2.1		7				
17		PMMA-PMP 0.75 mm - B.3.2		7				
18		PMMA-PMP 0.75 mm - B.4.1		7				

Dokuma denemeleri için 3x3 dimi ve 6x6 dimi desenleri seçilmiştir. 6x6 dimi deseni ile kumaş üretiminin atkı ipliklerinin 3x3 dimi desenine göre daha az bükülmesine neden olduğu düşünülmektedir. Bunun nedeni, kumaş 6x6 dimi deseni ile üretildiğinde, atkı ipliklerinin çözgü iplikleri boyunca her çözgü ipi tasarım başına miktar olarak 3x3 dimi ile üretilen kumaşa göre daha az dokuma yolunda aşağı/yukarı gitmesidir. Atkı ipliklerinin çözgü ipliği boyunca daha az inip çıkması, üretim sırasında daha az fiber bükülmesine neden olur. Ayrıca, 6x6 dimi deseninde atkı ipliklerinin çözgü iplikleri boyunca yukarı ve aşağı gitme mesafesinin daha uzun olması, atkı ipliklerinin daha düşük bir bükülme açısı oluşturmasına yardımcı olur. Bu desen, çözgü ipliklerinin arasından sorunsuz bir şekilde geçmelerini sağlar. Ancak, 3x3 dimi desenli atkı ipliklerinin yukarı ve aşağı gitme mesafesi çok küçüktür. Düzgün bir geçiş oluşturmak zordur ve atkı iplikleri 6x6 dimi'ye göre daha yüksek bir bükülme açısı ile birçok kez yukarı ve aşağı maruz kalır.



Şekil 3.14. Atkı ipliklerinin desenlerine göre geçişleri

Şekil 3.14. atkı ipliklerinin çözgü iplikleri arasından geçişlerini çözgü iplik geçişi başına göstermektedir. Çözgü sıklığının cm başına 24 ip olduğu yukarıda belirtilmişti. Kumaşın her cm'si için bükülme noktası 3x3 dimi deseni için 8 kattır. Ancak, düz geçişli 6x6 dimi deseni için eğilme noktası 4 kata düşmektedir. Şekil 3.14.'de, dokumanın daha fazla ve dar geçişlerle yüksek bir bükülme eğilimi gösterdiği görülmektedir. POF üretim sırasında atkı ipliği olarak kullanıldığından, çok keskin ve çok sayıda bükülme fiberlerde çatlaklara neden olabilir ve parlaklığı doğrudan etkileyebilir. Fiber çok fazla bükülmeye maruz kalırsa, atkı ipliklerinin kopması nedeniyle fiberin parlaklığını kaybetmesine veya dokumanın pürüzlülüğü nedeniyle gücünü kaybetmesine neden olabilir. Düzgün ve daha az bükülme, atkı ipliğinde oluşabilecek daha az dokuma hatası ile dokuma üretimini iyileştirebilir. Desen tasarımı, RWTH ITA'daki tasarım kapsamı şirketi tarafından EAT yazılımı tarafından gerçekleştirilir. Desenler yazılımda oluşturulur ve bir USB bellek aracılığıyla Jakarlı dokuma tezgâhına yüklenir. Şekil 3.15. desen tasarım görünümlerini göstermektedir.



Şekil 3.15. Desen tasarımları (a) 3x3 dimi (b) 6x6 dimi

Üretim ilk olarak çözgü gerginliğinin ayarlanmasıyla başladı. Çözgü gerginliği 40-50 cN/iplik arasında ayarlanmıştı. Dornier dokuma makinesi iplik başına cN ile ayarlanır; Jakarlı dokuma makinesi tüm çözgü levendi için kN ile ayarlanır. Dornier dokuma tezgahı gibi 40-50 cN/ipliğe yakın bir değer yakalamak için sırasıyla 2, 1.5, 1.2, 1 ve 0.8 kN ile başlatılmıştır. Tezgah hızı 180 rpm'dir. Makine ve levent sistemleri, Dornier ve jakarlı dokuma tezgahları arasında farklı kurulum düzenlemelerine sahiptir. Tüm üretim 0.8 kN çözgü gerginliği ile gerçekleştirilmiştir.

3.11.1. Final Denemelerin Parlaklık Ölçümü

Ölçümler, dokuma ön denemeleri için kullanılan cihazın aynısı ile aynı metot uygulanarak yapılmıştır.

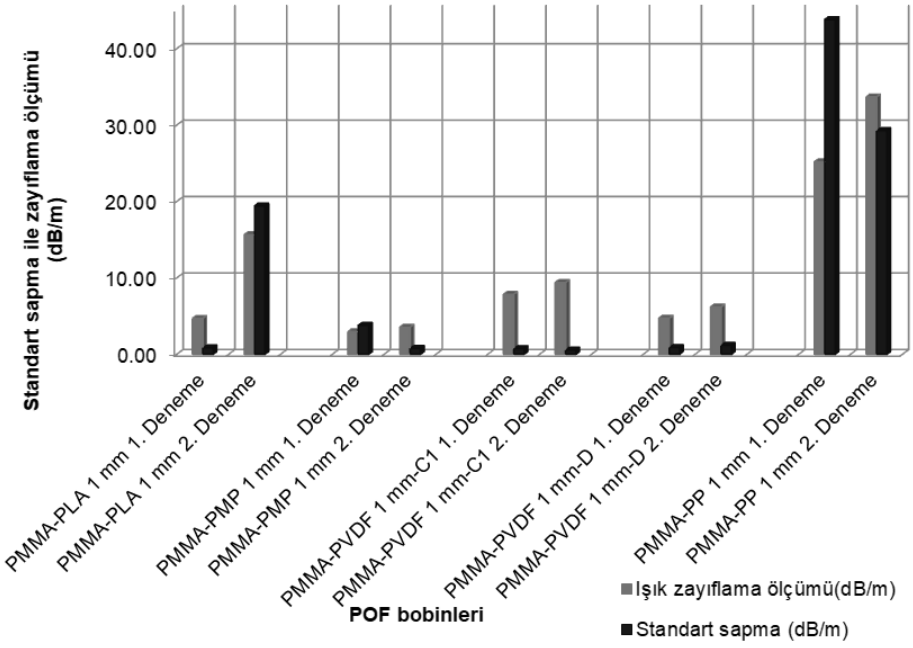
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. POF Üretiminin Sonuçları

Ön deneme sonuçları, zayıflama ölçümlerine göre nihai denemeler için malzeme seçiminde kullanılır.

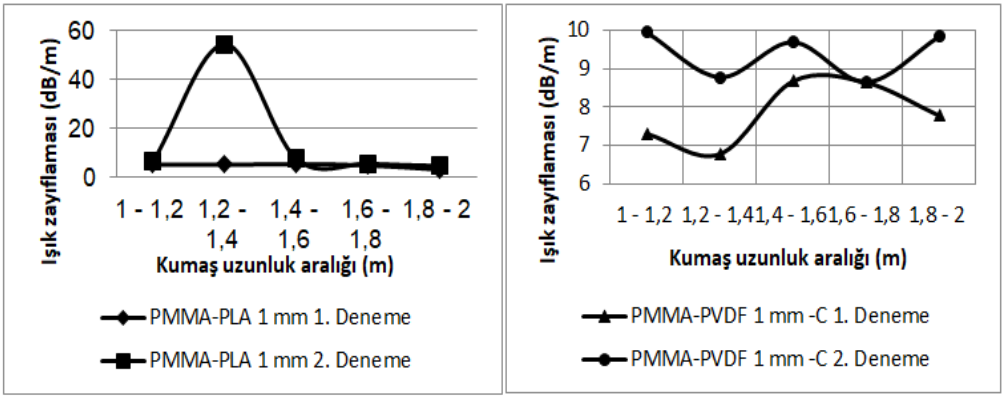
4.1.1. Çapı 1 mm Olan Fiber İçin Ön Denemelerin Sonucu

Üretim ve zayıflama testi ölçümü sonucunda, PMMA-PVDF ve PMMA-PMP malzemeli bobinlerin genel olarak daha düşük zayıflama ölçümü gösterdiği görülmektedir. Aynı bobinler üzerindeki iki numune ile yapılan zayıflama ölçümünün doğruluğu ve hassasiyeti neredeyse birbirine yakındır. PMMA-PLA malzemeli bobin, diğerlerine kıyasla orta düzeyde bir zayıflama ölçümü göstermiştir. Bununla birlikte, aynı bobinler üzerindeki iki numune ile yapılan zayıflama ölçümünün doğruluğu ve hassasiyeti birbirinden uzaktır. PMMA-PP en kötü zayıflama ölçüm sonucunu göstermiştir: ortalama 30 dB/m, diğer bobin kombinasyonlarının yaklaşık 5 veya 6 katıdır. Bu sonuç, ışık yoğunluğunu kaybetme kapasitesinin yüksek olması nedeniyle uygun görülmemiştir. Ayrıca, PMMA-PP 2 metre uzunluğundaki bir fiber ile ölçümler gerçekleştirilememiştir. Işık dedektörlü zayıflatma entegre küresi, 1 metre uzunluğa kesilene kadar hiçbir ışık yoğunluğu ve gücü yakalayamamıştır. PMMA-PP fiberinin ölçümü 1 metre uzunluğunda ele alınmış olmasına rağmen, fiber boyunca en yüksek zayıflama ölçümünü göstermiştir. Aynı bobinler üzerindeki iki numunenin doğruluğu ve hassasiyeti birbirine yakın değildir. Genel ortalama zayıflama ölçüm sonucu Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. 1 mm için aynı bobin üzerindeki iki numuneye göre liflerin genel ortalama zayıflama ölçümü

PMMA-PP bobinler de standart sapma açısından çok kesin olmayan sonuçlar göstermektedir. Bu da bu bobinlerin fiber boyunca farklı güç değerlerine sahip olduğu anlamına gelir ki, bu da kullanım doğruluğu için uygun değildir. PMMA-PP bobinlerinin standart sapmaları da aynı bobinin iki numunesi arasında büyük bir fark göstermektedir. PMMA-PLA bobinleri de aynı bobinlerdeki iki numune ile kesin değildir, bu da hassasiyet için uygun değildir. PMMA-PVDF bobinleri standart sapma açısından neredeyse 1 dB/m'nin altındadır. Aynı bobindeki iki numune tarafından neredeyse stabilize edilmiştir. Bu bobinler kararlı olarak kabul edilebilir ve zayıflama uzunluk boyunca kademeli ve orantılı olarak değiştirilir. Ayrıca, PMMA-PMP bobinleri, standart sapma değerleri PMMA-PVDF gibi davrandığı için ılımlı olarak kabul edilir. Bu nedenle, nihai denemeler için malzeme seçimini sonuçlandırmak üzere PMMA-PVDF, PMMA-PLA ve PMMA-PMP malzeme kombinasyonu ile 0,5 mm çapında yaklaşan eğirme ön denemeleri devam etmektedir.

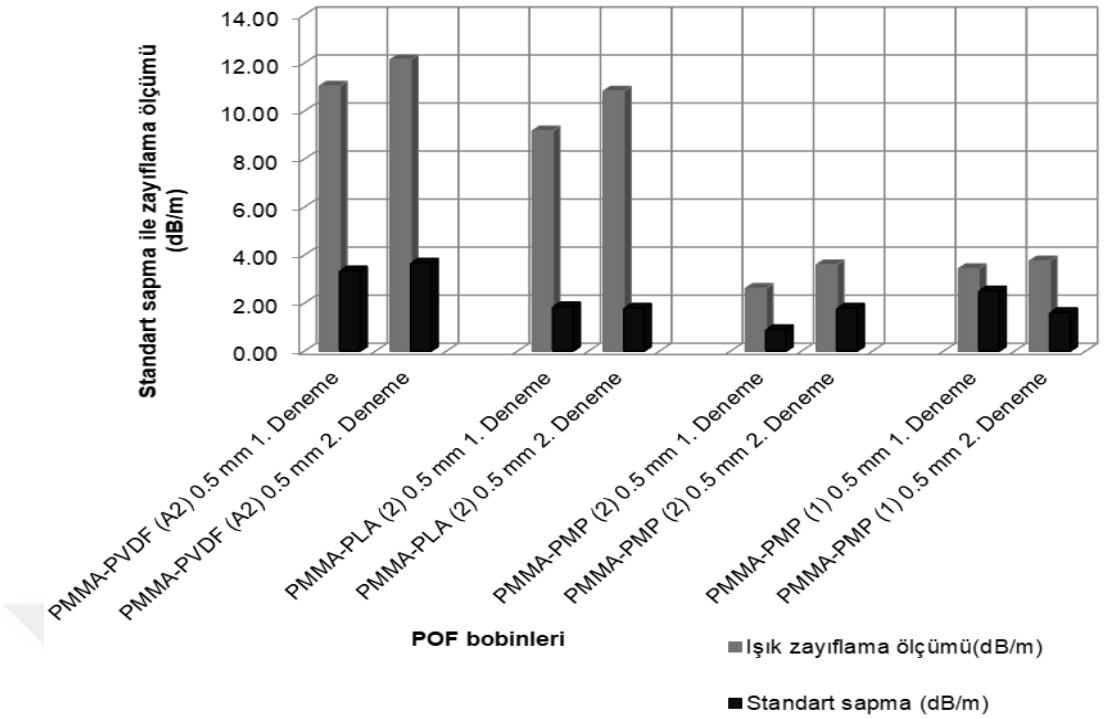


Şekil 4.2. Aynı bobin üzerindeki iki numunenin iki bobin ışık zayıflama ölçümünün her bir ölçüm uzunluğuna göre karşılaştırılması

Fiber boyunca doğruluk ve hassasiyetlerini kontrol etmek için aynı bobin üzerindeki fiberlerin ölçümünün karşılaştırması Şekil 4.2.'de görülebilir. Her iki bobin için aynı bobin üzerindeki iki numune farklı doğruluk göstermektedir. Hassasiyet aynı üretimde tüm bobin için uygun değildir. PLA fiberi ikinci denemesinde çok düz bir eğriye sahiptir ve bu da stabilite için uygun kabul edilir. PMMA çekirdek ve PP kaplama malzemesi ile üretilen fiber, 2 metre ila 1 metre uzunluğunda güç ölçümü göstermemiştir. Bu nedenle PMMA-PP'li fiber, fiberin her biri 0,1 metre kısaltılarak 1 metre uzunluğunda ölçülmüştür.

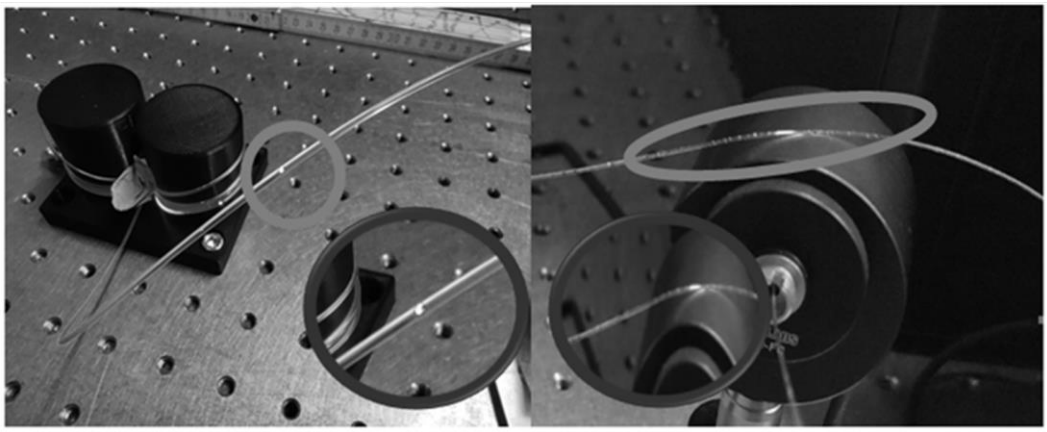
4.1.2. Çapı 0,5 mm Olan Lifler İçin Ön Denemelerin Sonuçları

Üretim ve zayıflama testi ölçümleri sonucunda, PMMA-PMP malzemeli bobinlerin genel olarak en düşük zayıflama ölçümünü gösterdiği ve aynı bobinler üzerindeki iki numuneyle yapılan zayıflama ölçümünün doğruluk ve hassasiyetinin neredeyse birbirine yakın olduğu görülmektedir. PMMA-PLA malzemeli bobin PMMA-PMP'den daha yüksek bir zayıflama ölçümü göstermiştir. Bununla birlikte, aynı bobinler üzerindeki iki numune ile yapılan zayıflama ölçümünün doğruluğu ve hassasiyeti birbirine yakındır. Şekil 4.3'te 0,5 mm fiberlerin genel ortalama zayıflama ölçümü görülebilir.



Şekil 4.3.0,5 mm için aynı bobin üzerindeki iki numuneye göre liflerin genel ortalama zayıflama ölçümü

PMMA-PMP zayıflama ölçümü 0,5 mm için, 1 mm'lik bu bobin kombinasyonu için elde edilen sonuçlarla neredeyse aynıdır. PMMA-PMP'nin 0,5 mm ile standart sapması, 1 mm'den daha yüksektir. Bu kombinasyonun iki numunesi 1 mm'de olduğu gibi eşit değildir. İki numunenin 1 mm'lik PMMA-PMP grubu çok daha düzensiz sonuçlar vermiştir. PMMA-PLA zayıflama ölçümleri 1 mm'de olduğu gibi aynı kalmıştır. Bununla birlikte, tek fark şimdi iki numunenin sonuçlarının yakın olmasıdır, bu da fiberin ışık yoğunluğunun PMMA-PLA'nın 0,5 mm fiberinde orantılı olduğu anlamına gelir. Ayrıca, 1 mm'deki gibi değil, orantılı ve kademeli bir standart sapma değeri ile sonuçlanmıştır. PMMA-PVDF, bobinler için en kötü zayıflama ölçüm sonucunu göstermiş ve 1 mm fiberler için elde edilen sonuçlara göre bu kombinasyon için iki kat daha yüksek olmuştur. Bu sonuç, ışık yoğunluğunu kaybetme kapasitesinin yüksek olması nedeniyle uygun görülmemiştir. Bunun yanı sıra, PMMA-PVDF'nin standart sapmaları 0,5 mm'lik iki numune için neredeyse aynı sonuçlanmıştır. Fiber boyunca ışık yoğunluğunun kademeli olarak kaldığı, ancak standart sapmanın da 1 mm fiber kombinasyonundan dört kat daha yüksek olduğu söylenebilir. Bununla birlikte, PMMA-PVDF'nin ölçümü sırasında, bobin boyunca fiber üzerinde bir tırtık oluşumu veya kabarcıklanma olduğu görülmüştür. “Klein BiKo” Eğirme hattında gaz alma ünitesi olmadığı için fiber üzerinde kabarcıklanma meydana gelebilir veya fiberin sarılması fibere zarar verebilir ve fiber üzerinde tırtık oluşumu gösterebilir. Bu nedenle, PMMA-PVDF'nin 1 mm çap ile öncekinden daha kötü sonuçlar gösterdiği iddia edilmiştir. Tırtık oluşumu/kabarcıklanma Şekil 4.4'te gösterilmektedir.

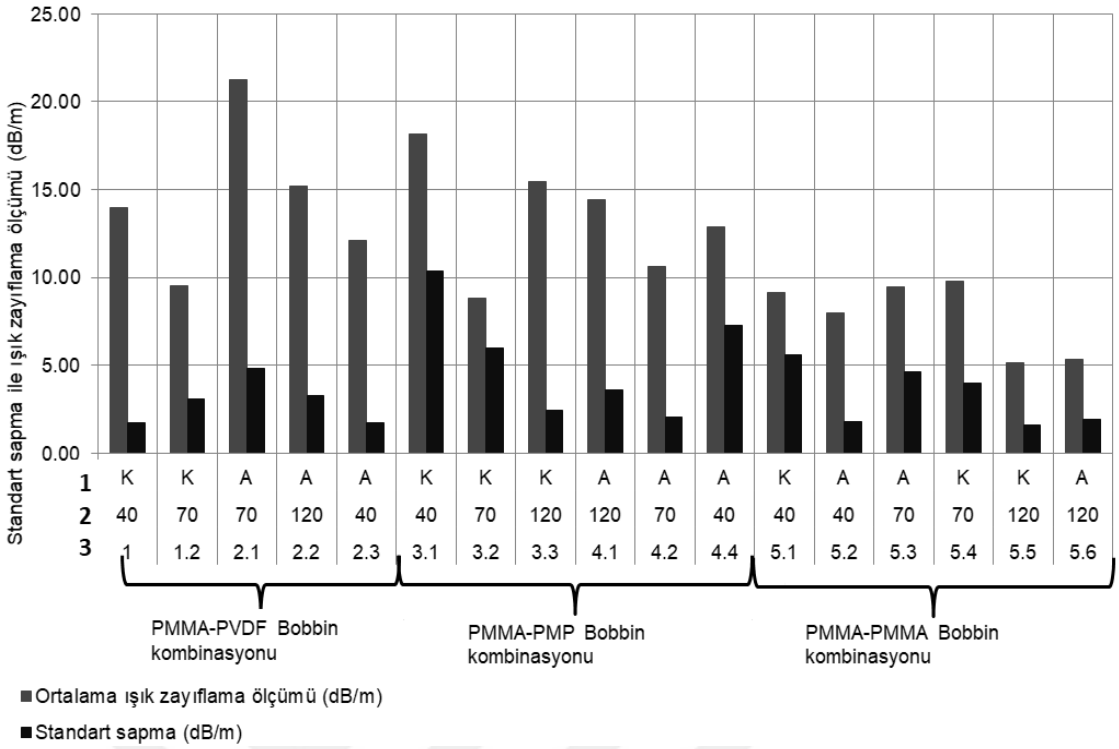


Şekil 4.4. PMMA-PVDF bobin üzerinde tırtıkların oluşumu

Sonuç olarak, POF'un nihai üretim denemeleri PMMA-PMP ve PMMA-PVDF malzemeleri tarafından gerçekleştirilmiştir. PMMA-PMP'nin 0,5 mm ve 1 mm çaplı bobinleri en düşük zayıflama ölçümünü gösterdiğinden, bobinden geçen fiberin doğruluğu ve hassasiyeti birbirine yakındı. Çapı 1 mm olan PMMA-PVDF bobini de daha düşük bir zayıflama göstermiştir, ancak çapı 0,5 mm olan bobin daha yüksek bir zayıflama göstermiştir. Bu bobinin, fiber üzerinde bazı partiküllerin oluşması nedeniyle tatmin edici olmayan ve hatalı sonuç vermesi, bu bobinin son denemeler için seçilmesine neden olmuştur.

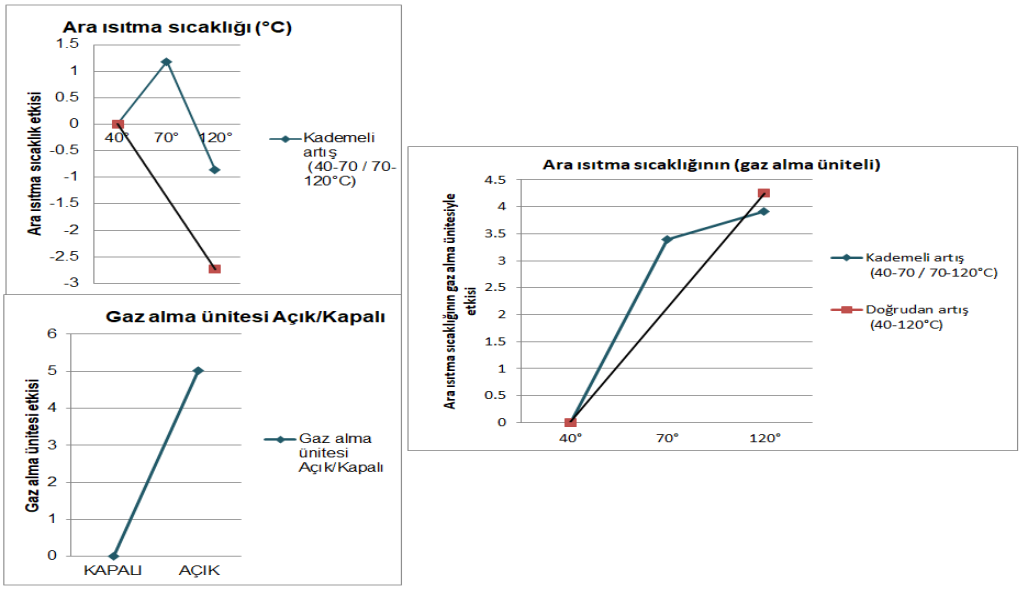
4.1.3. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Ana Denemelerin Sonuçları

Seçilen malzeme ve parametrelere göre ara ısıtma ve gaz alma ünitesi ilavesi ile bobin üretiminin son denemeleri sonucunda 17 bobin üretilmiştir. Ekte görülebileceği gibi, gaz alma ünitesinin uygulanması, fiberler boyunca ışık dedektörlü zayıflama entegre küresi ile ölçülenden sadece 2 ila 3 kat daha iyi güç değerini arttırmaktadır. Güç artışı, gaz alma ünitesinin tüm sıkışmış gazı fiberler boyunca vakumlaması ve bu sayede fiberlerde sıkışmış gaz, kabarcık oluşumu olmaması nedeniyle meydana gelmiş olabilir. Bununla birlikte, sonuçlar ve testler, gaz alma ünitesi uygulamasının fiber boyunca zayıflamayı önemli ölçüde etkilemediğini göstermektedir. Sonuçlar Şekil 4.5'te görülebilir.



Şekil 4. 5. 0,75 mm çapındaki liflerin bobin kombinasyonlarına göre genel ortalama zayıflama ölçümü (1) gaz alma ünitesi modu (2) °C cinsinden ara ısıtma sonrası sıcaklık (3) bobin sayısı

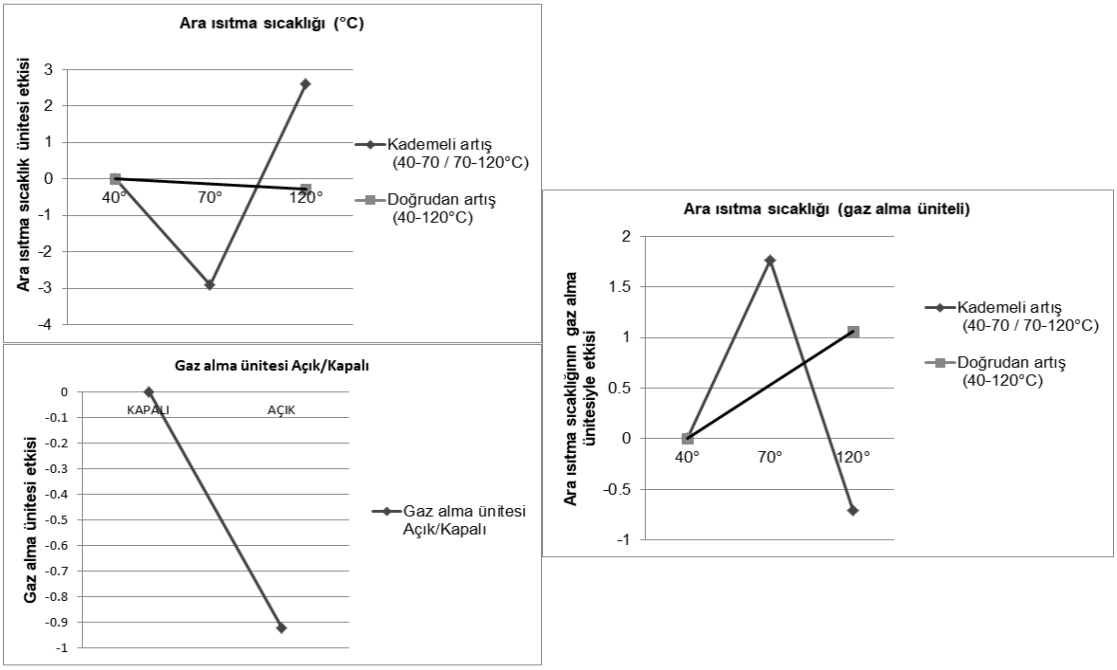
Bir gaz alma ünitesi uygulamanın zayıflama üzerinde öngörülebilir bir etkisi olduğunu söylemek kesin değildir. Aynı parametrelere sahip ancak gaz alma ünitesi açık/kapalı olan bobin boyunca dalgalı sonuçlar nedeniyle, gaz alma ünitesi kullanımından ve bunun zayıflama üzerindeki etkisinden bahsetmek için açıklığa kavuşturulması gerekir. Bununla birlikte, fiberin içinde kabarcıklanma veya sıkışmış gaz oluşumunu önlemek için koruma ve yönlendirmeye sahip olması yardımcı olabilir.



Şekil 4.6. PMMA-PVDF bobinlerinin faktöriyel deney tasarımı analizleri

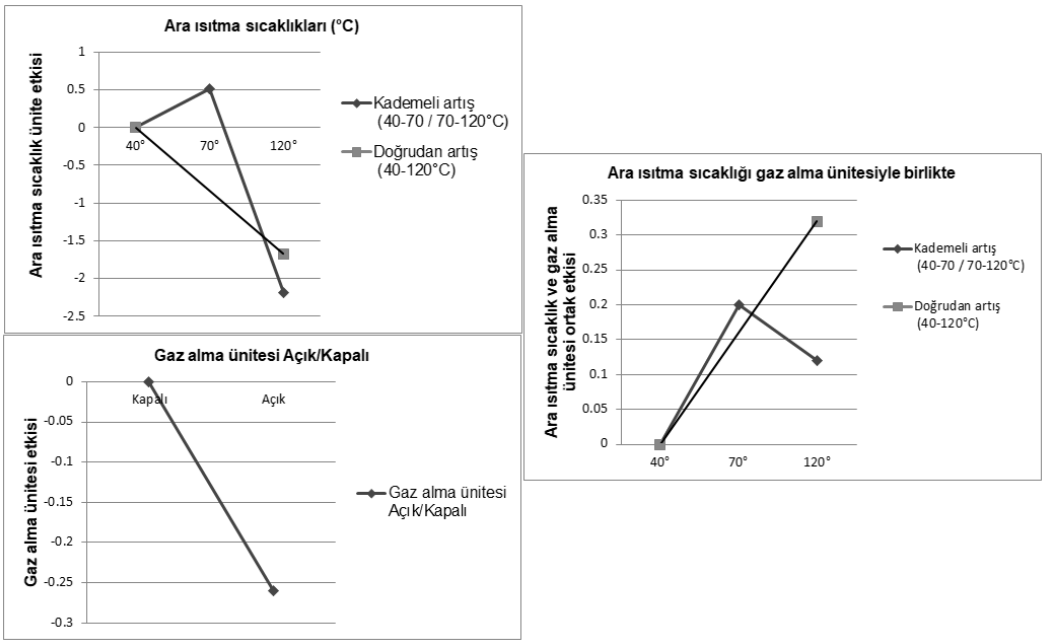
Başlangıç noktası 0 etki değeri ile 40°C'dir. Bu noktadan itibaren, başlangıç noktasından itibaren sıcaklık değiştirilerek etkiler görülebilir. Sıcaklığı başlangıç noktası olan 40°C'den 120°C'ye yükselterek bir son ısıtma ünitesi uygulamak, farklı bobin kombinasyonlarının farklı etkilerini göstermiştir. Ara ısıtma sıcaklığının artırılması, PMMA-PVDF ile bobin kombinasyonları için sıcaklık 40°C'den 70°C'ye çıkarıldığında zayıflamayı artıran bir etkiye sahiptir. Ancak, sıcaklık 70°C'den 120°C'ye ayarlandığında zayıflama azalır. Gaz giderme ünitesinin kapalı moddan açık moda ayarlanması zayıflamayı önemli ölçüde artırır. Her iki ayarlama da zayıflamayı artırır: ısıtma sonrası sıcaklığın artırılması ve gaz giderme ünitesinin açılması. PMMA-PVDF bobinler için 40°C son ısıtma sıcaklığına sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 13,05 dB/m, 70°C sıcaklığa sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 15,4 dB/m ve 120°C sıcaklığa sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 15,17 dB/m'dir. PMMA-PVDF bobinlerinin deney tasarımı analizleri Şekil 4.6.'da görülmektedir.

Bununla birlikte, PMMA-PMP ile bobin kombinasyonu, esas olarak istenen son ısıtma sıcaklığının 40°C'den 70°C'ye çıkarılmasıyla zayıflamayı azaltıcı bir etkiye sahiptir. Ancak sıcaklığın 70°C'den 120°C'ye çıkarılmasıyla zayıflama artmaktadır. Gaz giderme ünitesinin kapalı moddan açık moda ayarlanması zayıflamayı azaltır. Zayıflama, 40°C ile 70°C arasındaki bazı noktalarda sadece son ısıtma dikkate alınarak azaltılır. Her iki ayarlama da zayıflamayı artırır: son ısıtma sıcaklığının artırılması ve gaz giderme ünitesinin açılması. Ancak, gaz giderme ünitesi açıkken 70°C ile 120°C arasındaki bazı noktalarda zayıflama azalma eğilimindedir. Son ısıtma sıcaklığı 40°C olan bobinlerin ortalama zayıflaması 15,51 dB/m ve sıcaklığı 70°C olan bobinlerin genel ortalama zayıflaması 9,71 dB/m'dir. Bu noktadaki zayıflama %40 oranında azalmıştır. PMMA-PMP bobinleri için 120°C sıcaklığa sahip bobinlerin ortalaması 14,92 dB/m'dir ve bu değer 40°C'deki değerle neredeyse aynıdır. PMMA-PVDF bobinlerinin deney tasarımı analizleri Şekil 4.7'de görülmektedir.



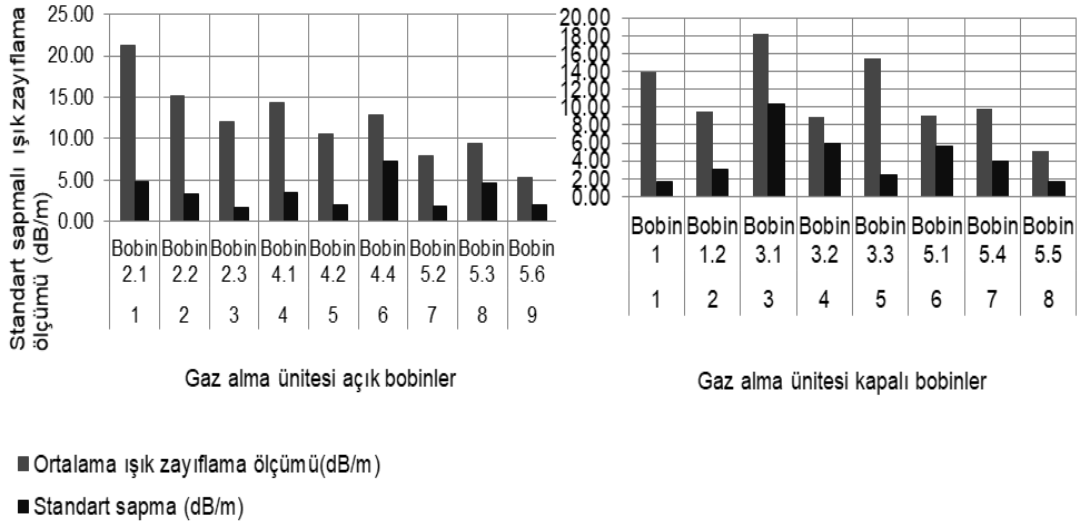
Şekil 4.7. PMMA-PMP bobinlerinin faktöriyel deney tasarımı analizleri

PMMA-PMMA ile bobin kombinasyonları için sonuç dalgalı olmasına rağmen, son ısıtma ünitesi artan son ısıtma sıcaklığı ile zayıflamayı azaltıcı bir etkiye sahiptir. Gaz giderme ünitesinin kapalı moddan açık moda ayarlanması zayıflamayı azaltır. Zayıflama, 70°C ile 120°C arasındaki bazı noktalarda sadece son ısıtma dikkate alınarak azaltılır. Her iki ayarlama da zayıflamayı artırır: ısıtma sonrası sıcaklığın artırılması ve gaz giderme ünitesinin açılması. Ancak, gaz giderme ünitesi açıkken 70°C ile 120°C arasındaki bazı noktalarda zayıflama azalma eğilimindedir. PMMA-PMMA bobinleri için 40°C son ısıtma sıcaklığına sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 8,57 dB/m, 70°C sıcaklığa sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 9,61 dB/m ve 120°C sıcaklığa sahip bobinlerin genel ortalama zayıflaması 5,23 dB/m'dir. PMMA-PMMA bobinlerinin deney tasarımı analizleri Şekil 4.8'de görülmektedir.



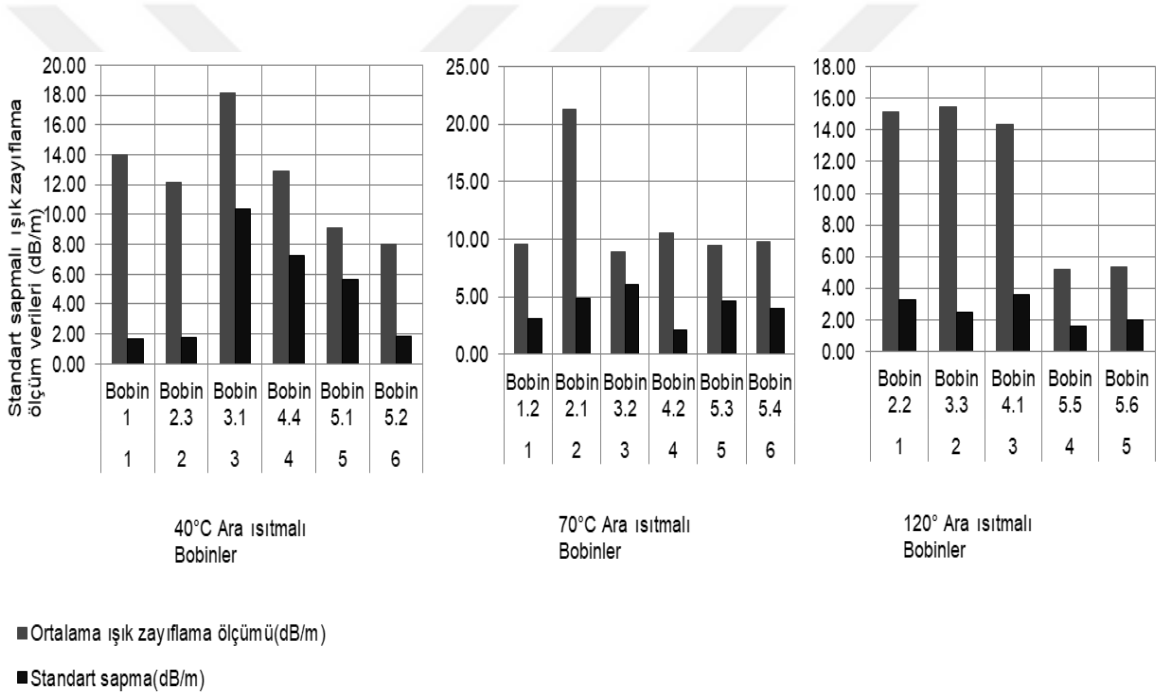
Şekil 4.8. PMMA-PMMA bobinlerinin deney tasarımı analizleri

Kaplama malzemelerinin kristallenmeleri, son ısıtma ünitesi açıkken farklı davranışlar görülmesinin nedeni olabilir. Buna göre, erime noktaları ve nozülun altındaki soğutma hızı kristalleşme nedenini etkileyebilir. Malzemelerin camsı geçiş sıcaklıkları Çizelge 3.1'de listelenmiştir. Camsı geçiş sıcaklığı PMP için 23°C-50°C ve PMMA için 110°C aralığındadır. Isıtıcı sonrası sıcaklıkların camsı geçiş sıcaklıklarına yakın ve üzerinde olması durumunda zayıflama değerinde azalma meydana gelmiştir. Son ısıtma sıcaklığının kaplama malzemesinin camsı geçiş sıcaklığı aralığında 40°C ila 70°C artırıldığı PMMA-PMP bobinleri için zayıflama azalmıştır. Son ısıtma sıcaklığının kaplama malzemesinin camsı geçiş sıcaklığı aralığında 70°C ila 120°C artırıldığı PMMA-PMMA bobinleri için zayıflama azalır.



Şekil 4.9. Gaz alma açık ve kapalı modda 0,75 mm fiberlerin ışık zayıflama ölçüm sonucu

Bu nedenle, camsı geçiş sıcaklığı, kristalleşmelerin yanı sıra ısıtma sonrası uygulamanın farklı bir davranışını görmek için de bir etki olabilir. Cam geçiş sıcaklığının üzerindeki bir noktada, fiber zayıflamayı azaltma eğilimindedir, ancak bunun çok üzerinde, bu sıcaklıkların üzerindeki bazı noktalarda zayıflamayı artırma eğilimindedir. Son ısıtma ünitesinin kullanılmasının esas olarak kaplama kısmını çekirdek kısmından daha fazla etkilediği söylenebilir çünkü kaplama kısmı eğirme kafasından sonra çekirdek kısmından daha fazla işleme maruz kalmaktadır. Özellikle son ısıtma parçasında, hava soğutması su soğutmasından çok daha yavaş olduğu için esas olarak kaplamayı etkiler. Bu nedenle, fiberin eğirme kafası tarafından dışarı çıkarılması işlemlerinden sonra kaplama malzemesinin çekirdek malzemeye göre son ısıtma, su banyosu sıcaklığı vb. gibi dış faktörlere daha fazla maruz kalması nedeniyle POF üretilirken daha fazla dikkate alınması gerektiğini söylemek daha anlamlıdır. Sonuçlar gaz giderme açık ve kapalı modlarıyla birlikte Şekil 4.9'da görülmektedir.



Şekil 4.10. 0,75 mm fiberlerin ısıtma sonrası sıcaklıkları ile ışık zayıflama ölçüm sonucu

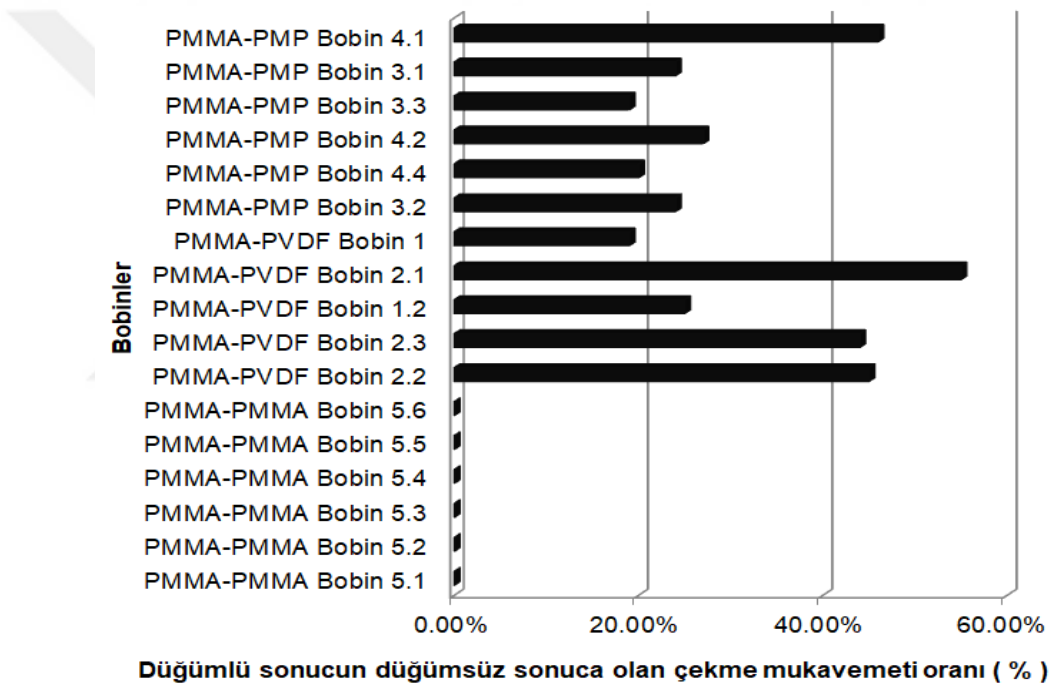
Bazı noktalarda zayıflama sonuçları neredeyse aynıdır, ancak genel olarak, Şekil 4.4'te bu bobinlerin en düşük zayıflamaya sahip olduğu görülebilir. Bunun nedeni, kaplama malzemesinin de amorf olan PMMA olması, ancak diğer PVDF ve PMP'nin yarı kristal olmasıdır. Isıtma sonrası ile ilgili rakamlar Şekil 4.10'da görülebilir.

4.1.4. Çapı 0,75 mm Olan Fiberler İçin Çekme Mukavemet Testi Ölçüm Sonuçları

PMMA-PMMA bobinleri ile çekme mukavemet testi yapmak mümkündü çünkü bu ölçümde düğüm yoktu. Ancak bu bobinlere düğüm eklendiğinde, çok kırılgan olduğu için doğrudan kırıldı. Bu nedenle, bu bobinlerle düğüm gerilme mukavemeti testi yapılamamıştır. Bükülemeyecek

kadar kırılgan olduğu için dokuma denemeleri de bu bobinlerle yapılamaz. Hatta atkı besleme motorunda sarıma bile izin vermez. Bu lifler ön denemelerdeki liflere kıyasla en düşük zayıflamaya sahip olmalarına rağmen, kırılganlık nedeniyle dokuma denemeleri için kullanılamazlar.

Daha önce de belirtildiği gibi, en düşük zayıflamaya sahip düğümsüz sonucun düğümlü sonuca oranının yüksek olması dokuma denemeleri için bobin seçiminin ilk amacıdır. PMMA-PVDF ve PMMA-PMP'nin geri kalan bobin grubu için, Çizelge 3.8'den yüksek orana sahip bobinlerin yüksek zayıflamalara sahip olduğu görülmektedir. Bu şekilde, her bir bobin grubu için yüksek oranlı ve yüksek zayıflamalı dokuma denemelerinin yanı sıra en düşük zayıflamalı ve orta oranlı düğümlü düğümsüz çekme testi yapılmasına karar verilmiştir. Şekil 4.11. her bir bobinin zayıflama sonuçlarına göre gerilme mukavemeti testi, düğüm gerilme mukavemeti testi ve düğümlü sonucun düğümsüz sonuca oranının sonuçlarını göstermektedir.



Şekil 4.11. Düğümlü sonucun düğümsüz sonuca gerilme mukavemeti test sonuçlarına oranı

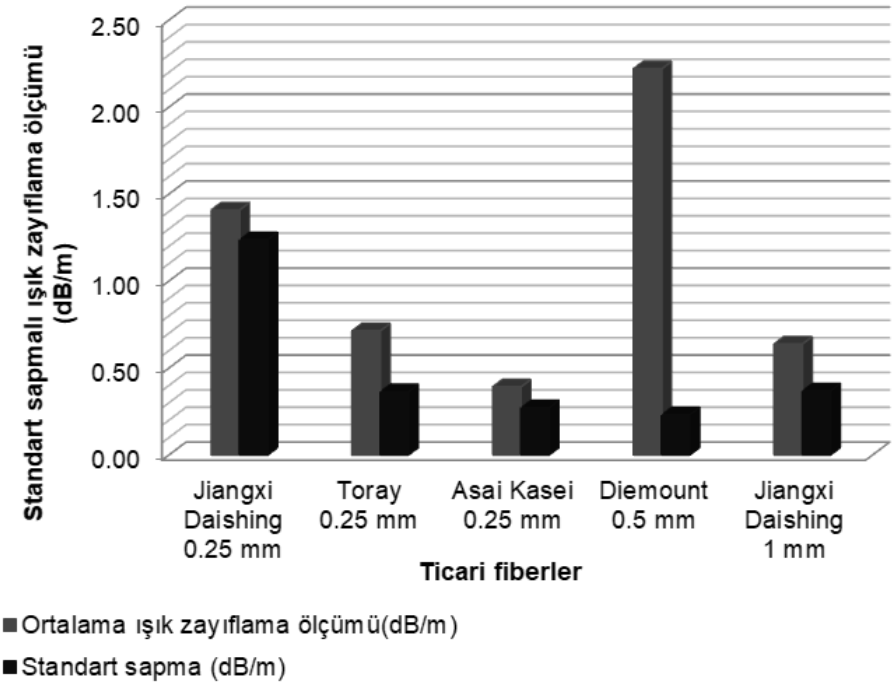
Bu sayede kumaş üretilerek dokuma tezgahında bobin performansının görülmesi amaçlanmıştır.

1. Yüksek zayıflamaya sahip yüksek oranlı fiberlerle: bobinin etkisi, fiber kopmalarına neden olup olmadığı görülebilir. Kopma yoksa, parlaklığın yüksek zayıflama ile nasıl etkilenebileceği görülebilir.
2. Düşük zayıflamaya sahip ancak orta düğüm gerilme mukavemet oranına sahip liflerle: bobinin etkisi, orta gerilme mukavemetine sahip ancak iyi zayıflama değerine sahip lifle kırılıp kırılmadığı görülür. Yani, eğer koparsa, iyi bir zayıflatma değerine sahip olmak mantıklı değildir. Ancak kopmazsa, bu hedeflediğimiz iyi kumaş olabilir.

Bu nedenlerden dolayı, 1.2, 2.1, 3.2 ve 4.1 numaralı bobinler, yukarıdaki test sonuçlarına ve iddialara göre gelecek dokuma denemeleri için kullanılacaktır.

4.1.5. Ticari Fiberlerin Işık Zayıflama Ölçümü Sonuçları

Jiangxi Daishing'in 0,25 mm'lik ticari fiberi, aynı üreticinin 1 mm'lik ticari fiberinden 2,5 kat daha yüksek olan 1,41 dB/m zayıflamaya sahiptir. Jiangxi Daishing'in 0,25 mm ticari fiberinin standart sapması da 1 mm ticari fiberden 4 kat daha yüksektir. Ticari fiberlerin zayıflama ölçümünün sonucundan, Daishing Co. fiberlerinin karşılaştırılmasıyla ilgili olarak, çaptaki bir azalmanın zayıflamayı arttırdığı iddia edilebilir. Bu iddia Joseba Zubia referansı ile de açıklığa kavuşturulmuştur. Zayıflamanın fiber çekirdeğinin çapına bağlı olduğu, çekirdek çapı azaldıkça arttığı söylenmektedir. Bu davranış, diğer şeylerin yanı sıra, daha düşük çaplar için daha fazla sayıda geometrik ve yapısal fiber kusurundan kaynaklanmaktadır. Dahası, çekirdek çapı azaldıkça ışınlar, kusurların daha yaygın olduğu çekirdek-kaplama arayüzüne daha sık çarpar. Buna ek olarak, Goos Hanchen etkisi nedeniyle, gücün bir kısmı kaplamaya nüfuz eder, bu da daha fazla zayıflamaya neden olur ve böylece güç kaybını artırır (Arrue and Zubia, 2000).



Şekil 4.12. Ticari fiberlerin ışık zayıflama ölçümü

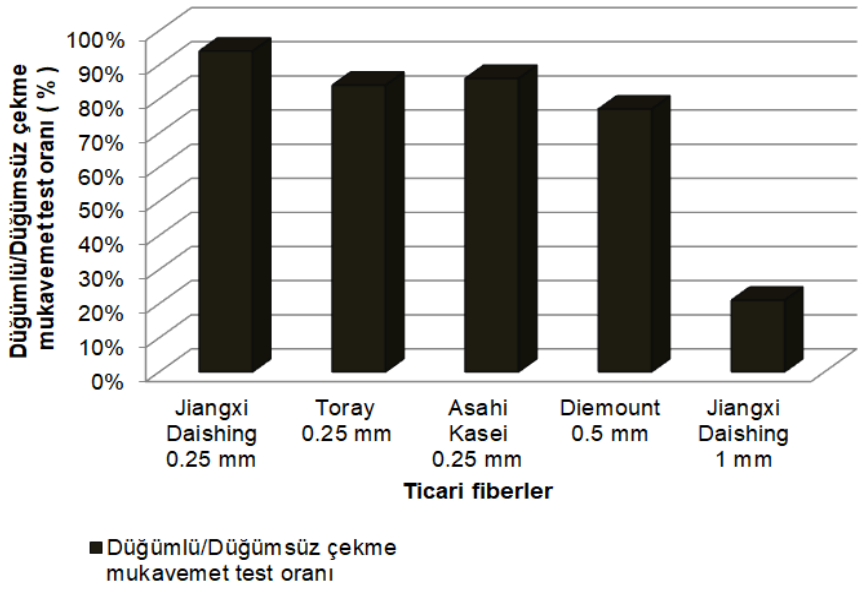
Diğer üreticilerin 0,25 mm'lik ticari fiberleri, Jiangxi Daishing'in 1 mm'lik ticari fiberiyle neredeyse aynı zayıflamaya sahiptir. Asahi Kasei Co. tarafından üretilen ticari fiber 0,34 dB/m ile en düşük zayıflamaya sahiptir. Bu sonuç zayıflama ölçümü ile bulunmuştur. Bu ticari fiberin veri sayfasında, bu fiberin 0,25 dB/m veya daha az bir zayıflamaya sahip olduğu iddia edilmektedir. Ölçülen zayıflama, veri sayfasının iddia ettiğinden 1,4 kat daha yüksektir. Jiangxi Daishing Co.

tarafından üretilen 0,25 mm'lik ticari fiber, aynı gruptaki diğer ticari fiberlere göre 2-3 kat daha yüksek zayıflamaya sahiptir. Diemount'un ticari fiberi, diğer fiberlere kıyasla 2,22 dB/m ile en yüksek ve en kötü zayıflamaya sahiptir. Yan yayan bir fiber olduğu iddia edildiğinden, en yüksek zayıflamaya sahip olması makuldür. Yine de, amaç düşük ve homojen parlaklığa sahip bir POF kumaşa sahip olmak olduğundan, bu fiber ticari fiberler arasında en kötü fiber olarak kabul edilir, bu da her ikisi de yüksek bir zayıflama ile engellenir.

Asahi Kasei fiberi, zayıflaması Jiangxi Daishing'in 1 mm fiberi ile aynı performansı gösterdiği için en iyi fiber olarak kabul edilir. Bu sonuç dokuma denemeleri için değerlidir çünkü daha küçük bir çapın bu proje için dokuma işleminde verimli bir performans gösterebileceği iddia edilmektedir. Dolayısıyla, Asahi Kasei fiberi her iki nedenden dolayı dokumada kullanılmaya değerdir: küçük çap ve en düşük zayıflama. Şekil 4.12. ticari fiberlerın zayıflama ölçümlerini göstermektedir.

4.1.6. Ticari Fiberler İçin Çekme Mukavemeti Testi Sonuçları

Şekil 4.13.'te ticari fiberlerin çekme mukavemeti testleri ve düğüm çekme mukavemeti testlerinin sonuçları gösterilmektedir. Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi, düğüm/düğümsüz çekme mukavemeti test sonuçları %85-100 aralığında olup, 0,25 mm çap için çok uygun ve hassas bulunmuştur. Çaplardaki artış, düğüm-düğümsüz oranının düşmesine neden olur. Artan çap ile lifin düğümlenmesi, bükülme sertliği nedeniyle karmaşıktır ve lif çok fazla bükülmeye maruz kalır. En yüksek orana 0.25 mm'lik lif grubu sahiptir. Daha önce daha küçük çapın dokuma denemeleri için daha uygun olabileceği iddia edilmişti, çünkü atkı motoru besleme ve iplik haddeleme sistemi gibi dokuma tezgahı aletleri sırasında daha yüksek çapa göre daha küçük fiber çapının bükülme yarıçapına oranına maruz kalmaktadır.



Şekil 4.13. Ticari fiberlerin düğümlü/düğümsüz çekme mukavemet testi oran sonuçları

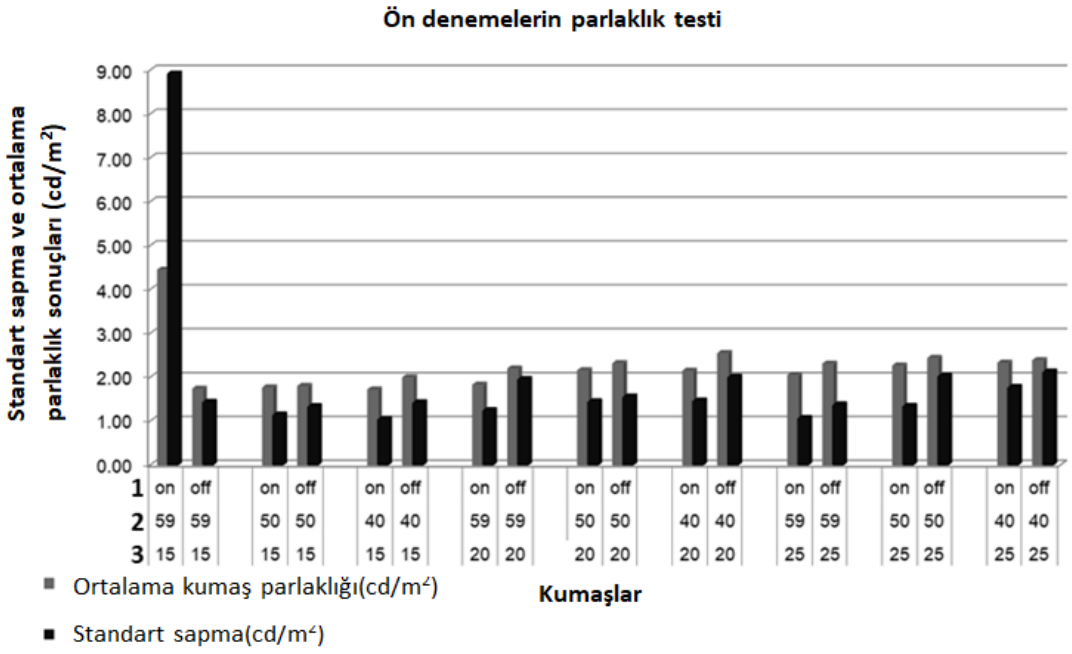
Üretilen fiberlerden elde edilen bobinler dokuma denemeleri için seçilmiştir. Bu bobinlerle yapılacak nihai dokuma denemelerinden önce, nihai dokuma denemelerine rehberlik etmesi için ticari fiberlerle dokuma ön denemelerinin yapılması amaçlanmıştır.

4.2. Dokuma Kumaş Üretimi Sonuçları

Sonuçlar iki kategoride değerlendirilmiştir: homojenlik ve parlaklık. Tipik olarak, yüksek parlaklık tekstil uygulamalarında POF kumaş için makuldür. Bununla birlikte, ek yan ışık aktivasyonu (kimyasal bir sıvı ışık iletkenliği arttırılması) yapılmazsa yüksek parlaklık genellikle düşük homojenlikle sonuçlanmaktadır çünkü kumaşın ilk yarısında aktarılan tüm ışık, ikinci yarıda aktarılmak üzere mevcut değildir. Optik güç ve ışık oranı dağılacak ve çok fazla ışık aktarılacaktır. Dahası, homojenliği etkiler. Bu nedenle homojenlik parlaklıktan daha önceliklidir. Bu nedenle, homojen kumaş ile orta veya düşük parlaklık seçilmesi amaçlanmaktadır.

4.2.1. Ön Deneme İle Üretilen Kumaşların Parlaklık Testi Ölçüm Sonuçları

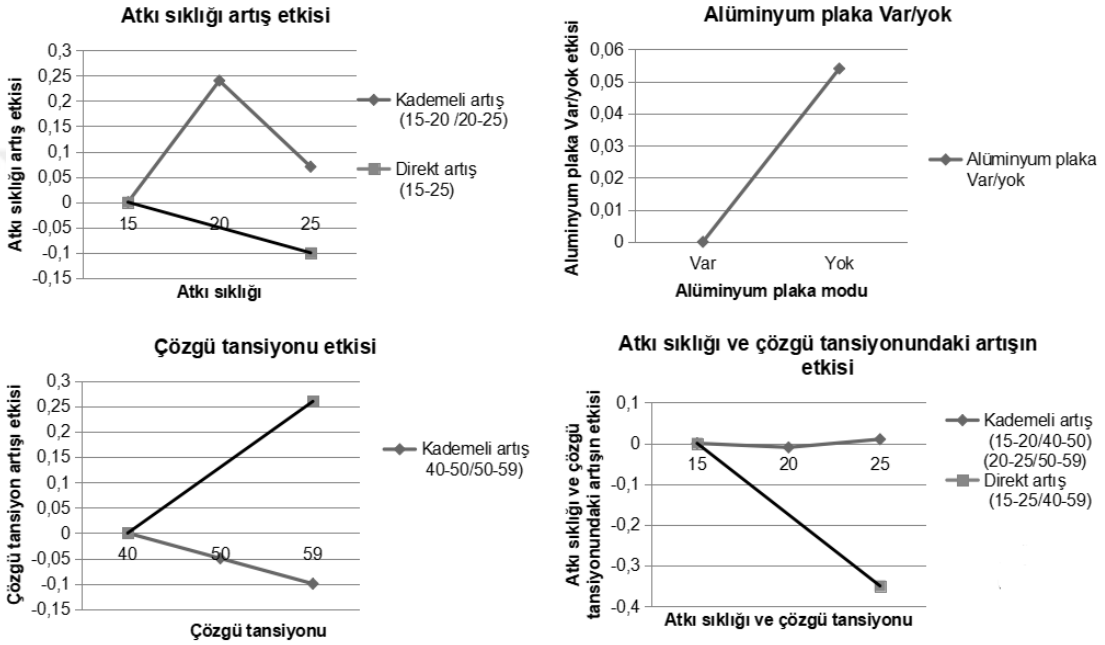
18 farklı parametreye sahip her kumaş, kamera tarafından parlaklığını ve homojenliğini kontrol etmek için ölçüm için ayarlanmıştır. Ortalama parlaklık ölçüm sonuçları atkı sıklığı, çözgü gerginliği ve atkı besleyicideki alüminyum plaka durumuna göre Şekil 4.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Ortalama parlaklık testi ölçüm sonuçları (1) alüminyum plaka durumu (2) çözgü gerginliği (cN/iplik) (3) atkı sıklığı (atkı/cm)

Şekil 4.14. alüminyum plaka kullanımının, aynı atkı sıklığı ve çözgü gerginliği ile alüminyum plaka kullanılmadan elde edilen sonuçlara kıyasla parlaklık ölçümünü azalttığını göstermektedir. Alüminyum plaka kullanılmadığında ortalama parlaklık her kumaş için yaklaşık

%15 oranında artmaktadır. Alüminyum plaka kullanımının liflerde çatlaklara neden olabileceği iddia edilmiştir. Çözgü gerginliğinin azaltılmasının, aynı atkı sıklığına sahip kumaş üzerindeki parlaklık etkisini artırdığı da görülebilir. Çözgü gerginliğinin azaltılması, liflerin baskı ve sertlik olmadan kolayca ve yeterli bir şekilde birbirine bağlanmasına yardımcı olabilir. Bu şekilde, liflerin düzgün bir şekilde toplanması sağlanabilir. Çözgü geriliminin etkisi Şekil 4.14'te görülmektedir. Atkı sıklığının arttırılması, aynı çözgü gerginliği ve alüminyum plaka ile kumaş üzerindeki parlaklık etkisini de arttırır Ancak öncelik, orta veya düşük parlaklıkta homojen bir kumaş bulmaktır.

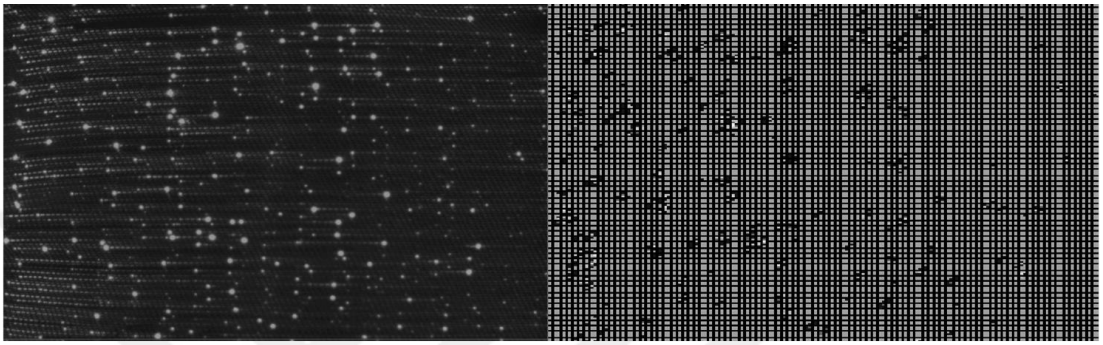


Şekil 4.15. Dokuma ön denemelerinin deney tasarımı analizleri, çözgü gerginliği (cN/iplik), atkı sıklığı (atkı/cm)

Ön denemelerin deney tasarımı analizleri Şekil 4.15'te görülebilir. Artan atkı sıklığının etkisi, atkı sıklığı 15'ten 20 atkı/cm'ye çıkarıldığında parlaklığın arttığını göstermektedir. Atkı sıklığı 20'den 25 atkı/cm'ye çıkarıldığında parlaklık 0,5 kat azalır. Parlaklık, 15'ten 25 atkı/cm'ye doğrudan artırıldığında azalma eğilimindedir. Orta derecede parlaklığın 20 ile 25 atkı/cm arasında değiştiği söylenebilir. Bu aralık arasında daha fazla deneme yapılabilir. Artan çözgü gerginliğinin etkisi, çözgü gerginliği 40'tan 50'ye, 50'den 59 cN/ipliğe çıkarıldığında parlaklığın kademeli olarak azaldığını göstermektedir. Parlaklık, doğrudan 40 ila 59 cN/iplik arasında artırıldığında artma eğilimindedir. Alüminyum plakanın çıkarılması 0.05'lik bir parlaklık artışı etkisi gösterir.

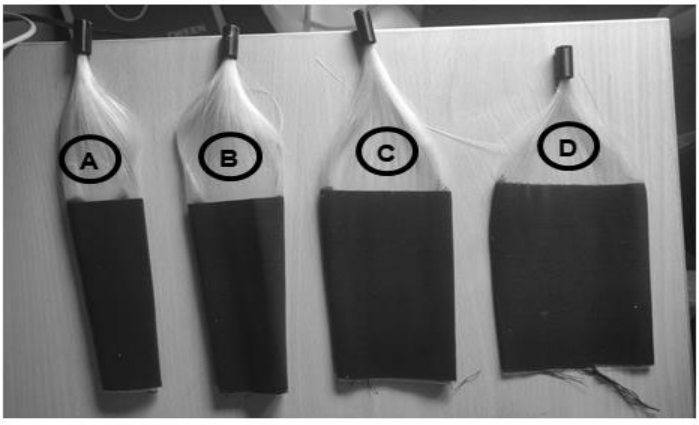
Artan etki diğer parametrelere kıyasla çok az olsa da, alüminyum plakanın çıkarılması fiberlerin zarar görmemesine yardımcı olabilir. Ayrıca, düzgün bir geçiş olmasına ve fiberlerde çatlak olmamasına da yardımcı olabilir. Ancak, parlaklık ölçüm sonuçları, kumaş boyunca bazı noktalarda bazı kırılmalar nedeniyle kesin olmayan ve beklenmedik olarak görülmekte, kumaş

üzerinde parlaklığa neden olmakta ve yüksek parlaklık sonuçları olarak görülebilmektedir. Ayrıca homojenlik ve efekt analizini de doğrudan etkilemektedir. Daha ileri denemeler bu aralık arasında yapılabilir. Özellikle atkı sıklığı 15 atkı/cm ve çözgü gerginliği 59 cN/iplik olan kumaşta çok fazla kopuş vardır ve bu da çok yüksek parlaklıkla sonuçlanır. Bu tür kumaşlar parametre etkilerini hassasiyet açısından etkileyebilir. Parlaklığın orta düzeyde ve homojenliğin yüksek olduğu yerlerde daha sonraki sürece devam etmek anlamlı olabilir. Şekil 4.16 bu tür bir kumaş örneğini göstermektedir.



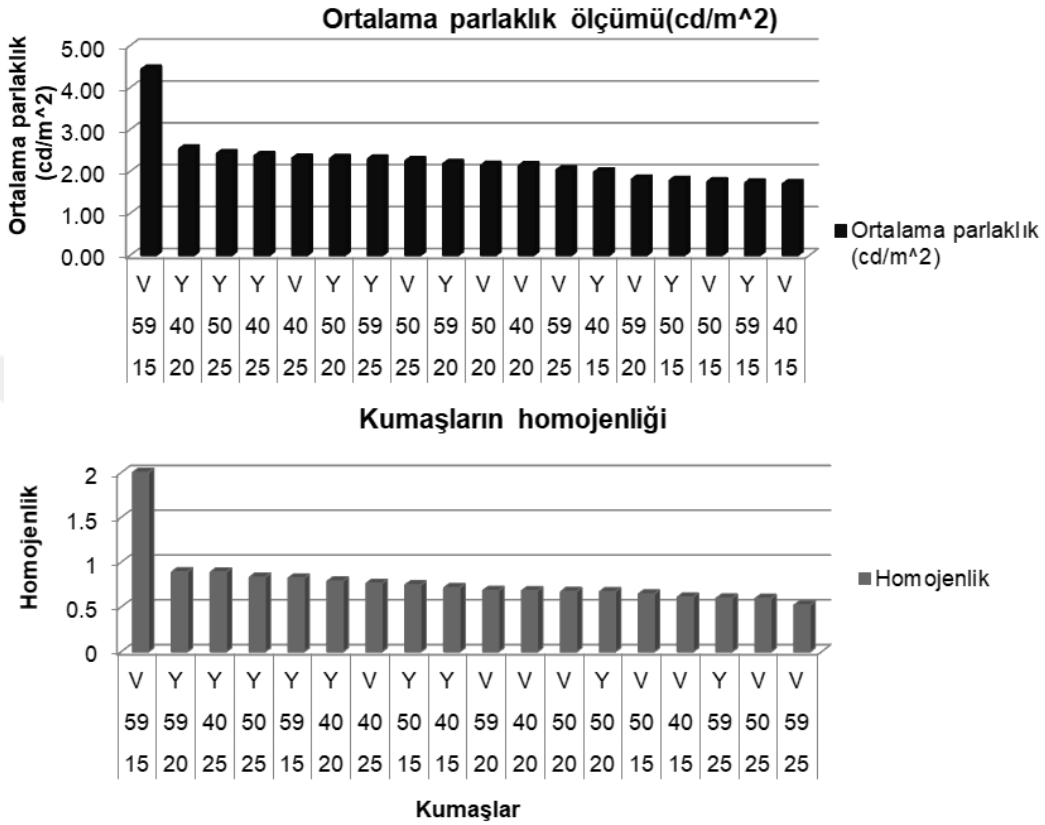
Şekil 4.16. Çok fazla atkı kopuşuna sahip kumaşın görsel görüntü ve parlaklık kontur haritaları örneklerinden biri

Kumaşlar dokuma sırasında silindirlerden geçtikleri için katlanma eğilimindedir. Kumaş 1, kumaş üzerinde çok fazla atkı kopuşuna sahiptir; bu nedenle, fotometrik ışık ölçüm kamerası kumaş üzerinde birçok ışık noktası görür ve yüksek parlaklık sonuçlarına neden olur. Kırılmalar nedeniyle iyi bir sonuç olarak kabul edilmez. Çözgü gerginliğinin azaltılması da gerginlik olarak stresi azaltır ve kumaşların çok fazla katlanmamasına yardımcı olabilir. Bununla birlikte, 15 atkı/cm'lik bir atkı sıklığı, atkı ipliklerinin bağlanmasının entegre edilmesi için yetersizdir. Düşük yoğunluk nedeniyle, atkı iplikleri arasında kısmi açıklıklar görülebilir. Katlanmış kumaşlar Şekil 4.17'de görülebilir.



Şekil 4. 17. Yüksek atkı sıklığından düşük çözgü gerginliği kombinasyonuna doğru kumaş katlanması (a) 25 atkı/cm-59 cN/iplik (b) 20 atkı/cm-59 cN/iplik (c) 20 atkı/cm-50 cN/iplik (d) 15 atkı/cm-40 cN/iplik

Bazı kumaşlar düz kalmıştır ve kumaşlar sırasında parlaklık sonuçlarını etkileyebilecek atkı kırılmaları ve kısmi açıklıkların görülmemesine yardımcı olur. Yüksek gerilim ile yüksek atkı sıklığı kumaşta ağır katlanmalara ve bu durumda kırılmalara neden olur. Homojenlik, standart sapmanın ortalamaya oranı olan varyans katsayısı ile temsil edilir. Yani birimi yoktur.



Şekil 4.18.Kumaşların homojenliği

Kumaşların homojenliği Şekil 4.18'de görülebilir. Atkı sıklığı 25 atkı/cm ve çözgü gerginliği 50-59 cN/ip arasında olan kumaşlar en iyi homojen etkiyi göstermektedir. Faktöriyel deney tasarımına göre, 20-25 atkı sıklığı/cm arasındaki aralıklar daha sonraki denemeler için uygun bir seçim olabilir. Çözgü gerginliğindeki artış, bazı kumaşların 59 cN/iplik gibi yüksek bir parlaklığa sahip olması nedeniyle kesin olarak yorumlanamamıştır. Bu nedenle, 50-59 arasındaki çözgü gerginliğini kullanmak kesin bir sonuç olmayabilir, ancak orta çözgü gerginliği daha sonraki denemeler için uygun olabilir. Genel olarak, alüminyum plakasız kumaşlar alüminyum plakalardan daha iyi parlaklık performansı göstermektedir çünkü plaka kaplama parçalarına zarar vermemektedir. En iyi kumaş performansı, kırılmalar, kısmi açıklıklar, kısmi kırılmalar, eğrilme, eğilme ve özellikle kumaş katlanması gibi durumlar için orta çözgü gerginliği ile orta atkı sıklığında ancak alüminyum plakasız olduğu söylenebilir. Ana denemeler için, bu durumlarda yüksek homojenlik ile orta parlaklık sonuçları gösteren kumaşların 10,12,16 ve 18 numaralı kumaşlar olduğu söylenebilir. Bu nedenle, son denemeler cm başına 20-25 atkı arasında orta atkı sıklığı ve 40-50 cN/iplik arasında orta çözgü gerginliği ile ele alınacaktır.

4.2.2. Final Denemesi İle Üretilen Kumaşların Sonuçları: Uygulanabilirlik

Çizelge 4.1. Ana denemenin başarısı

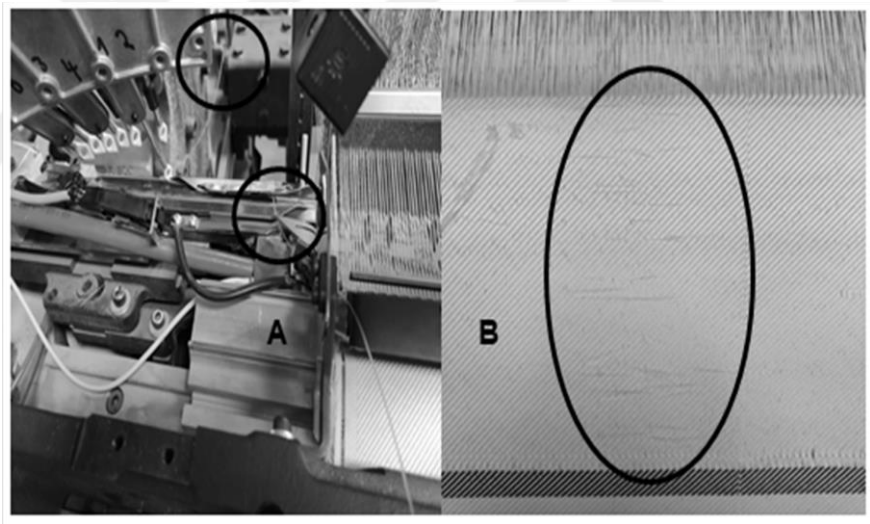
Denemeler	Fiberler	Atkı ipleri	Uygulanabilirlik
1	Ticari fiberler	Jiangxi Daishing - 1 mm	X
2		Diemount 0.5 mm	X
3		**Jiangxi Daishing 0.25 mm**	✓
4		**Asai Kasei - SB 250 0.25 mm**	✓
5		Toray- FB250 0.25 mm	X
6	Eğirme denemeleri	PMMA-PVDF 0.75 mm- B.1.2	X
7		PMMA-PVDF 0.75 mm- B.2.1	X
8		PMMA-PMP 0.75 mm - B.3.2	X
9		PMMA-PMP 0.75 mm - B.4.1	X
10	Ticari fiberler	Jiangxi Daishing- 1 mm	X
11		Diemount 0.5 mm	X
12		**Jiangxi Daishing 0.25 mm**	✓
13		**Asai Kasei - SB 250 0.25 mm**	✓
14		Toray- FB250 0.25 mm	X
15	Eğirme denemeleri	PMMA-PVDF 0.75 mm- B.1.2	X
16		PMMA-PVDF 0.75 mm- B.2.1	X
17		PMMA-PMP 0.75 mm - B.3.2	X
18		PMMA-PMP 0.75 mm - B.4.1	X

Çizelge 4.1., ana denemelerde elde edilen başarıları göstermektedir. Koyu satırlar başarılı bir şekilde dokunan fiberleri temsil etmektedir. PMMA-PVDF 0.75 mm bobinler, 1.2 ve 2.1 bobin numaraları ile, rapier sistemi dokuma işlemini yürütmek için ipliği aldıktan sonra doğrudan kopmuştur. Bu bobinler, liflerin besleme için bir atkı besleyiciye sarılmasına izin verecek kadar sert ve güçlüdür, ancak daha fazla işleme izin vermez. Bu nedenle, bu bobinlerle kumaş dokuma işlemi gerçekleştirilememiştir. PMMA-PMP 0.75 mm bobinleri, 3.2 ve 4.1 bobin numaraları ile atkı besleme sisteminde bile kırılmıştır. Bu bobinler, fiberleri atkı besleyiciye sarmak için çok kırılgan fiberlerdir. Alınacak rapier sistemine kadar bile ilerlememektedir. 4.1 numaralı bobin 3.2'den bile daha kırılgandı. Eğirme denemelerinde üretilen fiberlerle dokuma işleminde kumaş üretimi başarılı olamamıştır. Dokuma yetenekleri bir kumaşa sahip olmak için yeterince iyi değildi. Bu bobinlerin dokuma kabiliyetinin yetersiz olmasının nedenini, bu bobinlerin çapının sarılamayacak kadar yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmekteydi. Şekil 4.12'de ticari

fiberlerin sonuçlarının karşılaştırılmasında görüldüğü gibi, düğüm/düğümsüz çekme mukavemeti oranı fiberin küçük çapında en yüksektir. Bu oran çap arttıkça azalmaktadır. Bu durum, düşük çaplı fiberlerin düğüm oluşma payının yüksek çaplı fiberlere göre daha yüksek olduğu şeklinde değerlendirilebilir. Ayrıca, bu fiberler çok kırılgan ve sert yapılı olduğundan (tekstil ipliklerinin aksine), bu fiberler cam gibi etkiler gösterebilir.

Çapları 1 mm ve 0,5 mm olan ticari fiberler de dokumada başarılı olamamıştır. Çapı 1 mm olan ticari fiber atkı besleyicide sarılamadı. Ancak 0,5 mm çapındaki fiber sarılabildi. Rapier sistemi fiberi alamadı. Sistem içinde kırıldı. RWTH ITA'da üretilen bobinler için de aynı durum söz konusudur.

Tüm 0.25 mm'lik ticari fiber dokunabilmiştir. Asahi Kasei Gmbh ve Jiangxi Daishing Gmbh'nin elyafları, 3x3 dimi ve 6x6 dimi ile hedeflenen kumaş üretimi ile gerçekleştirildi. Toray Industries Gmbh'nin 0,25 mm çapındaki fiberleri de üretim hattına kadar ilerleyebildi. Ancak üretim sırasında kumaş üzerinde çok sayıda atkı kopması ve rapier sisteminde kopmalar olduğu sonucuna varıldı. Fiberin esnekliği dokumaya uygun olmadığı için kumaş üretmek imkansız hale gelmiştir.



Şekil 4.19. Dokumada hata (a) rapier sisteminde atkı kopuşları (b) Toray Industries bobin 0.25 mm atkı kopuşları

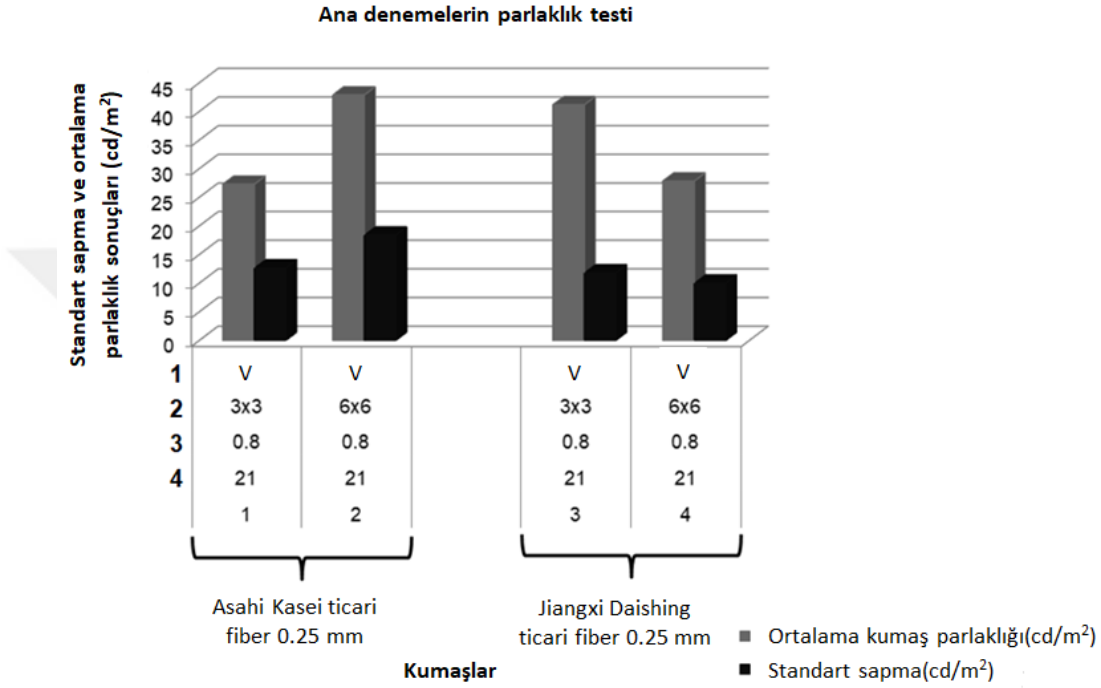
Kusurlar Şekil 4.16'da görülebilir. Sonuç olarak, dokuma denemeleri sırasında en düşük çapa sahip lifler kullanılabilmiştir. Atkı besleyici, rapier sistemi ve dokuma işlemi gibi tüm sistemlerden geçebilmişlerdir. Ancak, rapier başı fiberleri yakaladığında fiberler çatladığı için rapier sisteminde çap artışı kopma hatasına neden olmaktadır. Toplam 4 adet kumaş 0.25 mm çapındaki ticari fiberlerden üretilmiştir.

Dokuma kumaşların demetlenmesi ön denemelerle aynı şekilde yürütüldü. Atkı sıklığı cm başına 20 olacak şekilde üretilen yüksükler nihai deneme kumaşları için de kullanıldı. Çünkü nihai

deneme kumaşları cm başına 21 atkı sıklığına sahiptir. Yüksükler toleranslı olarak üretildi. Bu lifler doğrudan yüksüklere oturmaktadır. Ek bir yüksük üretimine ihtiyaç duyulmadı.

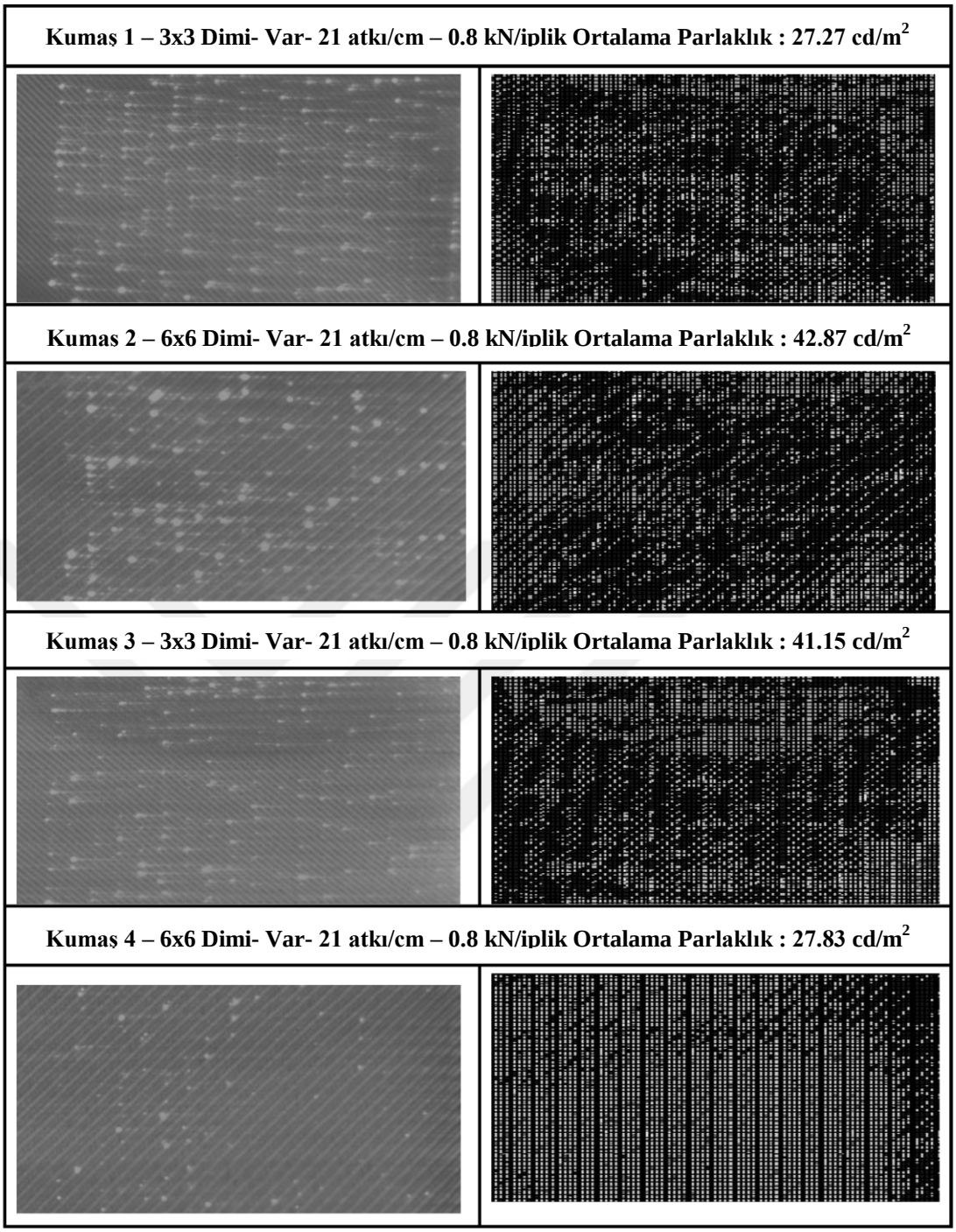
4.2.3. Ana Deneme İle Üretilen Kumaşların Parlaklık Testi Ölçüm Sonuçları

Ölçümler dokuma öncesi denemeler için kullanılan aynı cihazla yapılmıştır. Sonuçlar Şekil 4.20'de görülmektedir.



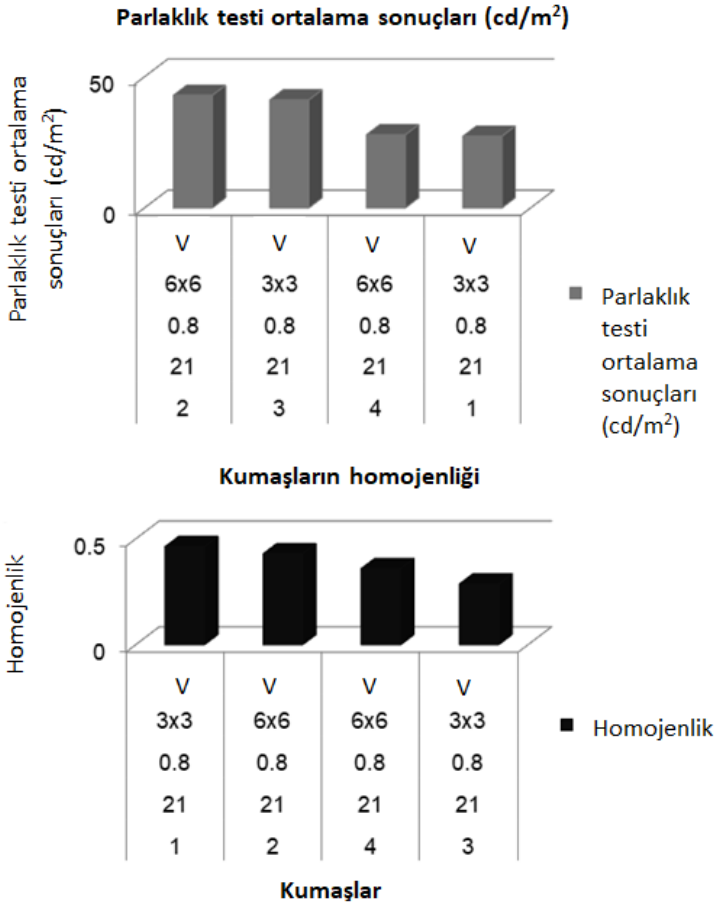
Şekil 4.20. Ana denemelerin ortalama parlaklık testi ölçümü (1) alüminyum plaka koşulu (2) dokuma deseni (3) çözgü gerginliği (kN/iplik) (4) atkı sıklığı (atkı/cm)

Parlaklık ölçümlerinin sonuçları Şekil 6.7'de görülebilir. 3x3 ve 6x6 dimi kumaşlardaki atkı kopuklukları parlaklığın karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla, bu sonuçlar kaçınılmaz olarak değerlendirilmemelidir çünkü kumaşların net bir şekilde dokunmuş olması gerekmektedir. Kumaşların tüm görüntüleri ve parlaklık kontur haritaları Şekil 4.21'de görülmektedir. Seçilen ve referans alınan 10, 12, 16 ve 18 numaralı kumaşların ortalama parlaklıkları 2.26-2.44 cd/m^2 arasında değişmektedir. Ana denemelerdeki kumaşların ortalama parlaklıkları 27-43 cd/m^2 arasında değişmektedir, bu da ön denemelerden 15 ila 20 kat daha yüksektir. Bununla birlikte, beyaz renkli çözgü ipliğinden yapılan ana deneme kumaşlarına kıyasla ön deneme kumaşları için siyah renkli çözgü ipliği kullanıldığını belirtmek ve hatırlatmak iyi olacaktır. Siyah kumaş, üzerine düşen ışığı yansıtmak yerine absorbe edebilir. Bu nedenle, parlaklık kumaş renginden etkilenebilir ve ana denemenin kumaşlarından daha düşük parlaklığa sahip olmasıyla sonuçlanabilir.



Şekil 4.21. Kumaş görünümleri ve parlaklık kontur haritaları

Tüm kumaşlar dokuma işlemi sırasında atkı kırıkları oluşturmuştur. Bununla birlikte, Jiangxi Daishing Gmbh'nin 6x6 dimi kumaş desenli kumaşı, 3x3 dimi desenli kumaşa kıyasla daha az atkı kırığı ve homojen bir kontur haritası gösterir. Daha iyi bir parlaklık homojenliği için hangi desenin daha uygun olduğunu iddia etmek kesin değildir. Bu kırıklar fiberin kendisinden değil, rapier sisteminden veya alüminyum plaka kullanımından kaynaklanmış olabilir.



Şekil 4.22. Ana denemelerin kumaşlarının homojenliği

Ancak, kumaştaki kırıklar tüm kumaşa dağılmıştır. Çözgü ipliğinden geçen tek bir fiberin hat boyunca daha fazla kırığa maruz kaldığı, bunun da kumaş kalitesini etkileyebileceği ve zayıflamayı artırabileceği sonucuna varılabilir. 6x6 dimi desenli kumaşlardaki kırıklar, fiber başına 3x3 dimi desenli kumaşlardaki kadar sürekli değildir. Bununla birlikte, sonuç 6x6 dimi kumaşın daha iyi bir parlaklık etkisi gösterdiği anlamına gelmemektedir. Söylenebilecek tek şey, 6x6 dimi kumaşlardaki atkı ipliklerinin, 3x3 dimi kumaşlardaki gibi çok fazla kırık olmadan atkı fiberi başına çözgü iplikleri boyunca düzgün bir şekilde ilerlediğidir.

Parlaklık açısından homojenlik Şekil 4.22'de görülebilir. Homojenlik 4 ve 3 numaralı kumaşlarda daha iyi görülmektedir. Kumaş 4 aynı zamanda orta parlaklıkta görülmektedir. Kumaş 4 normalde yüksek homojenlik ve orta parlaklıkta en iyi kumaş olarak sayılabilir. Ancak kumaş üzerinde çok fazla atkı kopuğu vardır ve kumaş üzerinde yüksek parlaklık ölçüm sonuçlarını gösterebilecek çok fazla ışık noktaları bulunabilir. Homojenliğin parlaklık sonuçlarını etkilediği ve bununla birlikte homojenliğin de etkilediği daha önce söylenmişti.

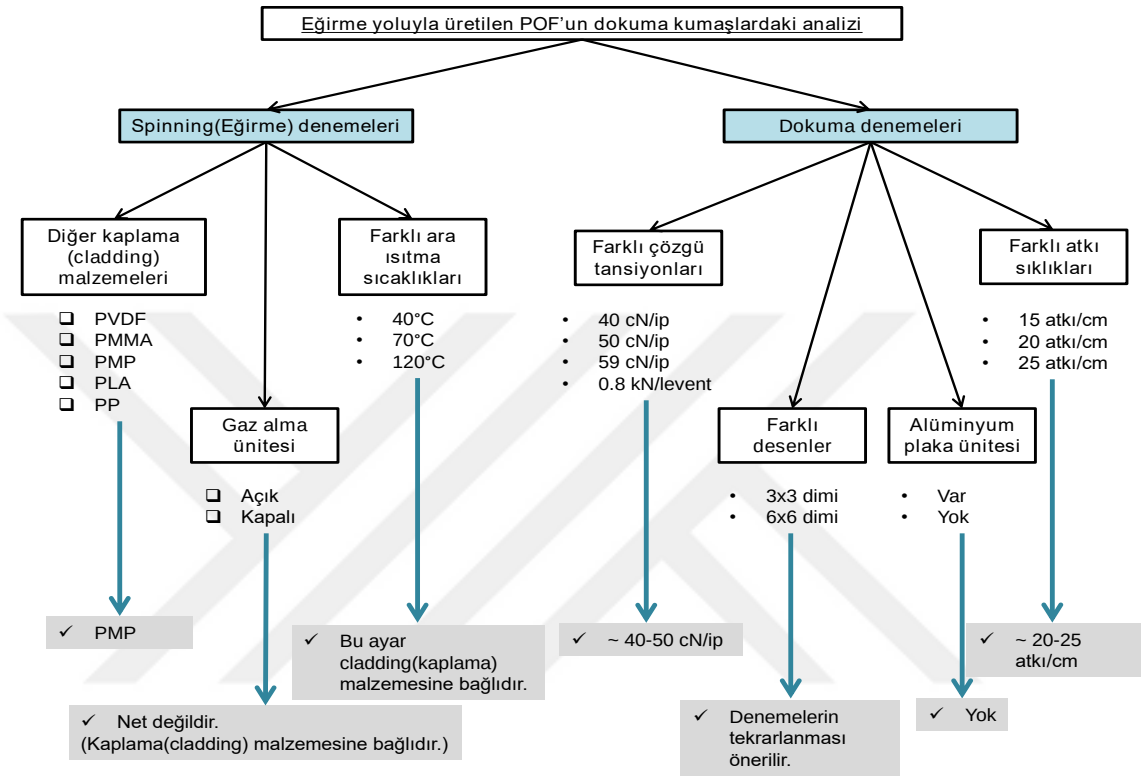
Son denemelerden çıkarılabilecek tek sonuç, daha düşük çaplı fiberlerin daha yüksek çaplı fiberlere göre daha iyi dokuma kabiliyeti gösterdiğidir. Daha yüksek çaplı fiberler dokuma için daha fazla yol kat edememektedir. Bu dokuma denemeleri, makine parametreleri değiştirilerek, özellikle alüminyum plakalar çıkarılarak tekrar ele alınabilir.

PMMA-PP elyafı 30 dB/m ile en yüksek zayıflama testi sonucunu göstermiştir, bu değer ön denemelerdeki diğer bobin gruplarından 5-6 kat daha yüksektir ve kötü mekanik özellikler göstermiştir, bu nedenle PP ana denemeler sırasında kullanılmamıştır. PMMA-PLA'nın 0,5 mm çapındaki fiberlerinin zayıflaması, bu grubun 1 mm fiberiyle aynı kalmıştır. Ancak, bu grubun zayıflaması PMMA-PMP ve PMMA-PVDF kombinasyonundan dört kat daha fazla olmuştur. Bu nedenle, ana ön denemeye PMMA-PLA malzeme kombinasyonu ile devam edilmemiştir.

Malzeme seçimi PMMA-PVDF-PMP'ye indirgenmiştir. Ana denemede PMMA-PVDF, PMMA-PMP ve PMMA-PMMA kombinasyon grupları ile gaz giderme ünitesi kullanımının farklı parametreleri ve farklı son ısıtma sıcaklıkları ile 0,75 mm çapında fiberler üretilmiştir. Gaz alma ünitesi kullanmanın zayıflamayı azalttığını söylemek kesin değildir. PMP-PMMA kaplama tabanlı malzemeler için azaltıcı bir etki gösterirken PVDF kaplama tabanlı malzemeler için artırıcı bir etki göstermektedir. ARA ısıtma farklı kaplama(cladding) malzemeleri için farklı davranışlar göstermiştir. Son ısıtma sıcaklığının artırılması PMMA-PVDF grubu için zayıflamayı artırmıştır. Artan son ısıtma sıcaklığı PMMA-PMP grubu için önce azaltıcı, sonra artırıcı bir etkiye neden olmuştur. PMMA-PMMA grubu için ısıtma sonrası sıcaklığın artırılması önce artırıcı sonra azaltıcı etki ile sonuçlanmıştır. Ana denemelerde üretilen bobinler dokuma işleminde kullanılmak üzere çekme mukavemeti testi için de test edilmiştir. Bu çekme testleri hem düğümlü hem de düğümsüz çekme mukavemeti için ele alınmıştır. PMMA-PMMA elyaf grubu, düğüm oluşturmaya izin verilmediği için çekme testi sırasında gerçekleştirilemedi. Daha küçük çaplı ve ticari elyaf %88'e varan yüksek düğüm mukavemeti göstermektedir. ITA'da eritilerek bükülen daha yüksek çaplı POF, %35 ila 40 arasında düğüm mukavemeti göstermiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışmasının amacı, POF kumaşının zayıflaması ve parlaklığı için bir yumuşak eğirme yöntemi (melt-spinning) ve dokuma işlemi için kılavuz geliştirmektir. Şekil 5.1.'de tez çalışmasının özet açıklaması verilmiştir.



Şekil 5.1. Tezin özeti

Dokuma denemeleri bir ön deneme ve bir ana deneme ile ele alınmıştır. Ön deneme, makine parçalarının ve ayarların kumaş üzerindeki etkisini ana denemeler için tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Jiangxi Daishing'in 0.25 mm çapındaki ticari fiberi kullanıldı ve 18 parametre kullanıldı. Bu kumaşlar, kumaşın parlaklığını test etmek için gerçekleştirilmiştir. Ön denemelerden üç iddia da bulunmuştur:

- Alüminyum plaka kullanılmayan kumaşlar, aynı çözgü tansiyonu ve atkı sıklığında alüminyum plaka kullanılan kumaşlara göre daha yüksek parlaklık ölçümü ile 1.05 faktör etkisine sahiptir.
- Çözgü tansiyonunun azaltılması, kumaşın parlaklığını arttırmada 1.25'lik bir etki faktörüne sahiptir. Çözgü tansiyonunun azaltılması, fiberlerin üzerinde herhangi bir baskı ve bükülme olmadan kolayca ve düzgün bir şekilde birbirine bağlanmasına yardımcı olabilir.

- Atkı sıklığının arttırılması, 15-20 atkı sıklığı/cm arasında kumaşın parlaklığını arttırmada 0,11'lik bir etkiye sahiptir. Atkı sıklığının arttırılması, atkı ipliklerinin birbirine bağlanmasına yardımcı olabilir.
- En iyi homojenlikler tüm kumaşlardan elde edilmiş olup, 20-25 tels/cm ve 50-59 cN/iplik kumaşlarda 0.4-0.6 arasında değişmektedir. Bununla birlikte, bazı atkı kopuşları 59 cN/iplik çözgü gerilimine sahip kumaşta yüksek parlaklık sonuçlarına neden olmuştur.

Ana denemeler için orta atkı sıklığı ve çözgü tansiyonu seçilmiştir. ITA'dan üretilen fiberlerden kumaş üretiminde başarılı olunamamıştır. Kumaş üretimi sadece 0.25 mm'lik ticari fiberlerle başarılı olmuştur. 3x3 ve 6x6 dimi desenleri kullanılmıştır. Homojenlik, ön denemelere göre iki kat daha düşük olan 0,2-0,5 arasında değişmektedir. Ortalama parlaklık ön denemelerden on kat daha yüksektir. Şekil 7.1. projenin özetini göstermektedir.

Amaç hem yumuşak eğirme(melt-spinning) hem de dokuma için kılavuzlara ulaşmaktır. Genel bir kılavuza ulaşılamasa da, daha önce gösterilen sonuçlar bir kılavuzun ilk yinelemesi olarak anlaşılabilir. Bu tezin denemeleri sonraki denemelerin yolunu açmaktadır. Ara ısıtma sıcaklığının kullanılması durumunda esas olarak kaplama(cladding) malzemelerinin mekanik özelliklerinin dikkate alınması şiddetle tavsiye edilir. Daha küçük çaplı POF, daha yüksek çaplı olanlara göre daha yüksek zayıflamalara sahip olmalarına rağmen dokuma denemeleri için düşünülmelidir. Dokuma için kullanılacak fiber sadece homojenlik açısından değerlendirilmemelidir. Düzgün dokuma ve stabil geçiş sağlayan makine parametreleri de kumaşın homojenliğini etkiler. Eğer dokuma düzgün ve stabil değilse, atkı kopuşları ve kırıklar parlaklığı ve homojenliği doğrudan etkiler. Alüminyum plaka kullanmadan bu desenlerle ana denemelerin tekrarlanması şiddetle tavsiye edilir.

PMMA-PP fiberi 30 dB/m ile en yüksek zayıflama testi sonucunu göstermiştir, bu değer ön denemelerdeki diğer bobin gruplarından 5-6 kat daha yüksektir ve kötü mekanik özellikler göstermiştir, bu nedenle PP ana denemeler sırasında kullanılmamıştır. PMMA-PLA'nın 0,5 mm çapındaki fiberlerinin zayıflaması, bu grubun 1 mm fiberiyle aynı kalmıştır. Ancak, bu grubun zayıflaması PMMA-PMP ve PMMA-PVDF kombinasyonundan dört kat daha fazla olmuştur. Bu nedenle, ana ön denemeye PMMA-PLA malzeme kombinasyonu ile devam edilmemiştir.

Malzeme seçimi PMMA-PVDF-PMP'ye indirgenmiştir. Ana denemede PMMA-PVDF, PMMA-PMP ve PMMA-PMMA kombinasyon grupları ile gaz giderme ünitesi kullanımının farklı parametreleri ve farklı son ısıtma sıcaklıkları ile 0,75 mm çapında fiberler üretilmiştir. Gaz alma ünitesi kullanmanın zayıflamayı azalttığını söylemek kesin değildir. PMP-PMMA kaplama tabanlı malzemeler için azaltıcı bir etki gösterirken PVDF kaplama tabanlı malzemeler için artırıcı bir etki göstermektedir. ARA ısıtma farklı kaplama(cladding) malzemeleri için farklı davranışlar göstermiştir. Son ısıtma sıcaklığının artırılması PMMA-PVDF grubu için zayıflamayı artırmıştır. Artan son ısıtma sıcaklığı PMMA-PMP grubu için önce azaltıcı, sonra artırıcı bir etkiye neden

olmuştur. PMMA-PMMA grubu için ısıtma sonrası sıcaklığın artırılması önce artırıcı sonra azaltıcı etki ile sonuçlanmıştır. Ana denemelerde üretilen bobinler dokuma işleminde kullanılmak üzere çekme mukavemeti testi için de test edilmiştir. Bu çekme testleri hem düğümlü hem de düğümsüz çekme mukavemeti için ele alınmıştır. PMMA-PMMA fiber grubu, düğüm oluşturmaya izin verilmediği için çekme testi sırasında gerçekleştirilememiştir. Daha küçük çaplı ve ticari fiber %88'e varan yüksek düğüm mukavemeti göstermektedir. ITA'da üretilen eğirme bobinler daha yüksek çaplı POF, %35 ila 40 arasında düğüm mukavemeti göstermiştir.

Jiangxi Daishing'in 0,25 mm çaplı ticari fiberi 1,41 dB/m zayıflama göstermiştir; bu değer, aynı üreticinin 0,64 dB/m olan 1 mm çaplı ticari fiberinden yaklaşık 2,5 kat daha yüksektir. PMMA-PVDF ve PMMA-PMP'nin ITA'sında eritilerek bükülmüş POF ortalama 14 dB/m zayıflamaya sahiptir. PMMA-PMMA, ortalama 7 dB/m ile bu gruplardan iki kat daha düşüktür.

KAYNAKLAR

Alli R., Werneck[1] M., 2020. Plastic Optical Fibre Sensors, Brezilya ,Plastic Optical Fibre Sensors

Arrue J., Zubia J., 2000. Plastic optical fibres: An introduction to their technological processes and applications, Spain, Davetli makale, 7: 101-140.

Bunge C.-A. , Beckers M. , Gries T., 2017. Polimer optik fibers, Aachen

Brochier C., Malhomme D., Deflin E.,2006.Illuminating complex comprising a light source having a web of optical fibres, https://patents.google.com/patent/US20090291606A1/en?oq=US20090291606A1, Patent 4,US20090291606A1, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Beckers M., Schlüter T., Vad T., Gries T. , Bunge C.-A, 2015., An overview on fabrication methods for polymer optical fibres, 2015; Vol64: 25–36.

Gilsoo Cho G., 2010, Smart Clothing Technology and Applications CH5, -Integration of Plastic Optical Fibre into, Textile Structures s.115.

Daniel M., 1979. Patent 2,US4234907,Maurice Daniel, Light emiting fabric, https://patents.google.com/patent/US4234907A/en?oq=US4234907, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Derick B.-N., Snyder Jr. S., 1967, Patent 1, US3508589, Luminous textile products, https://patents.google.com/patent/US3508589A/en?oq=US3508589, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Franz T., Fasching J., Mikulecky B. Et al., 2013,Patent 5,US20160122911A1, Illuminated fabric comprising glass fibres, https://patents.google.com/patent/US20160122911A1/en?oq=US20160122911A1, Son Erişim Tarihi:10.09.2023

Fang Z., Jianjun L., 2015, Patent 8, CN105133084B, Polymer optical fibre, luminous fabric and its manufacture method for luminous fabric, https://patents.google.com/patent/CN105133084B/en?oq=CN105133084B, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Gang D.P.,2019. Handbook of Optical Fibres, Sydney, NSW, Australia.

Ge L., 2020. Woven Structure Design for Polymeric Optical Fibre (POF) Textiles, PhD,

Hufenus R., Yan Y., Dauner, M., Yao D., Kikutani T., 2020. Handbook of Fibrous Materials, CH11- Bicomponent fibres.

Felix A. Reifler, Hufenus R., Reifler F., Krehel M., Zgraggen, E., Rossi R.,Scherer L. 2014, Polymer optical fibres for textile applications e Bicomponent melt spinning from cyclic olefin polymer and structural characteristics revealed by wide angle X-ray diffraction

Jing S., 2012. Development and Evaluation of Phototherapy Device made of Luminous Polymer Optical Fibre Fabrics

Kobek H.J., 2013, Patent 6, DE102013020715B4, Uniformly luminous textile fabric https://patents.google.com/patent/DE102013020715B4/de?oq=DE102013020715B4, Son

Yasuhiro Koike Y.,2015. Fundamentals of Plastic Optical Fibres

Kallweit J., Pätzel M., Pursche F., Jabban J., Morobeid M., Gries T.,2021, An Overview on Methods for Producing Side-Emitting Polymer Optical Fibres , 1, 337–360.

Krauser J., Ziemann O., Zamzow P., Daum W.,2007. POF Handbook Optical Short Range Transmission Systems

Leijing Z., 2014, Patent 7, CN104164734A, Flexible light-guiding optical fibre fabric, https://patents.google.com/patent/CN104164734A/en?oq=CN104164734A, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Mohr B., Stracke N., 2021,Patent 9, DE102021109194B4, Device and method for preparing a fibre optic fabric, https://patents.google.com/patent/DE102021109194B4/de?oq=DE102021109194B4, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Parker J.R., 1988,Patent 3, US4885663, Fibre optic light emitting panel and method of making same, https://patents.google.com/patent/US4885663A/en?oq=US4885663, Son Erişim Tarihi: 10.09.2023

Polishuk P., 2007, Co-Chair of Plastic Optical Fibre Trade Organization (POFTO), Special reports, Plastic Optical Fibres (POF) Market Trends, 27:1–6,

Technologies of Avago, [1], Broadcom Inc., San Jose, California, USA San Jose, California, Uygulama notları s.5596

Xiaoming Tao X., 2015, Handbook of smart textiles, CH.33 - Smart Nanofibrous Membranes with Controllable Porous Structure and Surface Wettability for High Efficient Separation Materials s. 891

Yamada Y., 2020, Yamada Shoten, Osaka, Japan,Journal,Textile-integrated polymer optical fibres for healthcare and medical applications

Yüksük ölçümü, [11], http://www.packomania.com/cci/cci.html , Erişim tarihi: 21.10.2023

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ESMERCAN, Can

Eğitim

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Yılı**
Yüksek Lisans	ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ-Tekstil Mühendisliği	
Lisans	ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ-Makine Mühendisliği	2019
Ortaöğretim	GÜNDOĞDU KOLEJİ	2013

Çalışma Tecrübesi

Yıl	**İşyeri**	**Unvan**
2020-2022	Abdioğulları Plastik ve Paketleme / ADANA	Üretim Mühendisi ve Uzmanı

EKLER

Ek 1. Yüksük çapı hesaplama excel belgesi

max. Packungsdichte

Weft Density		15	20	25			
Anzahl der POF		165	220	275			
optimale Packungsdichte		0.824743	0.835799	0.842887			
POF-Ø	[mm]	0.25	0.25	0.25			
min. erf. $Ø_{Innen}$	[mm]	3.253198	3.731542	4.15441	#SAYI/0!	#SAYI/0!	#SAYI/0!
erf. $Ø_{Innen}$	[mm]	3.536085	4.056024	4.515663	#SAYI/0!	#SAYI/0!	#SAYI/0!
max. erf. $Ø_{Innen}$	[mm]	3.818972	4.380506	4.876916	#SAYI/0!	#SAYI/0!	#SAYI/0!
Toleranz POF-Ø gem. Produktdatenblatt	+/- [mm]	0.020	0.020	0.020			
$Ø_{Innen}$	[mm]	**3.9**	**4.4**	**4.9**	**#SAYI/0!**	**#SAYI/0!**	#SAYI/0!
< $Ø_{Außen}$	[mm]	10.5	10.5	10.5			
Toleranz Vollprofil-Ø gem. DIN EN 754-3:2008-06	+/- [mm]	0/0,08	0/0,08	0/0,08	0/0,08	0/0,08	0/0,08
Kontroll-Abschätzung über vorhandene Ferrulen	[mm]						