

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK ÇAPLI FİBER OPTİK KABLOLARIN
EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE
ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ÖZDAMAR

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mesut DURAT
Ort. Danışman : Yrd. Doç.Dr. Ahmet DEMİNER

Ağustos 2011

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BÜYÜK ÇAPLI FİBER OPTİK KABLOLARIN
EKSTRÜZYON YÖNTEMİ İLE
ÜRETİM TEKNOLOJİLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OSMAN ÖZDAMAR

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ
Enstitü Bilim Dalı : MAKİNE EĞİTİMİ
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Mesut DURAT
Ort. Danışman : Yrd. Doç.Dr. Ahmet DEMİNER

Bu tez 02/08/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Sakıp KÖKSAL
Jüri Başkanı

Yrd.Doç.Dr.Mesut DURAT
Üye

Yrd.Doç.Dr.Yavuz SOYDAN
Üye

ÖNSÖZ

Fiber optik sistemlerin haberleşmenin yanı sıra son zamanlardaki yaygın kullanım alanlarından biri de aydınlatmadır. Fiber optik aydınlatma sistemi, en genel anlamıyla, bir ışık üreticisinden üretilen ışığın istenen bölgeye ışık taşıyan fiber optik kablolar aracılığı ile taşınması işlemidir. Fiber optik kablo ile ışığı bir noktadan başka bir noktaya iletmek veya yaygın bir şekilde taşımak suretiyle çok çeşitli aydınlatma uygulamaları yapmak mümkündür. Söz konusu sistemler, ışık kaynağının kolay değiştirilmesi, bakım kolaylığı ve enerji tasarrufu açısından, bilinen diğer aydınlatma sistemlerine birçok alanlarda alternatif olmaktadır. Fiber optik aydınlatma teknolojisi, diğer aydınlatma teknolojilerinden oldukça farklı ve uygulama alanı yönünden sınırsız sayılabilecek bir teknolojidir. Fiber optik aydınlatma sistemleri ile tasarım yalnızca hayal gücü ile sınırlıdır. .

Yapılan tez çalışmasında ülkemizde aydınlatmaya yönelik büyük çaplı fiber optik kablo üretiminin alt yapısını oluşturacak olan bir çalışma başlatılmıştır. Plastik Ekstrüzyon teknolojisinde daha çok bilinen polimer malzemelerin (PVC, PP, PS vb.) çekilmesi dışında bu alanda uğraş veren firma bulunmamaktadır. Aydınlatma amaçlı bu tür kablolar yurdumuza halen ithalat yoluyla girmektedir. Çalışmanın sonunda elde edilen bulgular bize bu konuda ekstrüzyon yönteminin teknolojik alt yapısının yurdumuzdaki eksikliklerini ortaya koyması ve prosesle bazı zorluklar çıkarması bakımından daha az tercih edilen malzemelerle nasıl işlenebilmesi gerektiğini göstermesi bakımından önem arz etmektedir.

Tez çalışmasında kalıpların yapımı ve üretimlerin gerçekleşmesinde yardımcı olan Grup Plastik Profilsan Tic. Ltd. Şti. sahibi Makine Mühendisi İsmail ÇELİK' e çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr.Ahmet DEMİRER, Yrd.Doç.Dr.Mesut DURAT ve Yrd.Doç.Dr.Yavuz SOYDAN hocalarımıza, manevi desteğini esirgemeyen eşim Ayşe ÖZDAMAR' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ŞEKİLLERLİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2. FİBER OPTİK	6
2.1.Fiber Optiğın Tarihçesi	6
2.2. Işığın Teorisi ve İletim Temel Kavramları.....	9
2.2.1. Renk azalması	9
2.2.2. Işığın dalga boyları ve spektral genişlik	11
2.2.3. Işığın yansıması ve yansıma kanunu.....	13
2.2.4. Kritik açı	14
2.2.5. Kabul edilebilir Açısı.....	15
2.2.6.Mod kavramı	16
2.2.7. Tek modlu basamak indisli fiber optikler	17
2.2.8. Çok modlu basamak indisli fiber optikler.....	18
2.2.9. Çok modlu dereceli indisli fiber optikler	19
2.3. Fiber Optik Üretim Yöntemleri.....	20
2.3.1. Cam fiber optik kabloların üretim yöntemleri	20
2.3.2. Plastik fiber optik üretim yöntemleri	21
2.4. Fiber Optik Aydınlatmanın Kullanım Alanları.....	24
2.5. Fiber Optik Aydınlatma Uygulamaları	27
2.5.1. Dekoratif uygulamalar	28

2.5.2. Çizgisel Uygulamalar.....	29
2.5.3. İşlevsel uygulamalar	31
2.5.4. Dış aydınlatma uygulamaları	32
2.5.5. Merdiven aydınlatması.....	33
2.5.7. Müze aydınlatması	34
2.5.8. Camekân – oda aydınlatması	35
2.5.9. Estetik aydınlatma.....	35
2.5.10. Kenar aydınlatma	36
2.5.11. Havuz aydınlatması.....	37
2.5.12. Çok yıldızlı gökyüzü efekti uygulamaları.....	38
2.6. Fiber Optik Aydınlatmanın Üstünlükleri	38
2.7. Fiber Optik Aydınlatma Uygulamasının Elamanları	39
2.7.1. Işık kaynakları.....	39
2.7.2. Fiber optik kablolar.....	40
2.7.2.3. Küçük çaplı plastik fiber optik kablolar.....	43
2.7.2.4. Cam fiber optik kablolar	44
2.7.3. Optik dağıtım elamanları (Sonlandırıcılar).....	44
BÖLÜM 3. FİBER OPTİK KABLO MALZEMELERİ.....	46
3.1. PMMA (Poli metilmetakrilat).....	47
3.2. PS (Polistren)	48
3.3. Polikarbonat (PC).....	50
3.4. Polisiloksanlar (silikon)	52
BÖLÜM 4. EKSTRÜZYONDA FİBER OPTİK KABLO ÜRETİMİ	54
4.1. Ekstrüzyon Yöntemi	54
4.2. Ekstrüzyon vidaları	55
4.2.1 Besleme bölgesi	56
4.3.2. Sıkıştırma bölgesi.....	56
4.3.3. Ölçme bölgesi	57
4.3.4. Standart vidalar	58
4.3.5. Bariyer vidaları	59
4.3. Ekstrüder Elemanları.....	59
4.3.1. Besleme hunisi	61

4.3.2. Kovan	63
4.3.3. Soğutma ve vakum ünitesi	65
4.3.4. Çekici	65
4.3.5. Kesme Ünitesi	65
4.4. Ekstrüzyonda Karşılaşılan Problemler	66
4.4.1. Akışın dengelenmesi	66
4.4.2. Şişme (Die swell)	69
BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	73
5.2. Malzeme	73
5.1.1. Deneyde kullanılan donanım ve ekipmanlar.....	73
5.3. Yöntem.....	80
BÖLÜM 6. DENEY SONUÇLARI.....	83
6.1. Görsel Analiz	83
6.2. Deney Sonuçları	85
BÖLÜM 7. TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER.....	114
7.1. Tartışmalar	114
7.2. Öneriler	118
KAYNAKLAR	120
ÖZGEÇMİŞ	123

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Açıklama

λ	Dalga Boyu
f	Frekans
c	Işık Hızı
Φ	Yansıma Açısı
Φ_1	Faz Açısı
Φ_2	Kırılma Açısı
Φ_c	Kritik Açısı
Φ_i	Kabul edilebilir açı
n	Kırılma indisi

Kısaltmalar

Açıklama

PMMA	Poli Metilmetakrilat
PC	Polikarbonat
PS	Polistren
PP	Poli propilen
PF	Fenol formaldehit
IR	İnfrared
UV	Ultraviole
PVC	Poli Vinilklorür
Dlk	Delikli Numune
NA	Sayısal Açıklık
No	Ortamın yansıma indeksi
VB	Vinyl benzote

ŞEKİLLERLİSTESİ

Şekil 1.1. Fiber optik kabloda ışığın ilerlemesi ve yapısı	1
Şekil 1.1. Fiber optik kabloda ışığın ilerlemesi ve yapısı	1
Şekil 2.1. Colladon'un tam iç yansıma deneyi.....	6
Şekil 2.2. Elektromagnetik enerji spektrumu	12
Şekil 2.3. Işığın dalga boyları ve spektral genişlik	12
Şekil 2.4. Yüksek ve düşük kırılma indisli ara yüzeye gelen ışın.....	14
Şekil 2.5. İdeal optik fiberlerde ışık iletimi.....	15
Şekil 2.6. Fiberin kabul açısından küçük bir açıyla havadan optik fibere giren meridyenel ışın yolu.....	16
Şekil 2.7. Tek modlu basamak indisli fiber optiklerde ışık iletimi	18
Şekil 2.8. Çok modlu basamak indisli fiber optiklerde ışık iletimi.....	18
Şekil 2.9. Tek modlu derece indisli fiber optiklerde ışık iletimi.....	20
Şekil 2.10. Fiber çekme yönteminin şematik gösterimi	22
Şekil 2.11. Toplu ekstrüzyon sürecinin şematik gösterimi	23
Şekil 2.12. Sürekli ekstrüzyon şematik gösterimi	23
Şekil 2.13. Fiber optik kablo kullanılarak yapılan aydınlatma	25
Şekil 2.14. Fiber optik kablo kullanılarak müze aydınlatması.....	27
Şekil 2.15. Fiber optik dekoratif uygulamalar.	29
Şekil 2.16. Fiber optik çizgisel uygulamalar.....	30
Şekil 2.17. Fiber optik işlevsel uygulamalar.....	31
Şekil 2.18. Fiber optik kablo ile dış mekân uygulamaları.....	33
Şekil 2.19. Fiber optik kablo kullanarak merdiven aydınlatması.....	33
Şekil 2.20. Fiber optik kablonun müze aydınlatmasında kullanımı.....	35
Şekil 2.21. Fiber optik kablo ile estetik aydınlatma uygulaması	36
Şekil 2.22. Fiber optik kablo ile kenar aydınlatma uygulaması	36
Şekil 2.23. Fiber optik kablo ile havuz aydınlatması	37
Şekil 2.24. Fiber optik gökyüzü uygulamaları	38

Şekil 2.25. Fiber optik ışık kaynağı	40
Şekil 2.26. Uçtan ışığıyan plastik fiber optikler	41
Şekil 2.27. Yandan ışığıyan plastik fiber optik kablolar.	42
Şekil 2.28. Küçük çaplı plastik fiber optik kablolar	43
Şekil 2.29. Fiber optik sonlandırıcılar.....	45
Şekil 4.1. Ekstrüder hattının şematik gösterimi	54
Şekil 4.2. Ekstrüder hattının resmi	54
Şekil 4.3. Ekstrüder vidasının kısımları	56
Şekil 4.4. Gaz çıkışına imkân sağlayan ekstrüder vida kovan tasarımı	58
Şekil 4.5. Standart ekstrüder vidası	58
Şekil 4.6. Bariyerli ekstrüder vidası	59
Şekil 4.7. PMMA ve PC için tasarlanmış vida resmi.....	59
Şekil 4.8. a) Kurutma ve otomatik doldurma özelliği bulunan besleme hunisi	
b) Karıştırma ve el ile doldurulan besleme hunisi	62
Şekil 4.9. Bimetal kovan kesit resmi.....	64
Şekil 4.10. Kovan resmi	64
Şekil 4.11. Çekici ünitesi	65
Şekil 4.12. Kesme ünitesi.....	66
Şekil 4.13. Akışın dengelenmemiş olduğu kalıptan çıkan malzeme ve kesitteki hız dağılımı.....	67
Şekil 4.14. Profilin kalıp geometrisini dolduran eriyik hacmi	67
Şekil 4.15. Resim kalıp çıkışında hız dağılımı dengelendikten sonraki çıkan ürün ...	67
Şekil 4.16. Akışın dengelenmiş olduğu kalıp iç geometrisi.....	68
Şekil 4.17. Kanal uzunlukları akışı dengelemek için ayarlanmış profil kalıbı	68
Şekil 4.18. Profil ekstrüzyonun da kalıp çıkışında şişme.....	69
Şekil 4.19. Dairesel kesit çıkışında şişme	70
Şekil 4.20. Polimer molekülleri	70
Şekil 4.21 Kalıptan çıkarken viskoelastik eriyiğin şişmesi.....	70
Şekil 4.22. Hız profilinin çıkışta yeniden düzenlenmesi.....	71
Şekil 4.23. Çeyrek dikdörtgen kesitte hız alanı.....	71
Şekil 4.24. Dikdörtgen kesitten çıkan eriyik geometrisi	72
Şekil 4.25. İstenilen ürün geometrisini elde etmek için dizayn edilen kalıp.....	72

Şekil 5.1 Ekstrüzyon makinesinin resmi ve teknik özellikleri	74
Şekil 5. 2. Ekstrüzyon kalıbının katı model çizimi	75
Şekil 5.3. Profil üretiminde kullanılan kalıbın komple resmi	76
Şekil 5.4. Ekstrüzyon kalıbının makineye montaj görünümü	77
Şekil 5.5. Ekstrüzyon kalıbı kalibrasyon ve vakum ünitesi	77
Şekil 5.6. Plastik kurutma fırını resmi ve teknik özellikleri	78
Şekil 5.7 Fiber optik kablo ışık şiddetinin ölçülmesi için kullanılan ışık kaynağının resmi ve teknik özellikleri	78
Şekil 5.8. Işık şiddeti ölçme cihazı (Lüksmetre) resmi ve teknik özellikleri	79
Şekil 5.9. Numunenin ışık kaynağı ve lüksmetre de ölçülmesi.	79
Şekil 5.10 Numunenin ışık kaynağı ve lüksmetre de ölçülmesinin şematik gösterilmesi.	80
Şekil 5.11 Numunenin ölçülmesi	82
Şekil 6.1 (a, b) PS (kristal) içi dolu optik kablo numunesi	83
Şekil 6.2. (a,b) PMMA içi dolu optik kablo numunesi	84
Şekil 6.3 PMMA'nın 2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti.....	86
Şekil 6.4. PMMA'nın 2,2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti.....	86
Şekil 6.5. PMMA'nın 2,4 m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses	87
Şekil 6.6. PMMA numunelerin 2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	89
Şekil 6.7. PMMA numunelerin 2,2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli Sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	91
Şekil 6.8. PMMA numunelerin 2,4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	93
Şekil 6.9. PMMA'nın 220°C üretilen numunenin üretim hızına bağlı % değişimi ...	95
Şekil 6.10. PS'nin 2,0m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti.....	98
Şekil 6.11. PS'nin 2,2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti.....	98
Şekil 6.12. PS'nin 2,4 m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti.....	99

Şekil 6.13. PS numunelerin 2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	101
Şekil 6.14. PS numunelerin 2.4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	103
Şekil 6.15. PS numunelerin 2.4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği	105
Şekil 6.16. PS 205°C üretilen numunelerin üretim hızına bağlı % değişimi	107
Şekil 6.17. 220 °C PMMA içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çaplarının karşılaştırıldığı grafik	111
Şekil 6.18. 205 °C PS içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çaplarının karşılaştırıldığı grafik	112
Şekil 6.19. 220 °C PMMA içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çaplarının karşılaştırıldığı grafik.	112
Şekil 6.20 205 °C PS içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çaplarının karşılaştırıldığı grafik.	113
Şekil 7.1. PMMA 220°C 2,2m/dak üretim hızında kLux değeri ve % artış miktarı	115
Şekil 7.2. PS 205°C 2,4m/dak üretim hızında kLux değeri ve % artış miktarı	117

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Uçtan ışığıyan fiber optik kablo çap ve bükümüne tablosu	41
Tablo 2.2. Yandan ışığıyan fiber optik kablo çap ve bükümüne tablosu	42
Tablo 2.3. Küçük çaplı fiber optik kablo çap ve bükümüne tablosu	44
Tablo 3.1. Plastik fiber optik üretiminde kullanılan polimerler	46
Tablo 3.2. PMMA'nın genel özellikleri	48
Tablo 3.3. PS'nin genel özellikleri	50
Tablo 3.4. PC'nin genel özellikleri	51
Tablo 5.1. Polimer malzemelerin teknik özellikleri.....	73
Tablo 5.2. Deneyde kullanılan donanım ve ekipmanların genel özellikleri	73
Tablo 5.3. Fiber optik kablo ekstrüzyonda proses şartları	81
Tablo 6.1. PMMA'nın farklı proses şartlarındaki ışık şiddetleri	85
Tablo 6.2. PMMA'nın 2,0 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı.....	87
Tablo 6.3. PMMA'nın 2,2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı.....	88
Tablo 6.4. PMMA'nın 2,4 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı.....	88
Tablo 6.5. PS'nin farklı proses şartlarındaki ışık şiddetleri	97
Tablo 6.6. PS'nin 2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı	99
Tablo 6.7. PS'nin 2,2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı	100
Tablo 6.8. PS'nin 2,4 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı	100
Tablo 6.9. PMMA ve PS polimer kullanılarak üretilen fiber optik kabloların en iyi ışık şiddetlerinin karşılaştırılması.....	109
Tablo 6.10. 220°C PMMA ve PS numunelerin üretim hızına bağlı çap ölçüleri.....	109
Tablo 6.11. 220 °C PMMA içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları	111
Tablo 6.12. 205 °C PS içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları	111
Tablo 6.13. 220 °C PMMA içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çapları.....	112

Tablo 6.14. 220 °C PS içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları.	113
Tablo 7. 1. PMMA nın 220 °C 2,2 m/dak üretim hızındaki kazanç ve kayıplar	116
Tablo 7. 2. PS nin 220 °C 2,2 m/dak üretim hızındaki kazanç ve kayıplar.....	117

ÖZET

Anahtar kelimeler: Fiber Optik kablo, Plastik Ekstrüzyon yöntemi, PMMA, PS

Fiber optik aydınlatma sistemleri, diğer aydınlatma sistemlerine göre oldukça güvenli olup birçok farklı tasarım gerçekleştirme olanağı sağlayan bir sistemdir. Bu durum fiber optik aydınlatma sistemlerini diğer aydınlatma sistemlerine alternatif hale getirmektedir.

Fiber optik aydınlatma sistemlerinin kullanımı her geçen gün biraz daha artmaktadır. Bu kapsamda, yapılan tez çalışmasında, fiber optik aydınlatma sistemleri incelenmiş yapılan deneyler ile aydınlatmada kullanılan fiber kablolarının ışık şiddeti cinsinden kayıpları, oransal verimleri ortaya konmaya çalışılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalarda, optik özellikleri yüksek olan PMMA ve PS (kristal) polimerler kullanılmıştır. Ekstrüzyon yöntemiyle numuneler dört farklı sıcaklıkta üç farklı boyda ve üç farklı üretim hızında üretilmiş ışık şiddetleri karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda PMMA' dan üretilen numune PS' ye göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. PMMA numunelerde ışık şiddetlerinde en iyi değer 220°C sıcaklıkta 2,2 m/dak da gerçekleşmiştir. Delikli numunelerde ortalama %10 civarında dolu numunelere göre daha fazla ışık şiddetinin arttığı tespit edilmiştir. PS numunelerde 205°C sıcaklıkta 2,4m/dak da en iyi ışık şiddetine ulaşılmıştır. Delikli numunelerde ortalama %17 civarında ışık şiddetinin dolu numunelere göre daha fazla ışık şiddetinin arttığı görülmüştür.

ENHANCEMENT OF MANUFACTURING TECHNOLOGY OF FIBER OPTIC CABLES WITH HIGH DIAMETER BY USING EXTRUSION PRODUCTION METHOD

ABSTRACT

Keyword: Fiber Optic Cable, Plastic Extrusion Method, PMMA, PS

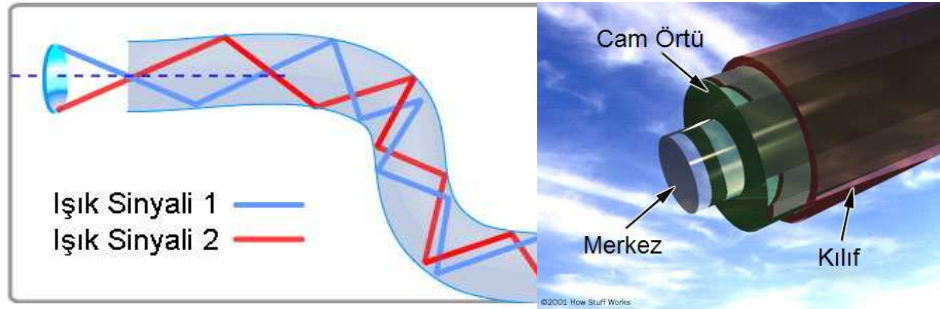
Fiber optic lighting systems are quite secure than other lighting systems and have flexibility for realizing many different designs. This situation makes fiber optics an alternative for other lighting systems.

Fiber optic lighting systems usage is increasing day-by-day in our life. In this Master's thesis, these systems are examined, and also loss, productivity and usage of the system are exposed by the experiments.

In the experimental work, the optical properties of PMMA and PS(crystal) with a high polymers are used. Extruded samples of four different temperatures produced in three sizes and three different light intensities were compared with a production speed. As a result of the study, it is understood that the compenet which is produced from PMM gives better result than the compenet which is produced from PS. The best value of PMMA components for light intensities has been occured as 220°C 2.2. rpm for our samples which produced at different temperatures and light intensities with 3 different drive speed. It has been determined that the light intensity for the sample compenents which has holes increases 10% as avarage more than the sample compenet which has no holes. The best light intensity has been reached for PS Samples at 205°C and 2.4 rpm conditions. It has been determined that the light intensity for components which has holes increases around %17 as avarage.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Fiber Optik Aydınlatma Sistemi, en genel anlamıyla, bir ışık üreticisinden üretilen ışığın istenen bölgeye ışık taşıyan fiber optik kablolar aracılığı ile taşınması işlemidir. Optik kablo ile ışığı bir noktadan başka bir noktaya iletmek veya yaygın bir şekilde taşımak suretiyle çok çeşitli aydınlatma uygulamaları yapmak mümkündür. Sistem; ışık kaynağı, fiber optik kablo (lif) demetleri ve optik dağıtım noktaları (sonlandırıcılar) gibi üç ana elemandan oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Fiber optik kabloda ışığın ilerlemesi ve yapısı

Fiber optik kablolar ışığı şu şekilde iletirler. Işık kaynağından gönderilen ışık demeti ilk başta doğrusal bir yol izler. İlk başta ışık sinyali 1 ve 2 olarak çıkan alt – üst sınır ışınları şekilde görüldüğü gibi kablonun kıvrıldığı noktalarda; ışık cam örtüye çarpıp geri yansır bu şekilde yansıya yansıya merkezdeki yoluna yavaşlayarak ve bir miktar kayba uğrayarak da olsa devam ederler. Bu nedenledir ki, fiber kabloların fazla kıvrım yapmadan genellikle düz bir yol izlemesi, ışık iletim hızı ve kalitesi açısından önemlidir. Cam örtü tabakası ışığı kesinlikle absorbe etmez ve neredeyse tam olarak yansır bu da bilginin kayıpsız şekilde ulaşması için çok önemli bir noktadır.

Fiber optik aydınlatma teknolojisini diğer aydınlatma teknolojilerinden farklı kılan en temel özelliği özgürlük ve esnekliktir. Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, ışık

kaynağını istenen noktaya yerleştirme özgürlüğü bulunmaktadır. Ayrıca, ışık ihtiyaca göre bir veya birden çok noktaya dağıtılabilir ve yönlendirilebilir. Bu farklılıklar ile fiber optik aydınlatma birçok alanda avantaj sağlar.

Fiber optik aydınlatma sistemlerinde, optik lifler ve dağıtıcı mercekler her noktaya kolayca ulaşabildiğinden, bilinen ışık kaynaklarının sığdırılmadığı dar alanlarda rahatlıkla kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ışık kaynağının sıcaklık ve morötesi ışın gibi bozucu etkileri bulunmamaktadır.

Tek bir kaynakla çok fazla sayıda ışık noktası elde etmek mümkün olduğundan mimariye uygun dekoratif aydınlatma yapılabilir. Plastik fiberli sistemlerde suda, zeminde ve havada istenilen şekil ve yazılar değişik renkli ışıklarla gerçekleştirilebilmektedir.

Fiber optik aydınlatma; yangın, patlama, aşırı sıcaklık ve soğukluk gibi nedenlerle bilinen normal lambalı aydınlatma sistemlerinin tehlikeli olabileceği ortamlarda güvenle kullanılabilirler.

Gündüz aydınlatılması gereken binalarda normal elektrikli aydınlatma büyük bir tüketime neden olmaktadır. Bu tip binalar ve ortamlar için gün ışığının fiber optik kablolarla taşınarak ortamın aydınlatılması oldukça yeni bir teknolojidir.

Fiber optik kablolar kullanım yeri ve şartlarına bağlı olarak çelik zırh ya da jel tabakası gibi başka koruyucu ve esneklik kazandırıcı kısımlar da ilave edilebilmektedir. Kablonun üzerine yerleştirilen bu koruyucu tabaka aynı zamanda kemirgenlerin ısırılmalarına engel olmak için özel kimyasal maddeler içerir. Bu maddeler kemirgenlerin kabloyu ısırıklarında tiksiniyerek kabloyu koparmalarına engel olur [1–3].

Monroy ve arkadaşları [4] polimer fiber optik kabloları cam fiber optik kablolarla karşılaştırmışlar polimer optik kablolarında kayıpların daha fazla olduğunu gözlemlemişler. Kullanım kolaylığı bakımından polimer optik fiberlerin daha iyi olduğunu yazmışlardır.

Ghisi ve arkadaşları [5] fiber optik aydınlatma teknolojisi kullanılarak yapılan aydınlatma sisteminde enerji tasarruf potansiyeli Brezilya için %10.8 ile %44 arasında değişmekte iken İngiltere için %56 ile %89 arasında değişmekte olduğunu belirtmişlerdir.

Liang ve arkadaşları [6] yaptıkları çalışmada 7 mm çapında 3 m uzunluğunda 19 adet fiber optik kablo demeti kullanarak gün ışığını taşımışlar ve % 60 verimle 60 W değerinde gün ışığı aktarmışlardır. Fiber optik kabloların uç kısımlarını parlatılmadan yapılan deneyde %30 verim alırken uç kısımları parlatılması durumunda %60 verim almışlardır.

Rebourgeard ve arkadaşları [7] preform çekme yöntemini kullanarak 1mm çapında 60 km uzunluğunda fiber optik kablo imal etmişlerdir. Üretilen fiber optik kablo PS çekirdek üzerine PMMA kaplama yapmışlardır. Çalışmalarının sonucunda %40 verim elde etmişler ve HEP araştırma laboratuvarı ar-ge çalışmalarını durdurma kararı almışlardır.

Harlin ve arkadaşları [8] Polimer fiber optik kabloları tekstille kombine ederek esnek aydınlatma sistemi üretmişlerdir. Üretmiş oldukları dokuma kumaşları arka plan aydınlatmada yüksek parlaklık ve düşük güç kullanımı ile sert yapısı ile oldukça sağlam olduklarını belirtmişlerdir. Dokuma aydınlatma sistemlerinin mimari ve endüstriyel sanat uygulamaları için ışık yayan yüzeyler olarak kullanılabilirliğini yazmışlardır.

Ferenets ve arkadaşları [9] çalışmalarında PMMA ve PC olmak üzere iki farklı malzeme kullanarak en iyi işleme sıcaklığını bulmuşlardır. Tek vidalı ekstrüzyonda PMMA ile üretilen fiber optik kabloda çıkış sıcaklığı 248°C PC, fiber optik kabloda 280°C ideal sıcaklığa ulaşmışlar. Ürünler üzerinde hava kabarcıkları görülmüş ve çift vidalı konik ekstrüzyonda yaptıkları denemede PMMA 236°C çıkış sıcaklığında PC 268°C de çıkış sıcaklığında ideal sıcaklığa ulaşmışlar ve hava kabarcığı oluşmadığını tespit etmişlerdir.

Ağıroğlu [2] ithalatçı firmadan temin ettiği 1mm çapında 4 adet fiber optik lif kullanarak karanlık ortamda 1–2–3–4 metre uzunlukları için zayıflama değerleri hesaplamıştır. Yaptığı çalışmada uzunluğun artıkça ışığın veriminin dıřtđđđnđ belirlemiş. Sırasıyla; 1 metre de %94 verim, 2 metrede %91, 3 metrede %87, 4 metrede ise %82 verime ulaşmıştır.

Kandilli ve arkadaşları [10] ithalatçı firmadan temin ettikleri fiber optik kabloyu kullanmak suretiyle gđn ışığını karanlık ortama aktarmışlardır. Gđn ışığın aktarmak için 3 cm dış çapa sahip, 312 cm uzunluğunda PMMA malzemeden üretilmiş esnek fiber optik kablo kullanılmıştır. Gđn ışığı aydınlatma sistemi ile çalışma dđzleminde elde edilecek aydınlatma dđzeyi Ocak - Haziran aylarında 9–16 Saatleri sđresince 250 ile 500 Lux aralığında Temmuz -Aralık aylarında 250–600 Lux aralığında değiştiğini gđzlemlemiřlerdir.

Moradi S. ve arkadaşları [11] Co-Ekstrzyon yđntemi ile PMMA ve PS kullanarak polimer optik fiber üretimini gerçekleştirmişler Co-Ekstrzyon yđntemi diğer polimer optik fiberler üretim yđntemlerine gđre basit ve hızlı bir yđntem olduğunu gđrmıřler. Bu yđntemde hava kabarcıkları oluştuğu ve bu hava kabarcıklarının giderilmesi için çalışmalar yapılması gerektiğini ifade etmişleridir.

Harlin ve arkadaşları [12] polimer optik fiberlerin üretiminde kullanılan PMMA PF, PC, PS malzemelerini karşılaştırmışlar PF ile üretilen polimer optik fiberleri iletişim alanında diğerlerine gđre daha iyi olduğunu gđrmıřlerdir. Karşılaştırdıkları diğer polimerlerin otomotiv, elektronik, aydınlatma alanlarında vb. yerlerde kullanılabileceğini ifade etmişler.

Yapılan tez çalışmasında aydınlatma amaçlı üretilen fiber optik kabloların ekstrzyon yđntemi ile üretim teknolojilerinin araştırılması ve üretiminin yapılması amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının içeriği şu şekilde sıralanmıştır.

Bölüm 2’de fiber optik kablonun tarihçesi anlatılarak ışık teorisi ve temel kavramlarına değinilmiş, fiber optik kablonun üretim yöntemleri anlatılmış, fiber optik kablonun kullanım alanları ile uygulamalar ve fiber optik sistem elamanları hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm’3 de fiber optik kablo üretiminde kullanılan polimer malzemeler hakkında bilgi verilmiştir.

Bölüm’4 de ekstrüzyon makinesi ve elamanları tanıtılarak ekstrüzyon yöntemi ve karşılaşılan problemler hakkında bilgi verilmiştir.

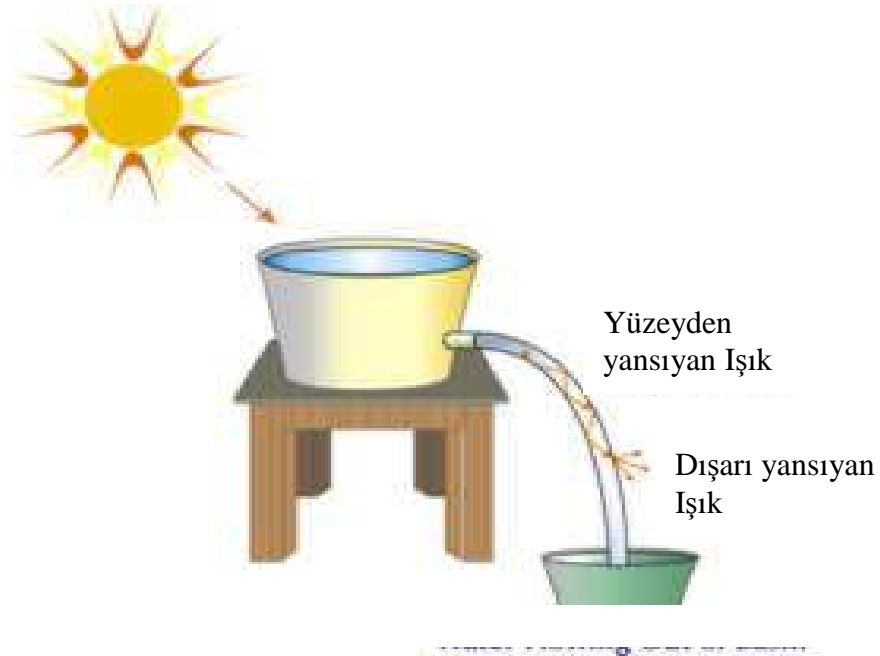
Bölüm 5’de deneysel çalışmalar da kullanılan malzeme, donananımlar ve yöntem hakkında bilgiler verilmiştir.

Bölüm 6’da farklı sıcaklık ve üretim hızında üretilen numunelerin deney sonuçları yer almış olup bu sonuçlar yorumlanarak en iyi proses şartları belirlenmiştir.

BÖLÜM 2. FİBER OPTİK

2.1.Fiber Optiğin Tarihçesi

Işığın cam çubuk içerisinde iletilebileceği İsveç'li fizikçi Daniel Colladon'un 1841'de popüler bilim konferansında kullanılmasına kadar pek dikkat çekmedi. Colladon'nun Şekil 2.1' de gösterilen deneyi şu şekilde gerçekleşmiştir: Colladon, ışığı bir su tankına giren yatay bir boru içinden geçirmiştir. Su tanktan parabolik bir şekilde akmaktadır. Işığın dışarı taşması tam iç yansıma sayesinde su tarafından engellenmiştir. Işık önce akan suyun üst düzeyinden sonra da alt yüzeyinden yansımıştır. Bu sudaki türbülans ışık demetini dağıtana kadar devam etmiştir.



Şekil 2.1.Colladon'un tam iç yansıma deneyi.

1854'te, John Tyndall, ışığın bükülmüş bir boru içindeki sudan geçirilebileceğini ve dolayısıyla ışığın eğilebileceğini gösterdi.

1880'de, Alexander Graham Bell, ışık demeti üzerinden bir ses sinyalini ileten "Photophone" isimli aleti buldu. Ancak elektrik sinyalini kullanarak ses iletişimini sağlayan telefonu bulduktan sonra bu çalışmasına devam etmedi. Photophone' un temel sorunu, ışık sinyalinin havadan geçerken atmosferik olaylardan etkilenmesiydi. Örneğin, bulutlu bir havada sinyal bozulabiliyordu.

Aynı yıl, William Wheeler, içi kaplanmış ışık borusunu kullanarak ışığı yönlendiren deneyler yaptı. 1888'de, Viyana'da Roth ve Reuss sağlık bilimleri grubu, bükülmüş ışık borularını insan vücudunun tanınmasında kullandılar. 1895'te, Fransız mühendis Henry Saint-Rene, bükülmüş cam borulardan yararlanarak görüntüleri aktarmaya yarayan bir sistem tasarımını gerçekleştirdi.(ilk televizyon denemesi). 1898 yılında Amerikalı David Smith, ameliyat lambası olarak kullanılabilen bir bükülmüş cam borunun patenti için başvurdu. 1920' lerde, İngiliz John Logie Baird ve Amerikalı Clarence W. Hansell, televizyon ve faksın ilk örnekleri sayılan saydam cam borulardan oluşan ve görüntünün iletilmesine yarayan cihazları için patent aldılar.

1930'da Alman tıp öğrencisi Heinrich Lamm, ilk kez vücudun görünmeyen yerlerini izlemek amacıyla fiber optik kablolardan oluşan bir sistem kurdu. Ancak görüntüler oldukça yetersizdi ve patent alma girişimleri Hansell' in İngiliz patenti yüzünden geri çevrildi.

1954'te Hollandalı bilim adamı Abraham Van Heel ve İngiliz bilim adamı Harold H. Hopkins birbirlerinden bağımsız olarak görüntü paketleri konusunda makaleler yazdılar. Hopkins, üzeri başka bir camla kaplanmamış fiber kablo içinde ışığın iletimini anlatırken, Van Heel, fiber kablonun üzerine kırılma indeksi daha düşük olan bir cam kaplamanın dış etkenlerden ve diğer fiber kablolardan etkilenmesini azaltacağını buldu. O günlerde en büyük sorun, ışığın fiber boru içinde yol alırken sinyalin azalmasıydı.

1961 'de Amerikan Optical'dan Elias Snitzer, tek modlu fiberlerin teorik tanımlamasını yayımladı. Snitzer'in düşüncesi, insan vücudunun içine bakmayı amaçlayan sağlık bilimlerindeki uygulamalar için uygundu ve kayıp, bir metrede yaklaşık bir desibel civarındaydı. Ancak iletişim aletlerinde kabul edilebilir ışık şiddeti kaybının kilometrede 10 veya 20 desibelin üzerinde olmaması gerekir. 1964'te Dr. C.K. Kao, uzun mesafeli iletişimde kullanılan kritik özellikleri fiber kablolar için tanımladı. Buna göre ışık şiddeti kaybı kilometrede 10 veya 20 desibel olarak belirlendi. Kao, aynı zamanda kayıpları azaltmak için daha saf cam kullanılması gerektiğini gösterdi. 1970'te araştırmacılar, eritilerek birleştirilmiş, çok saf, erime sıcaklığı ve kırılma indeksi düşük olan silis üzerinde deneyler yapmaya başladılar. Araştırma grupları cama ekledikleri değişik malzemelerle fiber damarındaki kırılma indeksini fiber kabuğuna göre çok az miktarda arttırarak günümüzde kullanılan fiber kabloları elde etmeye başladılar. Cam konusunda uzman Robert Maurer, Donald Keck, ve Peter Schultz, ilk fiber optik kabloyu veya Fiber Optik Dalga Kılavuzunu buldular. Bu kablo bakır kabloya göre 65 000 kat daha fazla bilgiyi binlerce kilometre uzaklığa iletebilmekteydi.

1960' da lazer (uyarılmış yayını emisyonu ile ışığın kuvvetlendirilmesi) icat edildi. Nispeten yüksek çıkış gücü, yüksek çalışma frekansı ve aşırı geniş bant genişliğine sahip sinyalleri taşıma yeteneği, lazeri yüksek kapasiteli iletişim sistemleri için çok uygun kılmaktadır.

1970'lerin son yılları ile 1980'lerin ilk yıllarında, daha iyi optik kabloların üretilmesi ve yüksek kapasiteli, çok pahalı olmayan ışık kaynaklarının ve detektörlerinin geliştirilmesi, yüksek kaliteli, yüksek kapasiteli ve verimli fiber optik iletişim sistemlerinin geliştirilmesine imkân sağlamıştır. 1975'te, Amerika Birleşik Devletleri hükümeti Cheyenne Mountain'da bulunan NORAD karargâhındaki bilgisayarları elektronik gürültüyü azaltmak amacıyla fiber kablo kullanarak birbirlerine bağlamaya karar verdi. 1977' de 2 km uzunluğundaki ilk fiber telefon iletişim hattı Chicago'da 672 ses kanalıyla kullanılmaya başlandı. Günümüzde uzun mesafe iletişim trafiğinin %80'i fiber kablolar üzerinden yapılıyor. Değişik firmalar tarafından üretilen yaklaşık 25 milyon kilometrelik fiber kablo kullanılıyor.

Du Pont, 1964 yılında PMMA kullanarak plastik fiber optik kabloyu geliştirmiştir, Du Pont, Japon Mitsubishi Rayon firmasına plastik fiber optik patentini 1978 yılında sattı. Du Pont'un patentini Mitsubishi Rayon'a sattığı Plastik Fiber Optik kayıpların 1000dB/km idi. Mitsubishi Rayon birkaç yıl sonra, 650nm de 150dB/km teorik limite yakın plastik fiber optik kaybını yakaladı. 1990 yılında Keio Üniversitesi'nden Profesör Koike ve arkadaşları 3GHz/km ve BW ile GI plastik fiber optik kablo geliştirdi. Sonraki büyük gelişme 1995 yılında Keio Üniversitesi'nde Koike ve arkadaşları tarafından geliştirilen florlanmış plastik fiber optik kablo oldu. 2000: Lucent announces Asahi malzemeler kullanarak florlanmış fiber gelişmekte olduğunu açıkladı [13- 16].

2.2. Işık Teorisi ve İletim Temel Kavramları

2.2.1. Renk azalması

Herhangi bir fiber optik kablonun yapıldığı maddenin yansıma indeksi, her farklı dalga boyundaki ışık için farklılık gösterir. Örneğin; beyaz ışık kablo içine geçtikten sonra core tabakayı oluşturan materyal içinde prizma şeklinde yayılır. Bunun sonucunda yüksek dalga boyuna sahip renkler için renk azalması düşük dalga boyu renklere göre daha azdır. Bu özellikle kablo sonlu aydınlatma sistemlerinde büyük sorun teşkil etmektedir. Yinede bu oranlar kablonun yapıldığı materyalin cinsine bağlıdır. Uygun indeksli materyallerden yapılan kabloların kullanılması ile bu oran aşağı çekilebilir. Beyaz ışık kullanılarak yapılacak bir aydınlatmada, kablo boyu iyi bir verim için 6–9 metre olacak şekilde kullanılmalıdır [17].

Bir cisim, belli bir derece ısıtıldığında, ya da gazlar bir enerji yardımı ile uyarıldığında, ısıtmaya bağlı olarak, çeşitli uzunluklarda ışın saçar. Güneş de bu tür enerji kaynaklarından biridir ve dalgalar halinde ışın yayar. Renkleri belirleyen bu dalga boylarıdır. Buna göre, Güneş ışınları tüm renkleri içeren bir ışık dalgasıdır. Bu durum, ışık, bir prizmadan geçirildiğinde gözle de görülebilir. Buna ışık dizgesi (ışık demeti, spektrum, tayf) denir. Ancak, bu ışınların bazıları gözle görülebilirken, bazıları gözle algılamak mümkün değildir.

Işık kaynağının beyaz olduğu yolundaki yaygın inanca rağmen, ışık her zaman beyaz renkli değildir. Belli bir dereceye kadar ısıtılan siyah cisimler de ışın saçar. Fizikte, belli bir dereceye kadar ısıtılan bu tür (siyah cisimlerin) yaydığı ışına renk sıcaklığı (Farbtemperatur) adı verilir. Renk sıcaklığı Kelvin derecesi (K) ile ölçülür. 0 K derecesi $-273,15^{\circ}\text{C}$ ortalama gün ışığı ise 5000–5500 Kelvin derecesine (renk sıcaklığına) eşittir. Düşük düzeydeki renk sıcaklığı, insan gözü tarafından, kırmızı yönünde bir renk, yüksek renk sıcaklığı ise mavi yönünde bir renk olarak algılanır. Morötesi (UV-ultraviyole) ve kızılötesi (IF-infrared) ışınlar ise, gözle algılanamayan ışık dalgalarıdır.

İnsan tarafından renklerin algılanması, ışığa, ışığın cisimler tarafından yansıtılışına ve öznenin göz yardımıyla beyne iletilmesi sayesinde gerçekleşir. Göz tarafından algılanan ışık, retinada sinirsel sinyallere dönüştürülüp, buradan optik sinir aracılığıyla beyne iletilir. Göz, üç temel birleştirici renk olan, kırmızı, yeşil ve maviye tepki verir ve beyin, diğer renkleri bu üç rengin farklı kombinasyonları olarak algılar. Renklerin algılanışı dış koşullara bağlı olarak değişir.

Aynı renk güneş ışığında ve mum ışığında farklı algılanacaktır. Fakat, insanın görme duyusu ışığın kaynağına uyum sağlayarak, bizim her iki koşuldakinin de aynı renk olduğunu algılamamızı sağlar. Tad alma, duyma, dokunma ve diğer duyularımızda da olduğu gibi, renklerin algılanışı da kişiden kişiye değişir. Bir rengi sıcak, soğuk ağır, hafif, yumuşak, kuvvetli, heyecan verici, rahatlatıcı, parlak veya sakin olarak algılayabiliriz. Ancak bu tanımlama, kişinin, kültür, dil, cinsiyet, yaş, ortam veya deneyimlerinden kaynaklanır.

Kısacası diyebiliriz ki herhangi bir renk, iki ayrı insanda asla aynı duyguları uyandırmayacaktır. İnsanlar gama ışınına duyarlılıklarıyla da birbirlerinden ayırmak mümkündür. Bir nesnenin şekli de bu farklılıklardan birini oluşturmaktadır. Büyük bir ihtimalle, katalogdan seçtiği bir ürünün rengi, asıl rengi ile katalogdaki rengi arasında hiçbir ilgisi olmadığını fark eden kişi sayısı hiç de az değildir. Işık aydınlattığı nesnenin algılanmasını sağlayan araç olarak da tanımlanır. Biz bir nesneyi ancak gözlerimiz nesnenin yansıttığı ışık tarafından uyarıldığı zaman görür ve bunu bir renk olarak algılarız.

Telekomünikasyonda kullanılan radyo dalgaları gibi, ışık da elektromanyetik bir dalgadır. Işığın özellikleri, radyo dalgalarından gama ışınlarına kadar gidebilen Elektromanyetik dalganın boyuna göre değişir. Büyüklükler yaklaşık 400nm –700 nm (1 nanometre, metrenin milyarda birine eşit, ışığın dalga boyunu ölçmekte kullanılan uzunluk birimidir) arasında değişen dalgalar aracılığıyla taşınan enerji, retinadaki alıcıları uyararak, renk uyarıları üretecektir. CIE (Commission Internationale de Eclairage) 380 nm ile 780 nm arasındaki dalga boylarını “görülebilir” olarak belirlemiştir. İnsanlar öğle ışığını “beyaz ışık” olarak algırlarlar. Bu görülen ışığın 400 nm’den (mavi) 700 nm’ye (kırmızı) değişen kombinasyonlarıdır.

Beyaz ışığın bir prizmadan geçtiği esnada, ışık kırılır ve gökkuşağının yedi rengine ayrılır. Bu ışık bir cisimle karşılaştığında, bir bölümü cismin üstüne yansır. Bizim nesnenin rengi olarak algıladığımız şey de işte bu yansımadır [18].

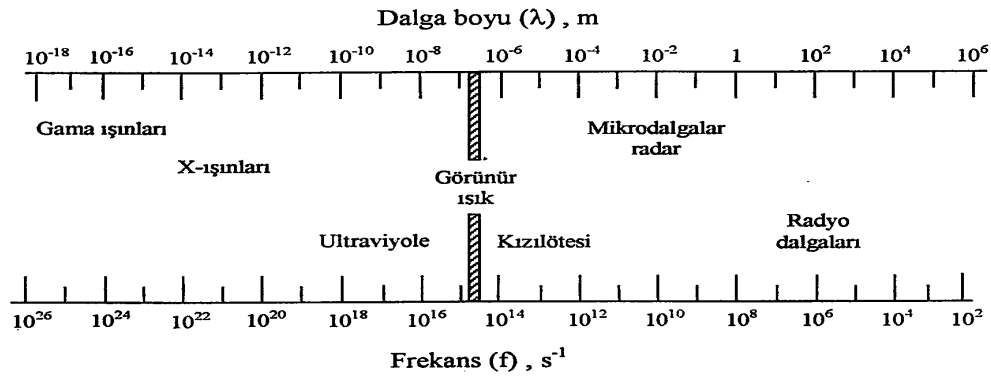
2.2.2. Işığın dalga boyları ve spektral genişlik

Işığı, farklı bir şekilde tanımlamak gerekirse, gözümüzü etkileyerek, görme duyumunu ortaya çıkaran bir enerji şekli olarak tanımlayabiliriz.

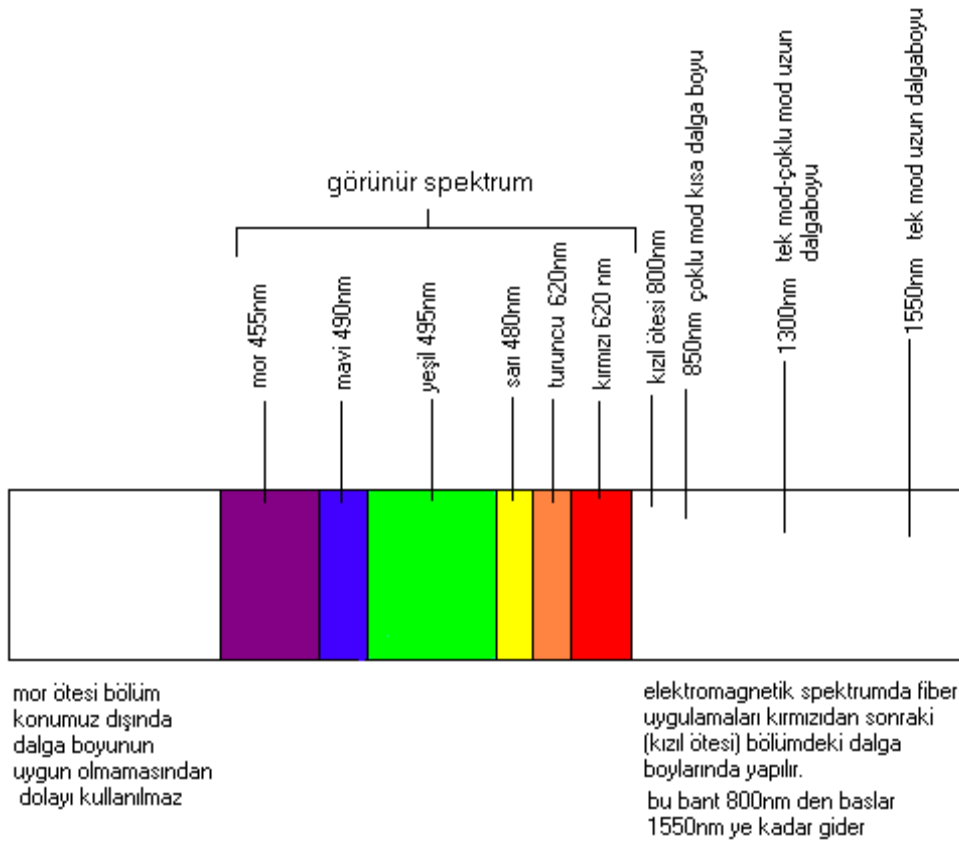
380–760 nanometre arasındaki dalga uzunluklarına sahip elektromanyetik ışınımın taşıdıkları enerjinin, gözü uyarmasıyla ışık duyumu ortaya çıkar. Teknik olarak tarif etmek gerekirse; ışık, insan gözünün gördüğü elektromanyetik spektrumun bir parçasıdır ve görülebilen bir enerjidir [19].

Işık, ışınım enerjisi diye adlandırılan enerjinin bir türüdür. Şöyle ki, bir havuza bir taş parçası atıldığında dairesel dalgalar oluşur. Işıktaki da, değişik uzunluktaki dalgalar meydana gelir ve bunlar ışınım enerjisinin bir çeşididir. Küçük dalgalar milimetrenin milyonda birinden daha kısa, büyük dalgalar ise bir metrenin üstündedir. Bu dalgaların dizilimine "elektromagnetik enerji spektrumu" denir [20].

Şekil 2.2’de Elektromagnetik enerji spektrumu gösterilmiştir. Şekil 2.3’te ise Işığın dalga boyları ve spektral genişlikler verilmiştir.



Şekil 2.2. Elektromagnetik enerji spektrumu [20].



Şekil 2.3. Işığın dalga boyları ve spektral genişlik [18]

Her ışının bir dalga boyu vardır. Bu dalga boyu ışığın görünür- görünmez ya da elektromagnetik spektrumda nerede ve ne özellikte olduğunu belirler. Örneğin infrared (kızıl ötesi) ışınlar insan gözünün algılayabileceği sınırın altındadır.

Bir ışın demetinin nüve içerisinde ilerleme hızı dalga boyuna bağlıdır. Örneğin mor olan yani mor renkli ışığın dalga boyu 455 nm, kırmızı ışığın dalga boyu 620 nm. Bunun anlamı bu iki ışın fiber içinde aynı hızla ilerlemez. Kırmızı ışın aralarındaki

dalga boyu farkı kadar daha hızlı ilerler (her sarkıda). Işığın bu özelliği bize bir dezavantaj olarak geri döner(modal yayılma olarak).

Cisimleri görmemizi sağlayan, göze gelerek bize algılatan enerjiye ışık diyoruz. Işık, en basit tanımını ile, düz dalgalar halinde yayılan ve dalga boyu gözle görülebilir olan (yaklaşık 400–780 nm. Dalga boyları arası) bir elektromanyetik dalgadır. Bunun yanında bilimsel terminolojide gözle görünmeyen dalga boylarına da ışık denilebilir. Işığın ve tüm diğer elektromanyetik dalgaların temel olarak üç özelliği vardır.

Frekans: Dalga boyu ile ters orantılıdır, insan gözü bu özelliği renk olarak algılar.

Şiddet: Genlik olarak da geçer, insan gözü tarafından parlaklık olarak algılanır.

Polarite: Titreşim açısıdır, normal şartlarda insan gözü tarafından algılanmaz.

Işık kaynaklarından yayılan ışınlar türdeş ortam içerisinde doğru boyunca ilerler ışığın ilerlemesi için ortama ihtiyaç yoktur. Işık türdeş saydam ortam içerisinde sabit hızla yayılır ve ışık hızı ortama göre değişir. Işığın boşlukta yayılma hızı yaklaşık olarak saniyede üçyüzbin kilometredir ($c = 3.108 \text{ m/s}$) Işık ışınlarının bir yılda gittikleri (9,46.1012km) uzaklığa bir ışık yılı denir [18].

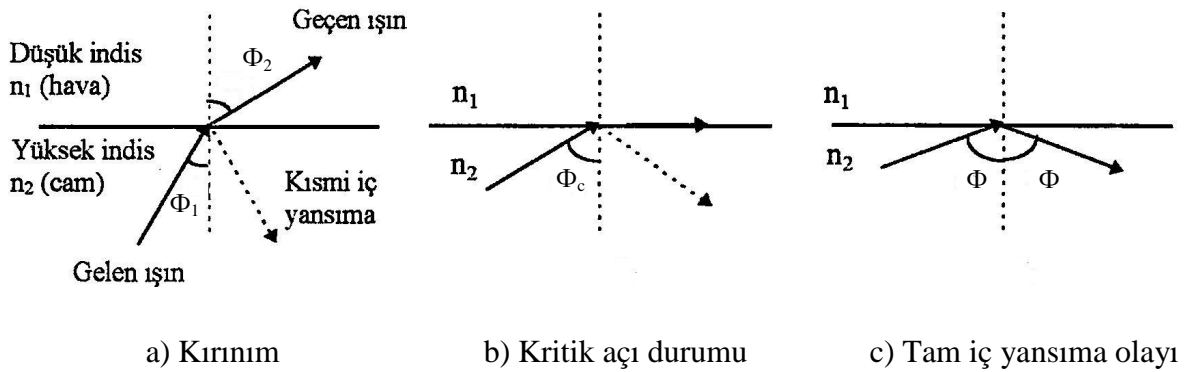
2.2.3. Işığın yansınması ve yansıma kanunu

Saydam ortamda hareket eden ışığın herhangi bir yüzeye çarpıp geri dönmesine yansıma denir. Yansıma olaylarında ışığın hızı, frekansı, rengi yani hiç bir özelliği değişmez. Sadece hareket yönü değişir.

Işın teorisi modelini kullanarak, ışığın bir optik fiber içerisinde yayılımını incelemek için dielektrik ortamının kırılma indisini hesaba katmak gerekir. Bir ortamın kırılma indisi, ışığın vakumdaki hızının o ortamdaki hızına oranı olarak tanımlanır. Bir ışık ışını, optik olarak yoğun bir ortamda, daha az yoğun ortamdakinden daha yavaş ilerler ve kırılma indisi bu etkinin bir ölçüsünü verir. Bir ışın, kırılma indisleri farklı iki dielektrik (mesela, cam-hava) arasındaki ara yüzeye geldiği zaman Şekil 2.4 a'da

gösterildiği gibi kırılma oluşur. Işığın geldiği ortamın kırılma indisi n_1 ve ara yüzeyin normali ile yaptığı açı Φ_1 dir. Eğer ara yüzeyin diğer tarafındaki dielektrik n_1 den daha küçük olan bir n_2 kırılma indisine sahipse kırılma o şekilde meydana gelir ki düşük indisli ortamdaki ışın yolunun normalle yaptığı Φ_2 açısı Φ_1 den büyük olur. Bu kanuna Snell bağıntısı denir. Bağıntıdaki sabit değere ışığın havadan saydam maddeye girişte kırılma indisi veya sadece ortamın kırılma indisi denir.

Şekil 2.4 (a) da ışığın küçük bir miktarının geliş ortamına geri yansıdığı (kısmi iç yansıma) da görülebilir. n_1, n_2 'den büyük olduğundan, kırılma açısı daima geliş açısından büyük olur. Bu yüzden kırılma açısı 90° olduğu ve kırılan ışın dielektrik arasındaki ara yüze paralel yapıldığı zaman geliş 90° den az olmalıdır.



Şekil 2.4. Yüksek ve düşük kırılma indisli ara yüzeye gelen ışın

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \Rightarrow \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{n_2}{n_1} < 1 \quad (2.1)$$

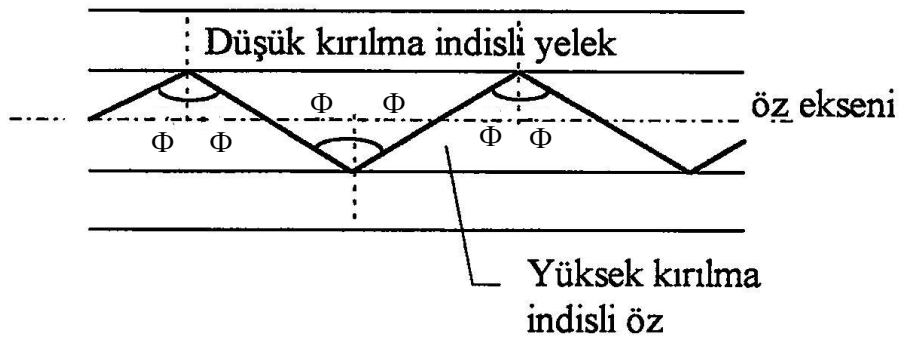
Bu kırılmanın sınır durumudur ve bu duruma karşı gelen geliş açısı, Şekil 2.4. (b) de kritik açı (Φ_c) olarak bilinir. Denklem (2.1.) den kritik açının değeri verilir.

2.2.4. Kritik açı

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1} \quad (2.2)$$

Kritik açıdan daha büyük geliş açılarında, ışık geldiği ortama yüksek bir verimlilikle geri yansıtılır; bu olaya tam iç yansımaya denir. Şekil 2.4.c). Şekil 2.5.'de bir fiber içindeki bir ışık ışınının, silika özel, biraz düşük kırılma indisli silika yelek arasındaki ara yüzeyde meydana gelen seri bir iç yansımalarla iletimi gösterilmektedir.

Şekil 2.5'de gösterilen ışın iletimi özü ve öz yelek ara yüzeydeki düzgün olan ideal fiber içindir. Öz eksenini keserek ilerleyen bu tür ışınlar meridyenel ışınlar denir. Öz-yelek üzerindeki süreksizlikler ve bozukluklar, tam iç yansımadan ziyade ışınların kırılmasına sebep olur. Bu durumda ışık ışını yelege girerek kayıpların oluşmasına yol açar. Tam iç yansımaya mekanizması ışığın fiber içinde kalarak yayılmasına (kılavuzlama) sağlar.

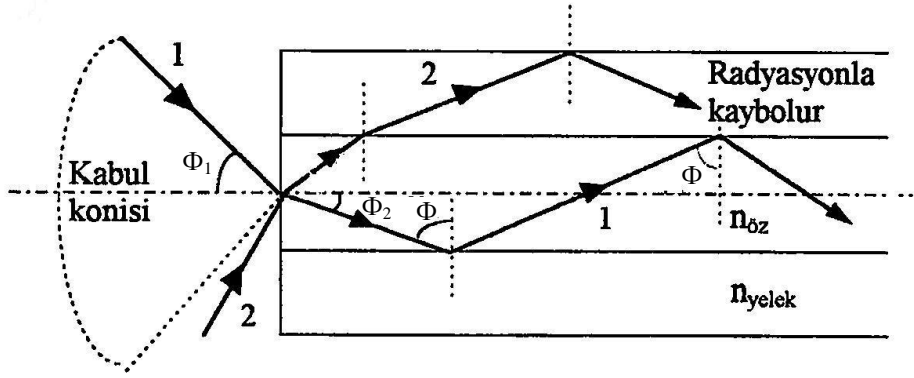


Şekil 2.5. İdeal optik fiberlerde ışık iletimi

2.2.5. Kabul edilebilir Açı.

Işığın fiber içerisinde ilerleyebilmesi için girişte fiber eksenini ile yapacağı en büyük açıya kabul açısı denir. Bu açı Şekil 2.6'da Φ_a ile gösterilmiştir. Φ_a 'ya eşit veya daha küçük bir Φ açısıyla giren ışın, A – ışınında olduğu gibi fiberin öz-yelek ara yüzeyine tam yansımaya şartını sağlayacak şekilde ulaşır. Böylece ışınlar fiber boyunca kılavuzlanır. Φ_a 'dan büyük bir açıyla gelen ışınlar B ışınında olduğu gibi, öz-yelek ara yüzeyinde tam yansımaya şartını sağlayamayacaklarından yelege girerler ve sonunda radyasyonla kaybolurlar.

Üç ortamın yani öz, yelek ve havanın kırılma indisleri ile kabul açısı arasındaki bir bağıntı bulmak için, ışın teorisi analizini sürdürmek mümkündür. Bu iş Nümerik açıklık (NA) denen bir kavramın tanımına götürür [15].



Şekil 2.6. Fiberin kabul açısından küçük bir açıyla havadan optik fibere giren meridyenel ışın yolu.

Kabul edilebilir açı genellikle numerical aperute (Sayısal Açıklıkla) tanımlanır.

$$NA = n_0 \sin \Phi \quad (2.3)$$

NA = Sayısal Açıklık (Numerical Aperute)

n_0 = Ortamın yansıma indeksi, genellikle bu havadır.

Φ = Kabul edilebilir açı.

Sayısal açıklık fiber optik kablolarda 0.5 den 0.66'ya kadar farklı değerle de olabilir ve bu değerler 25 ile 40 ° lik açılarda elde edilebilir.

Işık ışınları kabloya girdikleri açı ile kablo ucundan çıkarlar. Fiber optik kablo ucundaki ışık çıkışları hemen hemen tüm çıkışlarda koni şeklindedir ve bu çıkış şekli sayısal açıklık tarafından belirlenir [17].

2.2.6.Mod kavramı

Tek bir ışının fiber içinde izlediği yola (path) mod denir. Fibere değişik açılarla giren ışınlar farklı açılarla yansıyarak gideceğinden farklı yollar izler ve diğer uca farklı sürelerde ulaşırlar. Örneğin; core eksenine 0° açıyla gelen ışın, yansımaya uğramadan, asal eksene paralel, en kısa yolu kat ederek en kısa zamanda uca ulaşır. Bu moda ana mod denir.

Eksene açıyla gelen ısınlr ise çekirdek içinde yansıyarak gider. Isının geliş açısı büyüdükçe yani yansıma açısı küçüldükçe kat edilen yol artar. Fibere farklı açılarda gelen ısınlr, diğer uca farklı zamanlarda ulaşır. Veri işaretleri (sinyaller) bir grup ısın demeti ile bir uçtan diğerine iletilir.

Temel olarak üç tür fiber optik düzenlemesi vardır.

1. Tek modlu basamak indisli fiber optikler
2. Çok modlu basamak indisli fiber optikler
3. Çok modlu dereceli indisli fiber optikler

2.2.7. Tek modlu basamak indisli fiber optikler

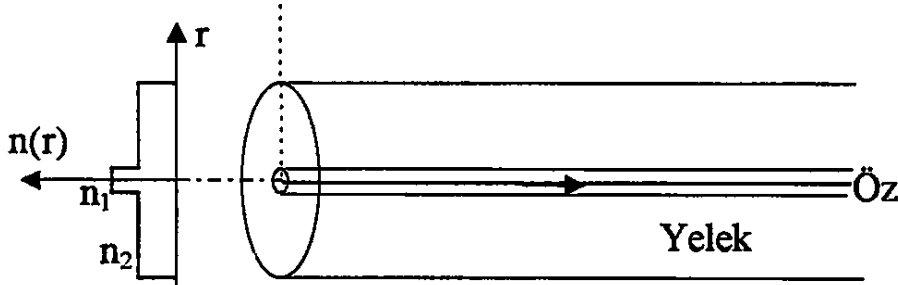
Tek modlu basamak indisli fiber, oldukça küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir; öyle ki, temel olarak ışığın kabloda yayılım yaparken izleyebileceği tek bir yol vardır. En basit tek modlu basamak indisli fiber biçiminde, dıştaki Frekans koruyucu zarf havadır. Cam çekirdeğin kırılma indisi yaklaşık 1,5'tir. Hava koruyucu zarfının kırılma indisi ise 1'dir. Kırılma indislerindeki büyük fark, cam/hava sınırında küçük bir kritik açı (42°) oluşturur. Dolayısıyla fiber, geniş bir açıklıktan gelen ışığı kabul eder. Bu da, ışığı kaynaktan kabloya bağlamayı nispeten kolay hale getirir. Ancak bu tür fiber, tipik olarak çok zayıftır ve pratikte bu fiberin kullanımı sınırlıdır

Tek modlu basamak indisli fiberin daha kullanışlı bir türü, koruyucu zarf olarak hava yerine başka bir malzemenin kullanıldığı türdür. Koruyucu zarfın kırılma indisi merkezi çekirdeğin kırılma indisinden biraz daha azdır ve koruyucu zarf boyunca sabittir.

Bu tür kablo, hava koruyucu zarflı kablodan fiziksel olarak daha güçlüdür, ancak kritik açısı da çok daha yüksektir (yaklaşık 77°). Kritik açının bu kadar yüksek olması, kabul açısının küçük, kaynak-fiber açıklığının ise dar olmasına yol açarak ışığı ışık kaynağından fibere bağlamayı güçleştirir.

Her iki tür fiberde de, ışık fiberde yansıma yoluyla yayılım yapar. Fibere giren ışık ısınları, çekirdekte doğrudan yayılım yaparlar ya da belki bir kez yansır.

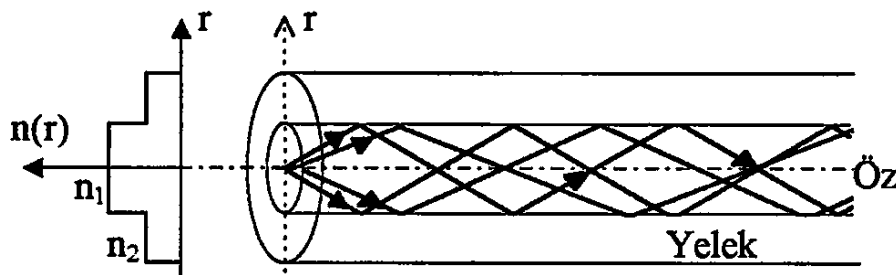
Dolayısıyla bütün ışık ısınları kaborda aynı yolu izler ve kablonun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat ederler. Bu, tek modlu basamak indisli fiberlerin çok önemli avantajlarından biridir.



Şekil 2.7. Tek modlu basamak indisli fiber optiklerde ışık iletimi

2.2.8. Çok modlu basamak indisli fiber optikler

Çok modlu basamak indisli düzenleme, tek modlu düzenlemeye benzer; aradaki fark, merkezi çekirdeğin çok daha geniş olmasıdır. Bu fiber türü, daha geniş bir ışık fiber açıklığına sahiptir, dolayısıyla kabloya daha çok ışık girmesine imkân verir. Çekirdek/koruyucu zarf arasındaki sınıra kritik açıdan daha büyük bir açıyla çarpan ışık ısınları, çekirdekte zikzak şeklinde yayılım yapar ve sürekli olarak sınırdan yansır.



Şekil 2.8. Çok modlu basamak indisli fiber optiklerde ışık iletimi

Çekirdek/koruyucu zarf sınırına kritik açıdan daha küçük bir açıyla çarpan ışık ısınları koruyucu zarfa girer ve yok olurlar. Fiberde yayılım yaparken, bir ışık ısınlının izleyebileceği çok sayıda yol olduğu görülebilir. Bunun sonucu olarak, bütün

ışık ısınları aynı yolu izlemez, dolayısıyla fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi aynı zaman süresi içinde kat etmezler

2.2.9. Çok modlu dereceli indisli fiber optikler

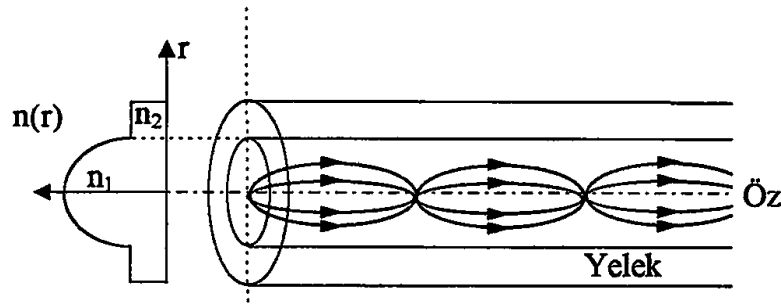
Çok modlu dereceli indisli fiberin belirleyici özelliği, sabit olmayan kırılma indisli merkezi çekirdeğidir; kırılma indisli, merkezde en yüksek seviyededir ve dış kenara doğru azalır. Işık bu tür fiberde kırılma aracılığıyla yayılır. Bir ışık ısını, çekirdek boyunca diyagonal olarak yayınım yaparken, sürekli olarak daha az yoğun ortamdaki daha yoğun ortama geçer. Dolayısıyla, ışık ısınları devamlı kırılırlar ve sürekli olarak bükülürler.

Çok modlu fiberde ışık fibere çok farklı açılardan gelir. Işık ısınları fiberde yayınım yaparken, fiberin dış bölgesinde ilerleyen ışık ısınları, merkeze yakın ilerleyen ısınlardan daha fazla mesafe kat ederler. Kırılma indisli merkezden uzaklaştıkça azaldığı ve ışığın hızı kırılma indisli ile ters orantılı olduğu için, merkezden uzakta ilerleyen ışık ısınları, daha yüksek bir hızda yayınım yapar. Dolayısıyla ısınlar, fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat eder.

Temel olarak, bu tür fiberin çok önemli avantajları ya da dezavantajları yoktur. Çok modlu dereceli indisli fiberlerde, ışığı kaynaktan fibere ve fiberden varış yerine bağlamak, tek modlu basamak indisli fiberlerden daha kolay, ancak çok modlu basamak indisli fiberlerden daha zordur.

Çok sayıda yayınım yolunun olmasının neden olduğu bozulma, tek modlu basamak indisli fiberlerden daha fazla, ancak çok modlu basamak indisli fiberlerden daha azdır.

Dereceli indisli fiberlerin imalatı, tek modlu basamak indisli fiberlerden daha kolay, ancak çok modlu basamak indisli fiberlerden daha zordur. Çok modlu dereceli indisli fiberler, öteki fiber türlerine kıyasla bir ara fiber türü olarak değerlendirilir [2].



Şekil 2.9. Tek modlu derece indisli fiber optiklerde ışık iletimi

2.3. Fiber Optik Üretim Yöntemleri

Fiber üretiminde kullanılacak olan malzeme, çeşitli gereksinimleri sağlamalıdır. Örneğin, bu malzemeden uzun, ince ve esnek fiberlerin yapılması mümkün olmalıdır. Bunun yanında, fiberin ışığı yeterince kılavuzlayabilmesi için, malzeme belirli bir optik dalga boyu aralığında şeffaf olmalıdır. Ayrıca çekirdek ve yelek bölgeleri oluşturmak için, birbirine yakın kırılma indisi değerlerine sahip malzemeler kullanılmalıdır. Bütün bu gereksinimleri sağlayan malzemeler, camlar ve plastiklerdir [6].

2.3.1. Cam fiber optik kabloların üretim yöntemleri

Bütün cam optik dalga kılavuzlamanın üretiminde iki temel teknik kullanılmaktadır. Bunlar, buhar fazında oksitlenme (vapor phase oxidation - VPO) ve doğrudan cam yapım işlemlerini takip eden doğrudan eriteme yöntemi, optik fiberlerin saflaştırılmış SiO_3 (silikat) camlarının eritilmiş hallerinden doğrudan imal edildiği bir yöntemdir. Buhar fazında oksitlenme sürecinde ise, SiCl_4 (silisyumtetraMorur) ve GeCl_4 (germanyumtetraklorör) gibi metal halojenlerin yüksek saflıktaki buharları, beyaz toz halindeki SiO_2 parçacıkların oluşturmak amacıyla, oksijen ile reaksiyona girerler. Daha sonra bu parçacıklar bir cam yüzeyi üzerine toplanırlar ve erimelerine izin vermeyecek kadar ısıtılıp, homojen bir cam kütesine dönüştürülerek temiz bir cam çubuk veya tüp şekline getirilirler. Bu çubuk veya tüp preform olarak adlandırılmaktadır ve 10 mm ile 25 mm arasındaki bir çapa ve 60 cm ile 120 cm

arasındaki bir uzunluğa sahiptir. Preform, fiber ile aynı kırılma indisi profiline sahiptir. Reformdan fiber elde etme işlemine fiber çekme denmektedir [16].

2.3.2. Plastik fiber optik üretim yöntemleri

Cam optik fiberlerin üretiminde kimyasal buhar biriktirme, iyon değişimi, sol-jel yıkama gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler oldukça pahalı ve üretim hızı düşüktür. Polimerlerin mükemmel mekanik özellikleri ve iyi işlenebilirlik avantajları Polimer Optik Fiberleri göz önünde bulundurulmalıdır [11].

Polimer Optik Fiberlerin üretim yöntemleri şunlardır: preform çekme, toplu ekstrüzyon ve sürekli ekstrüzyon [11,12].

2.3.2.1. Preform çekme yöntemi

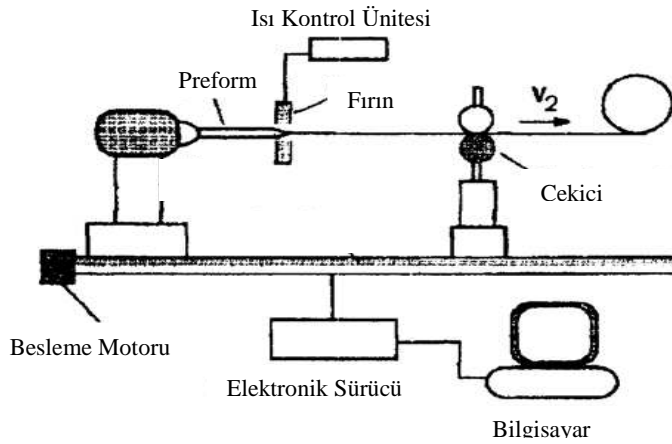
Malzemelerin saflaştırılması, istenilen kırılma endeksi sahip preform profil imalatı ve fiber çekmedir. Saflık talepleri nedeniyle Preform profil malzeme üretilmesi için tercih edilen yöntem dökme polimerizasyon yöntemidir.

Malzeme kirlenmenin en yaygın nedenleri zamanından önce polimerizasyonu önlemek için tocommercial monomerleri eklenir.(Sıvı durumdaki polimer malzemenin polimerizasyonun başlaması ve donmasını yavaşlatmak için katkı maddeleri eklenir bu katkı maddeleri polimer optik fiberin kırılma indisini yavaşlatır) Ayrıca su, metal ve toz parçacıkları içerebilir. POF polimerizasyon katalizörler, monomerleri ve diğer katkı maddelerinin iletim özelliklerinin azaltılması önlemek için bir zar filtre ya da süblimasyon sahip damıtma, süzme ile damıtılmış olmalıdır [13].

Sıcak dökme polimerizasyon ile ön preform üretimi; dönen yatay borular içerisine MMA co-monomerlerin dökerek polimerleştirmek suretiyle polimer optik tüp üretmek mümkündür. En pratik yolu, 450–900 dev/dak, dönen bir torna içinde boru yerleştirmektir. Dönüşümün 100% gerçekleşmesi için 90°C’de 25 bar basınç altında 24 saat dönmesi gerekmektedir. Basıncın görevi hava kabarcığı oluşumuna önlemek

içindir. Dökme polimerleştirme süreci zaman alıcıdır. Bu özellikle çoklu preform üretim durumunda geçerlidir. Ancak, termal dökme polimerleştirme basit preform çekirdek üretimi için uygundur [12].

Preform fırın içerisinde $190-230^{\circ}\text{C}$ de çekici silindirler bir çap kontrol ünitesi tarafından edilerek çekme işlemi gerçekleştirilir. Fiber çekme yöntemi şematik çizimi Şekil 2.10'de gösterilmiştir [12,13].



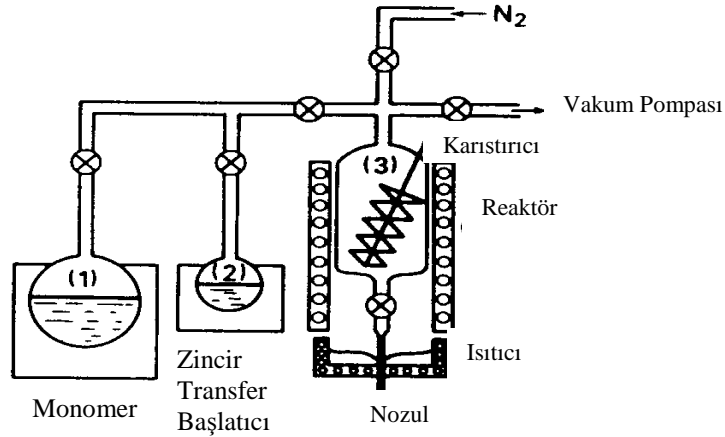
Şekil 2.10. Fiber çekme yönteminin şematik gösterimi [11].

Preform ısıtmada genellikle elektrikli direnç fırını kullanımı söz konusudur. Geniş çaplı preform kullanımı daha ekonomiktir, fakat Polimer Optik Fiber malzemelerin ısı iletkenliği düşük olduğu gibi, klasik ısıtma yöntemi preform ve radyal yön boyunca bir kaçınılmaz geniş bir sıcaklık eğilimi oluşur. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için 1-2 mikron dalga boyu aralığında kızılötesi fırın kullanılabilir. Böyle dalga boylarında, radyasyon enerjisinin doğrudan ve preform iç bölge ulaşabilir sıcaklık eğilimi azalacaktır [13].

2.3.2.2. Toplu ekstrüzyon

Öncülüğünde bir batch ekstrüzyon işleminin, şematik diyagramı Şekil 2.11'de gösterilmiştir. 1 numaralı kapta saf monomer vardır.

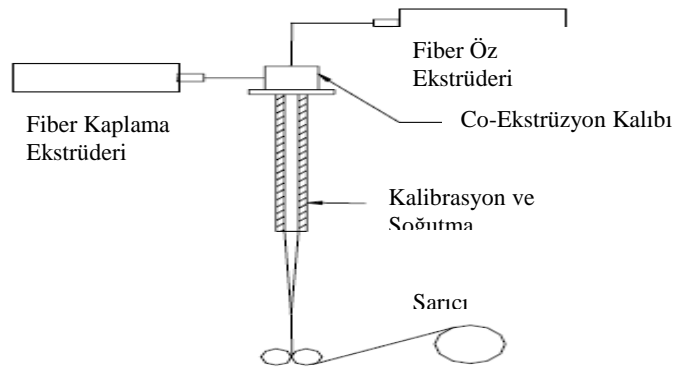
(1) Birinci kaptaki saf monomer (3) reaktöre gönderilir. İkinci kaptaki damıtılmış veya süblileşmiş zincir transfer aracı ve polimerizasyon başlatıcı sonra reaktöre gönderilir. Kapalı reaktörde polimerizasyon etkisi için 180°C sıcaklığa kadar ısıtılır. Kuru azot kullanılarak basınç altında reaktör tarafından zorlanan erimiş polimer 200°C sıcaklığa ulaştığında dönüşüm elde edilmiş olur [21].



Şekil 2.11. Toplu ekstrüzyon sürecinin şematik gösterimi

2.3.2.3. Sürekli ekstrüzyon

Polimer fiber optik kablo üretimi için en iyi gelişmiş yöntemlerden birisidir Şekil 2.12’de şematik olarak açıklanan sürekli ekstrüzyon yöntemi gösterilmiştir. Ekstrüzyon yöntemi granül şeklinde hazır amorf polimerler çekirdek için ekstrüdere beslenir. Daha sonra çekirdek malzeme bir co-ekstrüzyon kalıbı içine ilerler Burada eşmerkezli polimer fiber optik kablo çekirdek-kaplama yapısı ayrı bir ekstrüdere beslenen bir kaplama malzemesi ile birlikte kaplanır [11,22].



Şekil 2.12. Sürekli ekstrüzyon şematik gösterimi [14].

2.4. Fiber Optik Aydınlatmanın Kullanım Alanları

Bakım çalışmalarının kolay yapılabilen uzun ömürlü optik lifli aydınlatma sistemleri haberleşme alanlarında olduğu gibi aydınlatma alanlarında geniş uygulama alanlarında sahiptir.

1. Lamba değiştirme işleminin çok zor olduğu yüksek tavanlı kongre merkezi oditoryum gibi hacimler için yüksek güçlü ışık kaynakları ile birlikte kullanılan noktasal optik lifli aydınlatma sistemleri ideal bir çözüm olmaktadır.
2. Bu sistemlerle ışığı yoğunlaştırmak, çok sayıda noktaya yaymak ve renklendirmek mümkün olmaktadır. İnce optik liflerle yüzlerce noktaya tek bir ışık kutusu ve uygun tasarlanmış dağıtım mercekleri ile ışık yayan sistemler sergi salonlarında ve vitrinlerde sergilenen eşyaların ayrı ayrı vurgulanmasında istenilen dekoratif etkilerin yaratılmasında çok iyi sonuçlar vermektedir.
3. Diğer yandan gün ışığı, ısı ve mor ötesi ışınların yasaklandığı müze aydınlatmalarında alternatifsiz bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır.
4. Bina dış yüzey hatlarını ortaya çıkması reklam ve dekoratif amaçlı ışıklı şekil ve yazıların oluşturulmasında kullanılan yüksek gerilimli neon tüplerin yerine de çıplak lifli çizgisel aydınlatma kullanılmaktadır. Bu uygulamada yüksek gerilim tehlikesi ortadan kalktığı gibi, aynı aydınlatma sisteminde isteğe göre ayarlanan değişik zaman dilimlerinde farklı renkli aydınlatmaların elde edilmesi de mümkün olmaktadır.
5. Neon lambaların kullanıldığı su ve toprak altı uygulamalar gerektiren bahçe, havuz aydınlatması gibi tesisatlarda rahatlıkla kullanılmakta ve uzun ömürlü dayanıklı aydınlatmalar kullanılmaktadır.

6. Yangın, patlama tehlikesi olan endüstri tesislerinde ısınma ve elektrik arıza gibi sorunların olmadığı bu çözümler güvenle kullanılabilen bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır [23].

Şekil 2.13.'da fiber optik kablo kullanılarak yapılan aydınlatma örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Fiber optik kablo kullanılarak yapılan aydınlatma

7. Pek çok ışık noktası için tek bir ışık kaynağı olması, ampul kaybı neticesi oluşacak görsel rahatsızlığa engel olur. Bu sistem; uçak, gemi, otobüs gibi ulaşım araçlarında ve konferans salonlarında, okuma bölgesinin aydınlatılması, sergileme dolapları ve vitrinler ile yıldızlı gök etkisi oluşturma yol gösterici ışık noktalarında kullanılabilir.

8. Müdahaleye karşı korumalı olması; hassas parçaların emniyetli bir yerde saklanabilmesini, sonlandırıcıların ve ışık çizgilerinin insanların ulaşabileceği yerlere yerleştirilebilmesini sağlar. Bu şekilde, yol gösterme için ışık çizgileri, kaldırım

üzerinde yol gösterici dekoratif ışık noktaları oluşturulması ve şehir mobilyası uygulamalarında kullanılabilir.

9. UV ve IR etkilerinin olmaması ile aydınlatılmış nesne ya da ürünler üzerinde olumsuz etkilenme yapmamakta, aydınlatılmış nesne ya da ürünler üzerinde ısı birikimi oluşturmamaktadır. Böylece, ısıya duyarlı malzeme ya da nesnelerin aydınlatılması (sanatsal objeler, tablo, kâğıt, deri vb), taze yiyecek (balık, sebze, çikolata vb.) aydınlatılması, derin dondurucularda rahatlıkla kullanılmaktadır.

10. Nesnelerin yakından ya da içerden aydınlatılması ile çarpıcı aydınlatma etkileri oluşturulabilmekte, dikkat çekici detaylar belirginleştirilebilmekte ve eşsiz tasarım özgürlüğü sağlanabilmektedir.

11. Bu sebeplerle cam nesnelere içinde ışık, kontur aydınlatması, sergileme kabinleri, vitrinler, sergiler ve ölçekli modeller için en uygun aydınlatılma yapılmaktadır

12. Elektromanyetik etkileşim olmaması nedeniyle, hastaneler, ses ve video stüdyoları, radar kontrol odaları için en uygun sistemleri oluşturabilmektedir.

13. Işık noktalarının küçültülebilmesi nedeniyle kişilerin bakış açıları dışında kalacak şekilde nesnelere yakın ışık noktaları yerleştirebilme, ışığı mobilya ile kolayca bütünleştirebilme ve aydınlatma tasarımı olanakları bulunmaktadır. Bu durum, sergileme kabinleri, masaları vb. yıldızlı gök uygulamaları, yapılan işe yönelik makinelere birleştirilmiş aydınlatmalarda uygulama kolaylığı sağlamaktadır.

14. Özgün ışık etkileri oluştururken, statik ve dinamik ışık etkileri oluşturma, farklı merceklerle değişik ışık dağılımları ya da farklı üreteçler ile saçılmış ışık noktaları oluşturma imkânları sunmaktadır. Böylece, değişen renklerle 'neon' benzeri etkiler, yıldızlı gökyüzü, reklam panoları ve vurgular gibi dinamik renk ve yankı etkileri oluşturan ışık uygulamalarında kullanılmaktadır.

Şekil 2.14'de fiber optik kablo kullanılarak müze aydınlatması örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.14. Fiber optik kablo kullanılarak müze aydınlatması

15. Esneklik ve tesisatın yeniden kullanılabilirliği özelliğinden dolayı çevre dostu ve ekonomik olmaktadır. Bu nedenle fuar, sergi ve mevsimsel ve belirli alanlardaki etkinlikler (yılbaşı vb.) için uygulanmaktadır. Ayrıca mimari değişikliklerden sonra yeniden kullanılabilir. [2].

16. Bir fiber optik kol, neon lambanın yerine kullanılabileceği gibi, salt dekoratif ya da tam tersine fonksiyonel amaçlarla da kullanılabilir. Örneğin; bir mobilya ile bütünleştirilebilir, endüstriyel uygulamalara katılabilir (makine takımlarının aydınlatılması, imalat kontrolü, güvenlik vb.).

17. Enformasyon sağlayabilir, yönlendirilebilir, (yaya geçitleri, liman işaretleri) veya görüntüler oluşturulabilir (ışıklı çeşmeler, heykel aydınlatmaları, yıldızlı gökyüzleri, çeşitli animasyonlar) ya da değer katabilir (sunumlar, teshirler, müze uygulamaları) [2].

2.5. Fiber Optik Aydınlatma Uygulamaları

Fiber ışığı sergi üniteleri ve vitrin için mevcut en ideal çözümdür. Müzeler fiber optik için en yaygın kullanım alanlarıdır. Topkapı Sarayında fiber optik kullanılmaya

başlamıştır. Isıl etkilerin sergilenen nesnelere zarar vermesinin hayati önem taşıdığı bu mekânlarda fiber optik tek çözümdür. Işık üreticinin vitrin dışında bir noktaya yerleştirildiği uygulamalarda Fiber Optiğin getirdiği avantajları şöyle sıralayabiliriz.

1. Işık kaynağının kolay değişimi ve bakımı
2. Işığın sergilenen nesneye istenildiği kadar yakın yerleştirilmesi ve farklı açılarda yerleştirilen armatürlerle gerektiği kadar gölge ışık ve zıtlık yakalayabilmesi.
3. Vitrin tamamıyla kapalı yani hırsızlık ve yangına karşı tam güvenli olarak tasarlanabilmesi
4. Bir ışık üreticiden birkaç vitrinin aydınlatılabilmesi.
5. Değerli taşların altın ve gümüş gibi değerli metallerin yüzeyleri bozulmaksızın çok yakın mesafeden aydınlatılabilmesi. Topkapı sarayında hazine dairesi fiber optikle aydınlatılmaktadır.
6. Vitrinler birçok aydınlatma ihtiyacının bir arada yer alması gerekebilen uygulamalardır. Dar açılı (yoğun) etkiler ya da yaygın dağılıma sahip etkiler istenebilmekte ayrı ayrı yerleşimi sürekli değişebilen nesnelere hep aynı verimle aydınlatılabilmesi uygulanmaktadır. Bu sayılar eğer geleneksel bir sistemle sağlanacaksa çok fazla kaynağı bir arada kullanmak ve vitrini bir fırın gibi ısıtmak söz konusu olacaktır. Ancak aydınlatılan bir pasta ise sıcaktan erimemesi gerekir. Bakım ve iletme giderleri hesaplandığı zaman kapalı bir vitrinin geleneksel aydınlatma çözümlerine oranla daha cazip şartlarla aydınlatılması mümkün olabilmektedir.

2.5.1. Dekoratif uygulamalar

İnsanın verimliliğini ve iç huzurunu sağlamak için yaşam alanlarının iyi tasarlanmış olması gereklidir. Tasarımcıların işi ışığı, sesi, renkleri ve kokuları uyum içinde bir sıraya getirmeye çalışarak günlük yaşamı olabildiğince sağlıklı kılmaktır. Endüstriyel ve ticari binalarda özel çözümler üretilmesi gereken bölümler, kantinler konferans salonları, girişler, lobiler, bekleme salonları ve sergileme salonları gibi bölümlerdir. Bu noktaların tümünde fiber optik kullanımı söz konusu olabilir. Evlerde ise fiber ışığı genelde girişlerde, salon banyo, mutfak ve yatak odalarında dışarıda saçak altı

veya geçiş yollarında kullanılmaktadır. 1000 tane yıldızın ışıldadığı bir tavanı yalnızca bir tane ışık kaynağından beslemek sadece ve sadece fiber optikle mümkündür. Ve sağlanan işletme karı inanılmaz boyuttadır. Akan suyun içinde, yerde duvarda, heykellerde veya sadece sizin hayal gücünüzle sınırlı olan her uygulamada fiber optik size ışık taşır. Fiber optik sisteminde ışık kontrol edilebilir. Renk değişimi, loşlaştırma, parlayıp sönen ışık noktalar veya ışık otomasyonu aydınlatma ile yapılacakların sınırlarını zorlar niteliktedir. Şekil 2.15’de fiber optik dekoratif uygulamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Fiber optik dekoratif uygulamalar.

2.5.2. Çizgisel Uygulamalar.

Fiber optik çizgisel ışık uygulamalarında tartışılmaz liderdir. Çizgisel ışık kaynağının bu kadar kontrol edilebilir olduğu başka bir sistem yoktur. Çizgisel aydınlatmada kullanılan fiberlerin özellikleri şunlardır.

1. Yumuşaklık (Form verme ve dönüşlerde önemli)
2. Esneklik (Eski Haline Dönebilme, deforme olmama)
3. Yüksek UV direnci (Dış ortamlarda Güneş ışınlarına dayanım)

4. Yüksek yüzey kirlenme ve yosunlanma direnci (Su içinde veya nemli bina cephelerinde)
5. Fiber boyunca homojen ışık dağılımı açısından kabul edilebilir teknik yeterliliğe sahip olması gereklidir.

Danimarka'da 6000 metre fiber lif kullanılarak aydınlatılan Castrup Hava limanı Dönüştürücü binası Kopenhag'ın en göze çarpan binalarıdır. Cam Cephede konstrüksiyon içine yerleştirilen fiberlerle 18 metre yüksekliği ve 35 metre çaplı binanın her yönden görülebilmesi sağlanmıştır. Camlar arasında kalan fiberlerden elde edilen ışık cam yüzeyinde taşınıp, tüm cam yüzeyin aydınlık görünmesini sağlamaktadır. Bu etkileyici efekt 50 adet 150w gücünde ışık üretici ile elde edilmiştir. Her ışık üretici yaklaşık 120 metre fiberi ışıklandırmıştır [17].

Yandan ışık veren fiber kablolar parıltı ve renk değişim özellikleri ile neon uygulamalarından çok daha üstün bir efekt yaratabilirler. Aynalı tip sonlandırıcılar ile ışığın tekrar kablonun içine ve dolayısıyla istenen yere dönmesi ve daha fazla ışık elde edilmesi sağlanabilir.

Şekil 2.13'te fiber optik çizgisel uygulamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Fiber optik çizgisel uygulamalar.

2.5.3. İşlevsel uygulamalar

Görme insanın en güçlü algılama şeklidir. Sağlıklı olabilmek, çevreyi doğru algılamak ve kavrayabilmek için asgari görme koşulları sağlanmalıdır. Işık rengi sıcaklığı renksel geri verim ortamında insanları tatmin etmeli ve çözüm optimum yatırım ve işletme maliyetine sahip olmalıdır. Fiber ışığı bu temel ihtiyaçların tamamını karşıladığı gibi ortama estetik bir boyut kazandırır.

Eğer bir mekân için daha fazla ışık isteniyorsa fiber sayısının veya çapının artırılması yeterlidir. Fiber ışığı ile tepe açısı 60° olan ışıklı koniler elde etmek mümkündür. Duvara çok yakın kullanılabilen avantajı ile mekânın duvar efektleri ile dolaylı aydınlatılması sağlanabilir. Soğuk ve sıcak etkiler birçok mekânda deklarasyonun bir parçası olarak kullanılabilir.

Fiber liflerin çoklu bağlayıcı uygulamasında iki ayrı seçenek söz konusudur. Bunlardan ilki klasik yöntemle demetin çıkışına bağlayıcının yerleştirilmesidir. İkinci ve gelişmiş yöntemse rastgele yerleşim denilen yöntemdir. Demetin çok sayıda liften oluşan fiber uçlarını meydana getiren lif uçlarını çoklu bağlayıcı içinde rastgele olarak yerleştirilerek 2 mm ve üstü kalınlıklardaki fiberlerden daha homojen ışık alınmasını sağlar. Bu sayede genel aydınlatma ve spot efekt kullanımı söz konusu olan noktalarda daha homojen ışık dağıtımı söz konusu olmaktadır. Şekil 2.17’te fiber optik işlevsel uygulamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Fiber optik işlevsel uygulamalar.

2.5.4. Dış aydınlatma uygulamaları

Dış aydınlatmada fiber optik kullanımı ekonomik, çevresel veya estetik avantajlar sağlamaktadır. Bina dış cephelerindeki dekoratif unsurların aydınlatılması için fiber optik mükemmel bir çözümdür. Kaynağın tek ve uygun bir noktaya yerleştirilmesi ile bakım kolaylığı da sağlanmaktadır. Geleneksel aydınlatma sistemleri kullanıldığı uygulamalarda lamba değişimi her zaman sorun olmakta, üretilen yüksek ısı sebebiyle oluşan korozyon ve bakım sıralarında olabilecek hayati tehlike riski önlenmektedir. Fiber optik sistemlerde ısı, ışıklı noktaya taşınmadığı için korozyon riskli yoktur. Armatürlerin dış ortam şartlarında uygun tipte seçilmesi ile bakım masrafı olmayan bir sistem kurulmuş olur. Binanın içine yerleştirilen kaynaklarla dış cepheyi aydınlatmak mümkün olmakta ve bu sayede uzun merdivenler ve vinç sistemleri gibi ekipmanlar yatırımına gerek kalmamaktadır.

Eğer fiber ışığı ağaç dekorasyonu için kullanılırsa 75 w gücünde bir ışık üretici ile 575 ışıklı uç elde etmek mümkündür.(Akrilik çap =1mm) . Bu her uç için 0.13 w demektir. Fiber demet ağaç üzerinde sürekli olarak kalabilir. Işık üretici sistem çalıştırılmadığı zamanlarda sistemden ayrılabilir. Liflerde elektrik taşınmaması sayesinde güvenlik en üst düzeyde sağlanmaktadır. Sistem rahatlıkla havuz ve çeşme aydınlatması uygulamalarında kullanılabilir. 4200 K civarında elde edilebilen ışık rengi ve dış aydınlatma için üretilen armatür seçenekleri ile park, bahçe, havuz çeşme, şelale aydınlatması vb. uygulamalarda beyaz ışık ile çözüm üretilebilmektedir. İsteğe bağlı kullanılacak filtreler ile farklı renkler elde edilebilmektedir. Şekil 2.18’te fiber optik kablo ile dış mekân uygulamaları örnekleri gösterilmiştir.

Enerji tüketimi ve çevresel avantajlar:

1. Aydınlatma kirliliği oluşturulmaması ve ışığın sadece istenen noktaya ulaştırılması.
2. Işığın istenen tasarrufu sağlaması sayesinde loşlaştırma çevre saatli ışık ısı kontrolü gerektirmemesi.

3. Isıdan kaynaklanan korozyon oluşmaması sebebiyle ömür boyu bakım gerektirmeyen bir sistem elde edilmesi.
4. Işık üretici içindeki kaynağın sürekli soğutulması ve doğru tasarımı sayesinde uzun lamba ömrü dolayısıyla daha az lamba değişimi.



Şekil 2.18. Fiber optik kablo ile dış mekân uygulamaları

2.5.5. Merdiven aydınlatması

Tamamen kontrollü uzun ömürlü merdiven aydınlatması Lightbeam (Yüksek yoğunluklu lineer fiber optik aydınlatma) tekniği ile gerçekleştirilmektedir. Bu sistemle aydınlatma elemanları merdiven içine yerleştirilmekte veya arkadan monte edilmektedir. Bu sistemle düşük gerilime merdiven aydınlatması sağlayan sistemlerin %50 oranında enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Lamba ve elektriksel aksamalar uzak bir noktada kurulduğunda, merdiven yapısında ampul değişimi olmayacağından bozulmalar gözlenmemektedir [14]. Şekil 2.19’da fiber optik kablo kullanarak merdiven aydınlatması örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Fiber optik kablo kullanarak merdiven aydınlatması [2]

2.5.7. Müze aydınlatması

Mekân ve tasarımlara getirdiği görsel zenginliğin yanı sıra sunduğu avantajlar ve kullanım kolaylıkları ile fiber optik aydınlatma sistemlerinin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır.

Müzeler gibi tarihin ve yerine konulması imkânsız objelerin sergilendiği alanlarda ise; asıl olan objenin her ne olursa olsun korunmasıdır.

Tarihi eserlerin bulunduğu müzelerde tarih ve sanatsal eserlerin ısı ultraviolet ve infrared gibi istenmeyen bir takım kötü etkilerden korunması amacıyla lightframe şeklindeki fiber optik aydınlatma ile aydınlatmalar yapılmaktadır. Bazı maddeler ışığın yıpratıcı etkilerinden kolayca etkilenirler. (Eski el yazıları, minyatürler, baskılar, eski kumaşlar, halılar, v.s. malzemelerin aydınlatılmasında en çok 30–50 Lux aydınlık olmalıdır. Doğal deri, ahşap, yağlıboya gibi malzemelerde bu değer 150–180 Lux 'e çıkarken, taş, metal, seramik, cam gibi malzemelerde 300–500 Lux'e kadar aydınlık seviyesine izin verilir). Fiber optik aydınlatma sistemleri bu tür objelere zarar vermeyen niteliği ve daha birçok avantajı ile müze ve sergi aydınlatması için doğru bir çözüm olmaktadır.

Öyle ki jeneratörler (Işık kaynakları) tamamen alt bölümünde tarihi eserlerden uzak bir noktada hiçbir tehlikeye mahal vermeyecek şekilde kurulur. Kablolar ısıyı taşımaz, sadece görünen ışığı taşır. Kabloların ucuna takılan armatür olarak tanımlanan 3 – 5 cm çapındaki lensli veya lenssiz armatürler ışığın aydınlatılacak obje üzerinde mümkün olduğunca yoğunlaştırılmasını sağlar. Müşteri veya ziyaretçiler sadece çok iyi aydınlatılmış bir vitrin ve objeleri görür, fark ederler.

Işığın fiber kablolarla taşındığı ve ışık kaynağının uzakta konumlandırıldığı sistemin sağladığı avantajlar arasında; yok denecek kadar az bakım maliyetleri, hijyenik ve UV (mor ötesi), IR (ısı) yayım taşımayan ışık elde etme, ışığı istenilen noktalara çok hassas bir şekilde yönlendirebilme, elektrik akımı taşımayan, soğuk, nesnelere olabildiğince yakın kullanılabilen ve böylece güvenli ve nemli ortamlarda dahi kullanılabilen ışık elde edebilme sayılabilir.

Işığın yıpratıcı etkilerinin sergilenen objeye zarar vermesinin önlendiği, istenilen şekilde yönlendirmenin ve obje vurgulamasının yapılabildiği üstelik bakım ve onarım maliyetlerinin yok denecek kadar az olduğu fiber optik aydınlatma sistemleri bütün bu özellikleri ile müzeler ve sergi alanları için en doğru aydınlatmayı sunmaktadır [14,24]. Şekil 2.20’de fiber optik kablunun küze aydınlatmasında kullanımı gösterilmiştir [24].



Şekil 2.20. Fiber optik kablunun müze aydınlatmasında kullanımı.

2.5.8. Camekân – oda aydınlatması

Genellikle gösteri amaçlı camekânlar da meydana gelecek yansımaları ortadan kaldırmakta ve aydınlatması gereken mekânı her türlü olumsuzluklardan (ısı ultraviyole gibi) uzakta tutarak sadece aydınlatmaktadır. Ayrıca lamba ve elektrikli aksam uzak bir noktada olduğundan ikide bir lamba değiştirmek gibi bir sıkıntıyla öylesine hassas ve nazik ortamlarda düşülmemektedir.

2.5.9. Estetik aydınlatma

Bu tip aydınlatma da saf ve kuvvetli aydınlık seviyelerini hiçbir ısı oluşmadan ve buna bağlı olarak havalandırmaya gerek duymadan elde etmekteyiz. Değişik renk seçenekleri ve özel efektlerle donatabileceğimiz bu tip aydınlatma sisteminde ışık kaynağı aydınlatma yapılacak mekânlarda 30 kandela uzaklıkta bulunmaktadır. Şekil 2.21’de fiber optik kablo ile estetik aydınlatma uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.21. Fiber optik kablo ile estetik aydınlatma uygulaması

2.5.10. Kenar aydınlatma

Duvar entegre edilmiş akrilik ve oymak cam paneller bu aydınlatma tekniğiyle birer göz alıcı estetik harikalarına dönüşmektedir. Bu fiber optik kuruluş esnasında veya aralıklarında fiber optik kablodan kenar kısımlara yerleştirilmesi suretiyle gerçekleştirilmektedir. Işık bu noktadan yayılarak istenilen aydınlatmayı sağlanmaktadır. Bununla beraber bir daha lamba değiştirme gibi bir sıkıntı olmayacağından bu panellerde yerinden aydınlatma gibi bir sıkıntı yaşanmayacaktır. Şekil 2.19’da fiber optik kablo ile kenar aydınlatma uygulaması gösterilmiştir.



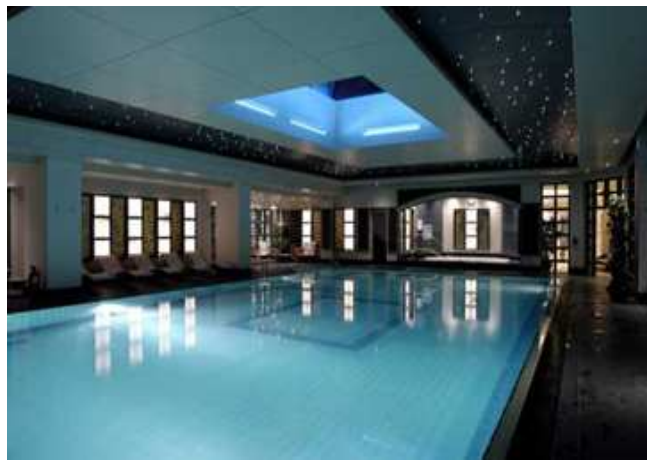
Şekil 2.22. Fiber optik kablo ile kenar aydınlatma uygulaması

2.5.11. Havuz aydınlatması

Fiber optik yapılan havuz aydınlatmalarında var olan renk tekerleği ile gerek havuzun, gerekse şelalelerimizin gerekse bunların çevresindeki alan, istediğimiz renkte aydınlatılır. Böylelikle hem daha estetik bir görünüm kazanmakta hem de havuzun değeri maddi olarak artmaktadır.

Fiber optik ile aydınlatmada elektrik ve ısı fiber damarlar içinde iletilemediğinden yüzme havuzu için hiç bir tehlike arz etmemektedir. Ayrıca ışık kaynağı uzak bir yere yerleştirilir ve havuz fiberlerle aydınlatılır. Işık kaynağı sudan uzak bir yerde olduğu için ampul değişimi son derece kolaydır.

Fiber optikten önce yüzme havuzu 120 V veya 220 V'luk encondensten lambanın su seviyesinden 60 cm aşağıya yerleştirilmesiyle aydınlatılırdı. Bu yüksek voltajlı enerjinin havuzda yüzen masalara yakın olması demektir, günümüzde düşük voltajlı ışık kaynaklanmasına rağmen bunlar pahalı transformatörler ve inandırıcı olmayan gerçek aydınlatmaya sahiptir. Sudan elektrik tehlikesi ihtimalini uzak tutmaktadır. 1989 yılından itibaren havuzların aydınlatılması fiber optiklerle gerçekleşmektedir. Işık kaynağı olarak kuartz- holejen lambalı jeneratör yer üstünde tutulmakta ve havuzun kendisi fiber optik kablolarla aydınlatılmaktadır [14]. Şekil 2.23'de fiber optik kablo ile havuz aydınlatma uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 2.23. Fiber optik kablo ile havuz aydınlatması

2.5.12. Çok yıldızlı gökyüzü efekti uygulamaları

Fiber optik aydınlatma sistemleri ile yaşadığınız mekânlara yıldızları getirmeniz artık mümkün. Çok yıldızlı fiber optik setlerden birini kullanarak tek bir lamba ile evinizin, mutfağınızın, yatak odanızın, salonunuzun, dilediğiniz her yerin tavanını yıldızlarla dolu bir gökyüzüne çevirebilirsiniz. Üstelik dilerseniz yıldızlarınıza renk değişim efekti, yanıp sönme efekti, küçüklü büyüklü yıldız efekti ekleyerek büyümlü bir mekân yaratabilir, dilerseniz uygulamayı 1000 yıldız kadar genişletebilirsiniz. Şekil 2.24’de fiber optik gökyüzü uygulamaları gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Fiber optik gökyüzü uygulamaları [24]

Çok yıldızlı fiber optik setler ile uygulama yapılırken ne kadar yıldız kullanılacağı ve yıldız rakamlarının ne olacağı ile ilgili kesin rakamların verilmesi oldukça zordur. Ancak m² başına tavsiye edilen yıldız sayıları aralığında seçim yapmak istenilen sonucun yakalanmasını mümkün kılar. Bu tavsiye edilen yıldız sayıları m² başına; 25 yıldız için yeterli, 35 yıldız için iyi, 50 yıldız içinse çok iyi olarak belirtilmektedir.

2.6. Fiber Optik Aydınlatmanın Üstünlükleri

Fiber optik geleneksel aydınlatma sistemlerine göre belirgin üstünlüklere sahiptir. Aşağıda sıralanan özellikler fiber optiğin geleneksel sistemlerin yerini neden aldığını açıklamaktadır.

1. Işık elektrik akımı taşımaz
2. Işık soğuktur ve bu nedenle nesnelere olabildiğince yakın kullanılabilir.
3. Işık kaynağından çıkan ışık, ihtiyaca göre bir veya daha çok noktaya dağıtılabilir.
4. Işık UV (mor ötesi) ve IR (ısı) yayılım taşımaz
5. Işık istenilen noktalara çok hassas bir şekilde yönlendirilebilir. Işık hijyeniktir. (Toz partiküllerini harekete geçirmez).
6. Geleneksel aydınlatma çözümlerinin tehlikeli olduğu, ısıya hassas, patlama riski olan noktalarda kullanılabilir.
7. Işığa, renk değişimi, parıltı, loşlaştırma, İleri kontrol gibi özellikler eklenebilir.
8. Şiddete maruz kalması ihtimali olan yerlerde güvenlik amaçlı çözümler üretilebilir.
9. Fiber optik kabloların uçları ve bu uçlara takılan aygıtlar oldukça küçüktür ve çok küçük alanlara sığdırılabilir.
10. Optik lensler ile ışık istenilen noktalarda yoğunlaştırılabilir. Işık kaynağı ulaşılabilir bir noktaya yerleştirilerek bakım kolaylığı sağlanabilir.
11. Fiber optik sistemlerin bakım maliyetleri geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında çok daha azdır.

2.7. Fiber Optik Aydınlatma Uygulamasının Elamanları

Bir fiber optik aydınlatma sistemi üç bileşenden oluşur.

Işık kaynağı

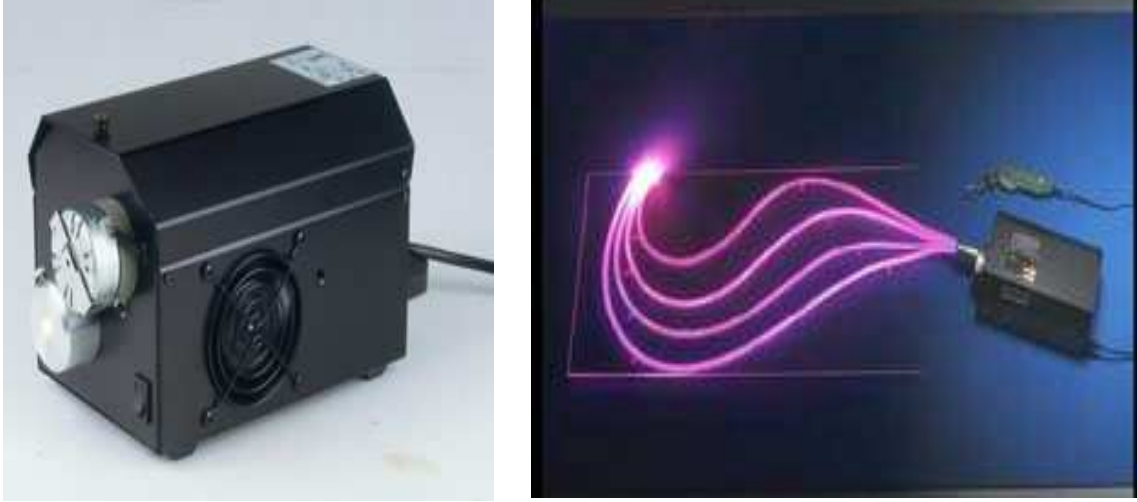
Fiber kablo

Kablo uçlarına takılan sonlandırıcılar [24].

2.7.1. Işık kaynakları

Sistemin jeneratörü olarak da adlandırılmaktadır. Işık kaynaklarının içerisinde en fazla ışığı çoklu bağlayıcıdan kablo demetine iletilebilecek özel ve güçlü lambalar kullanılır. Işık kaynakları halojen ve metal halide olmak üzere iki farklı tipte lamba ile donatılmıştır. Işık kaynakları iç ve dış ortamlara uygun tiplerde üretilmektedir.

Işık kaynaklarının neredeyse tamamı fanlar ile soğutulmak durumundadır. Kaynağın içinde oluşan ısı nedeniyle kablo demetinin zarar görmesi; kaynağa eklenen bir fanın, içerideki sıcak havayı dışarı atmasıyla engellenir. Şekil 2.25’de fiber optik ışık kaynağı gösterilmiştir.



Şekil 2.25. Fiber optik ışık kaynağı

Metal halide ışık kaynakları (150 Watt); standart olarak sunulduğu gibi, renk değişim efektli veya yanıp sönen yıldız efektli olarak üretilmektedir. Bununla birlikte bu kaynaklarda bu özellikler DMX kontrol sistemleri ile kontrol edilebilmektedir. (Opsiyon el) Metal Halide ışık kaynakları da düşük renksel geriverime sahip olsalar da, renk sıcaklıkları 4200 K ve renksel geriverim indeksi değeri 96 ya kadar yükselen tipleri de bulunmaktadır.

2.7.2. Fiber optik kablolar

Fiber optik kablolar plastik ve cam fiber olmak üzere iki farklı malzemeden üretilir. Bu kablolar ile üretilen demetler ihtiyaca göre değişik uzunluk ve kalınlıkta fiber kabloların birleşiminden oluşabilir. Işık kablo uçlarından veya kablo yüzeylerinden dağıtılarak iki farklı efekt elde edilebilir. Buna göre fiber kablolar uçtan ışıyan ve yandan ışıyan olarak ikiye ayrılmaktadır [24].

2.7.2.1. Uçtan ışık çıkaran büyük çaplı plastik fiberler

Büyük çaplı plastik fiber optik kablolar 1980'li yıllardan günümüze dünya marketlerinde önemli bir yer edindi. Uzun vadeli optimal ışık transferlerinde, dayanıklılığı ve temiz ışık sağlaması ile kendini kanıtlamıştır. Neme oldukça dayanıklıdır. Esnekliği fazla olduğu gibi zor iletme şartlarında da kullanılabilir. Kesilmeleri ve taşınmaları oldukça kolaydır. Tüm bu avantajların yanında en büyük avantajı ise fiberlerde oluşan ölü nokta olarak adlandırılan kablo aralarındaki kayıpların olmayışıdır.

Günümüzde büyük çaplı polimer optik kablolar çeşitli ebatlardaki çapları ile pek çok uygulama alanlarına sahiptirler. Büyük çaplı fiber kabloların metre başına ışık kayıp oranları %6'dır. Küçük çaplı kablolarda ise bu oran daha fazladır. Daha öncede belirtildiği gibi etkili verimli ışık iletimi 6–9 m lik kablolar tercih edilmelidir. Ancak su alt uygulamalarda bu mesafe 4–5 metreye kadar tutulmalıdır. Şekil 2.26'da uçtan ışık çıkaran plastik fiber optikler gösterilmiştir. Uçtan ışık çıkaran fiber optik kabloların çaplarına göre bükülme tablosu Tablo 2.1'de verilmiştir.



Şekil 2.26. Uçtan ışık çıkaran plastik fiber optikler [25].

Tablo 2.1. Uçtan ışık çıkaran fiber optik kablo çap ve bükülme tablosu [25]

Çekirdek Çapı (mm)	3	5	7	10	13
Asgari Bükülme Çapı (mm)	13	19	25	38	51

Renk azalması ve büküm çapları; genel olarak, plastik fiber optik kablolar görülebilir spektrumdaki ışığı dışarı iletmezler. Kablo içine giren hem UV (Ultraviyole) hem IR hızlı bir şekilde absorbe edilir. Görülebilir spektrum için büyük çaplı fiber optik kablo kısa dalga boyundaki renkleri (örneğin mavi) uzun dalga boyundaki

rendelerden (örneğin kırmızı) daha çabuk renk azaltmasına maruz bırakır. Bundan dolayı kablo sonunda uzun dalga boyundaki renkler daha yüksek oranda kırılır. Çok uzun kablo boyunda ışık rengi sarıya yakın gözüktür.

Tavsiye edilen büküm yarıçapı ise fiber optik kablonun çapının 8 katı kadardır. Bu açı ile yapılan iletimlerde ışık %90 oranında hiç renk indirgemesine maruz kalmadan iletilebilir. Tavsiye edilen açıdan daha küçük açılarda yapılan çalışmalarda ise ışık çok az renk değişimi ile iletilebilir.

Minimum büküm çapı fiber optik kablonun 4 katıdır. Bu açı çok büyük oranda ışık kayıplarına sebep olur ancak kırılmayı önler. Bu tür plastik fiber optik kablolar özellikle kablo boyunca yapılan aydınlatma uygulamaları için tasarlanmıştır. Bu kablolar fazla esnek olmasına rağmen fazla absorbe edilmemiş etkili bir aydınlatma sağlar [17].

2.7.2.2. Yandan ışık veren büyük çaplı plastik fiber kablolar

Fiber optik çizgisel ışık uygulamalarında tartışılmaz liderdir. Çizgisel ışık kaynağının bu kadar kolay kontrol edilebilir olduğu başka bir sistem yoktur. Çizgisel aydınlatmada kullanılan fiberin; yumuşaklık, esneklik, yüksek UV direnci (dış ortamda güneş ışınlarına dayanım), yüksek yüzey kirlenme ve yosunlanma direnci, kablo boyunca homojen ışık dağılımı açısından kabul edilebilir teknik yeterliliğe sahip olması gerekmektedir [24]. Şekil 2.27’de yandan ışık veren plastik fiber optik kablolar gösterilmiştir.



Şekil 2.27. Yandan ışık veren plastik fiber optik kablolar[25].

Tablo 2.2. Yandan ışık veren fiber optik kablo çap ve bükümüne tablosu [25]

Çekirdek Çapı (mm)	7	10	13
Asgari Büküm Çapı (mm)	25	38	51

2.7.2.3. Küçük çaplı plastik fiber optik kablolar

Küçük çaplı plastik fiber optik kablolar büyük esneklikleri ile uygulayıcılarına büyük kolaylıklar ve faydalar sağlar. 0.25 ile 0.30 mm çaplarında üretilen küçük çaplı plastik fiber optik kablolar genellikle aydınlatıcılara destekler halinde bağlanarak kullanılırlar. Ancak isteğe bağlı olarak kablo sonlu aydınlatma uygulamalarında kablo uçları farklı bölgelere aydınlatmak üzere ayrılabilir.

Küçük çaplı plastik fiber optik kabloların kullanılan malzemeye (saf PMMA v.b.) bağlı olarak mükemmel bir iletim sergiler. Bu fiber optik kablolar desteler halinde kullanıldıklarında koruma amaçlı bir PVC yapı ile kaplanır. Günümüzde birçok üretici firma kablo boyutlu aydınlatma uygulamaları için standart boyutlarda gruplanmış kablolar kullanırlar.

Renk azalması ve büküm çapları: Uv ve IR enerji oranı ne olursa olsun bunlar küçük çaplı plastik fiber kablolar için de hızlı bir şekilde absorbe edilir. Ayrıca bu kablolarda renk değişimi büyük plastik fiber kablolarda olduğu gibi fark edilir düzeyde değildir, oldukça azdır.

Deste halinde kullanılan küçük çaplı plastik fiber optik kablolar her ne kadar sert olurlarsa da olsunlar büyük çaplı plastik fiber optik kablolarla göre daha esnekler. Bu fiber optik kablolar baskıya veya çapının 5 katı büküm yarıçapına maruz kalırlarsa kırılabilir ya da deforme olabilir. Bu fiber optik kablolar için tavsiye edilen büküm yarıçapı plastik fiber optik kablunun çapının 10 katıdır. Şekil 2.28'te küçük çaplı plastik fiber optik kablolar gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Küçük çaplı plastik fiber optik kablolar [25]

Tablo 2.3. Küçük çaplı fiber optik kablo çap ve bükümüne tablosu [25]

Çekirdek Çapı (mm)	3	5	7
Asgari Bükülme Çapı (mm)	52	52	52

2.7.2.4. Cam fiber optik kablolar

Eğer yüksek kalitedeki cam fiberleri plastik fiberler ile karşılaştıracak olursak, biraz daha fazla maliyetlerine karşın uzun ömürlü ve görülebilir ışığı daha uzağa iletebilme yetenekleri onları daha değerli kılmaktadır. Cam fiber optik kabloların çapları genelde; tek fiberlerde 0.05 mm ya da 50 mikron çaplarında olacak şekilde oldukça küçüktür.

Cam fiberlerin kesilmesi oldukça zor ve dikkat gerektirdiğinden bu fiber kablolarında uygulama tiplerine göre fabrikasyon siparişleri ile istenilen uzunluk ve demet sayısına üretilirler.

Renk azalması ve büküm çapları; cam fiber optik kablolar, kırmızı ve mavi ışık dalgalarının iletiminde oldukça zayıftırlar ve bunun sonucu olarak da uzun işlerin şartlarında ışığın çıkış rengi yeşile doğru kayar.

50 mikronluk çaplarından dolayı küçük cam fiber kablolar minimum büküm çapları ile bükülmelidirler. Çünkü kablo üzerinde koruyucu tabak bundan zarar görebilir[17].

2.7.3. Optik dağıtım elamanları (Sonlandırıcılar)

Fiber optik aydınlatma sistemlerinde kabloların uçlarına takılan çeşitli biçimlerdeki optik dağıtım elamanlarına sonlandırıcı denilmektedir. Sonlandırıcıların Uçlarında 5° ile 45° ışık dağılımı sağlayan lensler bulunur [26].

Kablo uçları herhangi bir sonlandırıcı olmadan kullanılacağı gibi, alüminyum bir silindirin İçerisinde toplanmış ve parlatılmış olarak da kullanılır. Sonlandırıcı kullanılması durumunda uçtan elde edilen ışıkta %30–50 artış sağlanır.

Uçlarda kullanılan aygıtlar sistemin görünen parçalarıdır ve uçtan ışıyan tip fiber kabloların sonlandırıcıları ile birlikte kullanılırlar. Bu aygıtlar geleneksel aydınlatma aygıtlarına göre oldukça küçük boyutlardadır. Aygıtlar temelde; estetik görünüş, ışığın yoğunlaştırılması ve yönlendirilmesi ve fiber kablo uçlarının dış ortam şartlarından korunması olmak üzere 4 amaca hizmet eder. Kullanılan aygıtın özelliklerine göre ışığın çıkış açısı 9 dereceye kadar düşürülerek ışığın istenilen noktalarda, daha da yoğunlaştırılması sağlanır [24]. Şekil 2.29'da fiber optik sonlandırıcılar gösterilmiştir.



Şekil 2.29. Fiber optik sonlandırıcılar

BÖLÜM 3. FİBER OPTİK KABLO MALZEMELERİ

Fiber optik üretiminde kullanılan malzemelerin listesi ekte verilmiştir. Liste incelendiğinde fiber optik üretiminde en yaygın kullanılanı PMMA ve PS olduğu görülmektedir.

Tablo 3.1. Plastik fiber optik üretiminde kullanılan polimerler [1]

Yıl	Araştırma birimi	Malzeme		Tip	Özellikler		
		Çekirdek	Kabuk		Kayıp [db/km]	Dalgaboyu [nm]	Kaynak
1968	Dupont	PMMA	Fluoro-P	SI	500	650	
1972	Toray	PS	PMMA	SI	1100	670	
1977	Dupont	PMMA-d8		SI	180	790	Near-IR
1978	Mitsubishi	PMMA	Fluoro-P	SI	300	650	
1982	NTT	PMMA	Fluoro-P	SI	55	568	
	NTT	PS	PMMA	SI	114	670	
	Keio Univ.	P(MMA-VPAC)		GI	1070	670	
1983	NTT	PMMA-dB	Fluoro-P	SI	20	650	
	Mitsubishi	PMMA		SI	110	570	
1985	Asahi Chem.	PMMA	Fluoro-P	SI	80	570	
1986	Fusitsu	PC	Polyolefin	SI	450	770	Near-IR
	NTT	P(5F3DSt)	Fluoro-P	SI	178	850	
1987	Hitachi	Thermoset	Fluoro-P	SI	600	650	
1990	Keio Univ.	P(MMA-VB)	PMMA	GI	130	650	
1991	Hoechst-Celanese	PMMA	Fluoro-P	SI	130	650	
1992	Keio Univ	PMMA-dB	PMMA-dB	GI	56	688	2GHz km
1993	Bridgeston	Silicon	Silicon	SI	800	650	
1995	Keio Univ	Perfluoro Polymer		GI	50	1310	Near-IR

3.1. PMMA (Poli metilmetakrilat)

Piyasada daha çok akrilik cam ya da pleksiglas olarak bilinen poli(metil metakrilat) (PMMA) renksiz ve şeffaf bir termoplastik polimerdir. Genelde cama alternatif malzeme olarak tercih edilir ve polikarbonatla benzer özelliklere sahip olduğu için polikarbonatın kullanıldığı ürünlere de alternatif olabilir. Ucuz olması ve kolay proses edilmesi sayesinde tercih edilse de kırılğan bir yapıya sahip olduğu için kullanım alanı biraz kısıtlıdır [27].

Pmma polimerizasyon sürecinde içerisine katkı maddeleri katılmak suretiyle çeşitli türevleri üretilmektedir. Örneğin Pmma katkı maddesi olarak vinyl - benzoate eklenerek P(MMA-VB) polimeri elde edilmiştir. Deuterated ile PMMA-D8 elde edilmiştir [28].

Pmma, bir doğrusal termoplast malzemedir. Optik bakımından mükemmeldir. Saydam ve berrak oluşu plastikler içinde PMMM 'a ayrıcalık sağlamıştır. Kırılma indisi 1.49–1,52'dir. Beyaz ışık geçirgenliği %92, pusluluk değeri ise %1–3 tür. Gün ışığı açık hava koşullarında ve sudan optik özelliği etkilenmeyen bir malzemedir. PMMA, saydam ve opak olarak renklendirilebilir. Ancak kalitesiz pigmentle yapılan renkli malzeme zamanla açık hava şartlarından etkilenir. Bazı PMMA ürünlerin granülleri UV absorpsiyonuna sahiptir.

Döküm olarak elde edilen levhalar 3x3.65m yüzey büyüklüğünde 0,76–108 mm kalınlığında ekstrüzyon levhalar ise 3x180 m ve en çok 9,5 mm kalınlığa kadar yapılabilmektedir. Dökümle elde edilen levhalar daha parlak ve yüzey pürüzlülüğü daha iyidir. Çekme dayanımı 700 kg/cm² kadar olup darbe dayanımları stiren kopolimerlerine eşdeğerdir. Yoğunluğu 1.17 -1,28 gr/cm³ eğerlerinde olabilmektedir. Tiplerine göre ısıyla eğilme sıcaklığı 73–97 °C dir.

Kullanım yerleri olarak otomotiv sanayinde sinyal lambaları, ev ve büro ışıklandırılmalarında aksesuarları, reklam yazı ve levhaları, masa çakmakları, çeşitli süs eşyaları, cetvel, gönye kırtasiye malzemeleri ile mercekler, bina güneşlikleri ve dekorasyon malzemeleri, kol saatlerinin sararmayan camları başlıca kullanım yerleridir [29].

Tablo 3.2. PMMA'nın genel özellikleri [30]

Polimetil metakrilat (PMMA)		
Yapı	Amorf	
Yoğunluk	1.16	g/cm ³
Kırılma indisi	1.49-1.52	
Erime Sıcaklığı	137	°C
Kristalleşme Sıcaklığı	-	°C
Camsılaşma Sıcaklığı	114	°C
Doğrusal Genleşme Katsayısı (CTE)	81.1	µm/m-°C
Yük Altında Eğilme Sıcaklığı (HDT)	96.6	°C @ 0.46 MPa
Azami Servis Sıcaklığı (Hava)	89	°C
Dielektrik Dayanımı	17	kV/mm
Saydamlık	Saydam	
Mekanik Özellikleri		
Gerilme Mukavemeti	48	MPa
Basma Mukavemeti	79	MPa
Çekme Modülü	2.1	GPa
Kopma Esnemesi	50	%
Darbe Dayanımı (Çentikli Izod)	0.36	J/cm
Sertlik	R120	Shore
* Tabloda ortalama değerler verilmiştir. Bu değerlerin polimerin molekül ağırlığına ve numunenin üretim şekline göre farklılık göstermesi mümkündür.		

3.2. PS (Polistren)

Polistren (PS) gündelik hayatımızda en çok karşımıza çıkan plastiklerdendir. Hatta polietilenden sonra en çok kullanılan plastiktir diyebiliriz. Termoplastik bir polimer olduğu için ısıtılıp soğutularak işlenebilir ve kalıplanabilir. Oda sıcaklığında katı halde bulunan PS yüksek sıcaklıklarda kalıplanarak ve soğutularak istenilen şekilde ürünler elde edilir. CD ve DVD kapaklarını bu ürünlere örnek olarak verebiliriz. Saf halde bulunan katı PS şeffaftır, ancak pigmentler kullanılarak istenilen renkte malzeme üretilebilir. Polistren köpük üretmek de mümkündür ve bu şekilde üretilen

ve gündelik hayatımızda devamlı kullandığımız ürünlere başlıca örnek plastik beyaz su bardaklarıdır [27].

Polistren doğrusal bir molekül yapıya sahiptir. Atactic oluşumdan dolayı amorfudur. Bağıl yoğunluğu 1.05 tir. Ancak cam dolgu ihtiva ediyorsa 1.35 'e kadar yükselir 80°C de camlaşmaya dönüşümü ile 240°C'lerdeki kristal hal erime noktası yüksekliği dışında küçük avantaj sağlayan kristali polistren üretiminde ise ticari koşullarda bu iş yapılmaz.

Polistren homopolimeri vasat derecede mekanik özelliklere sahiptir. Çekme dayanımı 500kgf/cm²dolaylarındadır.Uzaması az, rijit bir malzeme olup sertliği Rm 60–75 kadardır. Darbe dayanımı Izod 0.91–0.24 j/cm gibi küçük değerlerde olduğu halde katkı maddeleriyle bu rakam 5–10 misline ulaşır. Boyut kararlığı zayıftır. Isı ile eğilme sıcaklığı da pek yüksek değildir. 83–88 °C olan bu rakam da dolgu maddeleri ile biraz yükseltilebilir.

Çoğu polimerler gibi polistren de kimyasal bakımdan nispeten inerttirç alkalilere ve sıradan asitlere dayanıklıdır. Dumanlı nitrat asidi, sıcak ve derişik asidi, klor, brom gibi çok aktif kimyasal maddeler polistren tahrip eder. Polimer yüksek sıcaklıkta daha küçük moleküllere parçalanarak stren gibi koku yayar. Bu olay polistrenin tipik bir tanıma özelliğidir. Hidrokarbonlar, keton ve esterler PS'yi çözer.

Polistren kolayca işlenebilir. Enjeksiyonla kalıplamada akışkanlığının çok iyi olması ve ısasal kararlılığı ona ideal bir polimer özelliği sağlar. Bu sayede polimer çok yaygın bir şekilde kullanılır. Optik özelliği, berraklığı boyanabilirliği çok iyidir. Kırılma indisi 1.60 olması birçok saydam ve optik eşya yapılmasını mümkün kılar. Elektriksel yalıtması çok iyi olup kayıp faktörü küçüktür.

Kullanım yeri olarak polistren kolaylıkla levha, film, profil ve köpük plastik haline getirebilir. Hemen her sürece uygun olan Ps, çeşitli ev eşyası parçaları, telefon, oto, bilgisayar, elektrik ve elektronik sanayi için fazla miktarda kullanılır. Köpük ve enjeksiyon malzemesi olarak ambalajlamada diğer plastiklere göre başlı başına bir payı vardır.

Tablo 3.3. PS'nin genel özellikleri [30]

Polistren (PS)		
Yapı	Amorf	
Yoğunluk	1.03	g/cm ³
Kırılma indisi	1.6	
Erime Sıcaklığı	-	°C
Kristalleşme Sıcaklığı	-	°C
Camsılaşma Sıcaklığı	74	°C
Genleşme Katsayısı (CTE)	0.000042	
Yük Altında Eğilme Sıcaklığı (HDT)	83	°C @ 1.82 MPa
Dielektrik Dayanımı	18	kV/mm
Saydamlık	Yarı Saydam	
Mekanik Özellikleri		
Gerilme Mukavemeti	24	MPa
Basma Mukavemeti	52	MPa
Çekme Modülü	2	GPa
Kopma Esnemesi	65	%
Darbe Dayanımı (Çentikli Izod)	1.28	J/cm
Sertlik	R65	Shore
* Tabloda ortalama değerler verilmiştir. Bu değerlerin polimerin molekül ağırlığına ve numunenin üretim şekline göre farklılık göstermesi mümkündür.		

3.3. Polikarbonat (PC)

Polikarbonat mekanik, elektriksel özellikleri yüksek, saydam, kimyasal özellikleri vasat değerde, kullanım alanları çeşitli çok değerli bir termoplast üründür. Dolgu, alışımlı ve kopolimer türlerinde özellikler daha da iyileştirilmiştir

Kristal yapıda, yoğunluğu 1,2 g/cm³ olan termoplasttır. Birçok özellikler bakımından Poliamid ve poliasetale benzer. Saydam ve açık hava ve ışıktan etkilenmeyen bir malzemedir. Su absorpsiyonu son derece azdır.

Mekanik özellikleri çok iyidir. Sert bir plastik olan polimerin çekme dayanımı 668kgf/cm² olarak yüksek sayılır. Darbe ve yorulma dayanımları da iyidir. Çok iyi bir boyut kararlılığına sahiptir. 140°C ye kadar varan sıcaklıkta kullanım alanına

sahip olan PC, yakıldığında yanmasını devam ettirmeden söner. Dielektrik direnci yüksektir. Kimyasal bakımdan PC, asitlere dirençli ise de alkaliler tarafından etkilenir. Petrol kaynaklı yakıt ve yağlara direnci sınırlıdır. PC, termoplastiklere has bütün işleme süreçlerine uygun olarak biçimlendirilir.

Kullanım yeri olarak hafif, dayanıklı saydam oluşu nedeniyle sinyal lambaları dâhil otomotiv sanayinde, sokak ve trafik lamba armatürleri, güneş kolektörü camları, elektronik ve telekomünikasyon parçaları, büro ve iş makine gövdeleri yapımında, zehirsiz olduğu için de su damacanası ve gıda ambalajlarında, sağlık donanımı, inşaat ve dekorasyon da fazla miktarda kullanılmaktadır [29].

Tablo 3.4. PC'nin genel özellikleri [30].

Polikarbonat PC		
Yapı	Amorf	
Yoğunluk	1.2	g/cm ³
Kırılma indisi	1.585	
Erime Sıcaklığı	-	°C
Kristalleşme Sıcaklığı	-	°C
Camsılaşma Sıcaklığı	150	°C
Doğrusal Genleşme Katsayısı (CTE)	68	µm/m-°C
Yük Altında Eğilme Sıcaklığı (HDT)	141	°C @ 0.46 MPa
Azami Servis Sıcaklığı (Hava)	125	°C
Dielektrik Dayanımı	15	kV/mm
Saydamlık	Saydam	
Mekanik Özellikleri		
Gerilme Mukavemeti	69	MPa
Basma Mukavemeti	83	MPa
Çekme Modülü	2.4	GPa
Kopma Esnemesi	70	%
Darbe Dayanımı (Çentiksiz Izod)	10.8	J/cm
Sertlik	R75	Shore
* Tabloda ortalama değerler verilmiştir. Bu değerlerin polimerin molekül ağırlığına ve numunenin üretim şekline göre farklılık göstermesi mümkündür.		

3.4. Polisiloksanlar (silikon)

Silikon (siloksan) II. Dünya Savaşı sırasında, askeri uygulamalarda istenen yüksek ısı dayanımı ihtiyacını karşılamak için ticari amaçlarla geliştirilmiştir. Daha sonraki yıllarda siloksanlar üzerine çalışmalar devam etmiş ve malzemenin gerilme mukavemeti, esneme, sarkma ve direnç özellikleri sürekli geliştirilmiştir. Özellikle geliştirilen geniş sıcaklık aralıklarına dayanımı ve buna bağlı olarak fiziksel özellikleri, siloksanları sentetik polimerlere göre daha üstün kılmıştır.

Polisiloksanların kullanıldıkları alanları da aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- İnşaat sektörü
- Seramik sanayi
- Metal işlemeciliği, korozyon korunması
- Boya ve vernik sanayi
- Tekstil sanayi
- Deterjanlar
- Kağıt ve ambalaj sanayi
- Yapıştırıcı üretimi
- Deri ve mobilya sanayi
- Elektronik ve elektroteknik sanayi
- Plastik ve kauçuk işlemeciliği
- Yağlayıcı, kaydırıcı madde üretimi
- Sporda kullanılan her türlü araç ve gereç yapımı
- Dış cephe kaplamacılığı
- Kozmetik ve ilaç sanayi
- Medikal malzeme üretimi
- Hava ve uzay taşımacılığı

Bu polimerler uçaklarda ön camlarda ve gölgeliklerde güvenliği artırmak için kullanılan plastik veya cam tabakaların iç kısımlarında kullanılırlar. Polidimetilsiloksanlar sukroz üniteleri ile çapraz bağlı mükemmel bir biyouygunluk, iyi mekaniksel ve optiksel özellik gösterirler. Bu siloksanlar kontakt lensler ve hücre kültür ortamında başarı ile kullanılırlar. Gözün metabolik prosesi için ihtiyaç

duyduğu oksijen, kan damarlarından ziyade hava ortamından içeriye difüzyon ile sağlanır Polidimetilsiloksanlar bu lensler için idealdir [31].

Silikonlar, yüksek sıcaklıklardaki mükemmel dayanımları, UV radyasyonu ile bozunmaları iyi yüzey özellikleri, iyi dielektrik nitelikleri nedeniyle her geçen gün artan bir şekilde organik kaynaklı polimerlerin yerini almaktadır.

Polisiloksanlar düşük veya yüksek sıcaklıklarda, radyasyon ve kimyasal maddelerin birçoğu ile etkileştiklerinde son derece kararlı kalabilirler. Polisiloksanların kararlılıklarını artırmak için bazı durumlarda organik polimerler ile birleştirilip kullanılırlar.

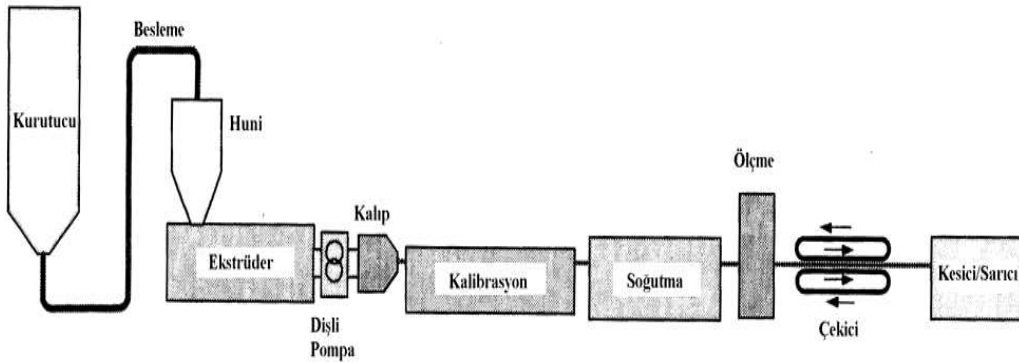
Birçok sililoksan polimer çok iyi yalıtıcıdır. Dielektrik özellikleri süstitüentler ile değiştirilebilir. Eğer yapıya geniş yan gruplu bir hidrokarbon yerleştirilirse, direnç ve dielektrik sabiti hidrokarbon akışkanlarınkine yakın değerlere ulaşır. Yapıya çok sayıda polar grup takıldığında ise, dielektrik sabitleri hidrokarbonlarınkinden tam sekiz kat daha büyük olacaktır.

Ticari silikonların ışık geçirgenlikleri düşüktür, hatta bazıları hiç geçirgen değildir. Kullanılan katkı ve dolgu malzemeleri ile bu özellikleri çok fazla değişmektedir ısı geçirgenliği diğer elastomerlere oranla daha geniş ve büyük dalga boylarındadır. Uv radyasyonu bazı kopolimer yapılarında bulunan silikon karbon bağını kırar [32].

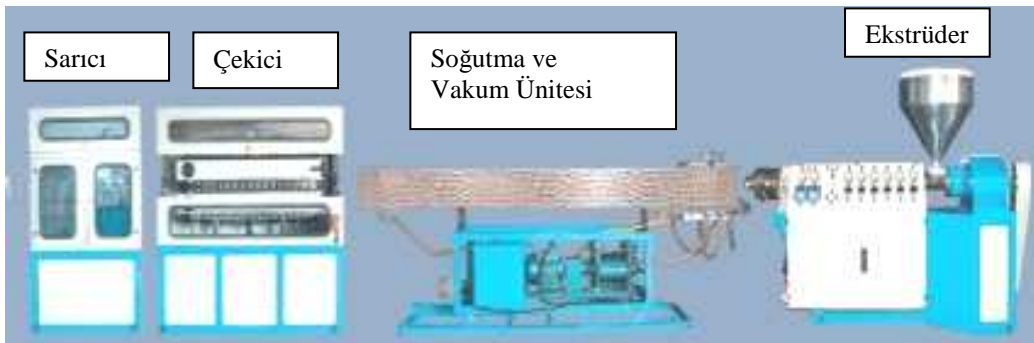
BÖLÜM 4. EKSTRÜZYONDA FİBER OPTİK KABLO ÜRETİMİ

4.1. Ekstrüzyon Yöntemi

Ekstrüzyon işlemi genel anlamda akışkan hale getirilen bir maddenin, amaca uygun şekillendirilmiş bir kafadan (başlık, kalıp) basınç altında sürekli geçirilerek biçimlendirilmesidir. Ekstrüzyon uzun yıllardır özellikle metal boruların yapımında kullanılmış, daha sonraları polimerlere uyarlanmış ve polimerlerden belli geometrilerde sürekli ürünlerin hazırlanmasında yararlanılan önemli ve yaygın bir yöntemdir [33]. Şekil 4.1’de ekstrüder hattının şematik olarak gösterimi verilmiştir. Şekil 4.2’de ise ekstrüder hattının resmi gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Ekstrüder hattının şematik gösterimi [34].



Şekil 4.2. Ekstrüder hattının resmi

Ekstrüzyon prosesi ile plastik ürünlerin devamlı (kesintisiz) olarak sabit bir kesitte üretimi sağlanır. Enjeksiyon prosesinde bitmiş ve sabit formda bir ürün elde edilirken, ekstrüzyonda kesitleri sabit formda fakat uzunlukları tercihe bağlı olarak değişken ürünler üretilir. Boru, profil, çubuk, yassı veya yuvarlak film, levha, çeşitli laminatlar temel olarak üzere gerdirilmiş filmler, oluklu ve delikli levhalar ekstrüzyon yöntemiyle üretilirler.

Temel olarak ekstrüzyon, plastik ve katkı maddelerin karıştırılarak homojen ve akıcı bir hale getirilmesi, belirli bir şekil vermek üzere dar ve şekilli bir kalıptan basınç yardımıyla geçirilmesi olarak tanımlanabilir. Ekstrüzyon prosesi, Ekstrüdere adı verilen makinelerle yapılır.

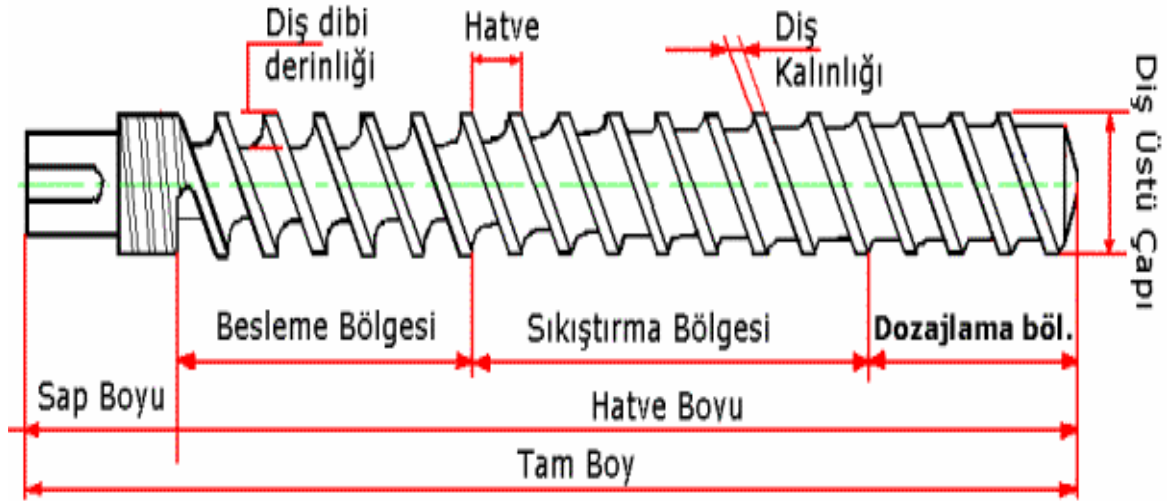
Toz veya granül haldeki reçine, bir besleme hunisinden sürekli olarak ekstrüdere kovanına beslenir ve kovan içerisinde bulunan sonsuz vida ile ileri doğru taşınır. Malzeme, kovan içerisinde ilerledikçe kovan çevresinde bulunan ısıtıcıların ve iç mekanizmada kendi sürtünmesinden kaynaklanan ısının yardımı ile yumuşar ve erir.

Eriyik reçine kovan çıkışına ulaştığında, makinenin ucuna monte edilmiş olan ve ürünün kesit şeklini tayin eden bir kalıptan yüksek basınç yardımı ile geçmeye zorlanır. Kalıptan çıktıktan sonra kalıp boşluğunun şeklini alan ürün, düzenli bir şekilde soğutulur istenilen uzunlukta kesilir[34].

4.2. Ekstrüzyon vidaları

Vida plastiğin beslenmesi, taşınması, ergitilmesi ve homojenleştirilmesi dâhil birçok işlevi yerine getirir. Bu bakımdan ekstrüderin kalbidir. En çok kullanılan vida, üç bölgeye olup termoplastiklerin çoğunu ısı ve ekonomik açıdan tatmin edici bir şekilde işler. Vidayı oluşturan bölgeler şunlardır: besleme-sıkıştırma-ölçme. Besleme bölgesinde katı madde içeri sürülür ve ileri doğru zorlanır.

Sıkıştırma bölgesinde vidanın akış derinliği azaltılarak malzeme sıkıştırılır ve ergitilir. Ölçme bölgesinde ergitilmiş malzeme homojen hale ve istenilen işleme sıcaklığına getirilir [35]. Şekil 4.3'te ekstrüder vidasının kısımları gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Ekstrüder vidasının kısımları

4.2.1 Besleme bölgesi

Bu bölgenin amacı besleme hunisinden soğuk malzemenin alınıp ısıtılması ve sıkıştırma bölgesinin beslenmesidir. Besleme bölgesi kesiti formunun diğer bölgeler gibi en iyi forma sahip olması önemli değildir. Vidanın besleme bölgesinin debiyi kontrol ettiği kabul edildiği gibi, besleme bölgesinin ölçme bölgesini dolu tutacak yeterlikte malzeme taşıma kapasitesine sahip olması da önemlidir. Diğer taraftan, besleme bölgesinden ölçme bölgesine yollanan malzemenin çok fazla olmamasını sağlamakta aynı önemdedir. Dengeden ayrılış dalgalanma ve itmelere yol açacaktır, bu sebeple besleme malzemesinin hacim faktörüne uygun sıkıştırma oranının seçilmesinde uygulamaya dikkat edilmesi gerekir. Sıkıştırma oranı genellikle 1.5, ve 4:1 arasında değişmektedir.

4.3.2. Sıkıştırma bölgesi

Sıkıştırma veya hal değiştirme bölgesi besleme bölgesini takip eder ve vida dişi yüksekliğinin azar küçülmesiyle ölçme kesitine kadar malzemeyi ulaştırırlar. Sıkıştırma bölgesi, katı bölgeden viskoz bölgelere malzeme geçişinde hacim değişimi ve ergime oranının ayarlanması için gerekli şekilde tasarlanmalıdır. İlk olarak tutulan havanın tekrar besleme bölgesine geri itilmesi ve ikinci olarak sıkıştırılan malzemenin termal iletkenliğini iyileştirmek için sıkıştırmanın doğru miktarda yapılması amaçlanmıştır. Bunun dışında sıkıştırma bölgesinden geçişi

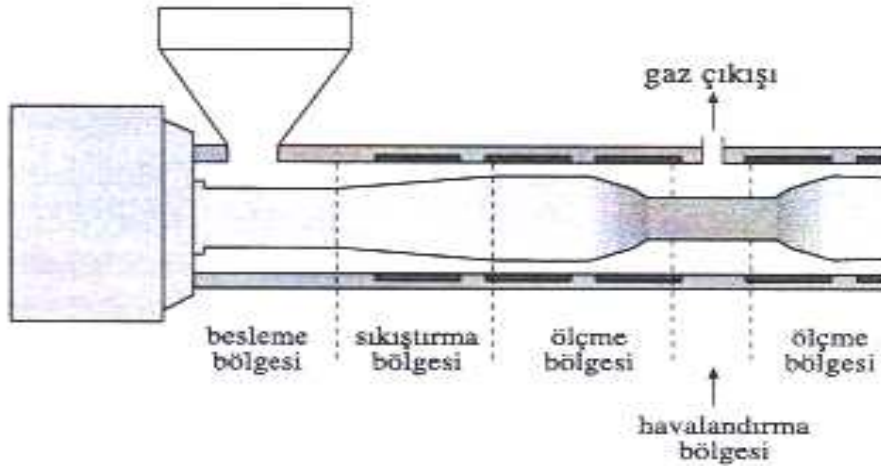
boyunca malzeme yeterli viskoz hale gelir ve kütle doğru üniforma şekilde ısıtılır ve karıştırılır. Böylece malzeme sıkıştırma bölgesinden geçerek, homojen bir şekilde ergiyik hale dönüşür ve ergimemiş parçacıklardan yoksun bir şekilde daha sonraki bölgelere geçer.

4.3.3. Ölçme bölgesi

Bu bölgede vidanın dış yüksekliği tekrardan sabittir fakat besleme bölgesindeki dış yüksekliğinden çok daha azdır. Ölçme bölgesi, vidanın son kısmıdır ve ergimiş plastik malzemeyi sabit hacim ve basınçta kalıp sistemine iletir. Ölçme bölgesinde ergiyik malzeme matrise, sabit debi, üniforma sıcaklıkta malzeme ve basınç altında homojenleştirilir. Ayrıca ölçme bölgesi iki kısma ayrılarak vidanın tam ergimeyi ve homojenliği sağlayacak yivli bir karıştırma bölgesi içererek bir avantaj sağlayacaktır. Kısa geçiş bölgesine sahip bir vidada, geçiş bölgesinde çok şiddetli bir kayma artışı oluşur ve bu vida tipi bu nedenle rijit PVC ve benzeri yerel aşırı ısınma riski yüksek malzemelerde uygun olmayacaktır [36].

Eriye sırasında veya polimer içerisinde önceden tutulmuş gazların açığa çıkma olasılığında silindir / vida dizaynı Şekil 4.4'de gösterildiği gibi değiştirilir. Vidanın ilk kısmı normal ekstrüdere vidasına benzer ve besleme sıkıştırma ve ölçme bölgesinden oluşur. Ölçme bölgesinin sonunda kanal derinliği artırılarak havalandırma bölgesi denilen yere geçilir. Havalandırma bölgesinde genişleme nedeniyle malzeme üzerindeki basınç ortadan kalkar ve sistemdeki gazlar sistemdeki gazlar atmosfer basıncında yâda vakum altında bir havalandırma deliğinden dışarı atılır. Daha sonra kanal yüksekliği yeniden azaltılır ve ikinci ölçme bölgesinden geçirilen polimer kafaya gönderilir [33]. Şekil 4.4'te gaz çıkışına imkân sağlayan ekstrüder vida kovan tasarımı gösterilmiştir.

Vida çapı ve uzunluğunun etkisi L/D oranı ile ifade edilmektedir. Vidanın D dış çap nominal çapta denilen vidanın dış çapıdır. Silindirin boy/çap $=L/D$ oranı üretim kapasitesine ve işlenecek plastik malzemenin cinsine göre seçilmelidir. Uzunluk/çap $=L/D \geq 24$ olan vidalar çok kaliteli eriyik meydana getirirler [37].



Şekil 4.4. Gaz çıkışına imkân sağlayan ekstrüder vida kovan tasarımı

Vida tipleri işlenecek malzeme polimer türüne bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin naylon gibi çabuk ergiyenlerde sıkıştırma bölgesi kısa iken PVC de sıkıştırma bölgesi tüm vida boyunca uzanacak ölçülerde ve çok uzundur [36].

Üretilecek Plastik çeşidine göre vidalar profillerine göre iki ayrılır.

- Standart vidalar
- Bariyer vidalar

4.3.4. Standart vidalar

Genel kullanım amaçlı üretilen standart vidalar, gerek işleme teknolojisi ve gerekse tasarımdan dolayı gelen avantajları ile her türlü termoplastik ve kauçuk hammaddelerin ekstrüzyon ve enjeksiyon yöntemi ile işlenmesinde ve eriyik haline dönüştürülmesinde kullanılmaktadır. Hammadde ve nihai ürün spesifik özelliklerine göre vida dizaynında karıştırıcılar ve parçalayıcı üniteler de yer alabilmektedir. Şekil 4.5'te standart ekstrüder vidası gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Standart ekstrüder vidası

4.3.5. Bariyer vidaları

Kırma yada dejenere edilmiş, bazen her iki karakteri de bir arada taşıyan plastikler zor beslenir, zor yürür ve zor ilerler. Dolayısıyla düşük verimlidirler.

Bunlara bağlı problemleri önlemek ve erime kapasitesini ve kalitesini yükseltmek için bariyer karakterli bariyer vidaları kullanılmaktadır [38]. Şekil 4.6'da bariyerli ekstrüder vidası gösterilmiştir. Şekil 4.7'de ise PMMA ve PC için tasarlanmış vida resmi gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Bariyerli ekstrüder vidası[38]



Şekil 4.7. PMMA ve PC için tasarlanmış vida resmi[39]

4.3. Ekstrüder Elemanları

Plastik ekstrüzyon üretim yönteminde kullanılan sistem çoğunlukla bir üretim hattı olmasına rağmen, ekstrüzyon işlemini gerçekleştiren ekstrüdere, sistem içerisinde önemli bir yer tutar. Bir ekstrüdere genel olarak şu elemanlardan oluşur.

1. Besleme Hunisi
2. Kovan
3. Vida mekanizması
4. Isıtıcılar
5. Tahrik sistemi

Besleme hunisi; katı granüller halinde ekstrüdere yapılacak olan besleme işlemi için gereklidir. Plastik ekstrüzyon üretim yöntemi dâhilinde iki türlü besleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

1. Doğrudan besleme
2. Dolaylı besleme

Doğrudan besleme işlemi, ekstrüzyon işleminde kullanılacak olan matris ve takviye elemanlarının ayrı besleme hunisinden ilave edilmesiyle gerçekleşir. Dolaylı besleme işlemi ise ekstrüzyon işleminde kullanılacak olan matris ve takviye malzemesi “in-stu” yöntemiyle üretilmiş granüllerden ibarettir. Bunların besleme hunisinden boşaltılmasıyla işlem gerçekleştirilmiş olur. Besleme işlemi elde edilmesi istenen malzemenin mukavemeti içinde büyük rol oynar. Bundan dolayı besleme yöntemi iyi belirlenmelidir. Doğrudan besleme yönteminde katı haldeki matris ve takviye malzemesi besleme hunisinden içeriye girdiği anda, sıcaklık matris malzemesinin ergime sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklarda olsa da ergime olayı belirli bir zaman alır. Ergime için geçen süre zarfında takviye malzemesi, kovan, matris malzemesi ve vida arasında çeşitli zorlanmalara maruz kalır.

Bu zorlanmalar içerisinde takviye malzemesinin karşılaştığı zorlanmalardan eğilme zorlanması yüksek değerlere ulaşır. Sonrasında takviye malzemesi eğilme zorlanmasına karşılık, ulaşabileceği maksimum eğrilik yarıçapına ulaşır ve devamında hasara uğrayarak kırılabilir. Takviye malzemesinin boyunun kısılması, elde edilmesi istenen ürünün dayanımını azaltıcı yönde etki eder. Dolaylı yoldan besleme işleminde ise; in-stu granüller besleme bölgesinde takviye malzemesinin maruz kalacağı mekanik zorlanmalar karşısında takviye malzemesinin boyundaki

deformasyon miktarını en aza indirger. Takviye malzemesinin etrafındaki matris malzemesi ergiyene kadar takviye malzemesini maruz kalacağı etkilerden korur.

Kovan; içerisinde vida mekanizmasını barındırır. Boş bir silindir geometrisine sahiptir. Ergime olayı kovanın içerisinde meydana gelir. Vidanın kovan içerisindeki malzemeyi dönerek ileri doğrultuda yönlendirmesi, artan sıcaklıkla beraber basıncında artmasına neden olur. Bundan dolayı kovan malzemesi yüksek sıcaklığa ve yüksek basınca dayanıklı bir yapıya sahip olmalıdır. Aynı zamanda ergiyen matris malzemesi bir plastik olduğundan dolayı, kovan malzemesiyle ergiyen matris malzemesi arasındaki sürtünme koşulları dikkate alınmalıdır.

Kovanın iç yüzeyi sürtünmenin en aza indirgenmesi dolayısıyla özel malzemelerle kaplanabilir. Aynı zamanda kovan dış yüzeyinde besleme hunisi ısıtıcılar, soğutma kanalları gibi elemanları da barındırır [40].

4.3.1. Besleme hunisi

Granül veya toz şeklindeki plastik malzemenin ekstrüdere beslendiği konik formdaki kısım huni olarak isimlendirilir. Hunilerin koniklik açısı, beslenecek malzemeye uygun olarak seçilir ve malzemeler huniden ekstrüdere yerçekimi kuvvetinin etkisiyle genellikle sorunsuz bir şekilde beslenirler. Malzeme huniden akış için uygun özellikleri gösterse bile, iyi dizayn edilmemiş bir huniyle ekstrüdere sağlıklı bir şekilde beslemek mümkün olmaz. Huniden aşağıya doğru serbest akmaya uygun olmayan malzemeler, hunide köprüleşmeye (bridging) sebep olabilir. Böyle durumlarda malzemenin ekstrüdere sürekli bir biçimde beslenmesini sağlamak için huni vibrasyonu, karıştırıcı, dozajlaşma vidası vs. gibi ek donanımlar gerekir. Ekstrüderin çalışma kapasitesine bağlı olarak işlenen malzeme seviyesi hunide sürekli olarak azalır. Azalan malzemenin huniye sürekli olarak doldurulması ve hunide belli bir seviyenin altına düşmemesi gerekir. Bunun için işletmedeki görevli bir kişi ya da makinenin operatörü sürekli olarak azalan malzemeyi takip etmeli ve eksilen miktarı huniye tamamlamalıdır. Ancak bu işlem, modern plastik işleme tesislerinde pek tercih edilmez. Bunun yerine malzemeyi otomatik olarak uygun yerde konumlandırılmış bir silodan alarak pnömatik nakille huninin üzerine taşıyan

ham madde yükleme cihazları vardır. Pnömatik nakille taşınması mümkün olmayan, örneğin toz PVC gibi malzemeler de esnek bir hortumun içinde bulunan dozajlaşma vidası yardımıyla huniye taşınır. Günümüzde plastik işleme fabrikaları, ürünün özelliklerini iyileştirmek ve üretim maliyetlerini düşürmek amacıyla ana ham maddenin yanı sıra ek ham maddelere geri dönüşüm (hurda) ve katkı malzemelerine de ihtiyaç duyarlar. Sonuç olarak ekstrüdere beslenen malzeme birden çok komponentin karıştırılmasıyla hazırlanmış olur. Bu karıştırma işlemi, malzeme ekstrüdere de işlem görmeden önce fiziksel olarak yapılır. Bu işlemin daha sağlıklı bir şekilde yapılması için ise, ekstrüderin üzerine huninin yerine konulan ve birden çok malzemeyi istenen oranlarda karıştırarak ekstrüdere besleyebilen cihazlar kullanılır. Bu cihazlar malzemeyi oluşturacak komponentleri volümetrik veya gravimetrik olarak karıştırarak ekstrüdere verebilirler. Daha gelişmiş cihazlarla, birim zamanda ekstrüdere beslenen malzeme miktarı ile ekstrüderden birim zamanda çıkan malzeme miktarının senkronizasyonu sağlanarak, ekstrüzyon ürünü malzemenin birim boydaki ağırlığının kg/m olarak sabit tutulması dahi sağlanabilmektedir [34].

Bazı plastikler içerisinde bulunan nemler ısıtılarak içerisindeki nemler alınması gerekir bunun için nem alma sistemi bulunan besleme hunileri kullanılır [35]. Şekil 4.8’de kurutma ve otomatik doldurma özelliği bulunan besleme hunisi ile karıştırma ve el ile doldurulan besleme hunisi gösterilmiştir.



a)

b)

Şekil 4.8. a) Kurutma ve otomatik doldurma özelliği bulunan besleme hunisi
b) Karıştırma ve el ile doldurulan besleme hunisi

4.3.2. Kovan

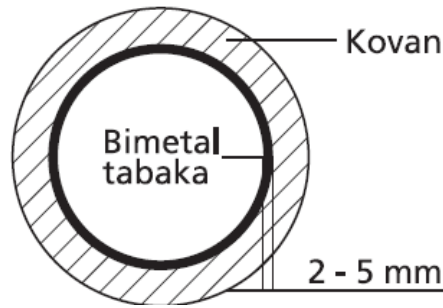
Kovan (silindir), ekstrüdere vidasını içinde yataklayan ekstrüdere elemanıdır ve iki tarafı flanşlı bir silindir seklindedir. Kovanlar, 700 bar'a kadar yüksek iç basınçlara dahi dayanabilecek ve iyi bir yapısal rijitliğe sahip olacak şekilde dizayn edilirler. Kovanlar, çalışma ömürlerinin uzun olması açısından aşınma ve korozyon direnci yüksek bir iç yüzeye sahip olmalıdırlar. Bu kriterler kapsamında nitrürlenmiş kovanlar ve bimetalik kovanlar, ekstrüderlerde en yaygın olarak kullanılan kovan çeşitlerindedir.

Nitrürlenmiş kovanlar; hem yüksek yüzey sertlikleri, hem de düşük üretim maliyetleri ile geniş kullanım alanına sahiptirler. Nitrüleme, azotun çelik yüzeyine difüzyonu prensibi ile gerçekleştirilir. Yüzeyden itibaren 0,5 mm'yi geçemeyen efektif nitrüleme derinliği (efektif sertleşme derinliği) ve sertleştirilen bölgede derinlik ile ters orantılı olarak azalan sertlik değerleri, bu işlemin dezavantajlarındandır. Bunun nedeni, aşınmaya karşı gösterilen direncin malzeme yüzeyi aşındıkça azalması ve aşınmanın giderek hızlanmasıdır. Nitrüleme ile sertleştirilen yüzeylerin sınırlı bir sertleşme derinliğine sahip olmasından dolayı nitrürlenmiş kovanların çalışma ömürleri sınırlıdır. Nitrürlenmiş kovanlar; üretim maliyeti, üretim teknolojisi ve tekrar üretilebilirlik açısından avantajlı oldukları için daha fazla tercih edilirler.

Vidaya göre yenileme maliyeti çok daha yüksek olan kovanın, uzun çalışma ömrüne sahip olması çok büyük bir avantajdır. Bu amaçla geliştirilen ve son yıllarda kullanım oranı giderek artan bimetalik kovanlar, nitrürlenmiş kovanlara göre çok daha avantajlıdır. Gelişen üretim teknolojisi ve malzeme bilimi sayesinde vida, kovan ve islenen malzeme arasında meydana gelen aşınma mekanizmalarına karşı dayanımı çok yüksek kaplama malzemelerinin üretilebilmesi ve kovan iç yüzeyinin bu malzemeler ile kaplanması sonucunda bimetalik kovan olarak adlandırılan bu kovanların, nitrürlenmiş

kovanlara nazaran çalışma ömürlerinde 4 kata kadar artış sağlanır. Temel alaşımı demir, tungsten karbür ya da nikel olabilen bu iç katmanlar, 1,5-2 mm arasında

kalınlığa sahiptirler. Kesitleri boyunca sahip oldukları homojen ve yüksek sertlik değeri sayesinde lineer bir aşınma oranı sergilerler. Çalışma ömürleri yüksek olan bimetalik kovanların aşınma sürelerinin de önceden öngörülebilmesi diğer bir avantajdır. Aşınan bir bimetalik kovan, iç katmanı tekrar üretilerek yeniden kullanılabilir hale getirilir ve böylece yeni bir kovan üretimi için oluşacak maliyet ortadan kalkmış olur. Ayrıca, bimetalik kovanların nitrürlenmiş kovanlara nazaran sahip oldukları daha yüksek korozyon direnci sayesinde, örneğin PVC'nin termal bozunum sonrasında meydana getirdiği ya da halojen içeren katkı maddelerinin neden olduğu korozif etkilere karşı çok iyi dayanım sağlanır. Şekil 4.9'da bimetal kovan kesit resmi verilmiştir.



Şekil 4.9. Bimetal kovan kesit resmi

Bimetalik kovanların üretim ve teknoloji maliyetleri, nitrürlenmiş kovanlara oranla çok daha fazladır. Aşınma ve korozyon dayanımları, yenileme maliyetleri ve çalışma ömürleri açısından değerlendirme yapılırsa, ilk yatırım maliyetleri kaliteli ve uzun süreli bir üretim açısından kabul edilebilir ölçüdedir. Yüksek korozif ve aşındırıcılık etkisine sahip ve üretim kapasitesi yüksek ekstrüzyon proseslerinde, nitrürlenmiş kovanların çok kısıtlı olan çalımsa ömrü ve dolayısıyla oluşacak fazla yenileme maliyetleri göz önüne alındığında, uzun vadeli ve yüksek kapasiteli üretimlerde bimetalik kovanların kullanımı gerekli ve önemlidir [34]. Şekil 4.10'da kovan t resmi gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Kovan resmi

4.3.3. Soğutma ve vakum ünitesi

Ekstrüdere edilen profil matrizen çıkıp kalibratöre girmektedir. Malzeme kalibrasyon boşluklarından geçerken hem soğutulur, hem de tam ölçüsüne getirilir. Bunları sağlamak için kalibratörde özel düzenekler bulunmaktadır. Kalibratörde profil ile temas eden iç yüzeylerde delikler vardır. Bu deliklerden uygulanan vakum 0,8–8 kg/cm² ile profilin çeperlere doğru çekilmesi sağlanır. Ayrıca soğutma için kalibratörlerde su kanalları da mevcuttur. Bu kanallar profil ile temas eden yüzeye yakındır ve buralarda dolaşan su vasıtası ile profilin sahip olduğu ısı çekilir [36].

4.3.4. Çekici

Makinede işlenip kalıp ve kalibreden geçen ürünü çekerek ürünü kesime hazırlayan ekstrüdere sistemidir. Genellikle bir palet sistemi ile ürün çekilir. Şekil 4.11’de çekici ünitesi gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Çekici ünitesi

4.3.5. Kesme Ünitesi

Ekstrüder makinelerinde elde edilen ürünler kesim ünitesinde istenilen boyutlarda kesilerek ambalajlanır. Çekiciden gelen ürün kesim ünitesinden geçerken gelen sinyalle (zaman rölesi, switch, fotosel vb.) hareket eden kesici bıçak veya testere

vasıtası ile istenilen boyutlarda kesim yapar [35]. Şekil 4.12’de kesme ünitesi gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Kesme ünitesi

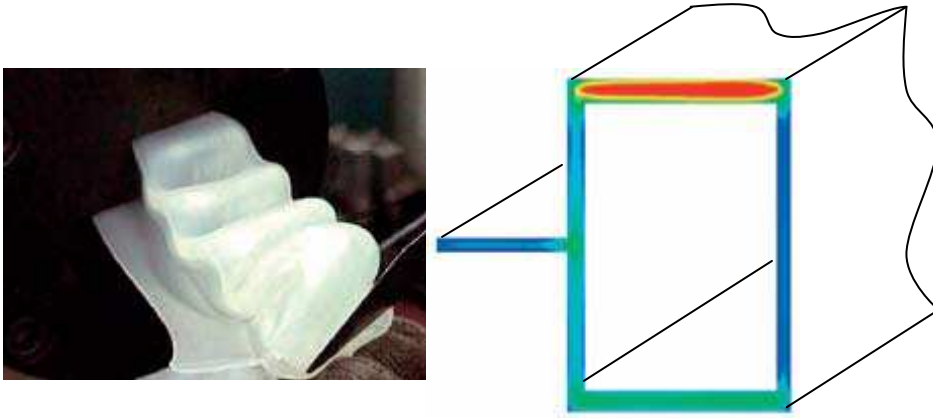
4.4. Ekstrüzyonda Karşılaşılan Problemler

4.4.1. Akışın dengelenmesi

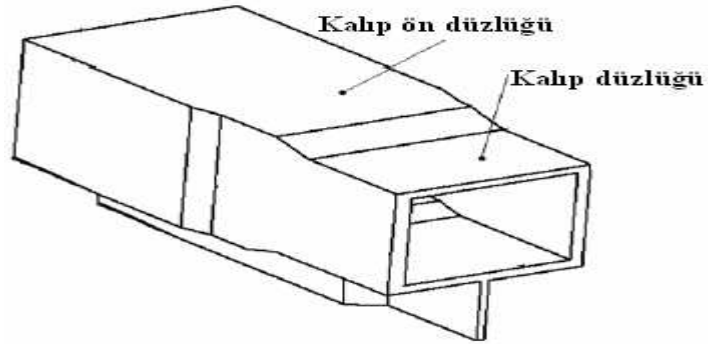
Profil ekstrüzyonun da kalıp çıkış kesitinin her yerinde hızın aynı veya yakın değerlerde olmasını sağlamak çok önemlidir. Buna akış dengelemesi adı verilir ve başarısız olduğu zaman Şekil 4.13’de görüldüğü gibi malzeme düzensiz çıkmaktadır. Çünkü kalıp çıkış kesitinden hızlı çıkan malzemeye yavaş çıkan ayak uyduramayınca yüksek hızlı malzeme katlanmaya başlar.

Örnek olarak Şekil 4.13’deki profilin kalıbı dolduran eriyik hacmi Şekil 4.14’de görülmektedir. Bu problemi ortadan kaldırmak için Şekil 4.14’de görülen farklı L uzunluklarında, kalıp arka kesitlerinde veya kanal geçiş açılarında değişikliklere gidilir. Bu başarılı olduğu takdirde Şekil 4.15’deki gibi düzgün ürün çıkışı sağlanabilir.

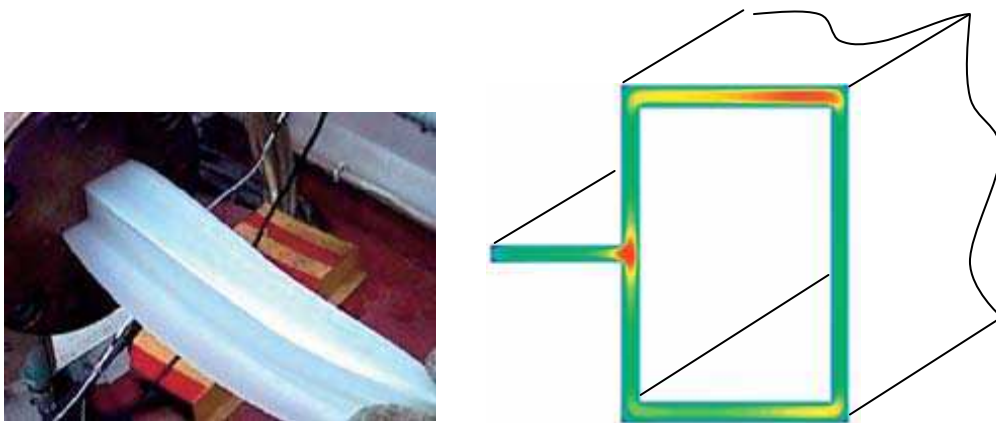
Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15’te akış dengelenmesinin resim ve çizimlerle anlatımı görülmektedir.



Şekil 4.13. Akışın dengelenmemiş olduğu kalıptan çıkan malzeme ve kesitteki hız dağılımı

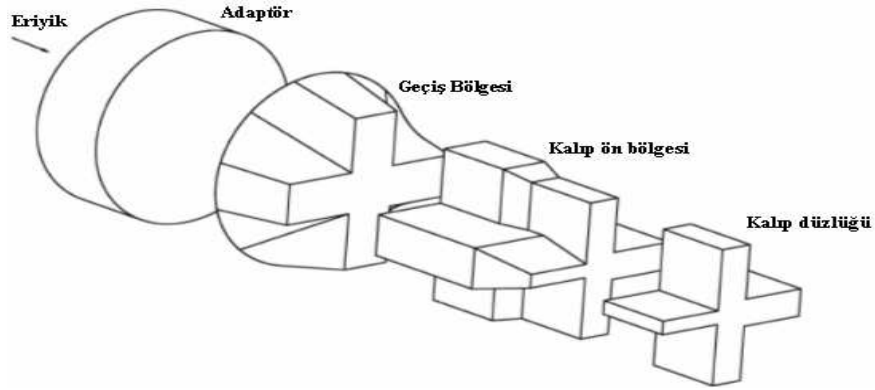


Şekil 4.14. Profilin kalıp geometrisini dolduran eriyik hacmi



Şekil 4.15. Resim kalıp çıkışında hız dağılımı dengelendikten sonraki çıkan ürün

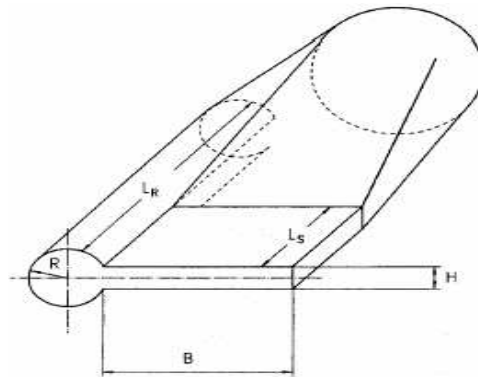
Şekil 4.16'da akışı dengelemek için kalıp ön bölgesindeki kanal uzunlukları ve geçiş açılarını değiştirme yoluna gidilmiştir. Böylece profilin büyük kesitini besleyen kanalların akışa karşı direnci artırılmış, kesiti küçük olanların direnci azaltılmıştır.



Şekil 4.16. Akışın dengelenmiş olduğu kalıp iç geometrisi

Çekilecek profil basit geometrilere bölündükten sonra, her bir geometride ortalama hız eşit olacak şekilde kanal uzunlukları hesaplanabilir. Şekil 4.16.'da bunun bir örneği görülmektedir. Burada kalıp dikdörtgenle daireye bölünebilir. Basitleştirmelerden kaynaklanan hatalardan dolayı bu bize ancak yaklaşık çözüm verebilir. Şekil 4.16'daki durumda dairesel kanal ile dikdörtgen kanal arasında akışkan geçişi olacaktır.

Boru ekstrüzyonunda ise akışın dengelenmesi problemi yoktur. Çünkü boru simetriktir ve kesiti değişmez, sabittir. Problem pencere profilleri gibi simetrik olmayan geometrilerde ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.17'de kanal uzunlukları akışı dengelemek için ayarlanmış profil kalıbı gösterilmiştir.

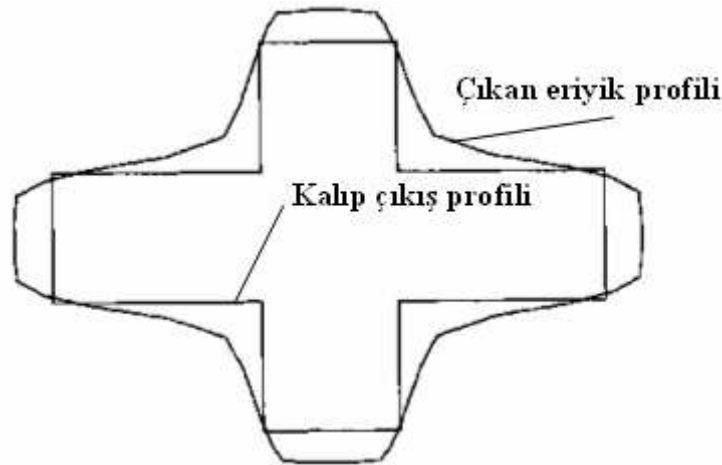


Şekil 4.17. Kanal uzunlukları akışı dengelemek için ayarlanmış profil kalıbı

4.4.2. Şişme (Die swell)

Polimer eriyikler kalıp çıkışında belli miktarlarda şişerler; yani malzeme, kalıp çıkış kesitinden farklı bir profile sahip olarak çıkar (Şekil 4.18). Dairesel kesitlerde ise çapta büyüme olur (Şekil 4.19).

Şişme olayına büyük oranda polimerin elastik özelliği sebep olmaktadır. Polimer molekülleri su, gaz gibi maddelerden farklı olarak çok uzun zincirli, bazen dallanmış molekül yapısına sahiptirler (Şekil 4.19). Akış yokken bu moleküller birbirlerine dolanmış durumdadırlar. Eriyik Şekil 4.20'deki gibi dar bir kanala girerken moleküller akış doğrultusunda çekme gerilmesine maruz kalırlar ve dar kanal içinde ilerlerken kayma gerilmesine maruz kaldıklarından moleküller Şekil 4.19'daki gibi yönlendirilir. Daha sonra kalıptan çıkan moleküllere etkiyen eğrilmeler ortadan kalkınca elastik enerjiden ötürü molekül zincirleri tekrar eski karmaşık yapılarına dönmek isterler, böylece eriyik akış yönüne dik genişlemiş olur, yani şişer ve akış doğrultusundaki hız azalmış olur. Gerilme gevşemesi adı verilen bu olay zamana bağlıdır. Yani dar kanaldan geçen moleküller zamanla eski dolaşmış yapılarına dönerler. Şeki 4.18 de Profil ekstrüzyonun kalıp çıkışında şişme görülmektedir.

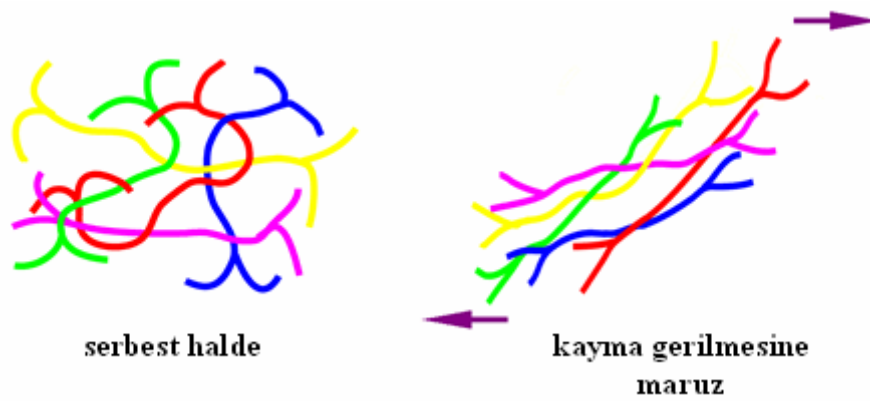


Şekil 4.18. Profil ekstrüzyonun da kalıp çıkışında şişme

Şekil 4.19 da dairesel kesit çıkışında şişme resmi görülmektedir.

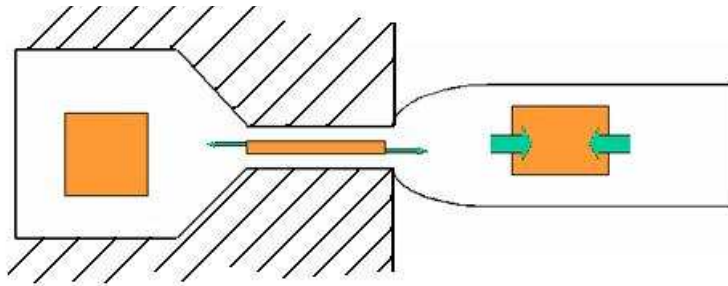


Şekil 4.19. Dairesel kesit çıkışında şişme

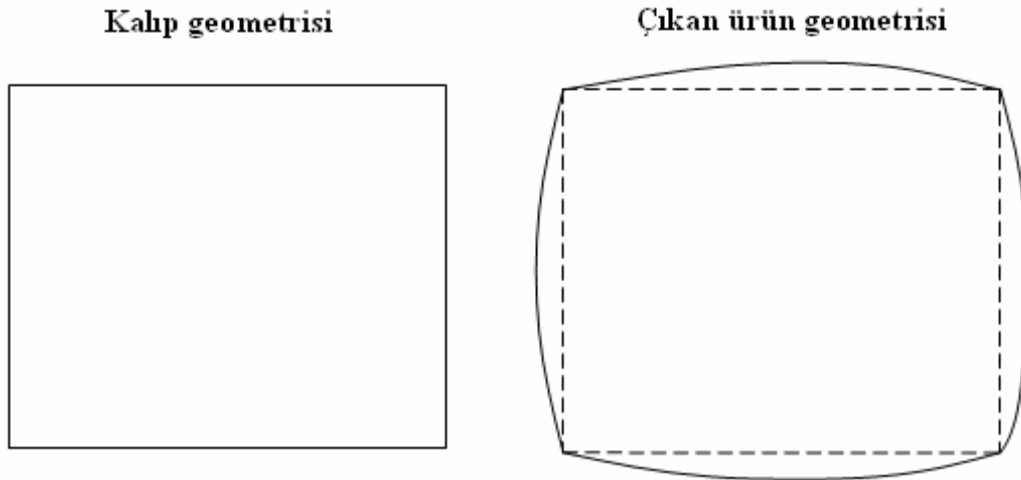


Şekil 4.20. Polimer molekülleri

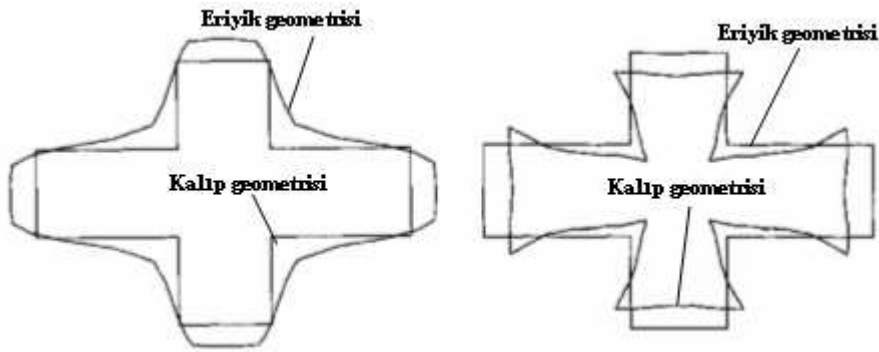
Bundan dolayı dar kanal uzadıkça eriyik çıkışta daha az şişecektir. Bu olay da polimerin viskoelastik özelliklerinden kaynaklanmaktadır; yani polimerler akışkanlar gibi viskoz, katılar gibi esnektirler, ikisinin arasında özellikler gösterirler. Şekil 4.21’de kalıptan çıkarken viskoelastik eriyiğin şişmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.21 Kalıptan çıkarken viskoelastik eriyiğin şişmesi



Şekil 4.24. Dikdörtgen kesitten çıkan eriyik geometrisi



Şekil 4.25. İstenilen ürün geometrisini elde etmek için dizayn edilen kalıp

Ticari sayısal akışkanlar dinamiği (SAD) yazılımları kullanılarak polimer eriyiğin Kalıp içerisinden ve havayla temas ettiği durumdaki (serbest yüzey) akışı simüle edilebilmektedir. Sonuçta kalıp çıkışında malzemenin nasıl bir şekil değişikliğine (deformasyona) uğradığı tespit edilebilmektedir (Şekil 4.18). Hatta ters ekstrüzyon yöntemi kullanılarak olması istenen ürün geometrisi verilip bunu sağlayacak kalıp geometrisi bulunabilmektedir (Şekil 4.25) [41].

BÖLÜM 5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Yapılan tez çalışmasında ışığın yüksek verimle taşınmasını ve gerekli ortama verilmesini sağlayacak büyük çaplı, termoplastik esaslı PMMA ve PS fiber optik kabloların ekstrüzyon yöntemi ile üretim teknolojisinin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

- Optimum ekstrüzyon şartları için makine parametrelerinin incelenmesi ve üretim hızı ve sıcaklığın belirlenmesi,
- PMMA ve PS fiber optik kabloların üretimi optik analizinin ışık şiddeti cinsinden yapılması ve kayıpların ve kayıp mekanizmalarının incelenmesidir.

5.2. Malzeme

Yapılan çalışmada öncelikle optik kablonun öz kısmını oluşturacak olan ve optik özellikleri yüksek PMMA ve PS (kristal) malzemeler belirlenmiştir. Malzemelerin teknik özellikleri Tablo 5.2’de gösterilmektedir.

5.1.1. Deneyde kullanılan donanım ve ekipmanlar

Deneyde kullanılan donanım ve ekipmanlar Tablo 5.2 de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Deneyde kullanılan donanım ve ekipmanların genel özellikleri

Kullanılan Malzeme	Tedarik ve İmal edildiği firma	Genel Özellikleri
Plastik Ekstrüder Kalıbı	Grup Plastik Ltd. Şti. İSTANBUL	Tek yuvarlak delikli kalıp
Ekstrüder Makinesi	Eral Makine İSTANBUL	Vida mili çapı: Ø50 m Vida boyu:1125mm L/D=22,5
Kurutma Fırını	Tit Mühendislik İSTANBUL	Cebri Hava Sirkülasyonlu
Torna Tezgâhı	Tezsan Takım Tezgâhları GEBZE	Tezsan Sn 50
Işık Kaynağı	Martin Professional A/S Danimarka	Fiber Source Q150 EU
Lüks Metre	Cem Elektronik / Çin	CEM DT 1309
Autocad 2010	SAÜ TEF	Kalıbın yapım Resmi Çizildi

Polimer malzemeler üretime tabi tutulmadan önce 4 saat 90°C de kurutma fırınında nemi alınarak işleme hazırlanmıştır.

Tablo 5.2. Polimer malzemelerin teknik özellikleri

Özellikler	Malzemeler	PS	PMMA
Ticari adı/Firma Kodu		A-Tech 1200	Diakon CMG302
Üretici Firma		Styron	Lucite
Yoğunluk	(g/cm ³)	1,05	1.18
Erime Akış Hızı (200°C, 5 kg)	(g/10 dak)	5	4.4
Kırılma İndisi		1.58	1.49
Çekme Gerilmesi	(MPa)	47	80
Çekme Uzaması	(%)	2	5
Izod Darbe Dayanımı	(kj/m ²)	14	1,8
Rockwell Sertlik	(M)	80	98
Vicat Yumuşama Noktası (1 kg) °C		101	113

Fiber optik kablonun çekilmesi için ihtiyaç duyulan ekstrüzyon makinesi İstanbul'daki "Grup Plastik Profil San Tic. Ltd. Şirketinden" temin edilmiştir. Makinenin resmi ve teknik özellikleri Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Ekstrüzyon Makinası Teknik

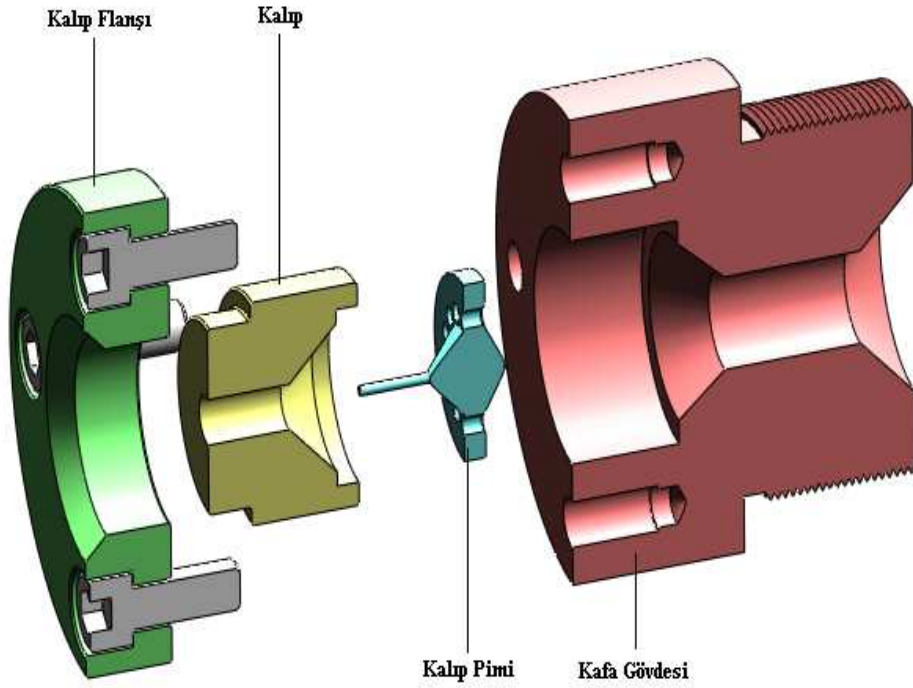
Özellikleri:

Üsten beslemeli,
Tek vida ekstrüder kovan,
Kapasite: 10 kg/h - 500 kg/h,
Vida mili çapı: Ø50 mm,
vida boyu:1125 mm, L/D=22,5
Motor Gücü: 7.5 kW 10 BG

Şekil 5.1 Ekstrüzyon makinesinin resmi ve teknik özellikleri

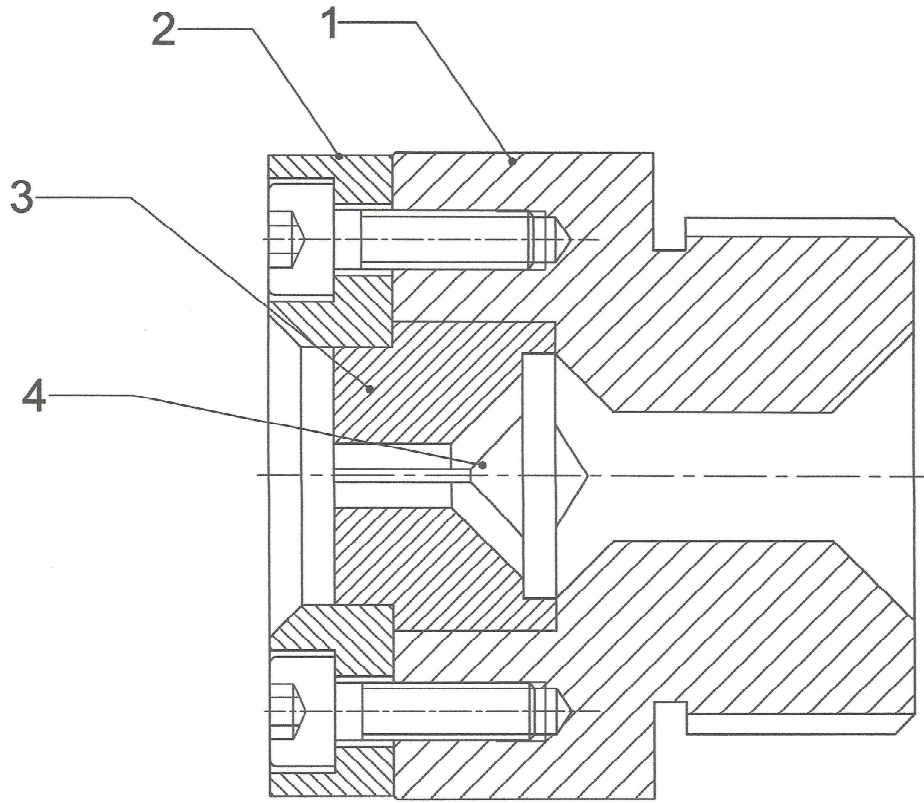
Bu çalışmada PMMA ve PS (kristal) özlü büyük çaplı iki ayrı fiber optik kablo imalatı yapılmıştır. Birincisi, içi dolu olan (10mm) diğer tür ise içi delik (Dış Çapı 10mm İç çapı 1.5mm) boru profilli fiber optik kablo imalatı yapılmıştır.

Fiber optik kablonun ekstrüzyonda öz kısmını oluşturmak için ekstrüzyon kalıbı imal edilmiştir. Kullanılan kalıbın katı modeli Şekil 5.1’de, teknik resmi Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Daha sonra imal edilen içi delik profil üretimi için Şekil 5.2’de katı modeli görülen kalıp üzerindeki ekstrüzyon kalıbının kalıp pimi takılarak üretim yapılmıştır. Şekil 5.3’de profil üretiminde kullanılan kalıbın komple resmi gösterilmiştir.



Şekil 5. 2. Ekstrüzyon kalıbının katı model çizimi

Ürünlerin kalıp çıkışındaki ölçü ve şekil bütünlüğünü sağlamak için de kalibre ve vakum ünitesi imal edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan ekstrüzyon kalıbının makineye montaj görünümü ve ekstrüzyon kalıbından ürünün çıkışı ve de kalibre edilmesi Şekil 5.4.a) ‘da kalıbın makineye montaj resmi Şekil 5.4.b)’de kalibrenin makineye montaj resmi gösterilmektedir. Şekil 5.5’de ekstrüzyon kalıbının kalibrasyon ve vakum ünitesi katı modeli gösterilmektedir.

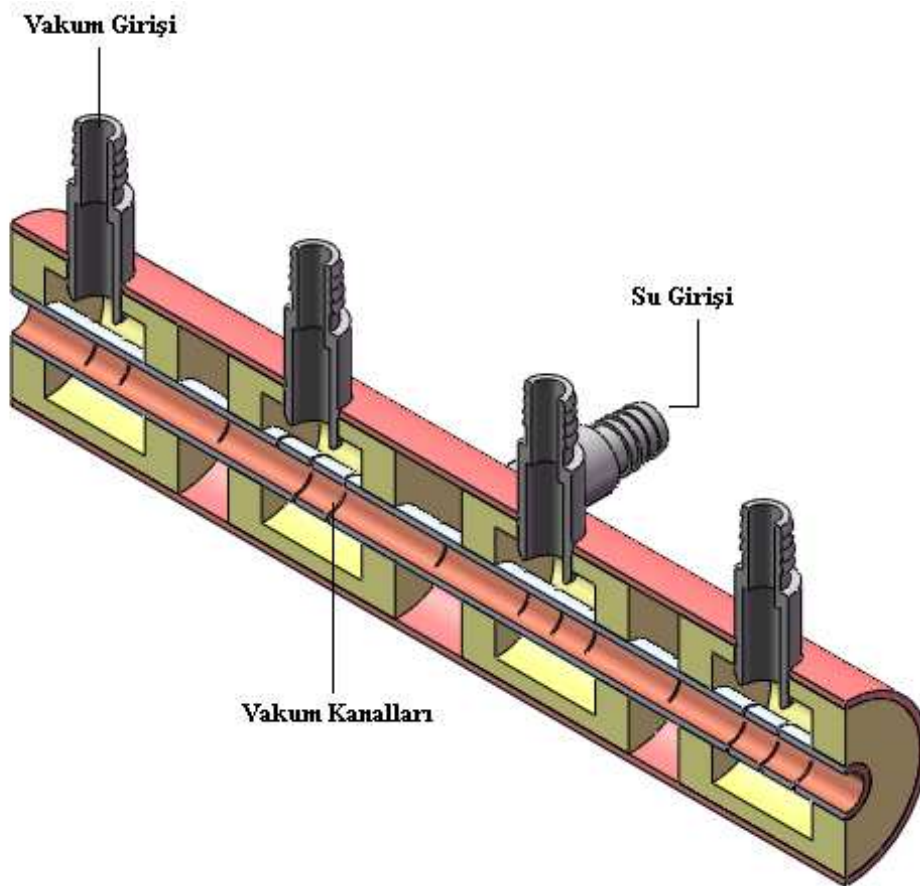


1	KALIP PİMİ	01-04	4	Ç 1060	
1	KALIP	01-03	3	Ç 1060	
1	KALIP FILANŞI	01-02	2	Ç 1060	
1	KAFA GÖVDESİ	01-01	1	Ç 1060	
PARÇA SAYISI	PARÇA ADI	RESİM NO	MONTAJ NO	GEREÇ	AÇIKLAMA

Şekil 5.3. Profil üretiminde kullanılan kalıbın komple resmi



Şekil 5.4. a) Ekstrüzyon kalıbının makineye montaj görünümü
b) Ekstrüzyon kalıbından ürünün çıkışı ve kalibre edilmesi



Şekil 5.5. Ekstrüzyon kalıbı kalibrasyon ve vakum ünitesi

Polimer malzemeler üretime başlamadan Şekil 5.6'daki kurutma fırınında 4 Saat 90°C nemi alınmıştır.



Şekil 5.6. Plastik kurutma fırını resmi ve teknik özellikleri

Şekil 5.7’de Fiber optik kablo ışık şiddetinin ölçümü için kullanılan ışık kaynağının resmi ve teknik özellikleri verilmiştir.



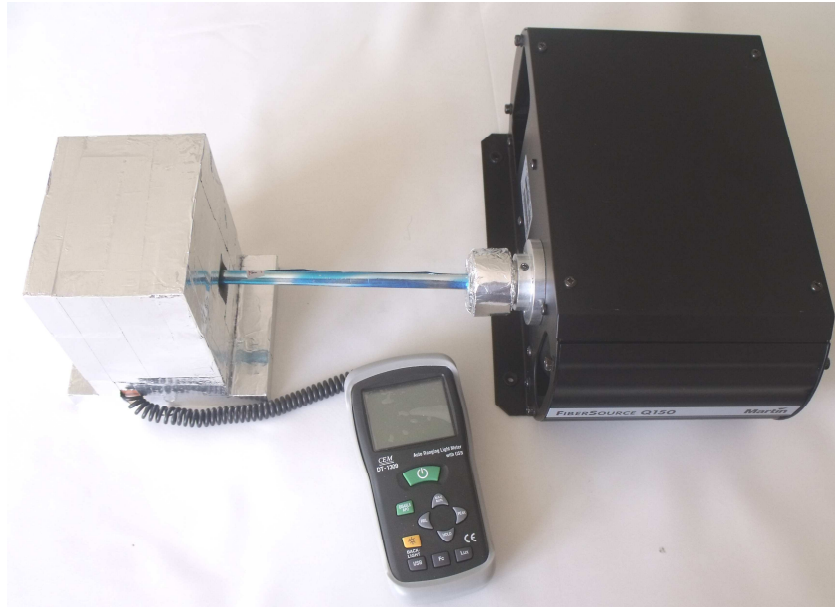
Şekil 5.7 Fiber optik kablo ışık şiddetinin ölçülmesi için kullanılan ışık kaynağının resmi ve teknik özellikleri

Şekil 5.8’de Fiber optik kablodan çıkan ışık şiddetinin ölçümünde kullanılan Lüksmetrenin resmi ve teknik özellikleri verilmiştir.



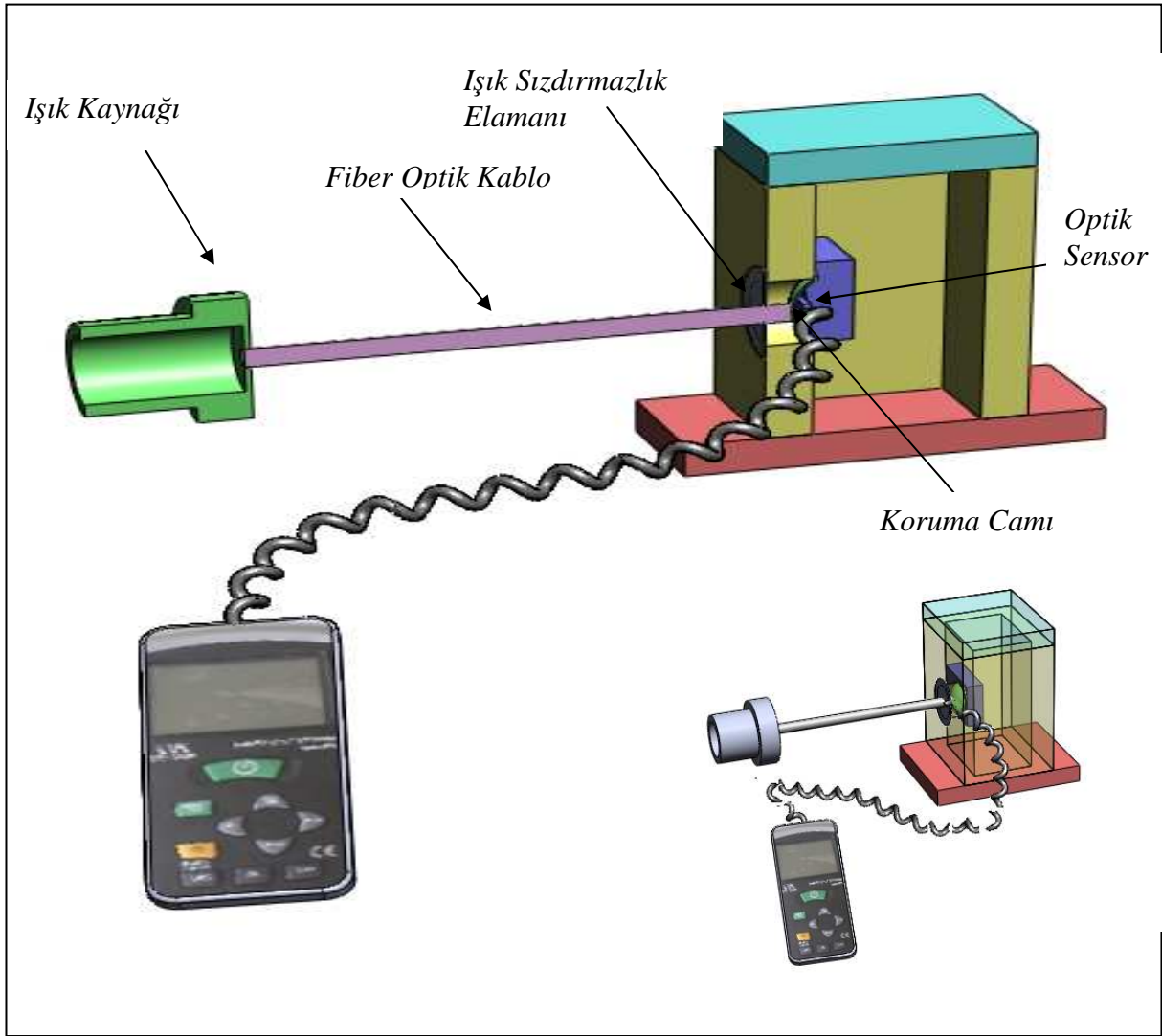
Şekil 5.8. Işık şiddeti ölçme cihazı (Lüksmetre) resmi ve teknik özellikleri

Şekil 5.9’da Işık kaynağına numunenin bağlanması ve lüksmetre ile ölçümü gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Numunenin ışık kaynağı ve lüksmetre de ölçülmesi.

Şekil 5.10’da numunenin ölçülmesi ve ölçümde kullanılan lüksmetrenin optik sensor devresinin montaj yapıldığı sistem şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Numunenin ışık kaynağı ve lüksmetre de ölçülmesinin şematik gösterilmesi.

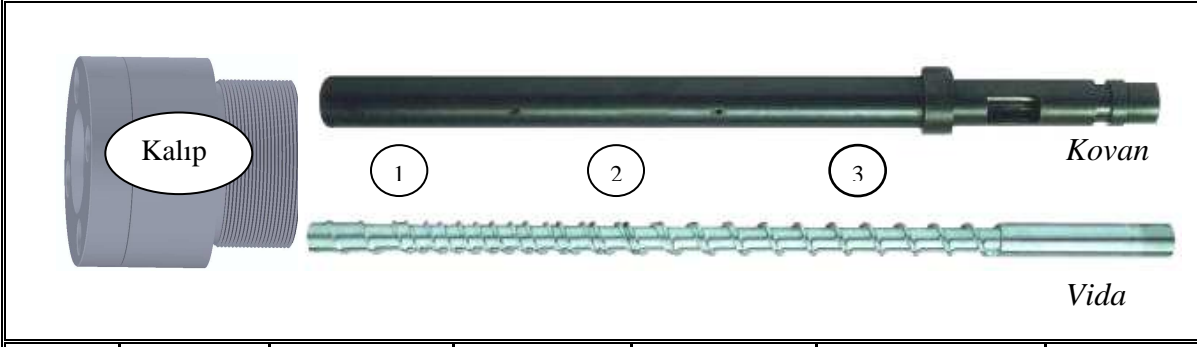
5.3. Yöntem

Polimer malzemelerin proses öncesinde nem alma işlemi kurutma fırınında (4 saat 90°C) gerçekleştirilmiştir.

Büyük çaplı fiber optik kabloların üretiminde farklı üretim yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada PMMA ve PS (kristal) özlü büyük çaplı (10mm) fiber optik kablo için iki tür kalıp kullanılmıştır. Birinci tür kalıp, içi dolu olan (10mm) diğer tür ise içi delik (Dış çapı 10mm İç çapı 1.5mm) boru profilli kalıbıdır. Ürünlerin kalıp çıkışındaki ölçü ve şekil bütünlüğünü sağlamak için de ayrıca

kalibrasyon ekipmanı (kalıbı) imal edilmiştir. Ekstrüzyon makinesindeki çalışmaya ait proses şartları Tablo 5.3’de gösterilmektedir.

Tablo 5.3. Fiber optik kablo ekstrüzyonda proses şartları

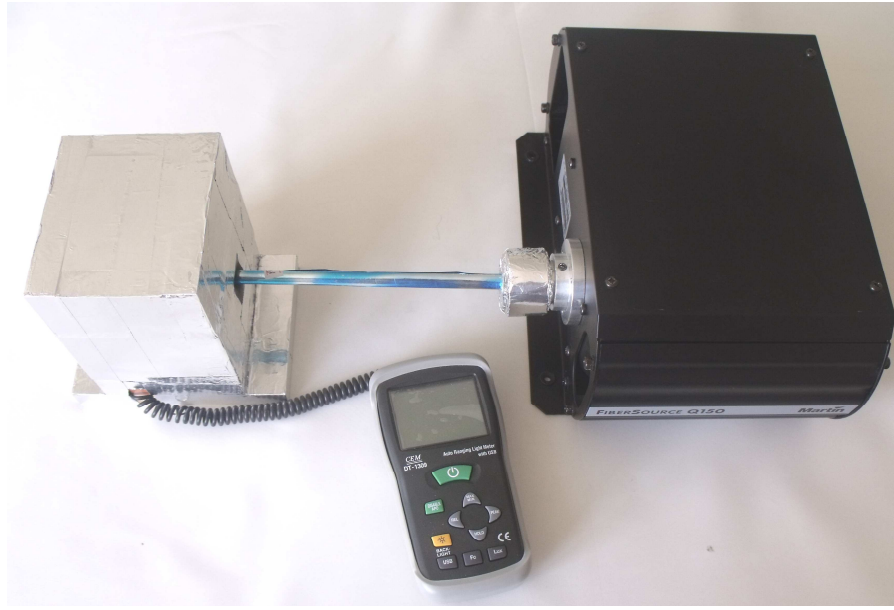


	Proses Kalıp çıkış Sıcaklığı (°C)	1. Bölge Sıcaklığı (°C)	2. Bölge Sıcaklığı (°C)	3. Bölge Sıcaklığı (°C)	Üretim Hız (Çekici hızı) (m/dak)	Vida .devir sayısı (d/dak)
PMMA	210	205	200	195	2 - 2,2 - 2,4	50
	220	215	210	205		
	230	225	220	215		
	240	235	230	225		
PS	185	180	175	170	2 - 2,2 - 2,4	50
	195	190	185	180		
	205	200	195	190		
	215	210	205	200		

Deneyde PMMA ve PS (Kristal) malzemeler dört farklı proses sıcaklığında, üç farklı üretim (çekici) hızında üretilmiştir. Vidanın devir sayısı bütün numunelerde 50 d/dak sabit tutulmuştur.

Üretilen numuneler ışık şiddeti ölçümü için, üretim hızı ve proses sıcaklıklarına göre gruplara ayrılmıştır. 20 cm, 50 cm’lik 100cm ‘lik boylarda 10 adet kesilmiş uçları zımparalanarak parlatma işlemine (pasta ile keçeleme işlemi) tabi tutulmuştur. Öncelikle numunelerin dış kısımları özel jelatinli bantla kapatıldıktan sonra ölçülmüş ve değerlerin ortalaması alınarak grafiklere aktarılmıştır. Ölçme cihazı (Lüksmetre) Şekil 5.11’de görüldüğü üzere ışık kaynağının karşısına odaklanmıştır.

PMMA ve PS ‘den üretilen numuneler Şekil 5.11’deki düzenekle ölçülmüştür.

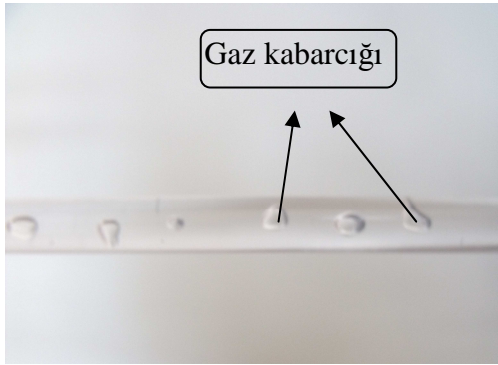


Şekil 5.11 Numunenin ölçülmesi

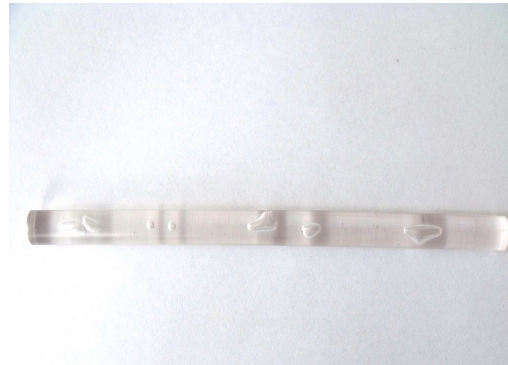
BÖLÜM 6. DENEY SONUÇLARI

6.1. Görsel Analiz

Yapılan ekstrüzyon işlemi sonucunda PS ve PMMA malzemelerin iç kısımlarında gaz kabarcıkları görülmektedir. Bunun sebebi polimer içinde bulunan bir kısım nem ve gazlar ortaya çıkmaktadır. Bu gazlar ürün üzerinde hava baloncukları oluşturmaktadır. (Şekil 6.1-a,b, Şekil 6.2.a,b). Farklı proses şartlarında da (sıcaklık, üretim hızı) bir miktar azalmakta fakat ortadan kalkmamaktadır.



a)



b)



c)



d)

Şekil 6.1 (a, b) PS (kristal) içi dolu optik kablo numunesi
(c, d) PS (kristal) içi delik boru profilli optik kablo numunesi

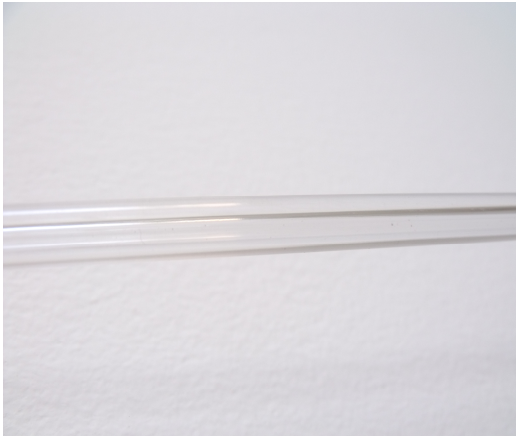
Gaz kabarcığı problemini kaldırmak ve içi delik (delik çapı: $\text{\O} 1,5\text{mm}$) boru profilli üretmek için daha önce bahsedildiği gibi kalıp üzerine ilave kalıp pimi takılarak malzeme ekstrüzyonda basılmıştır. Kalıp çıkışında kalibrasyonda vakum uygulanmış eriyikteki gaz oluşan boru profilindeki delikten dışarı atılmıştır. Ve numunede gaz kabarcığı problemi giderilmiş olup bazı numunelerde çok az gaz kabarcığı görülmüştür.(Resim 6.1.c,d, Şekil 6.2.c,d).



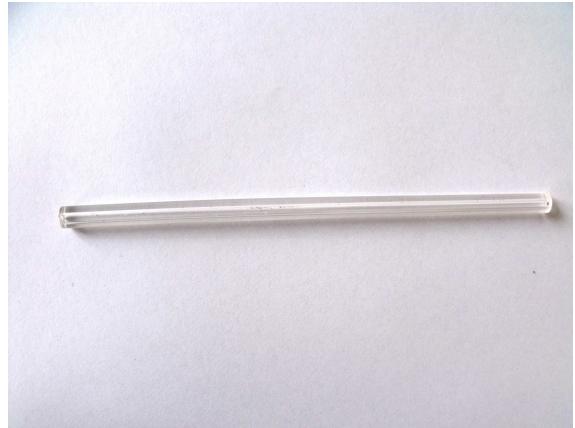
(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 6.2. (a,b) PMMA içi dolu optik kablo numunesi
(c,d) PMMA içi delik boru profilli optik kablo numunesi

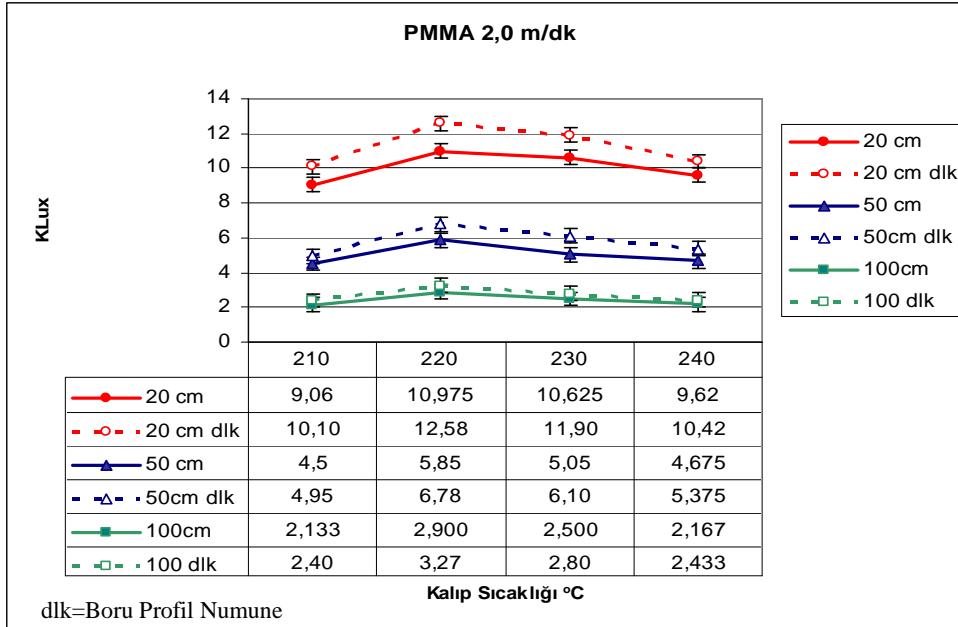
6.2. Deneý Sonuçları

PMMA malzemenin 2,0–2,2–2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) ölçüm sonuçları Tablo 6.1’de gösterilmektedir.

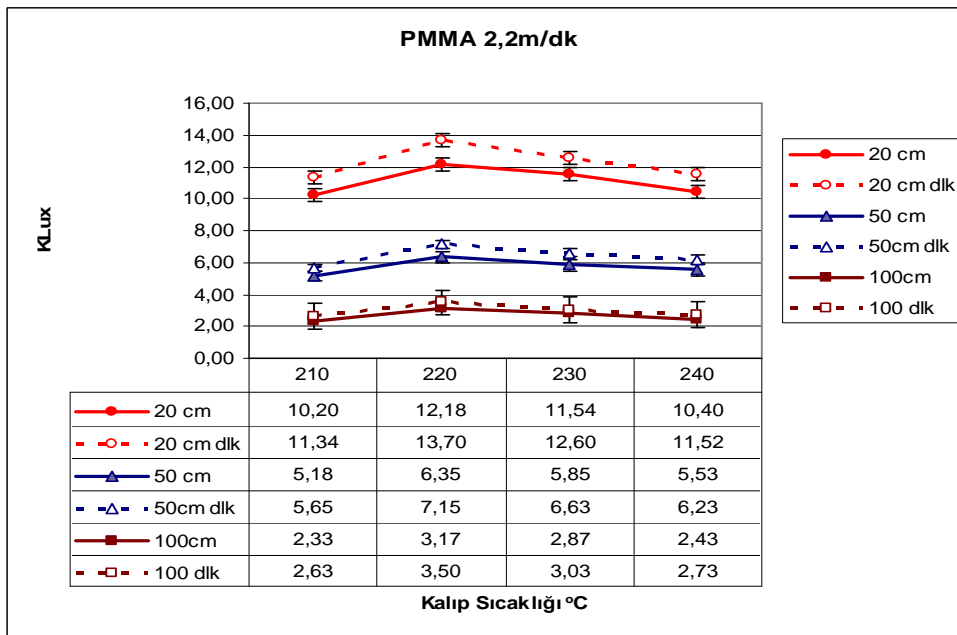
Tablo 6.1. PMMA’nın farklı proses şartlarındaki ışık şiddetleri

PMMA				
2 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	210°C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	9,06	10,98	10,63	9,62
20 cm dlk	10,10	12,58	11,90	10,42
50 cm	4,50	5,85	5,05	4,68
50cm dlk	4,95	6,78	6,10	5,38
100cm	2,13	2,90	2,50	2,17
100 dlk	2,40	3,27	2,80	2,43
2,2 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	210 °C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	10,20	12,18	11,54	10,40
20 cm dlk	11,34	13,70	12,60	11,52
50 cm	5,18	6,35	5,85	5,53
50cm dlk	5,65	7,15	6,63	6,23
100cm	2,33	3,17	2,87	2,43
100 dlk	2,63	3,50	3,03	2,73
2,4 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	210 °C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	8,28	10,36	9,80	8,54
20 cm dlk	9,02	11,94	11,12	9,42
50 cm	4,20	5,43	4,88	4,35
50cm dlk	4,73	6,13	5,48	4,95
100cm	2,17	2,73	2,57	2,27
100 dlk	2,43	3,00	2,63	2,50

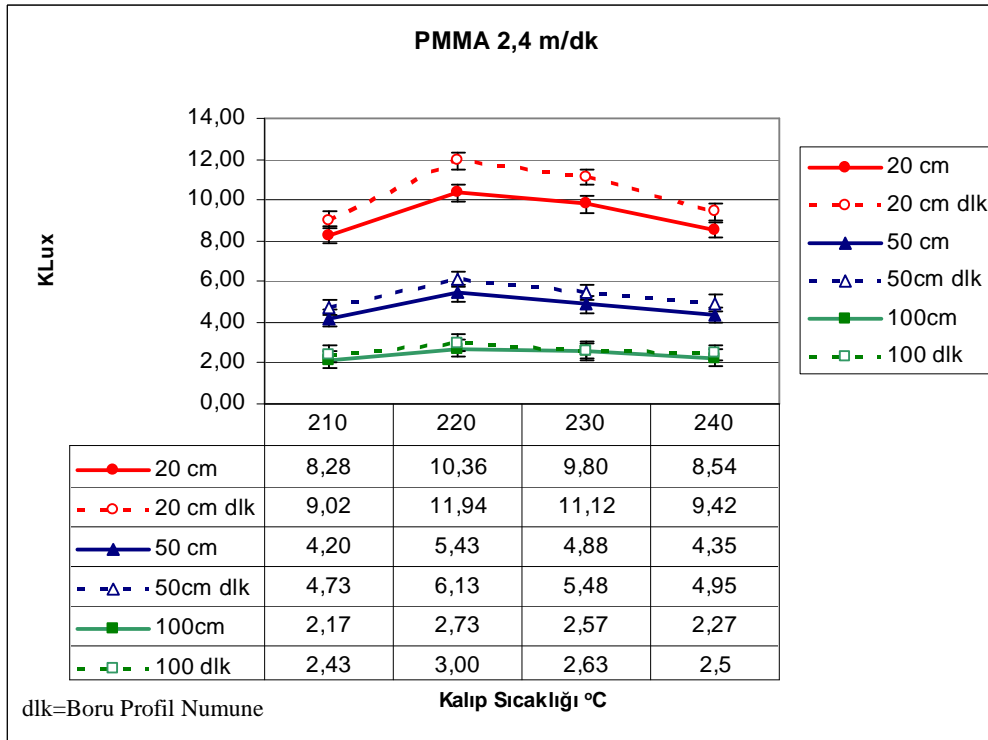
PMMA malzemenin 2,0-2,2-2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210-220-230-240 °C ve üç farklı boylardaki (20-50-100 Cm) ölçüm sonuçlarının grafik olarak Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da gösterilmektedir.



Şekil 6.3 PMMA'nın 2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti



Şekil 6.4. PMMA'nın 2,2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti



Şekil 6.5. PMMA'nın 2,4 m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses

PMMA malzemenin 2,0m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boyulardaki (20–50–100 Cm) ölçüm sonuçlarının % artış miktarı Tablo 6.2'de gösterilmektedir.

Tablo 6.2. PMMA'nın 2,0 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PMMA 2 m/dak				
	% Artış Miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	210 °C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	0,00	14,32	10,68	0,21
20 cm dlk	5,21	31,04	23,96	8,54
50 cm	0,00	30,00	12,22	0,56
50cm dlk	10,00	50,56	35,56	19,44
100cm	0,00	36,15	17,37	1,72
100 dlk	12,68	53,36	31,46	14,24

PMMA malzemenin 2,2 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) ölçüm sonuçlarının % artış miktarı Tablo 6.3’de gösterilmektedir.

Tablo 6.3. PMMA’nın 2,2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PMMA 2,2 m/dak				
	% Artış Miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	210 °C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	0,00	19,41	13,14	1,96
20 cm dlk	11,18	34,31	23,53	12,94
50 cm	0,00	22,82	13,15	6,87
50cm dlk	9,28	38,30	28,14	20,41
100cm	0,00	35,91	23,03	4,43
100 dlk	13,02	50,21	30,19	17,31

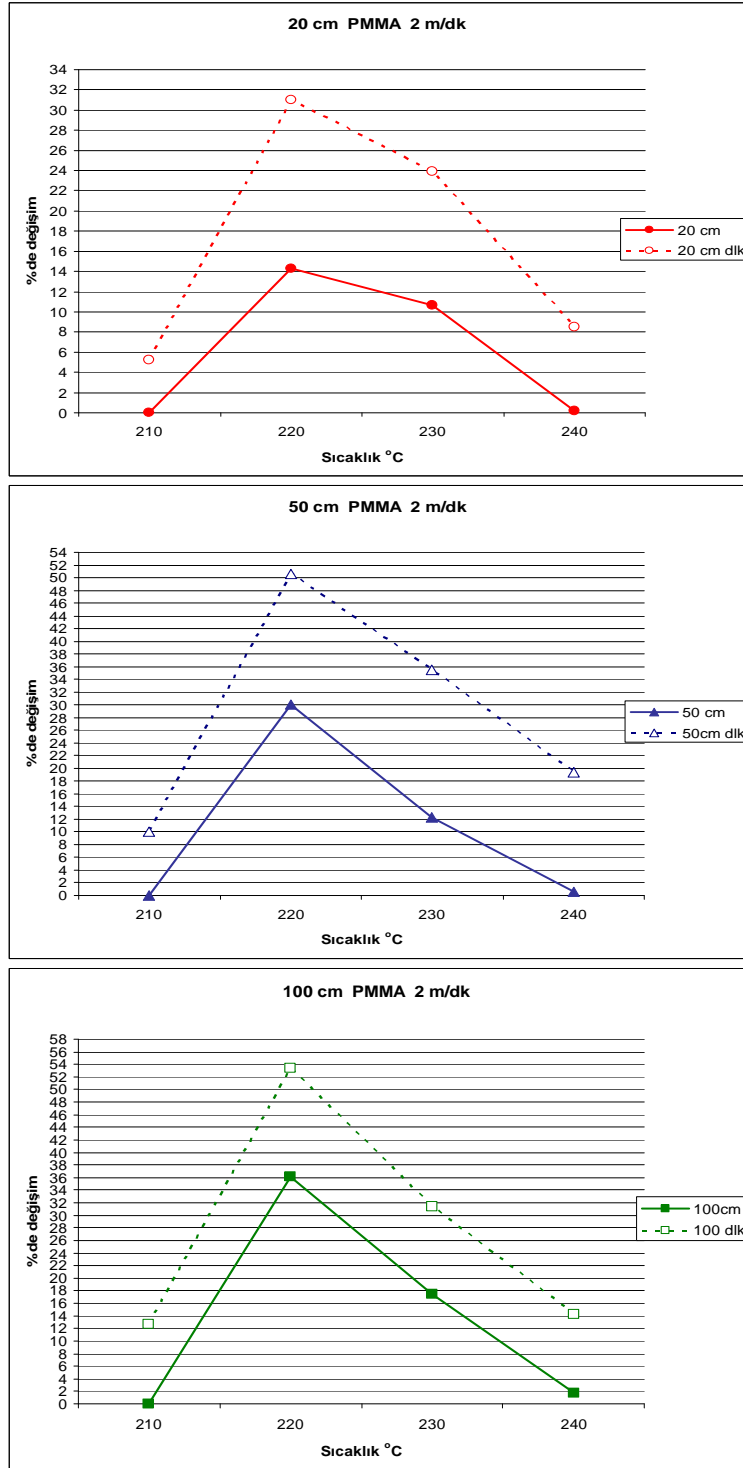
PMMA malzemenin 2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) ölçüm sonuçlarının % artış miktarı Tablo 6.4’de gösterilmektedir.

Tablo 6.4. PMMA’nın 2,4 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PMMA 2,4 m/dak				
	% Artış miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	210 °C	220 °C	230 °C	240 °C
20 cm	0,00	19,41	13,14	1,96
20 cm dlk	11,18	34,31	23,53	12,94
50 cm	0,00	22,82	13,15	6,87
50cm dlk	9,28	38,30	28,14	20,41
100cm	0,00	35,91	23,03	4,43
100 dlk	13,02	50,21	30,19	17,31

Tablo 6.2., Tablo 6.3. ve Tablo 6.4.’te gösterilen numunelerin ışık şiddeti değerleri 210°C içerisi dolu numuneler referans alınarak % artış miktarı hesaplanmıştır. Örneğin 20 cm 210°C içi dolu numune 220°C içi dolu numuneye göre %19,41 daha fazla ışık iletmektedir içerisi delik olan. Numune 220°C %23,53 daha fazla ışık iletmiştir.

PMMA malzemenin 2,0 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) % artış miktarı grafik gösterimi Şekil 6.6’da gösterilmiştir.



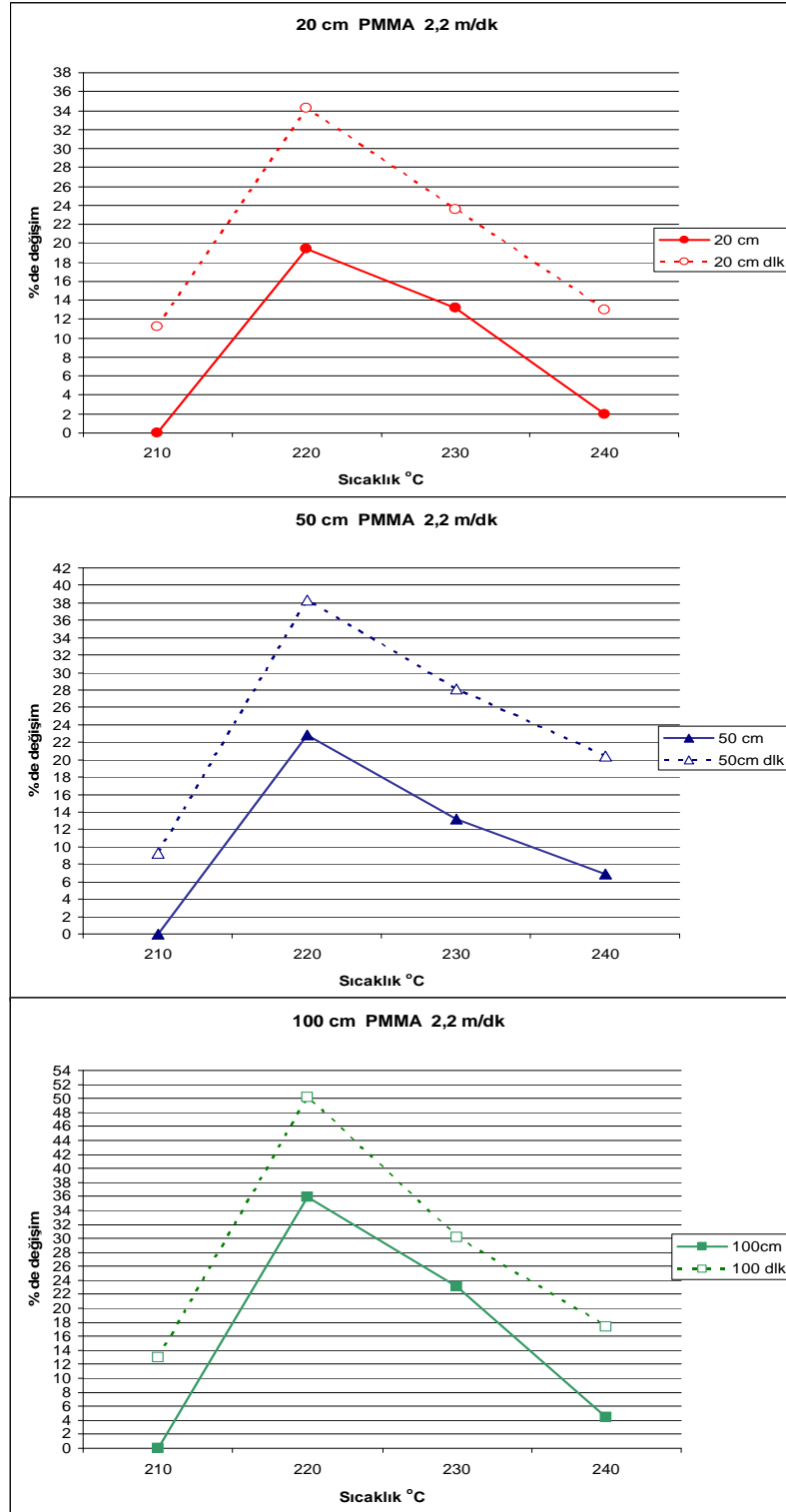
Şekil 6.6. PMMA numunelerin 2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

20 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi Delik olan numune dolu numuneye göre %5 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C de içi dolu olan numunede ışık şiddetinde %14 civarında artış görülmekte iken içerisi delik olan numunede. %30 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 15 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 4 civarında içerisi delik numunede % 6 civarında azalma görülmekte. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %16 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %11 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 20 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %10 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C içi dolu olan numunede ışık şiddetinde %30 civarında artış görülmekte iken içerisi delik olan numunede. %40 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 20 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 18 civarında içerisi delik numunede % 14 civarında azalma görülmekte. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %16 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %12 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 50 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %12 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C içi dolu olan numunede ışık şiddetinde %36 civarında artış görülmekte iken içerisi delik olan numunede. %40 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 17 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 18 civarında içerisi delik numunede % 21 civarında azalma görülmekte. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %18 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %17 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 100 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

PMMA malzemenin 2,2 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) % artış miktarı grafik gösterimi Şekil 6.7’da gösterilmiştir.

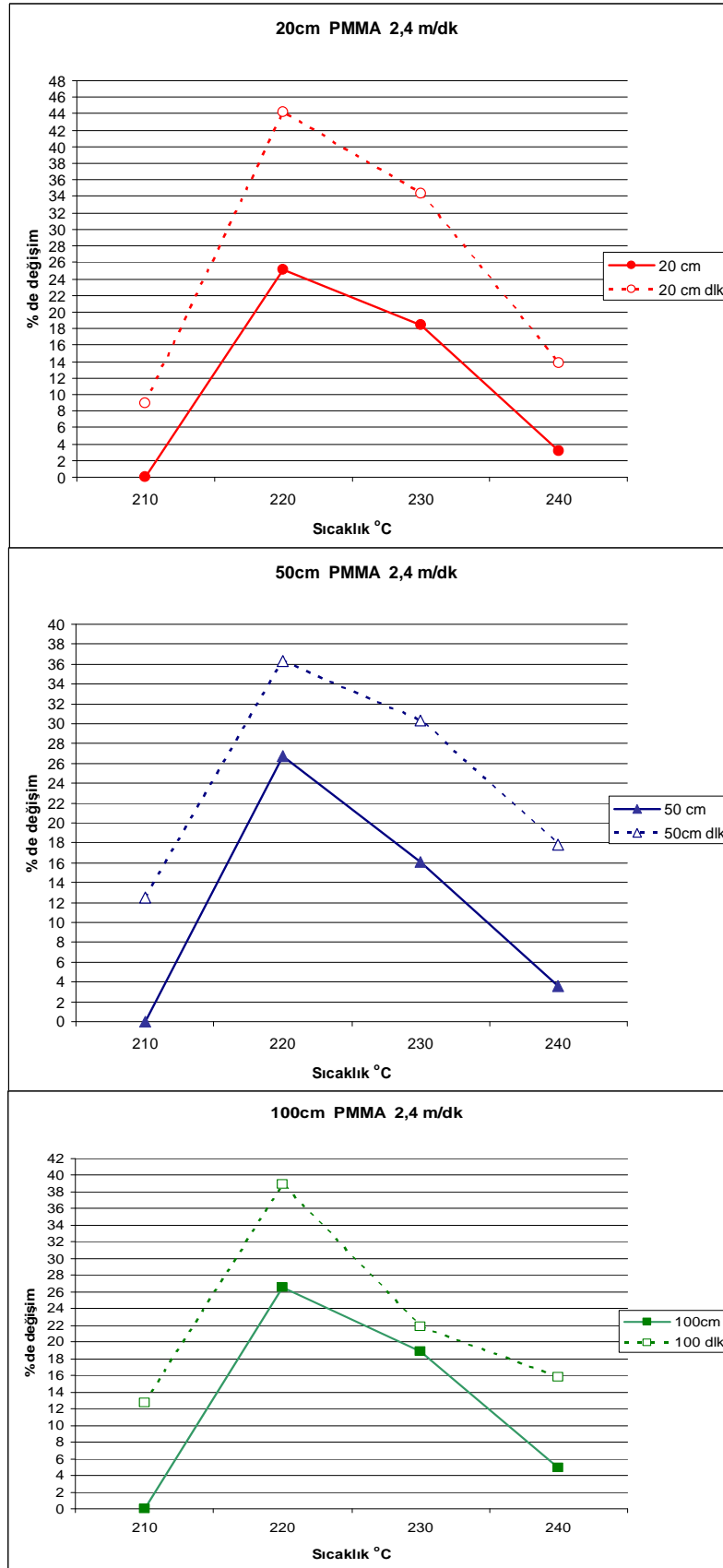


Şekil 6.7. PMMA numunelerin 2,2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli Sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

20 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %11 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C içi dolu olan numunede ışık şiddetinde %20 civarında artış görülmekte iken içerisi delik olan numunede. %23 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 14 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 10 civarında içerisi delik numunede % 7 civarında azalma görülmekte. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %11 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %12 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 20 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %10 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C içi dolu olan numunede ışık şiddetinde %23 civarında artış görülmekte iken içerisi delik olan numunede. %28 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 15 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin her iki numunede % 10 civarında azalma görülmekte. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %8 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %7 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 50 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de İçerisi Delik olan numune dolu numuneye göre %13 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C her iki numunede ışık şiddetinde %36 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 15 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 13 civarında azalma görülmekte iken, içerisi delik numunede %20 civarında azalma görülmektedir. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %12 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %18 civarında azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 100 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir. PMMA malzemenin 2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 210–220–230–240 °C ve üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) % artış miktarı grafik gösterimi Şekil 6.8'da gösterilmiştir.



Şekil 6.8. PMMA numunelerin 2,4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

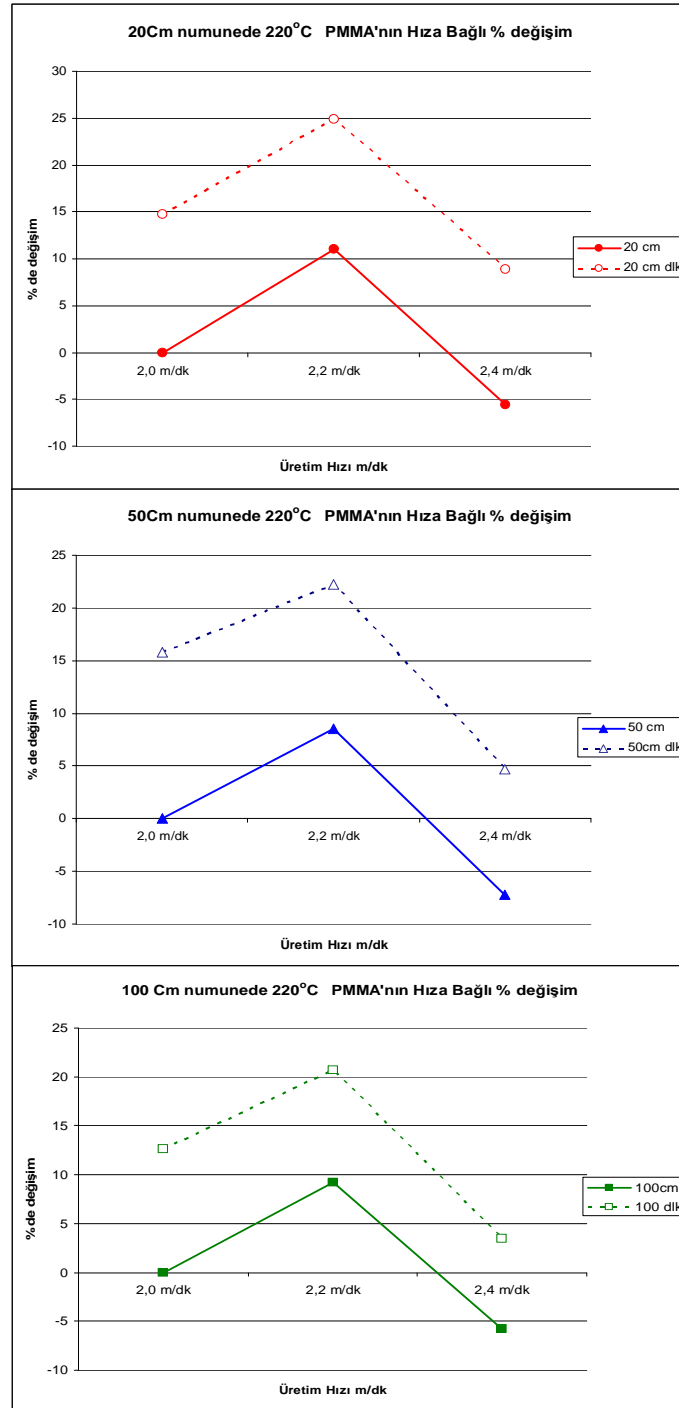
20 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %9 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C içerisi dolu numunede ışık şiddetinde %26 içi delik numunede %34 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 18 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 8 civarında azalma görülmekte iken, içerisi delik numunede %10 civarında azalma görülmektedir. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %20 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %15 civarında azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,4 m/dak numune boyu 20 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %13 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C de içerisi dolu numunede ışık şiddetinde %26 içi delik numunede %24 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 9 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 11 civarında azalma görülmekte iken, içerisi delik numunede %6 civarında azalma görülmektedir. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %18 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %12 civarında azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,4 m/dak numune boyu 50 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki PMMA numune; 210 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %13 civarında daha fazla ışık ilettiği görülmektedir. Sıcaklık 220 °C de her iki numunede ışık şiddetinde %26 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı % 12 civarındadır. Sıcaklık 230 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 6 civarında azalma görülmekte iken, içerisi delik numunede %16 civarında azalma görülmektedir. Sıcaklık 240 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %6 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %13 civarında azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,4 m/dak numune boyu 100 cm olan numunelerde 220 °C derece iyi sonuç vermektedir.

Şekil 6.6...6.8'de numunelerin sıcaklıklara bağlı % değişim grafiği verilmiştir. PMMA Polimer kullanılarak üretilen numunelerde sıcaklık değişimine bağlı olarak incelendiğinde en iyi sonucu 220°C de verdiği görülmektedir. 220°C deki

numunelerin hıza bağılı değişim grafiği incelendiğinde üretim hızındaki en iyi sonuca ulaşırız. 220°C üretilen PMMA malzemenin üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) üretim hızına bağılı ışık şiddet % artış miktarı grafik gösterimi Şekil 6.9'da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. PMMA'nın 220°C üretilen numunenin üretim hızına bağılı % değişimi

20 cm içerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken her iki numunede % 10 Lux artış görölmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken her iki numunede %32 civarında azalma görölmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 20 cm numunelerde en iyi sonucu 2,2 m/dak üretim hızında görölmektedir.

50 cm İçerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken içerisi dolu numunede % 8,5 lik artış görölmekte iken içerisi delik numunede %6,5 lik bir artış görölmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken her iki numunede %33 civarında azalma görölmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 50 cm numunelerde en iyi sonucu 2,2 m/dak üretim hızında görölmektedir.

100 cm İçerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken içerisi dolu numunede yaklaşık % 10 lik artış görölmekte iken içerisi delik numunede %8,5 lik bir artış görölmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken her iki numunede %30 civarında azalma görölmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 100 cm numunelerde en iyi sonucu 2,2 m/dak üretim hızında görölmektedir.

Sonuç olarak PMMA Polimer kullanılarak üretilen numunelerin sıcaklıklara bağlı grafikleri incelendiğinde 220°C iyi sonuç verdiğini daha önce belirmiştik. 220°C sıcaklıkta üretilen numunelerin üretim hızlarına bağlı % grafiği incelendiğinde 2,2 m/dak üretim hızında en iyi sonuç verdiği görölmektedir. PMMA Polimer kullanarak üretilen fiber optik kablolar 220°C 2,2 m/dak üretim hızında doğru sonuç verdiği görölmektedir.

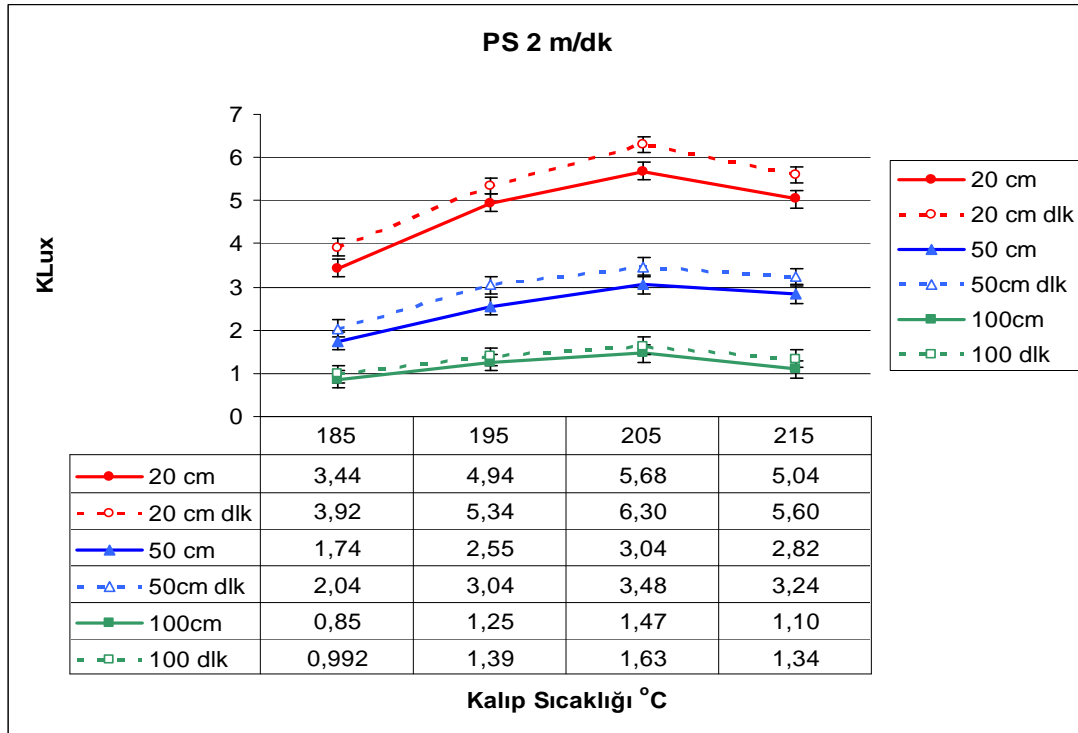
İçerisi delik olan PMMA numunelerde ışık şiddetinin İçerisi dolu olan numunelere göre daha yüksek olduğu görölmektedir. Bunun nedenin içi boş (1,5 mm delik) olan numunelerin ışığı daha iyi nakletmesindedir. Fiber kablonun içi boş olan kısımdan daha çok ışığın dolu olan kısmından ise kayba uğrayarak geçtiği görölmektedir.

PS malzemenin 2,0-2,2-2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 185-195-205-215 oC ve üç farklı boylardaki (20-50-100 Cm) ölçüm sonuçları Tablo 6.5’de gösterilmektedir.

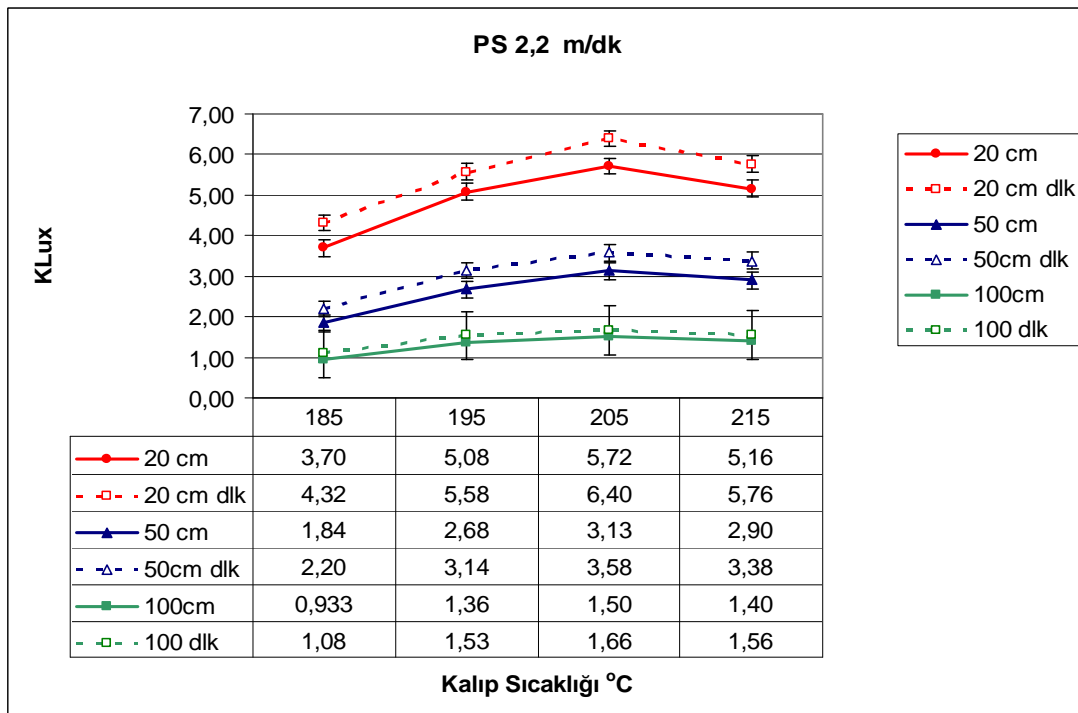
Tablo 6.5. PS'nın farklı proses şartlarındaki ışık şiddetleri

PS				
2 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	185°C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	3,44	4,94	5,68	5,04
20 cm dlk	3,92	5,34	6,30	5,60
50 cm	1,74	2,55	3,04	2,82
50cm dlk	2,04	3,04	3,48	3,24
100cm	0,85	1,25	1,47	1,10
100 dlk	0,99	1,39	1,63	1,34
2,2 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	185°C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	3,70	5,08	5,72	5,16
20 cm dlk	4,32	5,58	6,40	5,76
50 cm	1,84	2,68	3,13	2,90
50cm dlk	2,20	3,14	3,58	3,38
100cm	0,93	1,36	1,50	1,40
100 dlk	1,08	1,53	1,66	1,56
2,4 m/dak				
	Ort Işık Şiddeti kLux			
Kalıp Sıcaklığı	185°C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	3,88	5,10	5,76	5,20
20 cm dlk	4,42	5,62	6,52	5,86
50 cm	2,03	3,05	3,33	3,12
50cm dlk	2,40	3,40	3,78	3,60
100cm	0,80	1,28	1,55	1,26
100 dlk	1,00	1,50	1,70	1,47

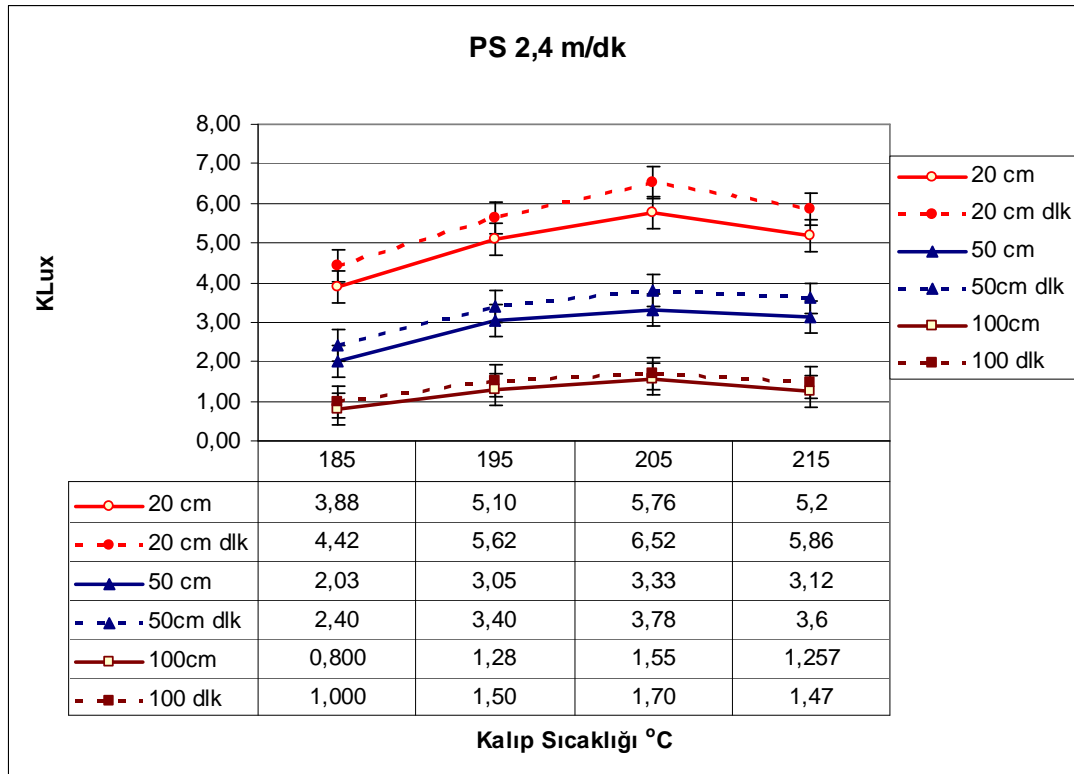
PS malzemenin 2,0-2,2-2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 185-195-205-215 °C ve üç farklı boylardaki (20-50-100 Cm) ölçüm sonuçlarının grafik gösterimi Şekil 6.10, Şekil 6.11 ve Şekil 6.12'de gösterilmektedir.



Şekil 6.10. PS'nin 2,0m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti



Şekil 6.11. PS'nin 2,2m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti



Şekil 6.12.PS'nin 2,4 m/dak üretim hızında farklı boyutlardaki farklı proses sıcaklıklarındaki ışık şiddeti

PS malzemenin 2,0-2,2-2,4 m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 185-195-205-215 °C sıcaklıkta ve üç farklı boylardaki (20-50-100 Cm) % artış miktarı Tablo 6.6, Tablo 6.7 ve Tablo 6.8'de gösterilmektedir.

Tablo 6.6. PS'nin 2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PS 2 m/dak				
	% Değişim Miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	185°C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	0,00	43,60	65,12	46,51
20 cm dlk	13,95	55,23	83,14	62,79
50 cm	0,00	46,55	74,71	62,07
50cm dlk	17,24	74,71	100,00	86,21
100cm	0,00	47,29	68,58	53,26
100 dlk	16,67	63,92	92,16	70,59

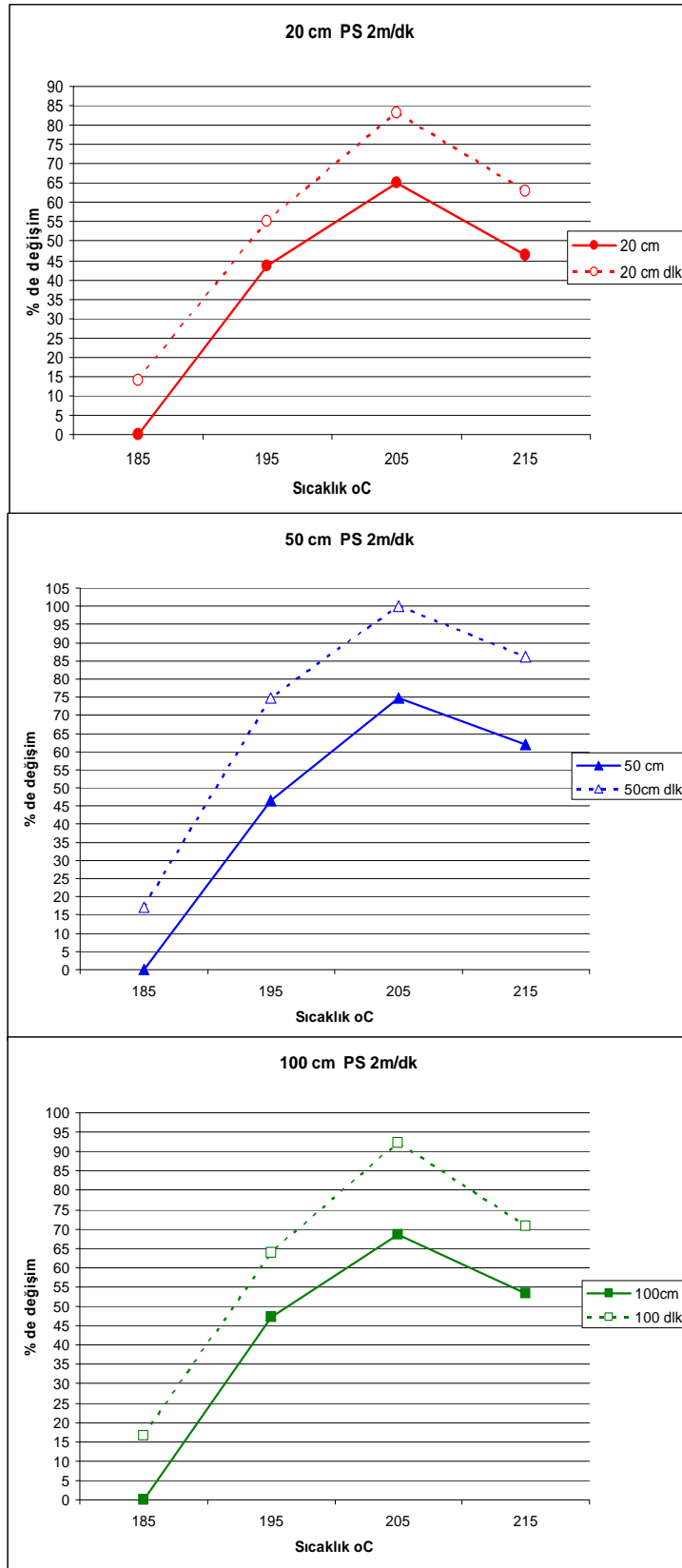
Tablo 6.7. PS'nin 2,2 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PS 2,2 m/dak				
	% Değişim Miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	185 °C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	0,00	37,30	54,59	39,46
20 cm dlk	16,76	50,81	72,97	55,68
50 cm	0,00	45,38	69,84	57,61
50cm dlk	19,57	70,65	94,57	83,70
100cm	0,00	46,24	61,29	50,54
100 dlk	16,49	64,87	86,38	67,74

Tablo 6.8. PS'nin 2,4 m/dak üretim hızındaki % artış miktarı

PS 2,4 m/dak				
	% Değişim Miktarı			
Kalıp Sıcaklığı	185 °C	195 °C	205 °C	215 °C
20 cm	0,00	31,44	48,45	34,02
20 cm dlk	13,92	44,85	68,04	51,03
50 cm	0,00	50,62	64,20	54,07
50cm dlk	18,52	67,90	86,67	77,78
100cm	0,00	45,08	76,14	42,80
100 dlk	13,64	70,45	89,39	66,67

PS malzemenin 2,0m/dak üretim hızında ve dört farklı proses sıcaklığında 185-195-205-215 °C sıcaklıkta ve üç farklı boylardaki (20-50-100 Cm) % artış miktarı grafiği Şekil 6.13 Şekil 6.14 ve Şekil 6.15'de gösterilmektedir.

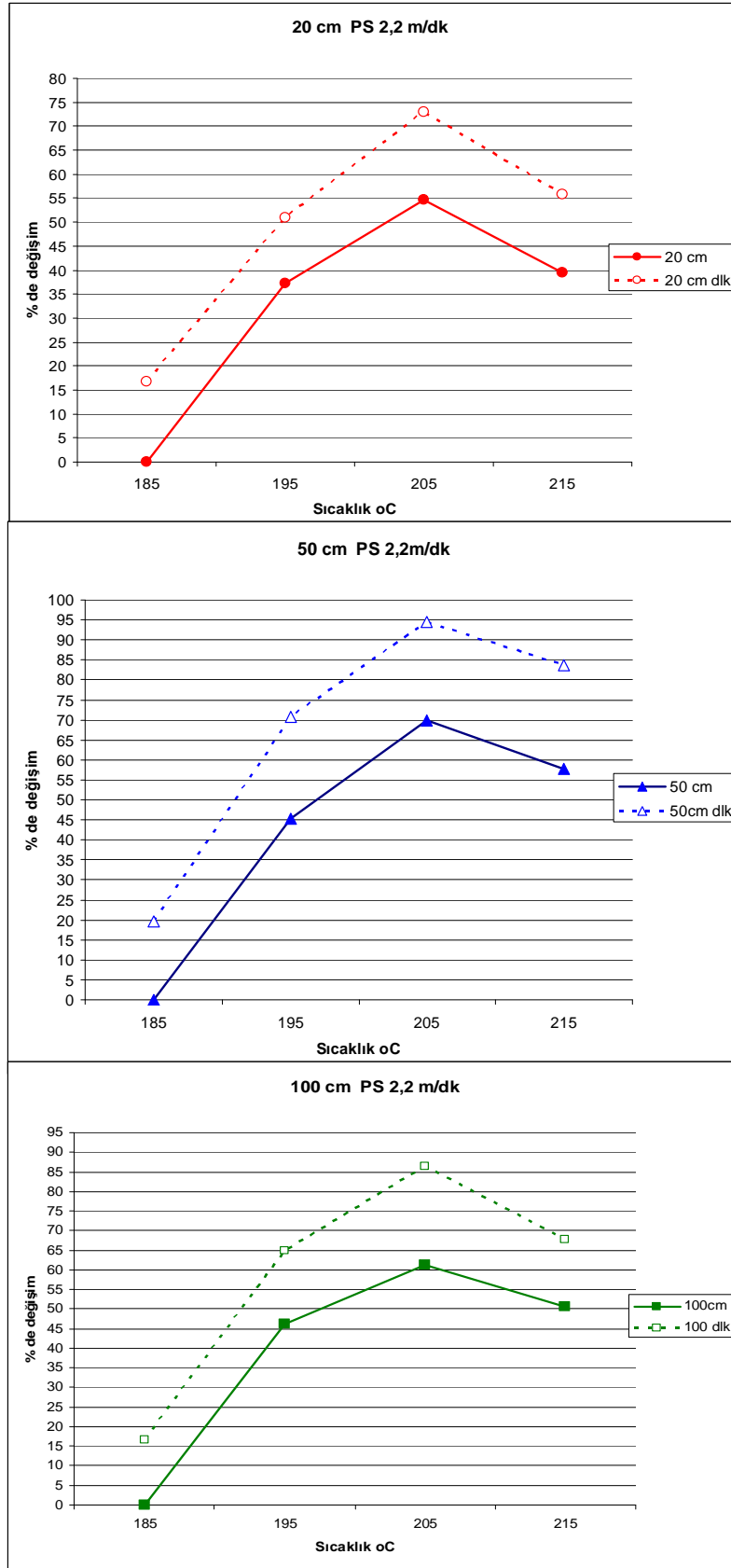


Şekil 6.13. PS numunelerin 2 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

20 cm boyundaki PS numune; 185 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %15 civarında daha fazla ışık ilettiği grlmektedir. Sıcaklık 195 °C her iki numunede ışık şiddetinde %45 yakın artış grlmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %15 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede %20 civarında bir artış görülmekte iken içerisi delikli numunede %30 civarında ışık şiddetinde artış grlmektedir. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti her iki numunede %20 civarında azalma görülmekte dir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 20cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PS numune; 185 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %18 civarında daha fazla ışık ilettiği grlmektedir. Sıcaklık 195 °C içerisi dolu numunede ışık şiddetinde %45 civarında artış görülmekte iken içerisi delikli numunede %55 civarında artış grlmektedir.. İki numune arasındaki ışık farkı %25 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddetinin her iki numunede % 25 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti her iki numunede %15 civarında azalma grlmektedir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 50cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki PS numune; 185 °C de İçerisi Delik olan numune dolu numuneye göre %16 civarında daha fazla ışık ilettiği grlmektedir. Sıcaklık 195 °C içerisi dolu numunede ışık şiddetinde %45 civarında artış görülmekte iken içerisi delikli numunede %50 civarında artış grlmektekidir.. İki numune arasındaki ışık farkı %18 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddetinin her iki numunede % 25 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti her iki numunede %20 civarında azalma görülmekte dir. Üretim hızı 2 m/dak numune boyu 100cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

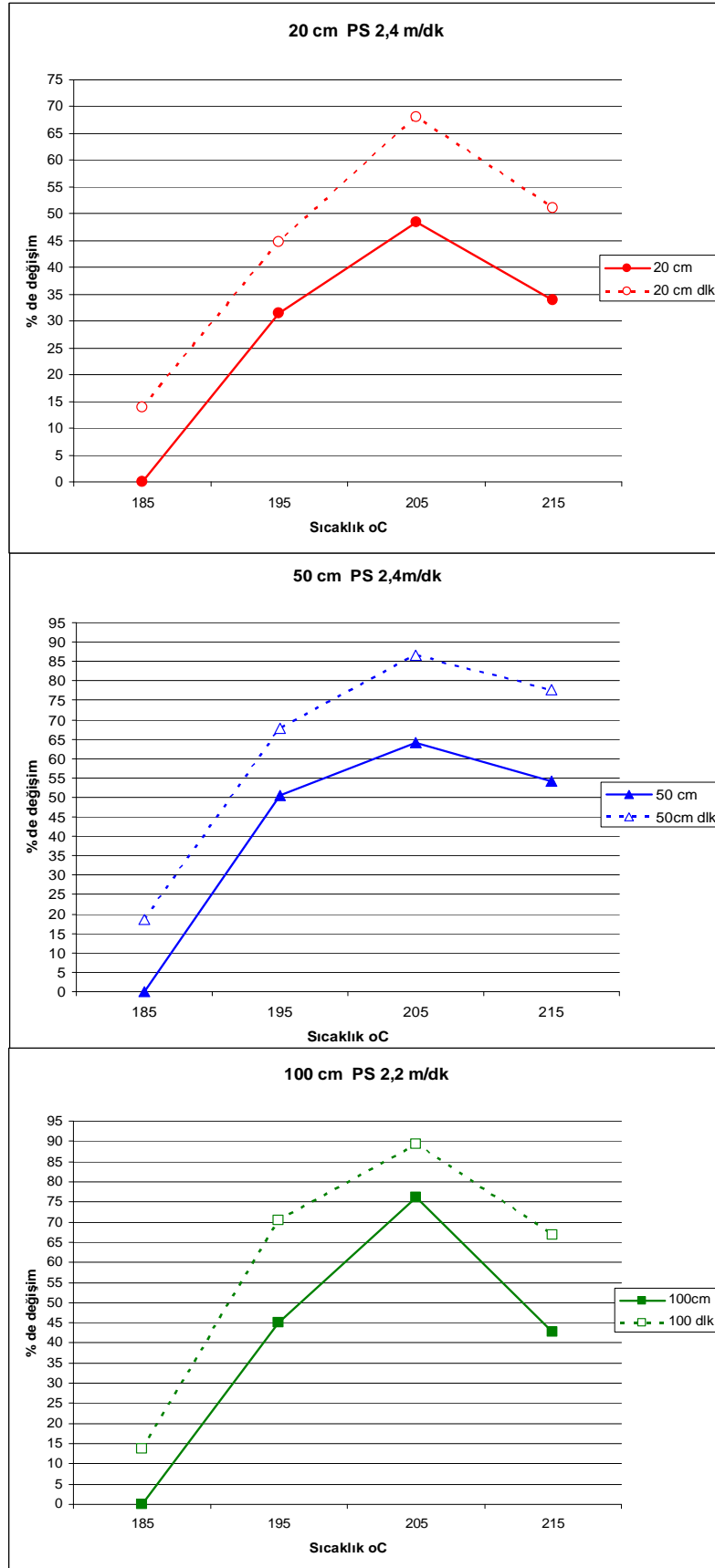


Şekil 6.14. PS numunelerin 2.4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

20 cm boyundaki PS numune; 185 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %16 civarında daha fazla ışık iletildiği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C her iki numunede ışık şiddetinde %38 civarında daha fazla İki numune arasındaki ışık farkı %13 civarındadır. Sıcaklık 205 °C Çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 18 civarında artış içerisi delik numunede %28 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C Çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %15 civarında azalma görülmekte iken içerisi delik olan numunede % 18 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 20 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PS numune; 185 °C de İçerisi delik olan numune dolu numuneye göre %20 civarında daha fazla ışık iletildiği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C içerisi dolu numunede ışık şiddeti %45 civarında artış görülürken içi delik numunede %50 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %25 civarındadır. Sıcaklık 205 °C Çıktığında ışık şiddeti her iki numunede % 25 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C Çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %14 civarında azalma görülmekte iken içerisi delik numunede %12 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 50 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki içerisi dolu olun numune 185 °C de İçerisi Delik olan numune dolu numuneye göre %16 civarında ışık iletildiği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C içerisi dolu numunede ışık şiddeti %45 civarında artış görülürken içi delik numunede %50 yakın artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %20 civarındadır. Sıcaklık 205 °C Çıktığında ışık şiddeti her iki numunede % 20 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C Çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %20 civarında azalma görülmekte iken içerisi delik numunede %18 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 100 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.



Şekil 6.15. PS numunelerin 2.4 m/dak üretim hızında içerisi dolu ve delikli sıcaklığa bağlı % değişim grafiği

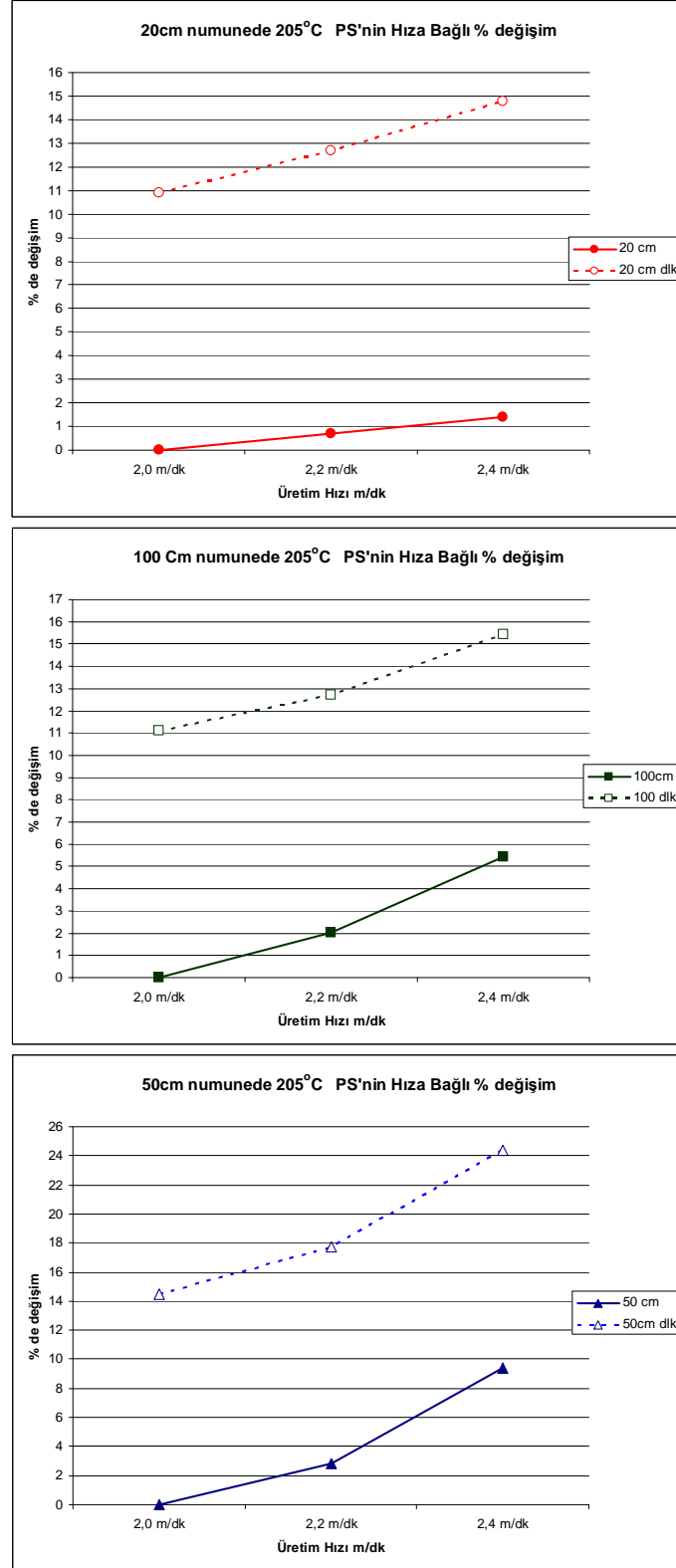
20 cm boyundaki PS numune; 185 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %15 civarında daha fazla ışık iletteği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C her iki numunede ışık şiddetinde %30 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %14 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddetinin içerisi dolu numunede % 20 civarında içerisi delik numunede %23 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %20 civarında azalma görülmekte iken içerisi delik numunede %15 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,4 m/dak numune boyu 20 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

50 cm boyundaki PS numune; 185 °C de İçerisi Delik olan numune dolu numuneye göre %20 civarında daha fazla ışık iletteği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C her iki numunede ışık şiddeti %50 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %18 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddeti içi dolu numunede % 15 civarında bir artış görülmekte. iken içerisi delik numunede%20 civarında artış görülmektedir. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %10 civarında azalma görülmekte iken içerisi delik numunede %12 azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,4 m/dak numune boyu 50 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

100 cm boyundaki PS numune; 185 °C de içerisi delik olan numune dolu numuneye göre %16 civarında daha fazla ışık iletteği görülmektedir. Sıcaklık 195 °C içerisi dolu numunede ışık şiddeti %45 civarında artış görülürken içi delik numunede %55 civarında artış görülmektedir. İki numune arasındaki ışık farkı %25 civarındadır. Sıcaklık 205 °C çıktığında ışık şiddeti her iki numunede % 20 civarında bir artış görülmekte. Sıcaklık 215 °C çıktığında ışık şiddeti içerisi delik numunede %25 civarında azalma görülmekte iken içerisi dolu numunede %22civarında azalma görülmektedir. Üretim hızı 2,2 m/dak numune boyu 100 cm olan numunelerde 205 °C derece iyi sonuç vermektedir.

PS Polimer kullanılarak üretilen numunelerde sıcaklık değişimine bağlı olarak incelendiğinde en iyi sonucu 205°C de verdiği görülmektedir. 205°C deki numunelerin hıza bağlı değişim grafiği incelendiğinde üretim hızındaki en iyi sonuca

olaşırız. 205°C üretilen PS malzemenin üç farklı boylardaki (20–50–100 Cm) üretim hızına bağlı ışık şiddet % artış miktarı grafik gösterimi Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.16. PS 205°C üretilen numunelerin üretim hızına bağlı % değişimi

İçerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken % 0,7 lik bir artış görülürken İçi Delik numunelerde %2,6 artış görülmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken İçerisi dolu numunelerde %0,7 civarında artış gözlemlenirken içerisi delik numunelerde % 2 artış görülmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 20 cm numunelerde en iyi sonucu 2,4 m/dak üretim hızında görülmektedir.

İçerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken % 2,8 lik bir artış görülürken İçi Delik numunelerde %3,2 civarında artış görülmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken İçerisi dolu numunelerde %6,7 civarında artış gözlemlenirken içerisi delik numunelerde % 6,6 civarında artış görülmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 50 cm numunelerde en iyi sonucu 2,4 m/dak üretim hızında görülmektedir.

İçerisi dolu numuneler 2,0 m/dak üretim hızından 2,2 m/dak lık üretim hızına çıkarken her iki numunede % 2 lik bir artış görülmektedir.2,4 m/dak lık üretim hızına çıkarken İçerisi dolu numunelerde %6,5 civarında artış gözlemlenirken içerisi delik numunelerde % 6 civarında artış görülmektedir. Üretim hızlarına göre % değişim 100 cm numunelerde en iyi sonucu 2,4 m/dak üretim hızında görülmektedir.

Sonuç olarak PS Polimer kullanılarak üretilen numunelerin sıcaklıklara bağlı grafikleri incelendiğinde 205°C iyi sonuç verdiğini daha önce belirtmiştik. 205°C sıcaklıkta üretilen numunelerin üretim hızlarına bağlı % grafiği incelendiğinde 2,4m /dak üretim hızında en iyi sonuç verdiği görülmektedir. PS Polimer kullanarak üretilen fiber optik kablolar 205°C 2,4 m/dak üretim hızında doğru sonuç verdiği görülmektedir.

PMMA Polimer kullanarak üretilen fiber optik kablolarda ışık şiddetindeki en iyi değer 220°C 2,2 m/dak üretim hızında gerçekleşmiştir. PS Polimer kullanarak üretilen fiber optik kablolar 205°C 2,4 m/dak üretim hızında en iyi ışık şiddetine ulaşılmıştır. Tablo 6.9'da PMMA ve PS numunelerin en iyi ışık şiddetlerinin karşılaştırılması gösterilmektedir.

Tablo 6.9. PMMA ve PS polimer kullanılarak üretilen fiber optik kabloların en iyi ışık şiddetlerinin karşılaştırılması

Numune uzunluğu (cm)	PMMA (kLux)	PS (kLux)
20	12,18	5,76
20 dlk	13,7	6,52
50	6,35	3,33
50 dlk	7,15	3,78
100	3,17	1,55
100 dlk	3,5	1,7



(a)



(b)

Şekil 6.17. (a) PMMA malzemedan üretilen en iyi ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi
(b) PMMA malzemedan üretilen en kötü ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi

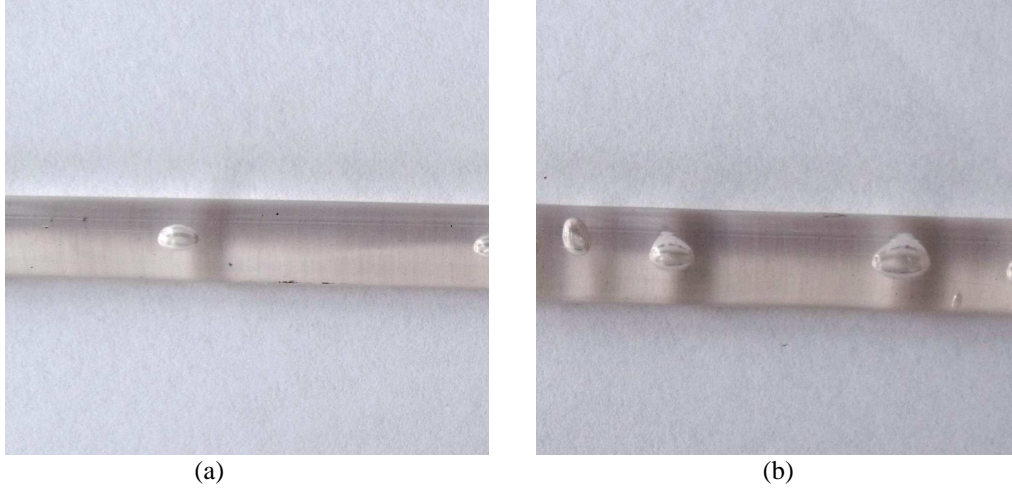


(a)

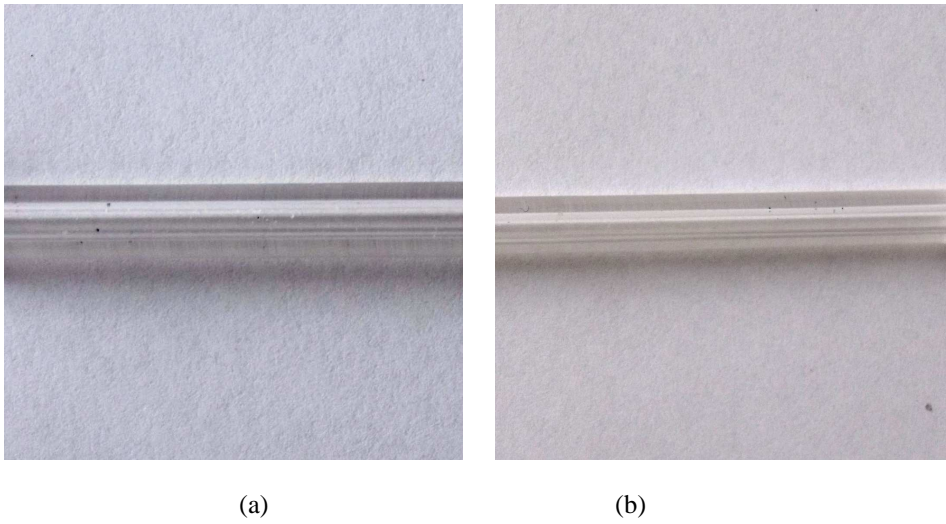


(b)

Şekil 6.18. (a) PMMA malzemedan üretilen delikli en iyi ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi
(b) PMMA malzemedan üretilen delikli en kötü ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi



Şekil 6.19. (a) PS malzemeden üretilen en iyi ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi
(b) PS malzemeden üretilen en kötü ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi



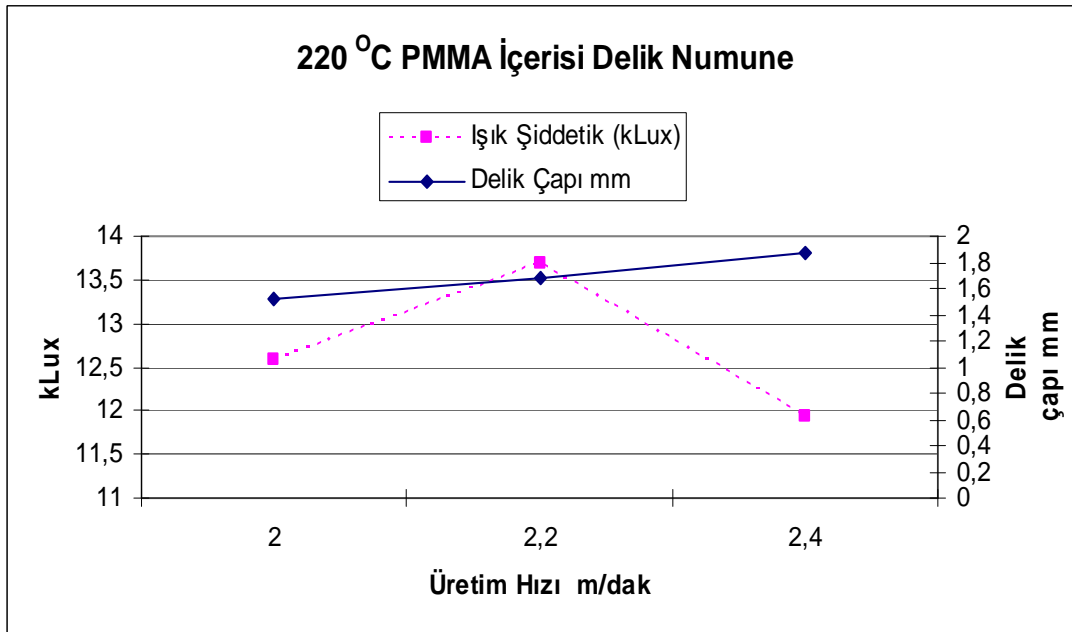
Şekil 6.20. (a) PS malzemeden üretilen delikli en iyi ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi
(b) PS malzemeden üretilen delikli en kötü ışık iletimi sağlayan fiber optik kablo resmi

Tablo 6.10. 220°C PMMA ve PS numunelerin üretim hızına bağlı çap ölçüleri

Üretim hızı	Numune Profili	2 m/dak		2.2 m/dak		2.4 m/dak	
		PMMA	PS	PMMA	PS	PMMA	PS
D1		10,0 mm	10,0 mm	9,92 mm	9,9	9,84 mm	9,82
		10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	10,0 mm	10 mm	10,0 mm
D2		1,52 mm	1,58 mm	1,68 mm	1,78 mm	1,88 mm	1,98 mm

Tablo 6.11. 220 °C PMMA içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları

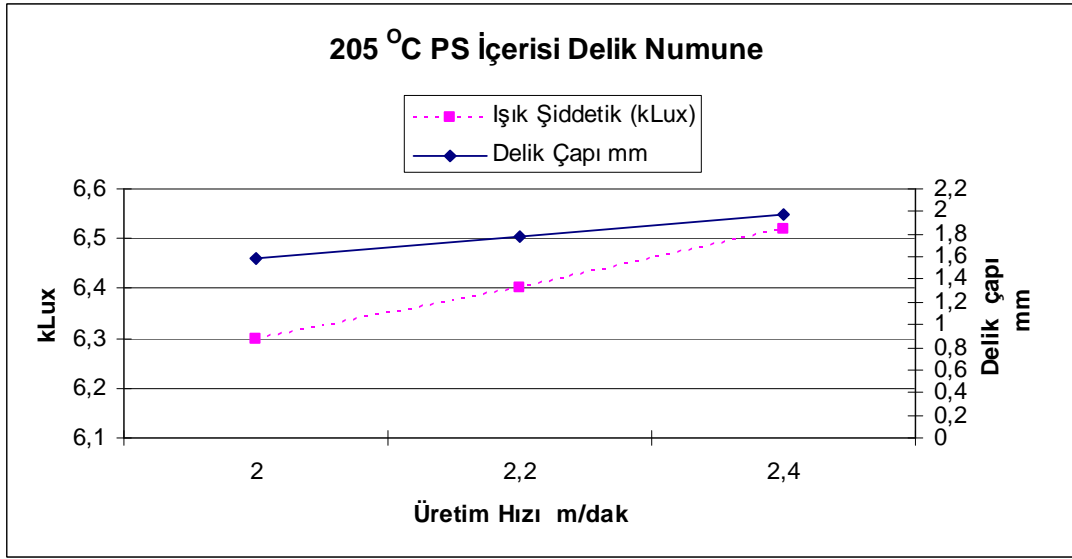
220 °C PMMA İçerisi Delik Numune		
Üretim Hızı (m/dak)	Işık Şiddeti (kLux)	Delik Çapı (mm)
2	12,58	1,52
2,2	13,7	1,68
2,4	11,94	1,88



Şekil 6.21. 220 °C PMMA içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çaplarının karşılaştırıldığı grafik

Tablo 6.12. 205 °C PS içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları

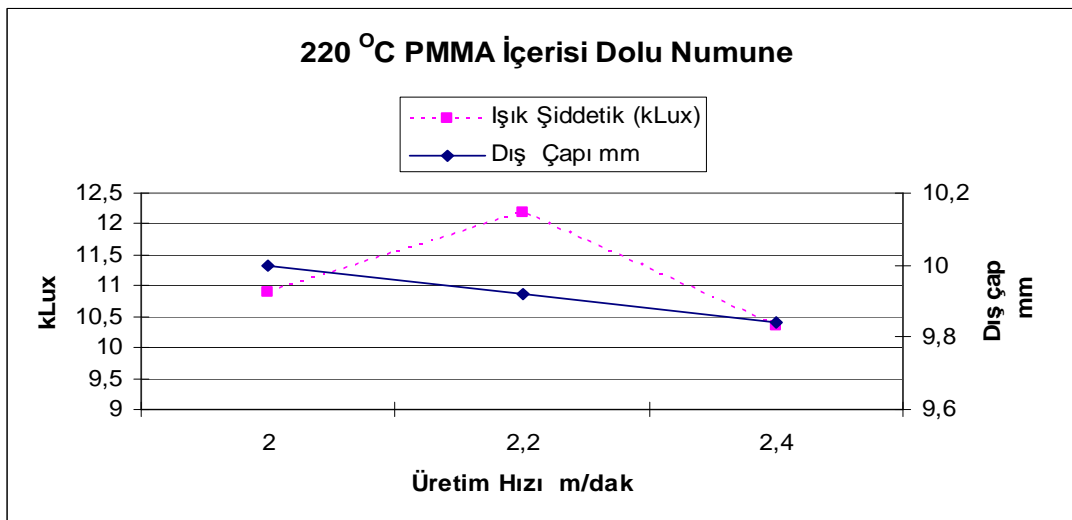
205 °C PS İçerisi Delik Numune		
Üretim Hızı (m/dak)	Işık Şiddeti (kLux)	Delik Çapı (mm)
2	6,3	1,58
2,2	6,4	1,78
2,4	6,52	1,98



Şekil 6.22. 205 °C PS içerisi delik numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çaplarının karşılaştırıldığı grafik

Tablo 6.13. 220 °C PMMA içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çapları

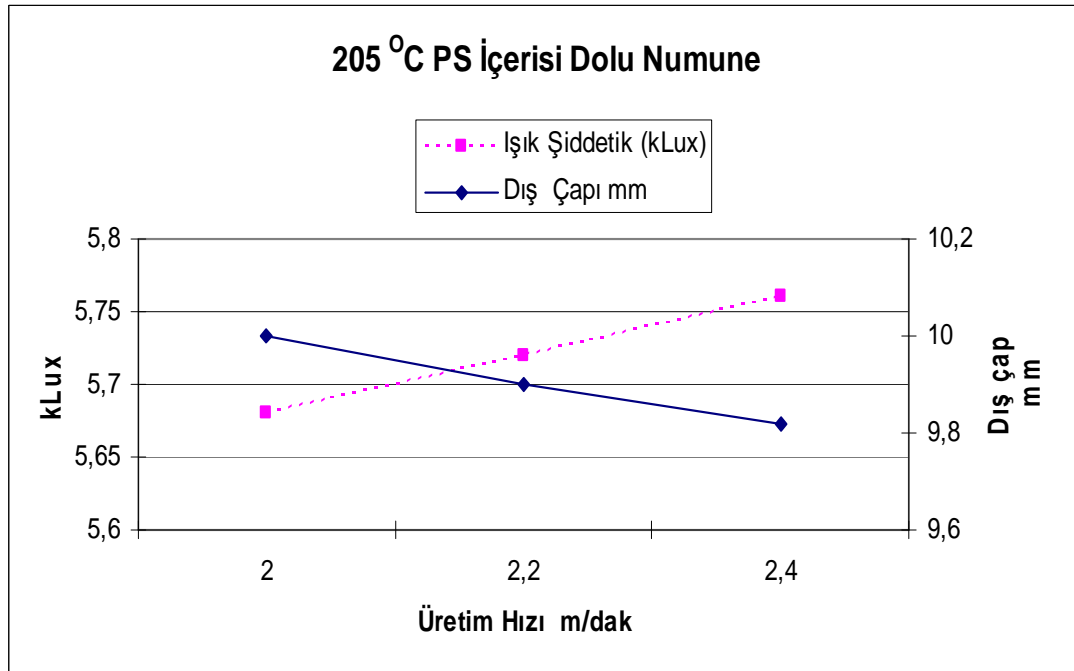
220 °C PMMA İÇERİSİ DOLU NUMUNE		
Üretim Hızı (m/dak)	Işık Şiddeti (kLux)	Dış Çapı (mm)
2	10,9	10
2,2	12,18	9,92
2,4	10,36	9,84



Şekil 6.23. 220 °C PMMA içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çaplarının karşılaştırıldığı grafik.

Tablo 6.14. 220 °C PS içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve delik çapları.

205 °C PS İçerisi Dolu Numune		
Üretim Hızı (m/dak)	Işık Şiddeti (kLux)	Dış Çapı (mm)
2	5,68	10
2,2	5,72	9,9
2,4	5,76	9,82



Şekil 6.24 205 °C PS içerisi dolu numunelerin üretim hızına bağlı ışık şiddeti ve dış çaplarının karşılaştırıldığı grafik.

BÖLÜM 7. TARTIŞMALAR VE ÖNERİLER

7.1. Tartışmalar

Ekstrüzyon yöntemiyle büyük çaplı fiber optik kabloların üretiminin gerçekleştirildiği bu çalışmada fiber optik kabloların üretiminde kullanılan PMMA ve PS polimer malzemeler kullanılarak üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan ilk çalışmada üretilen numuneler üzerinde hava kabarcıkları olduğu tespit edilmiş. Hava kabarcıklarının giderilmesi için yapılan araştırmada üretilen numunelerin kesitlerinin fazla olduğu için polimer içerisinde bulunan gazların atılması için ekstrüzyona girmeden fırınlamanın gazı tamamen atması için yeterli olmadığı fakat büyük ölçüde azatlığı görülmüştür. Üretimde kullanılan ekstrüdere makinesinde daha önce PMMA ve PS polimerler işlendiği fakat üretilen ürünlerin kesitlerinin az olduğu için gaz kabarcıkları olmadı bilinmektedir. Üretilen numunelerin gaz kabarcığının giderilmesi için profil kesitini inceltirilerek gaz çıkışının ortadan çıkması düşünülmüştür. Boru profilli fiber optik kablo üretilmesi için kalıp üzerinde değişiklik yapılarak 10 mm çapında ve delik çapı 1.5 mm olan numuneler üretilmiş numuneler üzerinde hava kabarcıkları yok denecek kadar azaltılmıştır.

Moradi ve arkadaşları [11] yapmış oldukları çalışmada fiber optik kablolarda gaz kabarcıkları görülmüşlerdir. Bu durum yaptığımız çalışmaya paralellik arz etmektedir.

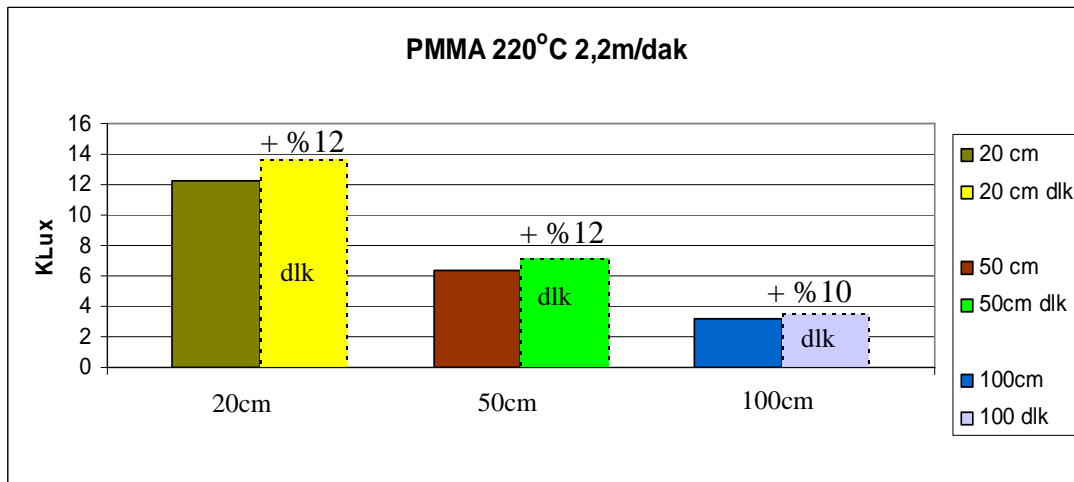
Ferenets ve arkadaşlarının [13] yaptığı çalışmalarda da tek vidalı ekstrüzyon makinesi ile ürettikleri fiber optik kablolarda gaz kabarcıkları görülmüş. Çift vidalı konik tasarımlı ekstrüzyon vidası ve kovani bulunan ekstrüzyon makinesi ile yaptıkları çalışmada gaz kabarcıkları ortadan kalktığını görmüşlerdir. Sonuç olarak tek vidalı ekstrüderde gaz kabarcıkları görülmesi yaptığımız çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Hava kabarcıklarının tamamen giderilmesi için çift vidalı konik tasarımlı ekstrüzyon vidası ve kovanı bulunan ekstrüzyon makinesi kovan tasarımında gaz alma bacası bulunan ekstrüzyon makinesi kullanılması gerekli olduğu ifade edilmektedir.

Ferenets ve arkadaşlarının [13] yaptığı çalışmalarda PMMA fiber optik için ideal sıcaklığı 248°C olduğunu ifade etmişlerdir. Yapmış olduğumuz tez çalışmasında ideal sıcaklık 220°C bulunmuştur. Ferenets ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda fiber optik kablunun kalıp meme çapı 1.5mm ve üretilen numunenin kalınlığı 415mikron çapındadır. Ekstrüderden (1.5mm çapında) 415 mikron çapa sünerek incilmesi için yüksek sıcaklıkta çıkış sıcaklığının olması gerektiği düşünülmektedir. Yapmış olduğumuz tez çalışmasında üretilen numunenin kalıp meme çapı 10mm olduğu çıkış sıcaklığının yükseltilmesi durumunda polimerin viskosesinin arttığı kalıptan çıktıktan sonra sünemeye başladığı kalibre duvarlarına temas etmediği için dış yüzeylerin düzgün olmadığı ve numunede eğrilmeler olduğu görülmüştür.

Harlin ve arkadaşları [12] çalışmalarında PMMA polimer kullanılarak üretilen fiber optik kablo için proses sıcaklıklarını 175-220°C arasında yapılabileceğini belirtmişlerdir. Bu sıcaklık değerleri yaptığımız çalışmayla benzerlik göstermektedir.

Ağiroğlu [16] yaptığı çalışmada polimer optik fiberlerin uzunluğu arttıkça ışık kayıplarının arttığını görmüş olup bu çalışmayla paralellik arz etmektedir.



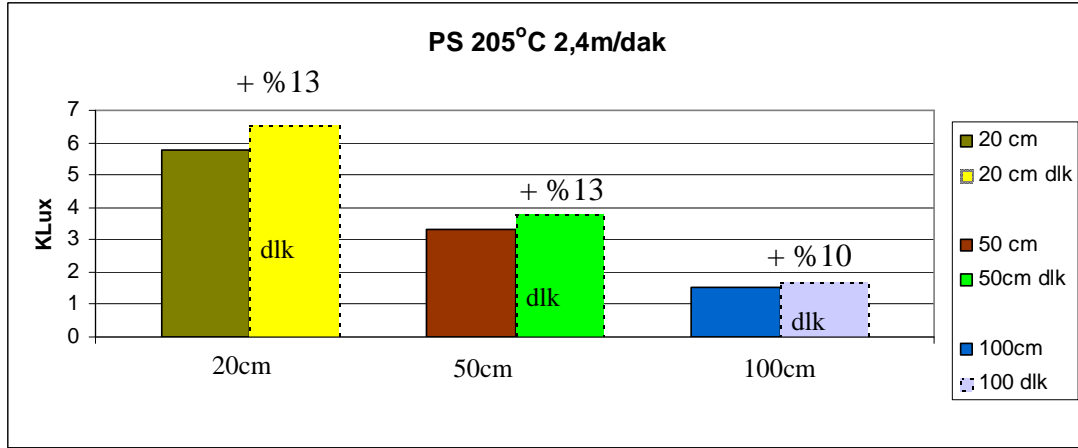
Şekil 7.1. PMMA 220°C 2,2m/dak üretim hızında kLux değeri ve % artış miktarı

Tablo 7.1 PMMA'nın 220 °C 2,2 m/dak üretim hızındaki ortalama kazanç ve kayıplar

Dolu ve Delikli Numune		
Numune uzunluğu cm	kLux	% Kazanç
20	12,18	+ % 12,48
20 dlk	13,7	
50	6,35	+ % 12,6
50 dlk	7,15	
100	3,17	+ % 9,42
100 dlk	3,5	
Dolu Uzunluğa Göre Kayıplar		
Numune uzunluğu cm	kLux	% Kayıp
20	12,18	- % 47,87
50	6,35	
50	6,35	- % 50
100	3,17	
20	12,18	- % 73,97
100	3,17	
Delikli Uzunluğa Göre Kayıplar		
Numune uzunluğu cm	kLux	% Kayıp
20 dlk	13,7	- % 45,26
50 dlk	7,15	
50 dlk	7,15	- % 53,33
100 dlk	3,5	
20 dlk	13,7	- % 74,45
100 dlk	3,5	

PMMA polimer malzeme kullanılarak üretilen numunelerde ideal sıcaklık ve ideal üretim hızında % artış miktarı ve kLux değerleri Tablo7.1'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde 20 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 12,48 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 50 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 12,6 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 100 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 9,42 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 20 cm içerisi dolu numuneler 50 cm içerisi dolu numunelere göre % 47 daha az ışık iletmişlerdir. 20 cm içerisi delik numuneler 50 cm içerisi delik numunelere göre % 45,26 daha az ışık iletmişlerdir. 50cm içerisi dolu numuneler 100 cm içerisi dolu numunelere göre % 50 daha az ışık iletmişlerdir. 50 cm içerisi delik numuneler 100 cm içerisi delik numunelere göre %53,33 daha az ışık iletmişlerdir.

20cm içerisi dolu numuneler 100 cm içerisi dolu numunelere göre % 73,97 daha az ışık iletmışlerdir. 20cm içerisi delik numuneler 100 cm içerisi delik numunelere göre %74,45 daha az ışık iletmışlerdir.



Şekil 7.2. PS 205°C 2,4m/dak üretim hızında kLux değeri ve % artış miktarı

Tablo 7.2. PS nin 220 °C 2,2 m/dak üretim hızındaki ortalama kazanç ve kayıplar

Dolu ve Delikli Numune		
Numune uzunluğu cm	Klux	% Kazanç
20	5,76	+ % 13,19
20 dlk	6,52	
50	3,33	+ % 13,5
50 dlk	3,78	
100	1,55	+ % 9,67
100 dlk	1,7	
Dolu Uzunluğa Göre Kayıplar		
Numune uzunluğu cm	Klux	% Kayıp
20	5,76	- %42,18
50	3,33	
50	3,33	- % 53,45
100	1,55	
20	5,76	- %73
100	1,55	
Delikli Uzunluğa Göre Kayıplar		
Numune uzunluğu cm	Klux	% Kayıp
20 dlk	6,52	- % 42
50 dlk	3,78	
50 dlk	3,78	- % 55
100 dlk	1,7	
20 dlk	6,52	- % 73,92
100 dlk	1,7	

PS polimer malzeme kullanılarak üretilen numunelerde ideal sıcaklık ve ideal üretim hızında % artış miktarı ve KLux değerleri Tablo 7.2’de verilmiştir. Grafik incelendiğinde 20 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 13,19 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 50 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 13,5 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 100 cm boyundaki içerisi delik numune içerisi dolu numuneye göre % 9,67 daha fazla ışık ilettiği görülmüştür. 20 cm içerisi dolu numuneler 50 cm içerisi dolu numunelere göre % 42,18 daha az ışık iletmişlerdir. 20cm içerisi delik numuneler 50 cm içerisi delik numunelere göre % 42 daha az ışık iletmişlerdir. 50 cm içerisi dolu numuneler 100 cm içerisi dolu numunelere göre % 53,45 daha az ışık iletmişlerdir. 50 cm içerisi delik numuneler 100 cm içerisi delik numunelere göre % 55 daha az ışık iletmişlerdir. 20 cm içerisi dolu numuneler 100 cm içerisi dolu numunelere göre % 73 daha az ışık iletmişlerdir. 20 cm içerisi delik numuneler 100 cm içerisi delik numunelere göre % 73,92 daha az ışık iletmişlerdir.

7.2. Öneriler

1. Gaz kabarcıklarının içi dolu ürünlerde yok edilmesi için gaz alma sistemi bulunan veya çift vidalı konik tasarımlı ekstrüzyon vidası ve kovani bulunan ekstrüzyon makinesi kullanılarak üretim işlemi gerçekleştirilebilir.
2. Mevcut gaz kabarcıklı haliyle de ürünler dekoratif malzeme olarak kullanılabilir (merdiven korkulukları, askılıklar, perde ray çubukları vb.)
3. Polimer malzemelere ekstrüzyon esnasında şeffaflığın arttırılmasına yönelik bir takım katkıların kullanılması çalışılabilir.
4. Polimer malzemelere ekstrüzyon esnasında esnekliği arttırılmasına yönelik bir takım katkıların kullanılması çalışılabilir.
5. Ürünlerin kılıflanması işlemi hem co-ekstrüzyon, hem de ürün çekirdeğinin ikincil olarak kablo kaplama tekniğiyle ekstrüzyona verilerek kaplanması işlemi ayrı ayrı çalışılabilir. Böylece farklı üretim teknikleri ortaya konabilir. Fiber optik kabloların daha esnek yapıda (rulo haline getirilebilmesi işlemi gibi) üretilebilme çalışması yürütülebilir.
6. Fiber optik kablo üretim yöntemlerinden fiber çekme yöntemi kullanılarak üretimi yapılabilir.

7. Farklı çaplarda fiber optik kablo üretilerek ışık Şiddetleri llmelidir.
8. PS Polimer kullanılarak çekme hızı 2,4 m/dak üzerindeki hızlarda fiber optik kablo üretimi yapılabilir.
9. PMMA ve PS polimer malzemeler için tasarlanmış ekstrüder vidaları kullanarak üretim yapılabilir.
10. Otomatik doldurma nitesi bulunan kurutma fırını kullanılarak üretim yapılabilir.
11. Ekstrüder vidası tasarımında gaz alma nitesi bulunan ekstrüder makinesinde çalışma yapılabilir.
12. Çift vidalı konik ekstrüder makinesinde çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] DEMİRER A., SOYDAN Y., NART E., Büyük Çaplı Fiber Optik Kabloların Ekstrüzyon Yöntemi İle Üretim Teknolojisinin Geliştirilmesi. Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Sonuç Raporu. 2010 2
- [2] AĞIRGÖLU O. , Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. ANKARA 2006
- [3] MENTEŞEOĞLU D., Yeni Nesil Aydınlatma Sistemleri Seminer Notu. Elektrik Mühendisleri Odası. 23 Mart 2011
- [4] MONRAY T., BOOM H., KOONEN A., KHOE G., WATANABE Y., KOIKE Y., ISHIGURE T., Data transmission over polymer optical fiber. Optical Fiber Technology 9(2003) 159-171
- [5] GHISÌ E., TINKER J., EVALUTİNG the potential for energy saving on lighting by integrating fiber optics in buldings, Buldings and Environment 41 (2006) 1611-1621
- [6] LIANG D., MONTEIRO F., TEIXEIRA M., MONTEIRO M., PEREIRA M., Fiber-Optic solar energy transmission and concentration, Solar Energy Materials and Solar Cells 54 (1998)323-331
- [7] REBOURGEARD P., RONDEAUX F., BESNARD G. BLUMENFELD, BOURDINAUD M., CALVET J., CAVAN C., CHIPAUX R., GIGANON A., HEITZMANN J., JEANNEY C., MICOLON P., NEVEU M., PEDROL T., PIERREPONT D., THÉVENİN J., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 427 (1999) 543-567
- [8] HARLİN A., MAKİNEN M., VUORVİRТА A., Development of Polymeric Optical Fiber Fabrics As Illumination elements and Textile Display., Tampere University of Technology, Autex Research Journal Vol.3, No1, March 2003
- [9] FERENETS M., MYLLYMAKI H., GRAHN K., SIPILA A. , HARLIN A., Manufacturing Methods for Multi Step Index Plastic Optical Fiber Materials , Tampere University of Technology , Autex Research Journal Vol.4, No3, December 2004
- [10] KANDİLLİ C., TÜRKÖĞLU A.K., ÜLGEN K., Gün ışığı aydınlatma sisteminin tanıtımı ve performansının değerlendirilmesi. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü. Tübitak-Ume Optik Grubu Laboratuvarı. İZMİR
- [11] MORADI S., EBRAHİMİ N.G. , GRANPAYEH N.A. MORAVVEG M.K., A Fast And Simple Method For Fabrication of Polymer Optical Fiber
- [12] HARLIN A., MYLLYMAKI H., GRAHN K., Polimeric Optical Fiber and Future Prospect in Textile İntegration, Tampere University of Technology , Autex Research Journal Vol.2, No3, September 2002

- [13] POLISHUK P. , Plastic Optical Fiber Banch Out. President & CEO , IGI Consulting , Inc. Co-Cahir&Secretarial, Plastic Fiber Trade Organization May 30 2006
- [14] GÜRÜN E. Güneş Enerjili – Fiber Optik Aydınlatma Sistem Tasarımı. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2002
- [15] SEDAT Ö., Fiber Optik, Birsen Yayınevi, İSTANBUL 2001
- [16] ÜKTE A. , Fiber Optik Kablo Üretim Tekniklerinin İncelenmesi, Pamukkale Üniversitesi Fenbilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , DENİZLİ 2002
- [17] KARAMAN M. , İç ve Dış Aydınlatmanın Fiber Optik Kablo ve Pv Panelleri Aracılığı İle Güneş Enerjisinden Yararlanılarak Gerçekleştirilmesi ve Maliyetinin Çıkarılması. , Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2003
- [18] ANONİM , Fiber Optik , Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Uçak Bakım , ANKARA 2008
- [19] YAMAN D., Işığın Renklendirilmesi ve Dekoratif Aydınlatma Sistemlerinin Otellerdeki Kullanımı. Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2005
- [20] KURTARAN S. , Işık ve Işığın Dalga Boyu , Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , ESKİŞEHİR 1999
- [21] EMSİLE C. , Review Polymer Optical Fiber , Electronics and Coputer Science , University of Southampton Optical Fibre Group , Southampton UK, Journal of Materials Science 23 1988
- [22] PARK C.W. Manufacture of POF, Chemical Engineering, Universty of Florida Gainesville, USA
- [23] ÖZKAN G., ONAYGİL S. Optik Lifli Aydınlatma Sistemleri, 3e Degisi Bilişim Yayınları İSTANBUL Mart 1998
- [24] www.lamp83.com Erişim Tarihi 2011
- [25] www.lucfelighting.com Erişim Tarihi 2011
- [26] DURSUN B.,ULUSOY I., Fotovaltık ve Fiber Optik Sistemlerin Aydınlatma Sistemlerinde kullanılması , Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Gebze KOCAELİ
- [27] www.polimernedir.com Erişim Tarihi 2011
- [28] KOIKE Y., ISHIGURE T.,NIHEI E. , High – Bandwidth Graded-Index Polmer Optical Fiber , Journal of Lightwawe Technolygy , vol 13, no 7 , July 1995
- [29] YAŞAR H. , Plastikler Dünyası , Makine Mühendisler Odası Yayını , ANKARA ,Mayıs 2001
- [30] www.polimerprossesing.com Erişim Tarihi 2011
- [31] İSPİR E., SERİN S, Polisiloksanlar ve Kullanım Alanları , KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(2), 2006
- [32] PIŞKİN E., Polimerler II Mühendislik Polimerleri Pegev Yayınları İSTANBUL 1999
- [33] SAÇAK M. , Polimer Teknolojisi , Gazi Kitabevi , Ağustos 2005 ANKARA

- [34] DEMİRCİ A. Plastik Ekstrüderlerinde Isıtma Soğutma Proseslerinin İncelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2010
- [35] ANONİM , Ekstrüzyon Makinelerinde Üretim , Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki Eğitim Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP) Plastik Teknolojisi , ANKARA 2008
- [36] TOKGÖZ Ü. Plastik Boru İmalatında Boru Kalibresinde Termoelektrik Soğutma Uygulaması ve Kontrolü , Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2008
- [37] AKKURT S. , Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi ve Kalıp Tasarımı , Birsen Yayınevi İSTANBUL 2007
- [38] Enformak Plastik Teknolojileri Sanayi Ticaret A.Ş. Firma Katalogu.
- [39] www.alibaba.com Erişim Tarihi 2011
- [40] EKŞİ O. Plastik Esaslı Malzemelerin Isıl Şekil Verme Özelliklerinin İncelenmesi , Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , EDİRNE 2007
- [41] YILMAZ O. , Polimer Malzemelerin Ekstrüzyonunun Deneysel ve Sayısal Olarak İncelenmesi , İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi , İSTANBUL 2007

ÖZGEÇMİŞ

Osman ÖZDAMAR 1976 yılında Bucak'ta doğdu. İlkokulu Bucak Atatürk İlkokulunda, Orta Okulu Bucak Endüstri Meslek Lisesi Orta kısmında tamamladı.

1994 yılında Bucak Endüstri Meslek Lisesi Tesviye bölümünden mezun oldu.

1996 yılında Selçuk Üniversitesi İlgın Meslek Yüksekokulu Makine Bölümünden, 2000 yılında ise Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Öğretmenliği bölümünden mezun oludu.

2000-2005 yılları arasında özel sektörde çalıştı. 2005 yılından itibaren Osmaneli Meslek Yüksekokulunda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır.