

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇİ BOŞ LİF ÜRETİMİNDE BAZI PARAMETRELERİN
LİF ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Fatma Feryal ÖZÇELİK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL BİLİMLERİ ANABİLİM DALI**

BURSA 2005

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İÇİ BOŞ LİF ÜRETİMİNDE BAZI PARAMETRELERİN
LİF ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Fatma Feryal ÖZÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 26.10.2005 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.



Yrd.Doç.Dr. Esra KARACA
Danışman



Prof.Dr. Ashi HOCKENBERGER
Üye



Prof.Dr. Ali BAYRAM
Üye

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, içi boş liflerden oluşmuş FDY multifilamentlerin üretiminde önemli bazı parametrelerin, multifilament ipliğin bazı kullanım özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesidir. Bu amaçla üç farklı üretim parametresi kullanılmıştır. Bunlar iplik sarım hızı, üfleme havası sıcaklığı ve düze enine kesit şeklindedir.

Bu ipliklerden çeşitli özelliklerin test edilebilmesi için örme kumaşlar üretilmiştir. İplik ve kumaş numunelerinin mekanik, optik ve boya alma özellikleri farklı tekstil test metodları ile incelenmiştir. Multifilament iplik numuneleri için düzgünsüzlük, dayanım, modül, uzama ve kaynama çekme testleri; örme kumaş numuneleri için kalınlık ve gramaj, boncuklaşma eğilimi, dikey yönde kılcal ıslanma ve boya alımı testleri yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: içi boş lif, polietilentereftalat (PET),lif enine kesidi, FDY, örme kumaş, mekanik özellik, düzgünsüzlük, kılcal ıslanma, boya alımı

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the effects of important parameters in production of hollow FDY multifilament yarn on some of their end-use properties. Three different spinning parameters were determined for this aim. These parameters are winding speed, quench air temperature and cross-sectional shapes of nozzle hole.

Knitted fabrics were produced from these yarns for testing various properties. Mechanical, optical and dyeability properties of the samples of yarns and knitted fabrics were investigated by different textile test methods. Tests for evenness, strain, tenacity, modulus, yarn shrinkage in boiling water were performed on the multifilament yarn samples. Tests for thickness and weight in grams, pilling, wicking and dyeability were performed on the knitted fabrics.

Key Words: hollow fiber, poly(ethylene terephthalate) (PET), fiber cross-section, FDY, knitted fabric, mechanical properties, evenness, wicking, dyeability

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. PET Esaslı Poliester Polimer Üretimi	8
2.1.1. Polimer Üretimindeki Hammaddeler.....	8
2.1.2. Esterleşme Reaksiyonu.....	9
2.1.3. Polikondenzasyon Reaksiyonu.....	12
2.2. Eriyikten Çekim Yöntemiyle Poliester İplik Üretimi.....	15
2.2.1. Direkt Çekim Sistemiyle FDY İplik Üretimi.....	17
2.2.2. Ekstruderli (Cips Beslemeli) Sistemle FDY İplik Üretimi.....	18
2.2.3. Düzeye Altında Lif Oluşumu ve Bobinaj ile Farklı Poliester İplik Üretimi.....	23
2.3. Poliesterin Boyanması.....	29
2.3.1. Dispers Boyarmaddeler.....	30
2.3.1.1. Carrier Yöntemi.....	32
2.3.1.2. Termosol Yöntemi.....	34
2.3.1.3. HT Yöntemi	34
2.3.2. Renk ve Renk Uzayı.....	35
2.3.3. Renk Ölçümü ve Renk Düzenleme Sistemleri.....	36
2.3.4. CIE Renk Belirleme Sistemi ve Renk Formülasyonları.....	36
2.4. Poliester Lif Özellikleri.....	39
2.4.1. Morfolojik Yapı ve Özellikleri.....	40
2.4.2. Fiziksel Özellikleri.....	45
2.4.2.1. Görünüş.....	45
2.4.2.2. Özgül Ağırlık.....	48
2.4.2.3. Mukavemet.....	48
2.4.2.4. Kopma Uzaması.....	49
2.4.2.5. Nem Absorbsiyonu.....	50
2.4.2.6. Aşınma Dayanıklılığı.....	51
2.4.3. Termal Özellikleri	51
2.4.4. Kimyasal Özellikleri	51
2.5. İçi Boş Lif Üretimi.....	52
2.5.1. İçi Boş Lif Üretiminde Kullanılan Düzeye Profilleri.....	53
2.5.2. Düzeye Delik Şeklinin Lif Özellikleri Üzerine Etkileri.....	55
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	57
3.1. Materyal Tanımı.....	57
3.2. Kullanılan Test Yöntemleri ve Cihazlar.....	65
3.2.1. İplik Kalınlığı Testi	65

3.2.2. Kaynama-Çekme Testi	66
3.2.3. Mukavemet, Uzama ve Modül Testi	67
3.2.4. Düzensizlik Testi	68
3.2.5. Kumaş Kalınlığı Ölçümü.....	69
3.2.6. Kumaş Gramajı Ölçümü.....	70
3.2.7. Boncuklaşma (Pilling) Testi.....	70
3.2.8. Kumaşların Renk Analizi.....	71
3.2.9. Wicking Testi (Dikey Kılcal Islanma “Şerit” Testi).....	72
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	74
4.1. İplik Kalınlığı Test Sonuçları.....	74
4.2. Kaynama Çekme Değişimi.....	75
4.3. Mukavemet, Uzama ve Modül Değişimi.....	77
4.4. Düzensizlik Değişimi.....	82
4.5. Kumaş Kalınlığı Değişimi.....	83
4.6. Kumaş Gramajı Değişimi.....	84
4.7. Kumaşların Boncuklaşma Değişimi.....	86
4.8. Kumaşların Renk Değerlerinin Değişimi.....	87
4.9. Kumaşların Dikey Kılcal Islanma Değişimi.....	91
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	98
KAYNAKLAR.....	102
EKLER.....	105
TEŞEKKÜR.....	113
ÖZGEÇMİŞ.....	114

SİMGELER DİZİNİ

a*	Kırmızı-Yeşil Ekseni Değeri	
b*	Sarı-Mavi Ekseni Değeri	
C*	Kromanın Sayısal İfadesi	
d ₁	Lif İç Çapı	(mm)
d ₂	Lif Dış Çapı	(mm)
h	Renk Açısı	(⁰)
K/S	Yansıyan ışığın matematiksel ifadesi	
L	Çile Uzunluğu	(m)
L*	Beyaz-Siyah Ekseni Değeri (ışıklılık)	
Sb(Ac) ₃	Antimontriasetat	
T _g	Camsı Geçiş Sıcaklığı	(⁰ C)
TiO ₂	Titanyumdioksit	
%U _m	Düzensüzlük değeri	
ΔE	Toplam Renk Farkı	

KISALTMALAR

DGT	Diglikol Tereftalat
DMT	Dimetil Tereftalat
EG	Etilen Glikol
FDY	Tamamen Çekilmiş İplik
IV	Intrinsik Viskozite
PET	Polietilen Tereftalat
POY	Kısmi Oryante İplik
PTA	Saf Tereftalik Asit
R01	Esterleşme Reaktörü 1
R02	Esterleşme Reaktörü 2
R03	Ön Polimerizasyon Reaktörü 3
R04	Ön Polimerizasyon Reaktörü 4
R05	Polimerizasyon Reaktörü 5

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Esterleşme reaksiyonu.....	10
Şekil 2.2	Esterleşme ve polikondenzasyon ünitesi.....	11
Şekil 2.3	Polikondenzasyon reaksiyonu.....	13
Şekil 2.4	1000 kg PET polimer için gerekli hammadde miktarları.....	14
Şekil 2.5	Granülatör (cips kesme) ve depolama sistemi.....	15
Şekil 2.6	Eriyikten çekim.....	16
Şekil 2.7	Soğutma kabini.....	17
Şekil 2.8	Cips kristalizasyon ve kurutma sistemi.....	18
Şekil 2.9	Ekstrüder.....	20
Şekil 2.10	Ekstrüder vidası.....	20
Şekil 2.11	Ekstrüderli (cips beslemeli) FDY iplik üretim hattı.....	22
Şekil 2.12	Sarım hızı ile mukavemet ve modül değişimi.....	26
Şekil 2.13	Sarım hızı ile kaynama çekme değişimi.....	26
Şekil 2.14	FDY ve POY iplik üretim hattı.....	28
Şekil 2.15	Bobinaj kafası.....	29
Şekil 2.16	Dispers Blue 1'in antrakinon yapısı.....	30
Şekil 2.17	Boyarmadde absorpsiyonuna sıcaklığın etkisi.....	31
Şekil 2.18	Dispersol Fast Scarlet B 150' nin çekim hızına Tumescal D'nin etkisi.....	33
Şekil 2.19	CIELAB 1976 Renk uzayı.....	37
Şekil 2.20	Amorf polimer yapısı.....	40
Şekil 2.21	Yarı-kristalin bir polimer yapısı için ilk öne sürülen iki fazlı misel modeli.....	42
Şekil 2.22	Yarı-kristalin bir polimer için öne sürülen saçaklı misel modeli.....	42
Şekil 2.23	Şiş-kebab yapı modeli.....	43
Şekil 2.24	Kristal ve amorf bölgelerin yönlenmeden sonraki hali.....	44
Şekil 2.25	Dairesel lif kesidinden ışığın yansıması.....	46
Şekil 2.26	Oval, triangular ve fasulye benzeri lif kesidinden ışığın yansıması.....	46
Şekil 2.27	Trilobal ve multilobal lif kesidinden ışığın yansıması.....	47
Şekil 2.28	Sarım hızı ve viskozite değişiminin yoğunluk üzerine etkisi.....	48
Şekil 2.29	İlk modül.....	50
Şekil 2.30	İçi boş lif üretimine uygun farklı düze delik tipleri.....	54
Şekil 3.1	Pilot tesis iplik üretim hattı.....	57
Şekil 3.2	Düze delik profilleri.....	59
Şekil 3.3	Lif enine kesitleri.....	60
Şekil 3.4	Sıcak godetler.....	62
Şekil 3.5	Laboratuar tipi yuvarlak örme makinası.....	64
Şekil 3.6	Boyama eğrisi.....	65
Şekil 3.7	Çile hazırlama çıkırığı.....	66
Şekil 3.8	Kaynama çekme testi cihazı.....	67
Şekil 3.9	Statimat cihazı.....	68
Şekil 3.10	Düzensüzlük test cihazı.....	69
Şekil 3.11	ICI Pilling Box test cihazı.....	71
Şekil 3.12	Spektrofotometre.....	72
Şekil 3.13	Wicking test düzeneği.....	73
Şekil 4.1	İplik kalınlığı değişimi.....	74
Şekil 4.2	Üretim tipi ile iplik kaynama-çekmesi değişimi.....	76
Şekil 4.3	Üretim tipi ile iplik maksimum yükü (N) değişimi.....	78
Şekil 4.4	Üretim tipi ile iplik maksimum uzaması (%) değişimi.....	79

Şekil 4.5	Üretim tipi ile iplik maksimum dayanımı (cN/dtex) değişimi.....	80
Şekil 4.6	Üretim tipi ile iplik modül değişimi.....	81
Şekil 4.7	Üretim tipi ile iplik düzgünlük ($%U_m$) değişimi.....	82
Şekil 4.8	Üretim tipi ile kumaş kalınlığı değişimi.....	84
Şekil 4.9	Üretim tipi ile kumaş gramajı değişimi.....	85
Şekil 4.10	ICI pilling box standart fotoğrafları.....	86
Şekil 4.11	Üretim tipi ile kumaşların L^* değişimi.....	87
Şekil 4.12	Üretim tipi ile kumaşların K/S değişimi.....	89
Şekil 4.13	Üretim tipi ile kumaşların C^* değişimi.....	90
Şekil 4.14	(4500-17) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi.....	92
Şekil 4.15	(5500-17) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi.....	94
Şekil 4.16	(4500-22) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi.....	95
Şekil 4.17	(5500-22) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi.....	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1	Sentetik iplik ve elyaf üretim tahminleri.....	4
Çizelge 2.1	Poliester iplik üretiminde önemli parametreler ve özellikler.....	16
Çizelge 2.2	Carrier olarak difenil kullanımında boyarmadde çekimi.....	33
Çizelge 2.3	Profilli düze deliklerinin avantaj ve dezavantajları.....	56
Çizelge 3.1	Cips özellikleri.....	58
Çizelge 3.2	Polimer eriyiği özellikleri.....	58
Çizelge 3.3	İplik üretim hattındaki eğirme şartları.....	62
Çizelge 3.4	Üretim parametrelerine göre deneme kodları.....	63
Çizelge 3.5	Boyama işleminde kullanılan yardımcı kimyasallar ve miktarları.....	64
Çizelge 4.1	İplik kalınlığı test sonuçları.....	74
Çizelge 4.2	Kaynama-çekme testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$).....	75
Çizelge 4.3	Mukavemet, uzama ve modül testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$).....	77
Çizelge 4.4	İplik düzgünsüzlük testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$).....	82
Çizelge 4.5	Kumaş kalınlığı test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$).....	83
Çizelge 4.6	Kumaş gramajı test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$).....	85
Çizelge 4.7	Kumaşların L^* sonuçları.....	87
Çizelge 4.8	Kumaşların K/S sonuçları.....	88
Çizelge 4.9	Kumaşların C^* sonuçları.....	90
Çizelge 4.10	(4500-17) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları.....	92
Çizelge 4.11	(5500-17) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları.....	93
Çizelge 4.12	(4500-22) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları.....	95
Çizelge 4.13	(5500-22) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları.....	96

1.GİRİŞ

Sentetik Elyaf ve İplik Sanayi genel tasnif içinde Petrokimya Sanayinin bir alt grubu olarak değerlendirilmektedir. İnsanlığın varoluşundan itibaren, yün ve ipekle başlayan insan-doğal lif dostluğuna zaman içerisinde pamuk ve keten gibi diğer doğal lifler de katılmıştır. Bunlara olan talebin sürekli artışı nedeniyle pamuk ve ketenin kullanımı yün ve ipek seviyesini yakalamıştır. Uzun zaman devam eden doğal lif kullanımı, son asırlarda artan nüfus nedeni ile talebi karşılayamamaya başlamıştır. Bundan sonraki süreçte sentetik liflerin keşfi ve gelişim süreci başlamıştır. Sentetik elyaf ve iplikler tüketim yerlerine göre iki ana grupta toplanabilir.

- a) Tekstil sektörüne yönelik lifler
- b) Endüstriyel lifler

Sentetik elyaf ve devamlı ipliklerin ana başlangıç maddeleri petrokimya endüstrisi ürünleridir. Örneğin poliester elyaf ve ipliğin üretim girdisi olan poliester cips, etilen glikol ve saf tereftalik asit veya dimetil tereftalat arasındaki polikondenzasyon reaksiyonu sonucu elde edilmektedir.

Tekstil liflerini doğal ve insan yapımı olarak ikiye ayırabiliriz. Lifler, basit olarak uzunlamasına yönlendirilmiş makromoleküllerden oluşan ve uzunluk/çap oranı çok yüksek olan materyaller olarak tanımlanırlar. Kabul edilebilir lif tanımı, bir maddenin uzunluğunun en az bu maddenin çapının 100 katı olmasıdır (Demir 1997). Sentetik lifler, istenilen herhangi bir uzunluk/çap oranında üretilebilirler. Genel anlamda liflerin uzunluk, kıvrım, kesit ve uzunluğun keside oranı gibi önemli özellikleri mevcuttur. Bunların arasında en belirleyici olanı uzunluk olup; buna göre sürekli ve kesikli olmak üzere iki tip lif elde edilebilir.

Doğal lifler de olduğu gibi (amyant hariç) sentetik lifler de esas itibarı ile makromoleküler maddelerden oluşmaktadırlar ve insan yapımı liflerin en önemli alt sınıfını oluşturmaktadırlar. Cam, metal ve bir dereceye kadar karbon lifleri gibi anorganik yapay lifler bir istisna oluşturmaktaysalar da; sentetik liflerin en önemli ortak noktalarının makromoleküler yapı olduğunu söylemek yine de yanlış değildir. Ancak her

makromoleküler maddeden lif elde edilemez. Yapay lif elde etmede kullanılabilen doğal veya sentetik polimer madde sayısı tahminlerden çok daha fazladır.

Poliester lifi, lif oluşum maddesinin en az %85'ini dihidrik alkol (HOROH) ve tereftalik asidin ($p\text{-HOOC}_6\text{H}_4\text{COOH}$) oluşturduğu herhangi uzun sentetik polimer zinciri olan lif olarak tanımlanmıştır (Ayder 1998). En fazla kullanılan poliester lifi lineer polimer polietilen tereftalat (PET) olduğundan, poliester PET ile özdeşleşmiştir. ISO'nun konvansiyonel poliester için harf sembolü PETP'dir. Fakat başta Avrupa olmak üzere bir çok yerde PES ve PET sembolleri kullanılmaktadır (Şefkat 2004).

PET'in kullanışlı lif oluşum özellikleri ilk olarak 1941 yılında J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından tanımlandı. İngiltere'de "Calico Printers" Şirketi'nde çalışan J.R. Whinfield ve J.T. Dickson, etilen glikol ve tereftalik asidi kondanze ederek polietilen tereftalat elde etmiş ve bundan lif üretebilmişlerdir. Poliesterler üzerinde geniş etüdler DuPont firmasında W.H. Carothers'in polimerlerle ilgili yürüttüğü araştırmalar sırasında yapılmıştır. DuPont, 1948 yılında ABD patent haklarını kazandı ve İngiltere'de de ICI firması dünyanın geri kalanı için patent haklarını ele geçirdi (Ayder 1998). İlk olarak 1930'ların başlarında W.H. Carothers'in klasik çalışmasının bir bölümü olarak W.H. Carothers ve Hill, lif oluşumlu alifatik poliesterleri üretmişti. Fakat bu ürünler, düşük erime noktalarına sahipti ve ticari kullanım için uygun değildi. Alifatik ve aromatik poliesterlerin diğer kombinasyonları da araştırıldı. Son zamanlarda, yüksek dayanım-yüksek modül özelliklerine sahip tamamen aromatik poliesterler çok ilgi görmektedir.

Bugün poliester lifleri birçok ülkede üretilmektedir. Bunlar önce İngiltere'de "Terylene", sonra ABD'de "Dacron" diye adlandırılmışlardır. Diğer ülkelerde üretime geçen firmalar da bu lifleri ayrı ayrı ticari adlarla piyasaya sürmüşlerdir. Örneğin İngiltere'de Terylene'den başka Trevira, Terlenka, ABD'de Dacron'dan sonra Fostel, Batı Almanya'da Diolen ve Trevira, İtalya'da Terital, Fransa'da Tergal, Hollanda'da Terlenka, Japonya'da Tetoran ve Türkiye'de Perilen gibi adların piyasada bulunan poliester liflerine verilmiş olduğu bilinmektedir. Bununla beraber bu adlardan herhangi birinin ne üreticilerin, ne de tüketicilerin tümü tarafından benimsenmiş olduğu ileri sürülemez. Belirtilen poliester adları daha çok belli üretim bölgelerinde, belli merkezlerce tanınmışlardır. Bu durum poliester grubunda yer alan liflerin daha geniş anlamı olarak adlandırılmasını gerektirmiştir. Bunun üzerine Federal Ticaret

Komisyonu'nun önerisi benimsenerek, bunların “ Poliester Lifleri ” olarak adlandırılması uygun görülmüştür (Ayder 1998).

Poliester lifleri ilk olarak ABD’de 1953 yılında ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1960 ve 1970’li yıllarda ABD’de ve dünyada poliester üretimi oldukça artmış; 1984 yılında 6×10^6 metrik tona ulaşmıştır. Artış hızı biraz azalmış olsa da PET, dünya çapında en hızlı gelişen lif olma özelliğini sürdürmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin gelişme yolunda poliester lif üretimini endüstri dalı olarak seçmeleri, bu trendin devam edeceğini göstermektedir. Bu muhteşem artış, poliesterin olağanüstü çok yönlü kullanım alanına ve dünya ekonomisindeki önemine bağlanmaktadır.

Termoplastik poliesterin polimerizasyon, lif oluşumu, tekstil-konfeksiyon, ev dekorasyonu, endüstriyel tekstil, lastik ve ve halı sektörleri için lif üretimi anlamında fabrikasyonu gibi aşamalarda ve alanlarda araştırılması gündemde olmuştur. Pamukla stapel PET lifi karışımı ile buruşmaz giysi üretimi en geniş kullanım alanıdır. 1970’li yılların başında konfeksiyon sanayisinde filament iplik kullanımı çok hızlı artış göstermiş ve buna ek olarak poliester ABD’de en çok kullanılan takviye lifi haline gelmiştir. Dokusuz yüzeylerde de kullanımı gittikçe artmaktadır.

Türkiye’de doğal elyaftan iplik üretiminin yanı sıra 1940’lı yıllardan beri devlete ait kuruluşlarca selülozik lif üretimi yapılmasına karşılık sentetik lif üretimi ilk kez 1964 yılında başlamıştır. Üretim çeşitleri içinde önceleri poliamid liflerin payı fazla iken daha sonraları akrilik ve poliester liflerinin payı artmış; poliamid liflerin payı çok küçük seviyelerde kalmıştır. Türk sentetik iplik sektörü, 1997 yılından itibaren yeni bir geçiş ve dönüşüm sürecine girmiştir. Bu sürecin en belirgin özelliği, dünyadaki en son teknolojik gelişmeleri bünyesinde toplamak sureti ile kapasite ve çeşitlilik açısından en üst seviyeyi yakalamasıdır. Aynı yılın sonundan itibaren ucuzlamaya başlayan hammadde fiyatları, mamul fiyatlarında da düşüğe neden olmuştur. VIII. Beş Yıllık Kalkınma Planı Petrokimya Sanayi ÖİK Raporu Sentetik Elyaf ve İplik Sanayi Alt Komisyon Raporu’nda açıklanan sentetik iplik ve elyaf üretim tahminleri yıllara göre Çizelge 1.1’ de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Sentetik iplik ve elyaf üretim tahminleri

Ana Mallar	Miktar (bin ton)						
	YILLAR						
	<u>1999</u>	<u>2000</u>	<u>2001</u>	<u>2002</u>	<u>2003</u>	<u>2004</u>	<u>2005</u>
Akrilik Elyaf	176	190	205	221	238	257	277
Poliester İplik	162	178	195	214	235	258	283
Poliester Elyaf	75	82	90	99	108	118	130
Poliamid İplik	63	68	73	79	85	92	99

SaurerGroup'un dünya genelinde sentetik elyaf ve filament iplik endüstrisinin durumu hakkındaki yıllık raporuna göre 2002'de dünya elyaf üretimi % 4 artarak 61.12 milyon tona yükseldi . Bu rapora göre, poliester elyaf hammaddeleri, poliester elyaf ve poliester ipliğin dünyadaki durumuna ilişkin şu sonuçlar çıkmıştır. Poliester elyaf üretiminde hammadde olarak monoetilenglikol (MEG) ve saf tereftalik asit (PTA) veya dimetiltereftalata (DMT) kullanılmaktadır. Dünya bazında 2003' e çok düşük MEG envanteri ile girilmiş ve aynı yıl kapasite artışı olmaması bazı endişelere yol açmış ve 2003' te BASF' nin bu alandan çıkışından dolayı dünya kapasitesinde tarihte ilk kez azalma yaşanmıştır. PTA kapasitesi ise yaklaşık % 9 artışla 28.4 milyon tona çıktı. Esas büyüme Çin, Endonezya ve Tayvan'da gerçekleştirilmiştir. Verim veya çevreyle ilgili nedenlerden dolayı bu malzeme, poliester elyaf üretiminin % 80' inden fazlasında kullanılmaktadır. Türkiye' de önemli atılımlar devreye girse de; hammadde açısından Afrika ve Ortadoğu'dan ithalat devam etmektedir.

Poliester üretimindeki bazı düzenlemelerden dolayı küresel üretim hacmi, 2001' de 19.6 milyon tona çıkmış; 2002 üretimi ise bu miktara göre % 7.2' lik artış göstererek 21.02 milyon tona ulaşmıştır. Bunun büyük kısmını, % 8 artışla 12.14 milyon tona yükselen poliester filament iplik oluşturmuştur. Çin endüstrisinin devam eden hızlı büyümesinden dolayı dünya poliester endüstrisinde Asya' nın payı % 81' e yükselmiştir. Türkiye hariç Batı Avrupa % 1.9 ve Doğu Avrupa % 5.5 düşüş göstermiştir. Bu düşüşe karşılık Türkiye, poliester üretiminde % 9.5' luk sağlam bir artış yaşamıştır.

Dünya poliester tekstil filamentlerinin yaklaşık % 40' ı üretim artışının devam ettiği Çin' de üretilmektedir. Eğirme sürecine göre, tekstil iplikleri POY ve FDY olarak ayrılır. Kısmen, Dünya pazarının % 75' ini oluşturan POY iplikler, kumaş imalatında kullanılabilir hale gelmeden önce daha ileri işlemlere ihtiyaç duyar. Poliamid giderek pazar payını kaybetse de halen dünya pazarının çoğunu tutmaktadır. Poliamidi pazarın % 46' sını elinde tutan poliester izlemiştir. Endüstriyel poliester iplik üretimi incelendiğinde Türkiye bu alanda yükselişe geçmiş; Doğu Avrupa' daki gelişmeler Türkiye ile paralel ilerlerken Batı Avrupa' da % 16 artmıştır.

Yüksek mukavemet, yüksek elastiklik modülü, düşük büzüşme özelliği, ısıl fiksaja uygunluk, ışık haslığı ve kimyasal maddelere dayanıklılığı, PET'in olağanüstü çok yönlülüğünü açıklayan bazı özellikleridir (Ayder 1998). Bunlara karşın poliester liflerinin rutubeti az absorbe etmeleri, tutum ve hacimlilik özelliklerinin yün kadar iyi olmaması ve boyanma güçlükleri göstermesi gibi bazı olumsuz özellikleri de bulunmaktadır.

Doğal lifler genellikle dairesel, elips, fasulye şeklinde kıvrımlı, bazılarının yüzeyi pullu bir yapıdadır. Bu özellikler onlara tipik tekstil karakteri ve tutumu verir. Sentetik lifler, eğer tekstil alanında kullanılacaksa tekstil karakteri sergilemek zorundadırlar. Sentetik ipliklere farklı özelliklerin kazandırılabilmesi amacıyla lif enine kesit şekilleri farklı düze profilleri ile değiştirilebilmektedir.

Eriyikten çekim yöntemi ile oluşturulan sentetik liflerin enine kesitleri, düze delik şekli değiştirilerek kolaylıkla çeşitlendirilebilir ve farklı ve hassas parlaklık, tutum ve dokuda istenilen şekilde belirlenebilir. Bu özellikli kesitler, özel düze delikleriyle oluşturulurlar. Bu şekilde üretilen liflerden biri olan içi boş liflerin dairesel kesitli liflerin yerine kullanılması ürünün fiziksel özelliklerini etkiler. İçi boş lifler, düşük ağırlıkla mükemmel bir hacim sağlayabilir ve izolasyon amaçlı kumaşların elde edilmesinde yoğun bir şekilde kullanım alanına sahiptir.

Değişik kesit şekillerinin, prosesler üzerinde etkisi olduğu gibi üretilen mamul kumaş üzerinde de etkisi vardır. Tüketicilerin artan talepleri doğrultusunda özellikle spor giysisi ve araba döşemeciliği alanlarında, rahatlık sağlamak için son zamanlarda hafif kumaşlara fazlasıyla ihtiyaç duyulmaktadır.

PET esaslı poliester iplik üretiminde kullanılan ekstrüderli eriyikten çekim yönteminde iplik kullanım özelliklerini belirleyen önemli üretim parametreleri

bulunmaktadır. Bunların en önemlileri PET cips özellikleri, ekstrüzyon hızı ve sıcaklığı, üretim hattının ısısı, eriyik akış hızı, düze debisi, düze delik çapı ve geometrisi, üretimdeki soğutma havası üfleme hızı ve sıcaklığı, spin-finish ve iplik sarım hızı olarak sayılabilir.

Bu çalışmanın amacı, çalışma için seçilen üretim parametrelerinin içi boş liflerden oluşturulan multifilament iplikler ve bu ipliklerle örülmüş çorap kumaşların mekaniksel özellikleri ve boya alımı üzerindeki etkilerinin incelenmesidir. Değişken olarak seçilen parametreler sarım hızı, üfleme hava sıcaklığı ve düze delik şeklidir. Çalışma sonucunda içi boş liflerle elde edilen iplik ve kumaşların özelliklerindeki değişim kendi aralarında incelenirken; aynı parametrelerle üretilen içi dolu liflerden oluşturulan iplik ve kumaşlarla da kıyaslanarak kesit şekline bağlı ortaya çıkan farklılıkların da incelenmesi mümkün olmuştur. Bu anlamda, elde edilen sonuçların analizlerinin, içi boş liflerin üretiminde önemli olan farklı parametrelerin poliestere iplik ve kumaş kullanım özellikleri üzerine etkilerinin araştırılması doğrultusunda yapılabilecek diğer çalışmalara da fikir oluşturacağı düşünülmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. PET Esaslı Poliester Polimer Üretimi

PTA'nın saf olarak üretilmesinde çıkan zorluklar nedeni ile ilk zamanlar üretimde DMT kullanılmıştır. Ancak PTA'nın molekül ağırlığının DMT'ye nazaran küçüklüğü ve bu nedenle birim hammadde girdisine tekabül eden poliester ürünün daha fazla olması, ayrıca reaksiyonda yan ürün olarak metanol yerine daha az problem yaratan suyun oluşması, PTA'nın yeterli saflıkta elde edilmesine yönelik çalışmaları da teşvik etmiştir.

PTA'dan PET esaslı poliester üretimi prosesi kimyasal olarak birbirini takip eden iki adımdan oluşur. Bunlar esterleşme reaksiyonu ve polikondenzasyondur.

2.1.1. Polimer Üretimindeki Hammaddeler

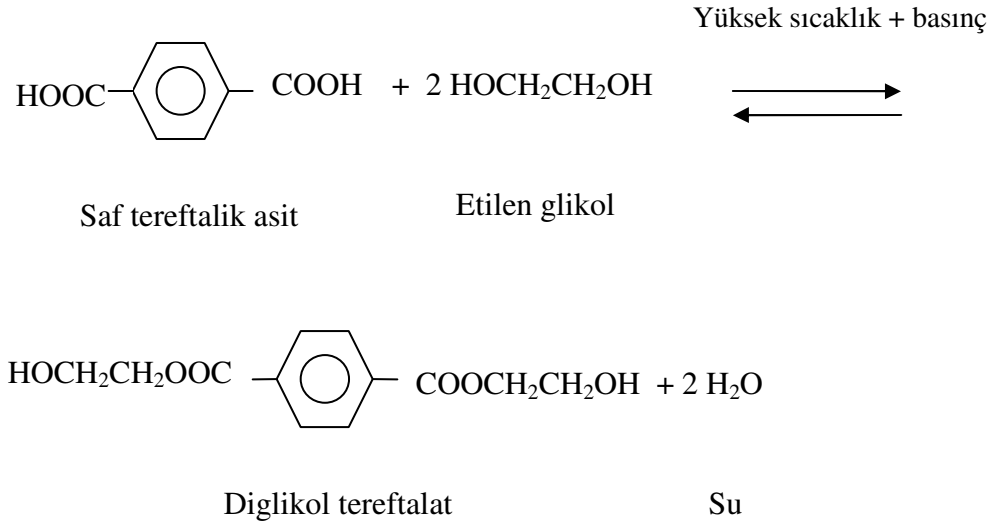
Poliester, bir alkol ve bir asit arasında meydana gelen polimerleşme reaksiyonudur. Polietilentereftalat (PET) esaslı poliester, iki farklı cins monomerin polikondenzasyonu ile elde edilebilir. Bu monomerler, saf tereftalik asit (PTA) ve dimetil tereftalat (DMT) ile etilen glikol (EG)' dir. Bunlar aynı zamanda polimer üretimini sağlayan en önemli hammaddelerdir. Bunlar nafta ve doğal gazdan üretilmektedir. 1965 yılından önce sadece DMT' den hareketle poliester üretimi gerçekleştirilmekteydi. Bunun nedeni, DMT ile yüksek molekül ağırlıklı bir polimer üretimi için gerekli olan yüksek saflık derecesinin elde edilebilmesinin kolay oluşuydu. Daha sonraları lif çekimine uygun poliester üretimi için gerekli saflıkta PTA ticari olarak uygulanabilir hale gelmiştir. Kullanılan en iyi yöntem, saf tereftalik asit (PTA) ile monoetilen glikolün polimerizasyonudur (Pişkin 1987).

PTA ve DMT monomerlerinin eldesinde temel p-ksilendir. Ksilenler, taş kömürü katranının ayrışsal damıtımı sırasında 170 °C' de ayrılan hafif yağ fraksiyonundan elde edilir. p-ksilen, PTA' ya veya onun dimetil esteri olan DMT'ye yükseltgenir. En yaygın kullanılan PTA prosesi, brom ve diğer aktivatörler yardımıyla 200 °C, 20-40 barda asetik asit çözeltisi içinde p-ksilenin yükseltgenmesi temeline dayanır. Ham TA, 250 °C' de yüksek basınç altında su içinde çözündürülür. Katalitik hidrojenlemeyle artırılır ve kristalize ürünü PTA elde edilir. DMT ise p-ksilenin yükseltgenmesinden elde edilen

ham TA' nın metanol esterifikasyonundan ya da Witten prosesinden elde edilir. Witten prosesinde, sıvı fazda oksitlenme iki aşamada gerçekleştirilir. Ham ester DMT, kristalizasyon ve distilasyonla arıtılır. EG ise etilenden elde edilir. Etilen günümüzde petrolden elde edilmektedir. Etilenin özel gümüş katalizörleri kullanılarak yükseltgenmesi ile etilenoksit eldesi sağlanır. Etilenoksidin suyla hidrolizi sonucu oluşan EG, ortamdaki suyun buharlaştırılması ile saflaştırılır. Diğer hammaddeler küçük miktarlarda kullanılan optik parlaticılar, matlık özelliği için TiO_2 , renkli pigmentler ya da boyalar, komonomerler olarak sayılabilir.

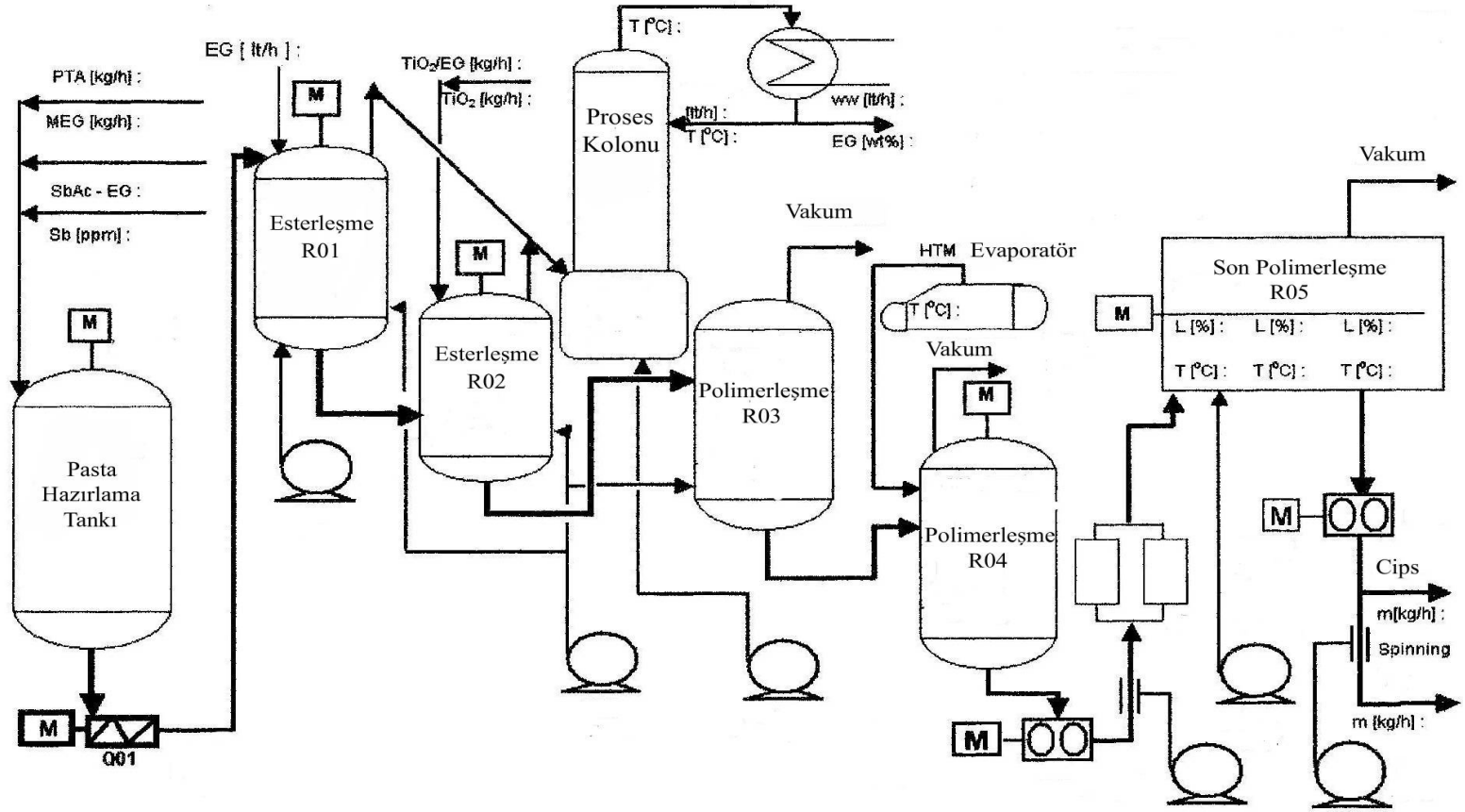
2.1.2. Esterleşme Reaksiyonu

Esterleşme reaksiyonunda, yüksek sıcaklık ve yüksek basınç altında 1 mol PTA ve 2 mol EG, belirli bir alıkonma zamanı sonunda 1 mol diglikol tereftalat (DGT) monomerini oluştururlar. Bu reaksiyon sonucu 2 mol H_2O (su) açığa çıkar. Açığa çıkan 2 mol suyun anlamı, giren hammaddelerin % 12,4'ünün sistemden su olarak uzaklaşmasıdır (Anonim 2003a). Şekil 2.1'de bu reaksiyon görülmektedir. Esterleşme adımında gerçekleşen reaksiyon tersinir olduğu için esterleşmenin tamamlanabilmesi oluşan suyun ortamdaki uzaklaştırılması ile sağlanır. EG/PTA mol oranı, PTA tane iriliği dağılımı, sıcaklık, basınç, alıkonma zamanı prosesin önemli kontrol parametreleridir (Ürkmez 2001) .



Şekil 2.1 Esterleşme reaksiyonu

Kontinü PET prosesi genellikle beş reaktörden oluşur. Bunlardan ilk ikisi esterleşme, diğer üçü polikondenzasyon reaktörleridir. Esterleşme reaksiyonu için PTA'nın EG içinde çözünmesi gerekir. Kullanılan PTA'nın tane iriliği dağılımı bu reaksiyon için önemli olup; EG' nin tüm PTA tane yüzeylerini ıslatması gerekir. Tane iriliğinin azalması, toplam yüzeyin artmasına dolayısı ile reaksiyon hızının artmasına neden olur. Şekil 2.2'de kontinü PET üretim işletmesine ait esterleşme ve polikondenzasyon ünitesi gösterilmektedir. Esterleşmeden önce sürekli karıştırıcılı pasta hazırlama tankında hazırlanan pastanın mol EG/mol PTA oranı 1,23 olup; bu oran ilk esterleşme tankı olan Reaktör 1 (RO1)' de 1,65 dolayındadır (Anonim 2003a).



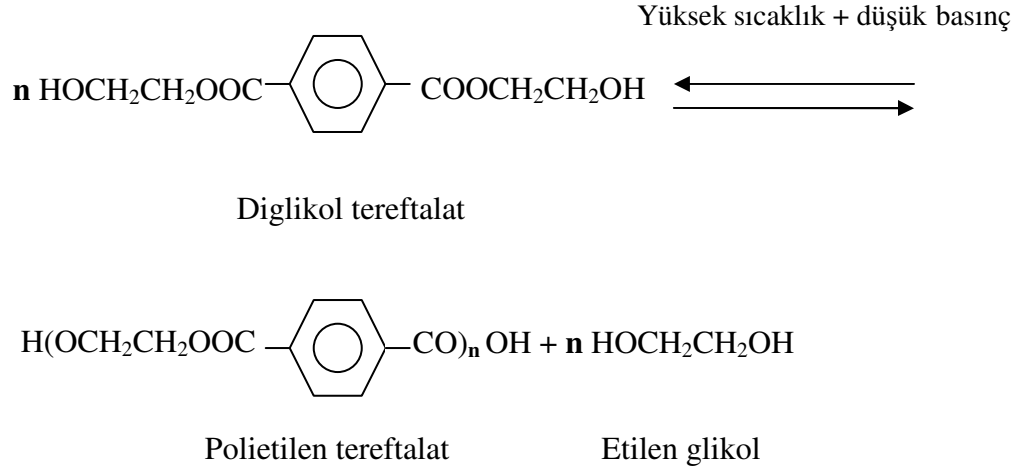
Şekil 2.2 Esterleşme ve polikondenzasyon ünitesi

Esterleşme reaksiyonunun başlayabilmesi için gerekli minimum sıcaklık $240\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' dir. RO1' de atmosferik basıncın üzerinde bir basınç kullanılır. Bu değer 0,60 bar civarındadır (Anonim 2003a).

Esterleşmenin % 92' si RO1' de oluşur. RO2' de bu değer % 97 dolayındadır. Reaksiyonun hızlandırılması için $\text{Sb}(\text{Ac})_3$ (antimontriasetat) pasta oluşum tankına ilave edilir. Matlaştırıcı olarak kullanılan TiO_2 (tityumdioksit) de ikinci reaktör RO2' ye beslenir. Esterleşme reaktörlerinin gaz fazı çıkışları, proses kolonuna beslenmekte olup; kolonun tepe ürünü olan su, yoğunlaştırılıp atılırken; dip ürünü olan EG, proste tekrar kullanılmak üzere geri kazanılır (Anonim2003a).

2.1.3. Polikondenzasyon Reaksiyonu

Polikondenzasyon, düşük molekül ağırlıklı monomerlerin zincir polimer molekülü oluşturmak üzere birbirine bağlanması reaksiyonudur. Polikondenzasyon reaksiyonu son üç polimerleştirme reaktöründe gerçekleştirilmektedir. İlk adım olan esterleşme reaksiyonunda oluşan diglikoltereftalat (DGT) monomeri düşük basınç (vakum altında 0,5-1,5 mbar), yüksek sıcaklık ($270\text{-}290\text{ }^{\circ}\text{C}$) altında ve $\text{Sb}(\text{Ac})_3$ katalizörü yardımı ile polikondenzasyon reaksiyonu sonucu son ürün olan polietilentereftalat (PET)' e dönüşür ve bu arada yan ürün olarak EG açığı çıkar. Şekil 2.3' de bu reaksiyon gösterilmiştir.

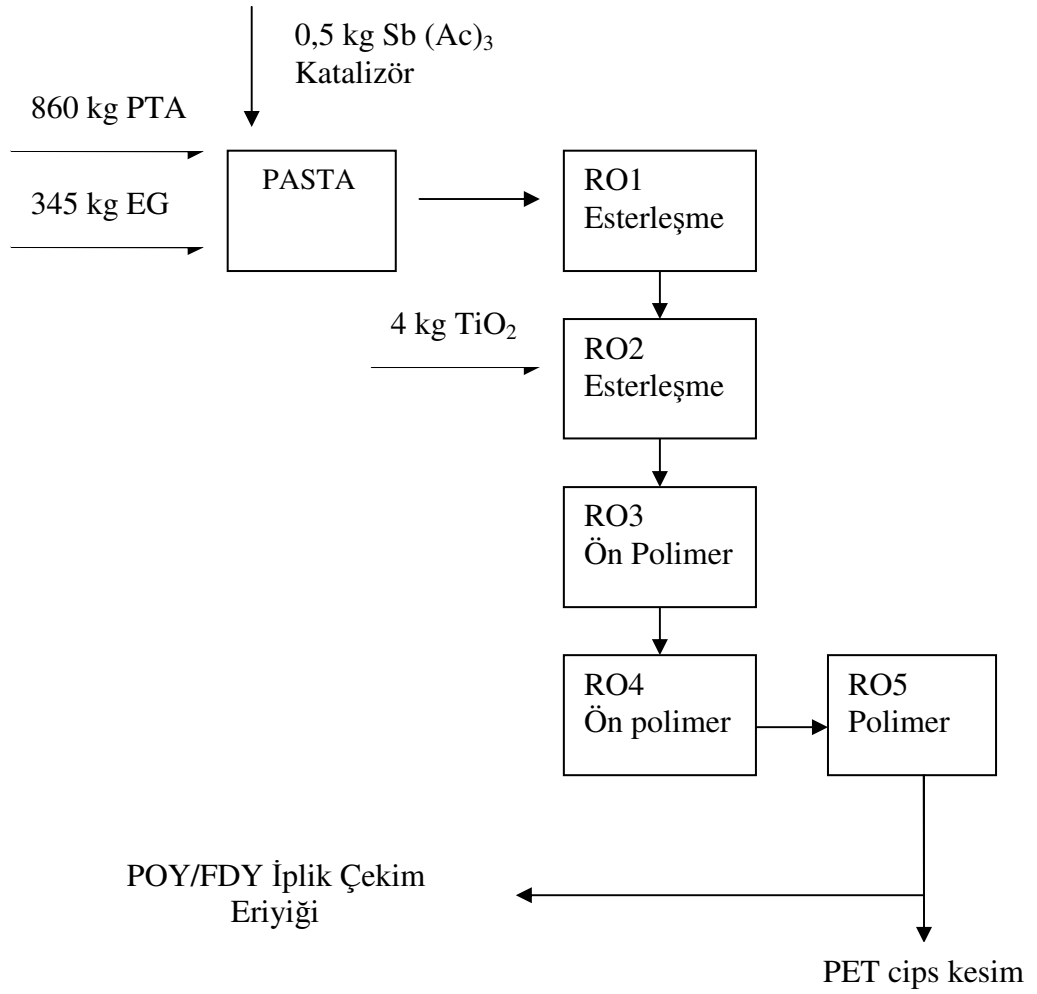


Şekil 2.3 Polikondenzasyon reaksiyonu

Bu reaksiyonun tersinir olması nedeni ile dengenin sağlanması ve viskozitenin arttırılabilmesi için yan ürün EG' nin son reaktör RO5' ten gaz fazında tamamen ayrılması şarttır. Vakumun bu kademede öneminin sebebi de budur. Polikondenzasyon yani viskozite yükselmesi esas olarak son reaktör olan RO5' te meydana gelir. Diğer ara reaktörlerde polikondenzasyon çok azdır.

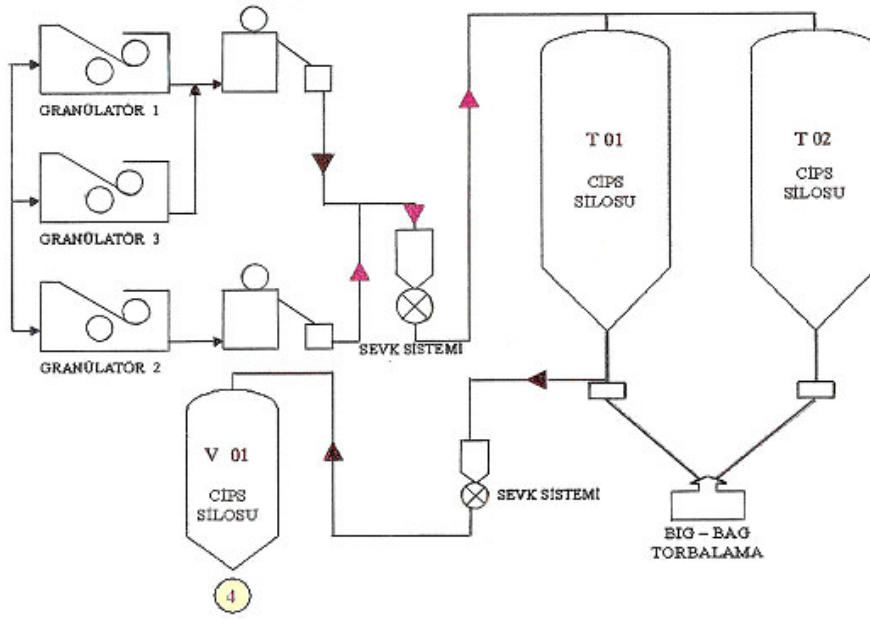
İstenilen özellikte PET eldesi için esterleşme basamağının iyi olması, reaksiyon sıcaklığı ve zamanı, uygulanan vakum, reaktördeki karıştırıcı hızının kontrolü ile seçilen katalizör çeşidi ve miktarı oldukça önemlidir. İstenilen polimerizasyon derecesine yani lif çekimine uygun molekül ağırlığına (16.000-24.000) ulaşabilmek için elde edilen polimer eriyiğın viskozitesi ölçülmektedir. Bunun için $0,645 \pm 0,01$ dl/gr civarında I.V. (intrinsik viskozite) ile çalışmak gerekir (Anonim 2003a).

Reaktör sistemlerinde sürekli polimer akışı olmalı ve tanklarda hiçbir ölü noktanın oluşmaması gerekir. Bu ölü noktalar polimerin ısıl bozunmasına neden olur. 1000 kg yarımam PET polimer eriyiği hazırlamak için gerekli hammadde miktarı Şekil 2.4 ' de verilmiştir.



Şekil 2.4 1000 kg PET polimer için gerekli hammadde miktarları

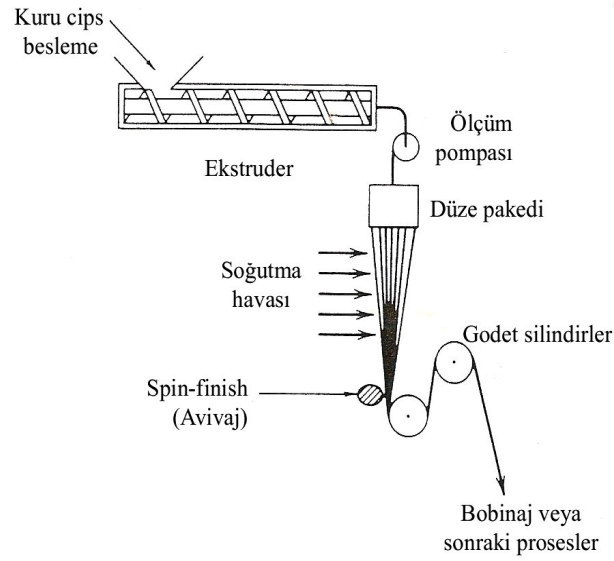
Eriyik prepolimer filtresi ve NSF olmak üzere iki aşamada filtre edilir. Son reaktörden çıkan polimer eriyiği (melt) cipse dönüştürülmeden dişli pompalar vasıtası ile POY/FDY iplik üretim hatlarına direkt beslenebilir ve/veya cips üretmek üzere granülatöre sevk edilir. Cips üretimi, düzeden çıkan polimer kabloların demineralize su ile soğutulup; granülatörde belirli boyutta kesilmesi ile gerçekleştirilir. Şekil 2.5' de granülatör ve depolama sistemi gösterilmiştir (Anonim 2003b).



Şekil 2.5 Granülör (cips kesme) ve depolama sistemi

2.2. Eriyikten Çekim Yöntemiyle Poliester İplik Üretimi

Poliester termoplastik özellikte olup; Şekil 2.6' da basit olarak akışı gösterilen eriyikten çekim yönteminin kullanıldığı iki farklı sistem ile ipliğe dönüştürülebilir. İlk sistem, polimer üretim bölümünde elde edilen eriyiğin cipse dönüştürülmeden direkt olarak iplik üretim hattına beslendiği iplik üretimidir. Diğer sistem, cips granüllerinin tekrar eritildikten sonra ipliğe dönüştürüldüğü ekstruderli (cips beslemeli) iplik üretimidir. Eriyikten çekim yöntemi ile poliester iplik üretiminde önemli olan parametreler ve özellikler Çizelge 2.1' de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Eriyikten çekim

Çizelge 2.1 Poliester iplik üretiminde önemli parametreler ve özellikler

İplik Üretim Parametreleri	
PET Cips Özellikleri	Viskozitesi, moleküler ağırlık dağılımı, nem miktarı, safsızlıklar
Yardımcı Hammaddeler	Renklendirici, UV'ye karşı koruyucu katkılar, yumuşatıcılar, özel katkılar
Ekstruder Dizaynı	Vida dizaynı, ekstruderin hızı, kullanılan filtreleme sistemi
Sıcaklık Profili	Viskozite ve akıcılık üzerine etkisi, alıkonma süresi, sistem temizliği
Düze Tasarımı ve Düze Delik Geometrisi	Akma hızı, düze filtreleme, düzede alıkonma zamanı, düze delik boyu, düze delik çapı ve geometrisi (dairesel, içi boş, trilobal)
İplik Üretim Pompası Tasarımı	Kapasitesi, hızı
İplik Soğutma Havası Şartları	Soğutma havası sıcaklığı, hızı, düzgünlüğü, temizliği, nem içeriği
İplik Üretim Yağının Uygulanması, Sarım Sistemi ve Hızı	

2.2.1. Direkt Çekim Sistemiyle FDY İplik Üretimi

Polikondenzasyon tesisinden gelen sıvı polimer direkt üretim pozisyonlarına beslenir. Dağıtım boru sisteminin içindeki statik mikserler, boru sistemi içerisinde herhangi bir ölü nokta yaratmaksızın polimer eriyiğinde üniform bir sıcaklık profilini garanti ederler. Her üretim pozisyonu, pozisyonların önüne yerleştirilmiş bir dondurma valfi yoluyla ayrı ayrı kapatılabilir. Eriyik pompaları (buster pompaları) eriyiği filtreler ve eriyiği düzenin içindeki küçük deliklerin içinden fışkırtarak filamentler haline getirmek üzere üniform bir akış olacak şekilde düze paketlerine besler. Üretim manifoldları HTM buharı ile ısıtılır. Özel olarak dizayn edilmiş buhar dağıtım sistemi, bütün düzeler için üniform bir sıcaklık temin ederler (Anonim 2003b).

Düzeden fışkırtılan filamentler, içinde soğutuldukları laminer ve üniform olarak kontrol edilip, kondisyonlanan hava akımı ile karşılaştırıldıkları soğutma (quench) havasının üflendiği ve yağlama işlemlerinin yapıldığı Şekil 2.7' de görülmekte olan soğutma kabinlerinden geçerler.

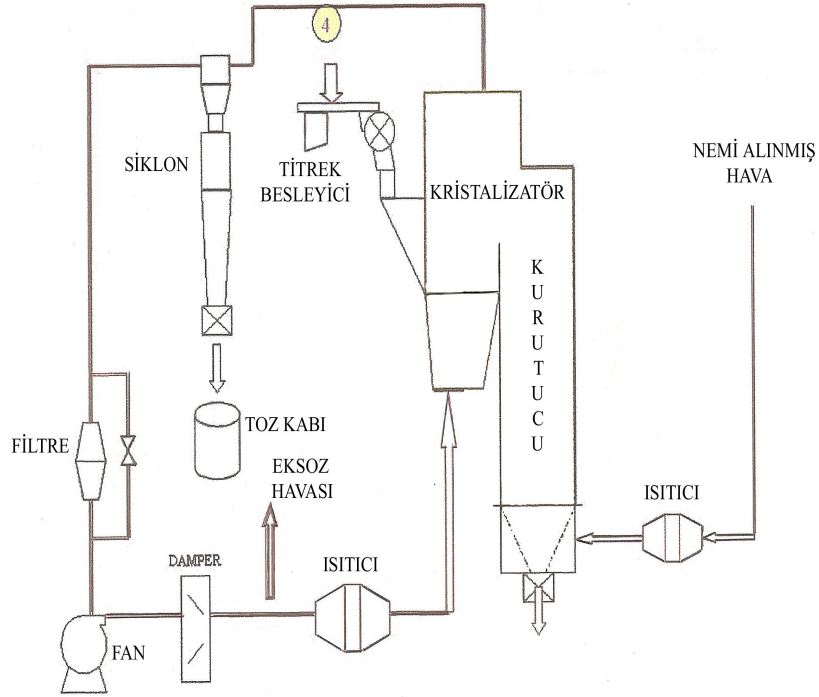


Buradan da iplik kanalı içinden aşağıya bobinaj makinasına verilirler. Gerekli spin-finish (avivaj yağı) soğutma kabinlerinin içine, dozaj aplikasyon sistemiyle filamentlere uygulanır. Üniform olarak uygulanmış spin-finish filamentlerin daha sonraki prosesleri için önemlidir.

Şekil 2.7 Soğutma kabini

2.2.2. Ekstruderli (Cips Beslemeli) Sistemle FDY İplik Üretimi

Polimer üretim tesisinde üretilen polimer eriyiği, demineralize su ile soğutulup, katılaştırılmalarının ardından granül olarak kesilen poliester cipsler çuval veya cips stok silosundan pnömatik olarak üretim yaş cips silosuna beslenir. Şekil 2.8' de cips kristalizasyon ve kurutma sistemi gösterilmiştir.



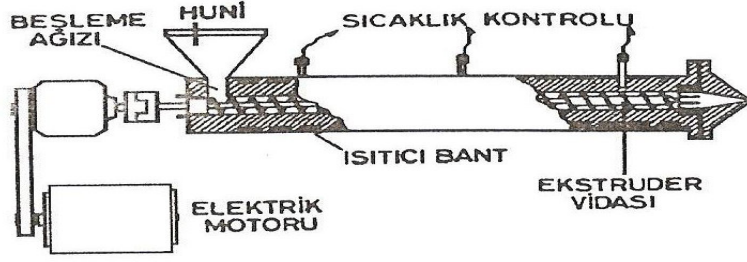
Şekil 2.8 Cips kristalizasyon ve kurutma sistemi

Katılaştırma esnasında su kullanıldığından cips içerisindeki nem miktarı yükselmektedir. Bu nemin, cips ekstrüdere beslenilmeden önce uzaklaştırılarak, ekstrüder girişinde istenilen 30 ppm ve/veya daha düşük değerlere düşmesi sağlanır. Bunun nedeni yeterli derecede kurutulmayan ve kuru olarak depolanamayan cipteki çok küçük miktarlardaki nemin, cipsin ekstrüderde eritilmesi sırasında ortalama polimerleşme derecesini büyük ölçüde düşürmesi ve bu cipten elde edilen eriyikten iplik çekmenin mümkün olmamasıdır. Bu sebeple yaş cips silosunda depolanmış cipsler

önce kurutma ünitesinden geçirilirler. Amorf yapıdaki poliester cipsler, 110-180 °C' de yapılan kurutmalar sırasında yapışarak topaklanırlar. Bunun için cipsler, kurutma ünitesinden önce kristallendirme işlemine tabi tutulurlar. Cips sıcak-kurutulmuş hava ve karıştırma etkisi ile kristalin yapısı düzenlenerek kristalize edilir ve kurutma işlemine hazırlanır. Kristalizatörden kurutma tüpüne akar ve içindeki nem sıcak-kurutulmuş hava ile alınır. Orijinal cipste % 0,03 olan nem, kurutucu çıkışında % 0,003' e indirilir (Anonim 2003a).

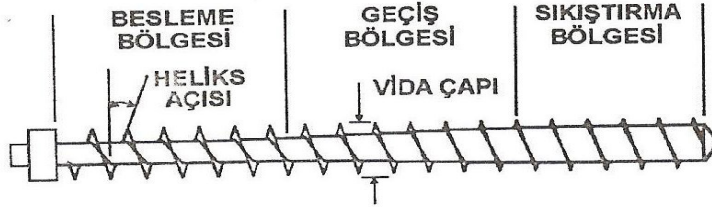
Kristalizatörde cipslerin yoğun hareketi titreşimli yatak ile sağlanır. Kuru hava ve titreşim yardımıyla iyi bir harmanlama yapılır. Kristalizatör ve kurutma tüpünde verilen hava sıcaklığı önemli olup; 175 °C civarındadır. Fanlar yardımı ile kurutma tüpü alt noktasından, orta bölmesinden ve kristalizatör girişinden sürekli hava sirkülasyonu sağlanır. Hava sıcaklığı otomatik ısıtıcılarla ayarlanmaktadır (Anonim 2003a).

Kurutulan cips, eriyik haline getirilmek üzere doğal akış yolu ile ekstrüdere gelir. Ekstrüzyon, basınç altında eritilmiş polimerin lif çekim başlıklarından (üretim kasalarından) akışa zorlanarak şekillendirilmesi işlemidir. Lif çekim başlığı, lif çekim pompaları (dişli eriyik pompaları), filtreler ve düzelerden oluşur. Ekstrüder yatay bir silindir içerisinde cipsin eritilmesini ve ilerlemesini sağlayan salyangoz vida sisteminden oluşur. Şekil 2.9' de ekstrüder görülmektedir. Ekstrüderin temel iki tipi mevcuttur. Tek vida ya da çift vida sistemli olabilir. Burada elektrikli ısıtıcılar vasıtası ile cips eritilerek ve karıştırılarak homojen eriyik haline getirilir.



Şekil 2.9 Ekstrüder (Pişkin 1987)

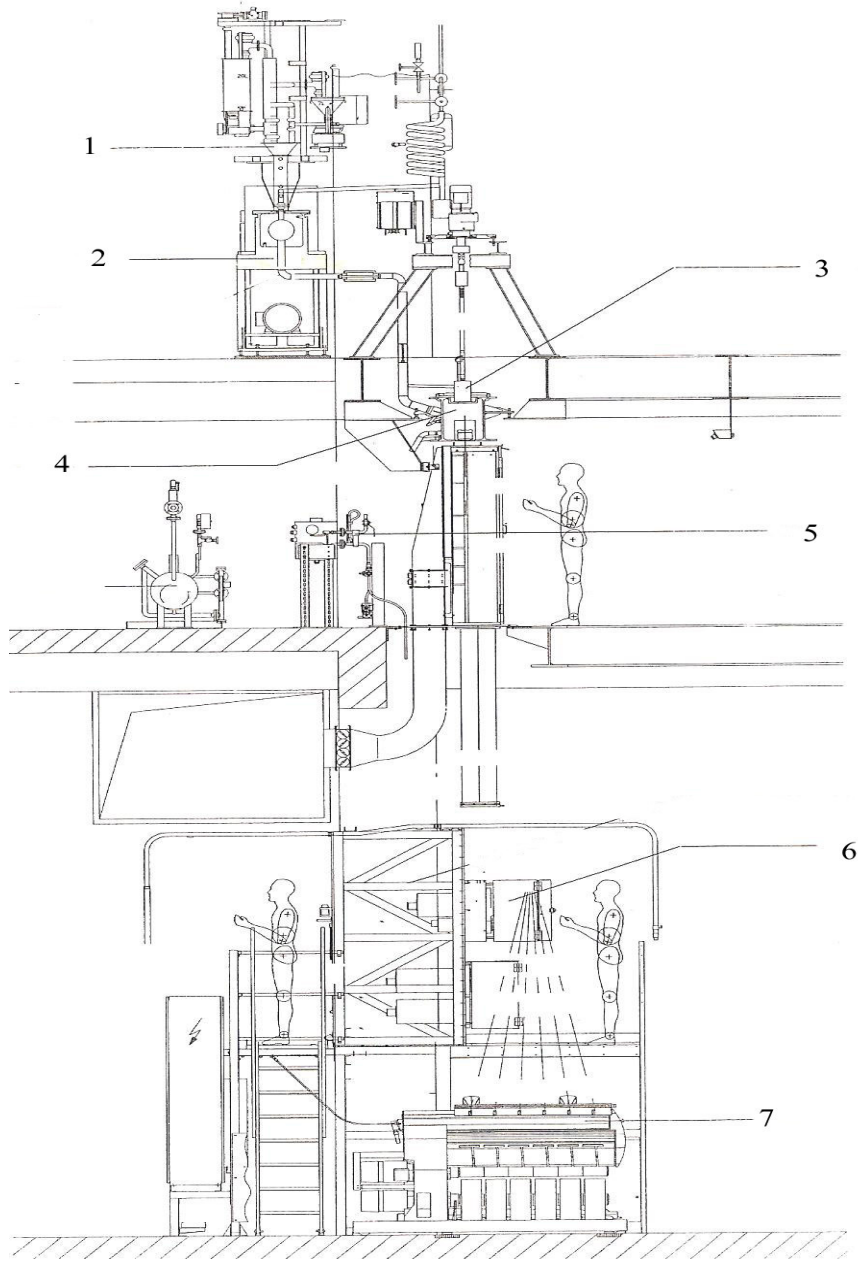
Ekstrüder silindirinin çapı kapasitesini belirler. Bir ekstrüder vidası için uzunluğunun çapına oranı (L/D) 20-24 arasında kalan bir aralıkta sıralanır. Vidanın en önemli dizayn faktörleri, vida eğimi ve vida kanalı derinlik profilidir. Vidanın ana görevi katı polimeri eritmek ve düze paketlerine homojen eriyik sağlamaktır. Şekil 2.10' da bölümleri gösterilen vidanın besleme bölgesinin görevi, besleme hunisindeki cipsi silindir içine alıp, ileri doğru ilerletmektir.



Şekil 2.10 Ekstrüder vidası (Pişkin 1987)

Geçiş bölgesi, sürtünme ile erimenin olduğu bölgedir. Ölçme bölgesi, eriyen polimerin başlığa basıldığı bölgedir. Ekstrüderin avantajı, polimerin ekstrüderde kalış süresinin kısa olması ve vidanın hareketi sayesinde eriyik yüzeyinin sürekli olarak değişmesi nedeni ile polimerin bozunma riskinin daha az oluşudur (Ürkmez 2001).

Ekstrüderden erimiş halde çıkan polimer eriyik önce taşıyabileceği safsızlıkların giderilmesi için filtre edilir. Daha sonra basınç altında üretim kasalarında yer alan dişli eriyik pompalarına gönderilir. Eriyik izole edilerek ısı kaybı önlenmiş olan ceketli boru hatları boyunca taşınır. Şekil 2.11' de görülen direkt FDY iplik üretimi ile eriyik pompasından itibaren aynı şekilde işlemektedir. Eriyik pompasının görevi, düzelere istenilen debide eriyik beslenmesini sağlamaktır. Besleme miktarı, üretilecek ipliğin kalınlığına göre ayarlanır. Pompa içinde yer alan dişlilerin yardımı ile eriyik, istenilen miktarlarda dozajlanarak düze paketlerine pompalanır. Her bir düzeden akan eriyiğin debisi sabittir ve elde edilen filamentler, belirli sıcaklık ve nemdeki hava ile soğutulup, bir araya getirilir ve yağlama klavuzundan geçirilerek karton masuralara sarılır. Spin-finish yağı (avivaj yağı), ipliğin sürtünmesini azaltmak, filamentlerin birbirine tutunmasını sağlamak ve iyi bir tekstüre işlemi yapmak için kullanılmaktadır.



Şekil 2.11 Ekstrüderli (cips beslemeli) FDY iplik üretim hattı

1-Dozajlama Ünitesi (renkli üretim), 2- Ekstrüder (Barmag), 3- Üretim Pompası
 4-Üretim Kasası (Barmag), 5- Spin-finish Ünitesi, 6- Sıcak Godetler, 7-Bobinaj
 (Barmag ACW Sarıcı)

2.2.3. Düzeye Altında Lif Oluşumu ve Bobinaj ile Farklı Poliester İplik Üretimi

Düzeye deliklerinden geçirilerek istenilen şekil verilen eriyiğin katılaşıp, lif haline gelmesi, lif çekim kanalında meydana gelmektedir. Yani bu kanalın içerisinde liflerin belirli bir ön yönelim kazanmaları söz konusudur. Lif çekimi esnasında meydana gelen olayları sıralayacak olursak:

- Lif çekim eriyiğinin düzeye akması
- Düzeye deliklerinde meydana gelen olaylar
- Eriyik akışının düzeye kanalından çıktıktan sonraki davranışı
- Henüz akışkan formunda bulunan eriyik akışının çekilmeye karşı davranışı
- Eriyik akışının lif olarak katılaşması

Bunların ilk ikisi düzede, kalan olaylar ise düzeden çıktıktan sonra oluşur. Lif çekim kanalları 4-10 m uzunluğunda, dikdörtgen kesitli dikey kanallardır. Genellikle giriş kısmında hava veya azot gazı üflenir. Bundan sonraki kısmın görevi, lifleri tamamen çevre şartlarından korumaktır. Lif çekim kanalına (Pantolon) birkaç düzeden fışkıran filamentler beslenebilmektedir. Kanal içerisinde filamentlerin katılaşmasını sağlamak amaçlı kullanılacak soğutma havası üfleme sıcaklığı, hızı, hız profili ve nemi kontrol altında tutulmalıdır. Kanal içerisine üflenen soğutma havası ile katılaşmanın yanı sıra filamentlerin birbirine yapışması da önlenir (Anonim 2003b).

Soğutularak katılaştırılan filamentler kanal çıkışında birleştirilmektedirler. Daha sonra uygulanan avivaj maddesi hem çekimi hem de daha sonra uygulanacak işlemleri kolaylaştırmaktadır.

Bobinaj, üretimden verilen ipliklerin belirli bir çekim ve hız ile sarılıp, bobinlenmesi işlemidir. Poliester iplik üretimindeki en önemli basamaklardan birinin çekim işlemi olmasının nedeni, çekim sırasındaki hız değerlerinin poliester ipliklerin moleküler oryantasyon derecesini belirlemesidir. Eriyikten çekim yöntemi ile poliester iplikleri bu oryantasyon derecesine göre sınıflandırılırlar.

Çekim işlemi ile polimer zincirleri lif eksenine paralel olacak şekilde düzenlenerek oryante olurlar. Yönlenme ile beraber lifte kristalinite artar. Kural olarak yönlenmenin

artışı, parlaklığı arttırır. Çekilmiş lifin denyesi azalır ve lif incelmesine rağmen kopma dayanımı artarken, elastikiyeti azalır.

İplik üretim hızı 500-1500 m/dk ise düşük oryante olmuş iplikler elde edilir. Bu üretim ile elde edilen iplik LOY (Low Oriented Yarn) şeklinde isimlendirilir. Üretimde sarım gerginliği düşük seviyede meydana gelmektedir. İplik üretim hattındaki gerginliğin tamamı lifleri inceltmek için kullanılmaktadır. Sonuç olarak, üretim tansiyonu uygulama boyunca düşük ve sabittir. Bu gerçek altında lifte meydana gelen deformasyon elastik olmayıp viskoz artıştır. Zira liflerin çekilmesi sonucu oluşan molekül yönlenmesinin çoğunluğu aynı hızla moleküllerin termal hareketi sonucu kaybolur. Bu hız aralığında elde edilen iplik büyük oranda amorf yapıdadır. LOY iplik düşük kopma mukavemeti ve yüksek uzamaya sahiptir. Bunlardan yararlı iplik elde etmek için 3,5-5 kere çekmek gerekir.

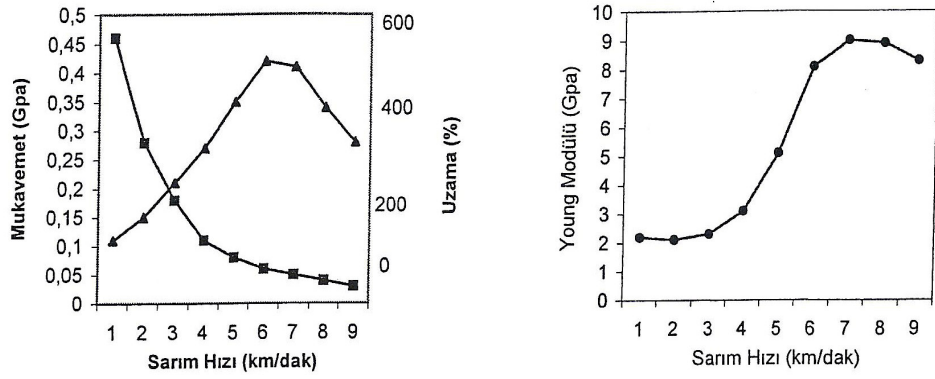
Hız limitinin 1500-2000 m/dk olduğu ve ticari olarak MOY (Medium Oriented Yarn) şeklinde ifade edilen sistemde iplik tansiyonuna durgun haldeki katılım düşüktür. Fakat hava sürüklenmesinin gerilim üzerinde etkisi vardır. Sonuçta yüksek değerdeki gerilimin hızlıca aşağı düşmesine polimer molekülleri viskoelastik davranış göstererek yanıt verirler. MOY hız aralığında elde edilen iplikler tamamen amorf bölgededirler. Buna rağmen LOY hız aralığına nazaran daha yüksek mukavemet ve daha düşük deformasyona sahiptir. Maksimum çekim oranının sınırı ise 3,5-5'tir.

POY üretiminde hız aralığı 2500-4000 m/dk arasındadır. POY iplik çekimi, 1950'li yılların başında ilk araştırılan sistem olmasına rağmen 1970'li yıllara kadar ticari hale getirilememiştir. Bunun nedeni ise; ilk başlarda yüksek hızlı üretimin bobinlenmesini sağlayacak sistemin mümkün olmamasıdır. Hava sirkülasyonu ve ataletsiz katkıların etkisiyle düzeden uzaklaştıkça iplik gerilimi artmaktadır. Tansiyonun artması sonucu filamentler hızla incelmeye maruz kalırlar ve polimerler bu duruma viskoelastik davranış ile karşılık verirler. POY hız aralığında elde edilen yapılar tamamıyla amorf yapıdadırlar. Fakat lifler MOY aralığına göre daha yüksek mukavemet ve daha düşük uzama gösterirler.

İplik çekim hızınının 4000 m/dk limitini aştığı üretim sistemleri HOY (Highly Oriented Yarn) olarak isimlendirilmektedir. Bu üretim sisteminde hava sirkülasyonunun iplik gerilimi üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bununla beraber yapısal etkiler de gerilim üzerinde önemli rol oynar. Uzamsal viskozitenin değişmesi boyunca

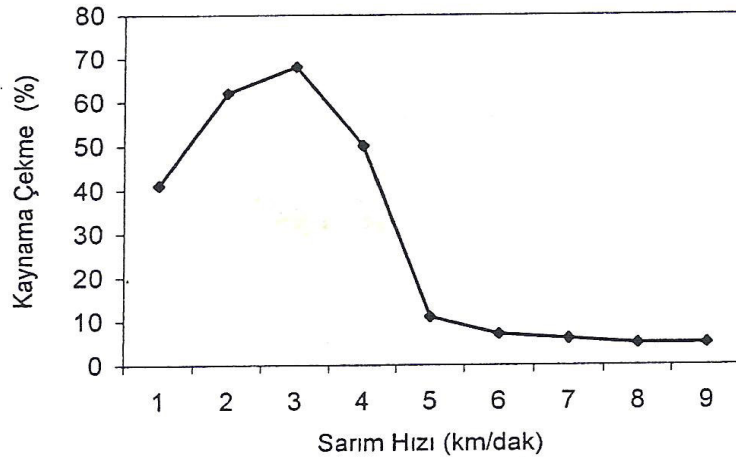
kristalizasyon oluşmaya başlar. Kristalizasyonun ekzotermik ısısı bırakılır ve katılma noktası etkilenir. Isı transfer katsayısı ve soğutma oranı çekim hızı ile çok yavaş değiştiği halde bu parametreler çok önemlidir. Bunun yanında reolojik (akışsal) hassasiyet ve kristalizasyon derecesi sıcaklığın yükselmesi ile artmaktadır 4000-6000 m/dk hız aralığında kristallik hızla artar ve biçimsiz yönelim artmaya devam eder. Elde edilen yüksek yönelme (kristalinite) HOY ipliğın POY'a nazaran daha mukavim fakat oldukça düşük uzama davranışı göstermesine neden olur. Bu sistemin üst hız limitlerinde çalışan sistem sayısı ise çok azdır.

FOY (Fully Oriented Yarn) üretiminde 6000 m/dk'lık hızların üzerine çıkılmalıdır. Hava sirkülasyonu ve atalet kuvvetlerine karşı olan direnç iplik gerilimi üzerinde baskın olmaktadır. Isı transfer katsayısı, soğutma oranı ve radyal sıcaklık gradyanı artmaya devam etmektedir. Aslında bu hızlarda kristalizasyon için gerekli zaman kısadır ve kristalizasyon durdurulabilir. Örneğın 6500 m/dk hız limiti aşıldığında mukavemet azalma göstermektedir ve çekim süreci iplik kopmalarından dolayı daha zor hale gelmektedir. 6000 m/dk'dan itibaren yani FOY iplik yapısının üzerindeki çekim hızlarında yapıda meydana gelen bozunmalar sonucu iplik mukavemeti ve modülündeki azalma Şekil 2.12'de görülmektedir.



Şekil 2.12 Sarım hızı ile mukavemet ve modül değişimi

Büzülme yüksek sıcaklıklarda genellikle 100°C üzerinde lifin boyca kısalmasıdır. Lifin büzülme oranının ölçümü kaynar suda veya sıcak havayla muamelesi sonucu tespit edilir. Bu nedenle kaynama çekme olarak da ifade edilir. Şekil 2.13'de görüldüğü gibi POY iplikte kaynama çekme değeri 3 km/dk'da maksimum değerini (%60 civarı) verirken sarım hızı artışı ile bu değer düşmekte, FOY ipliklerde 6 km/dk'lık hızlarda minimum değerine (%2-3) ulaşmaktadır. Bu hızdan daha yüksek değerlerde ise hemen hemen sabit kalmakta ve fazla değişmemektedir (Şefkat 2004).



Şekil 2.13 Sarım hızı ile kaynama çekme değişimi

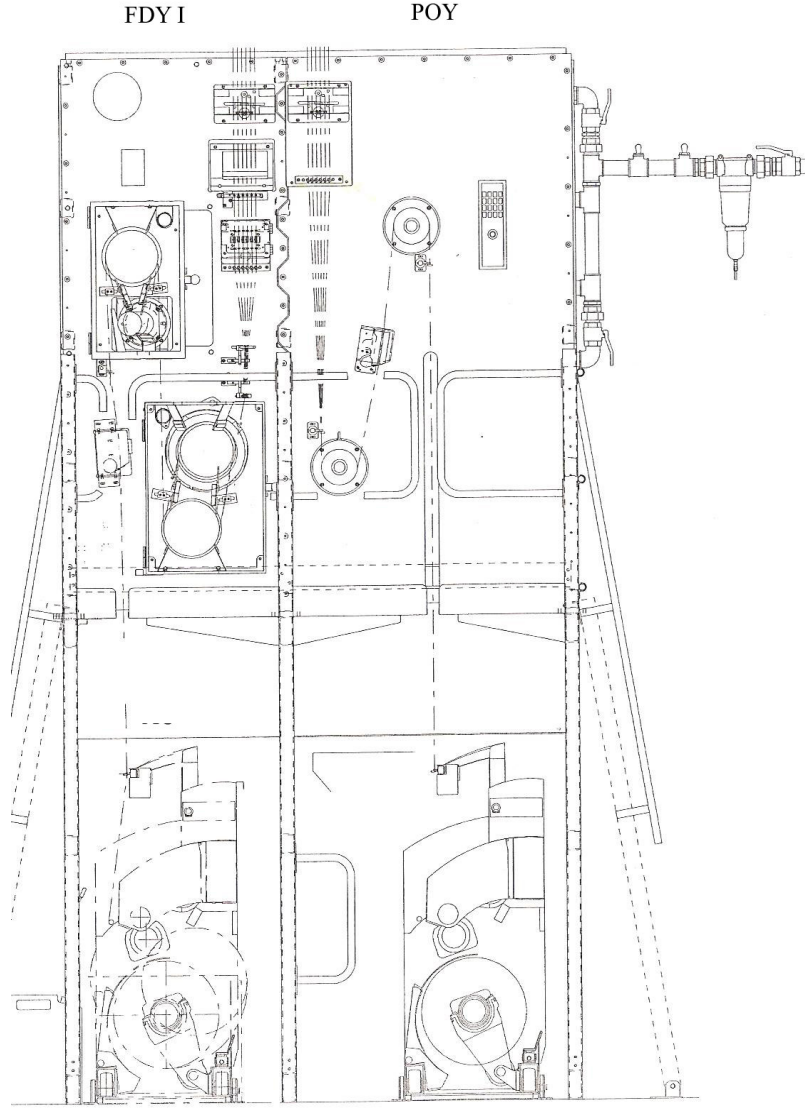
Yüksek çekim oryantasyonuna sahip poliester multifilament iplikler daha önceki çalışmalarda çeşitli şartlar altında üretilmiştir. Örneğin bunların birçoğu, farklı eriyik ekstrüzyonu ve quench (soğutma havası) ve nispeten düşük gerilim şartları altında

nispeten daha düşük hızlardaki çalışmalar olmuştur. Bu şekilde elde edilen filamentler sonradan ayrı bir proseslendirme basamağında çekme-germe işlemine tabi tutularak son ürün haline getirilmektedir. Artık günümüzde tamamen çekilmiş özelliklerle proseslendirilmiş poliester lifleri, geleneksel bir ayrı çekim basamağının yokluğunda da hazırlanabilmektedir (Stüttem ve Neumann). Bu iplikler FDY (Fully Drawn Yarn) iplik olarak isimlendirilirler.

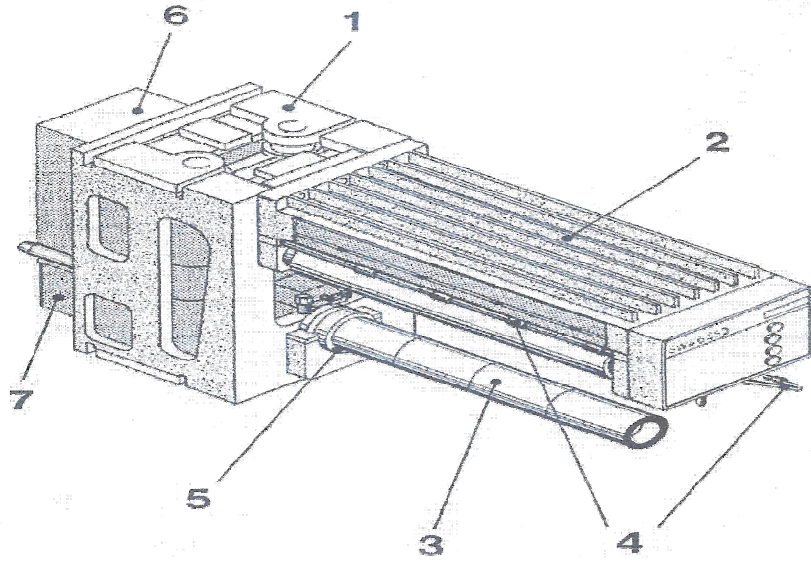
FDY iplik, çekim işlemi %98 yapılmış, işlenmeye hazır olacak şekilde üretilen iplik çeşididir. Bu iplik de dtex ve denye şeklinde isimlendirilen numara sistemi ile tanımlanırlar (Anonim 2003b).

Ticari kullanım için yeterli çekme/gerilme özelliklerine sahip bir FDY iplik üretimi için yükseltilmiş bir sıcaklıkta ayrı bir basamakta çekim işlemi uygulanmalıdır. Buradan hareketle FDY düz iplik için en bilinen üretim olarak sıcak godet prosesi uygulanmakta olup, bu proses %95'lik bir pazar payına da sahiptir. FDY iplik üretiminde enerji maliyetlerini düşürmek ve polimerizasyon sisteminin verimini sabit bir seviyede tutmak için granülatörler (cips kesme), üretim hatlarıyla paralel şekilde çalıştırılır (Stüttem ve Neumann). Şekil 2.14' de görüldüğü gibi FDY iplik sistemleri çoğunlukla POY hatları ile beraber kurulurlar (Anonim 2003b).

FDY iplik için bobinaj ünitesi her üretim pozisyonu için iki alt ve bir üst indüktif ısıtmalı ısıtmalı godetlerle donatılmıştır. Filamentlerin çekimi ilk godet tarafından yapılır ve çekim birinci ve ikinci godet arasında belirlenir. Filament kopuklarını algılayan bir dedektör kopma durumunda sarma kafasına ve travers sistemine gelebilecek bir zararı önlemek için filament kesme ve emme sistemleri ile donatılmıştır. Bir rezerve ucu paket oluşumuna başlamadan önce otomatik olarak her take-up (sarımlar) paketine sarılır. FDY iplik için sipin-finish (yağlama) sistemi aynı zamanda bobinaj kısmıdır. Gerekli spin-finish maddesi ilk godet önüne yerleştirilmiş bir roll oiler sistemi (yağlayıcı tambur sistemi) vasıtasıyla filamentlere uygulanır. Üiform olarak uygulanmış spin-finish filamentlerin daha sonraki prosesleri için önemlidir. Bu işlem sonrası ısıtıcı godetlere gelen ipliğe ısı verilerek belirli bir hız ve çekim oranında bobinaj kafasında yer alan bobinlere sarılır. Şekil 2.15' de bobinaj kafası görülmektedir. Dolu bobinler bir bobin çıkarma cihazı yardımıyla sarma kafasının milinden çıkarılır.



Şekil 2.14 FDY ve POY iplik üretim hattı



Şekil 2.15 Bobinaj kafası

- 1-Kayıcı Gövde 2- Oluklu Silindir 3- Bobin Mili 4- Transfer Kolu
5- Bobin İtici 6- Pnömatik Kontrol Kabini 7- Elektrik Panosu

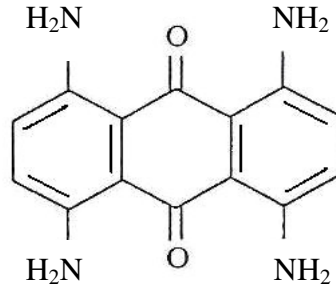
2.3. Poliesterin Boyanması

Boyarmaddeler, liflere, ipliklere veya kumaşlara renk katan doğal veya sentetik maddelerdir. Boyarmadde, life molekülleri ile kimyasal olarak bağlanabilir, lifin yüzeyine tutunabilir veya kimyasal bir reaksiyon olmaksızın lif içerisine emilebilir. Boyarmaddeler, yarattıkları renk niteliğine, kimyasal sınıflarına, başarıyla uygulanabildikleri renk sınıflarına ve uygulanma metodlarına göre sınıflandırılabilirler.

Poliesterin boyanmasında kullanılan en önemli boyarmadde sınıfı dispers boyarmaddelerdir. Bu grubun haricinde poliester asit, azoik, bazik ve küp boyarmaddelerle boyanabilir. Poliesterin yüksek kristalinitesi ve hidrofob yapısı nedeni ile büyük moleküllü boyarmaddelerle boyanması zordur. Lifin kimyasal yapısında boyarmaddenin tutunmasını sağlayacak reaktif grupları yoktur.

2.3.1. Dispers Boyarmaddeler

Daha önceleri asetat boyası olarak bilinen dispers boyarmadde suda çözünmeyen ve bir veya daha fazla hidrofobik life ilgisi olan bir boyarmaddedir. Poliester liflerini renklendirmede tek pratik yol olma özelliğindedir. Dispers boyarmaddelerin birçoğu azo veya antrakinin boyarmaddeleri olarak sınıflandırılabilirler. Azo dispers boyarmaddeler geniş bir renk yelpazesine sahipken, antrakinin yapıda olanlar oranj, kırmızı ve mavi renklerle sınırlıdır. Şekil 2.16' da Dispers Blue 1' in antrakinin yapısı gösterilmiştir (Ayder 1998).

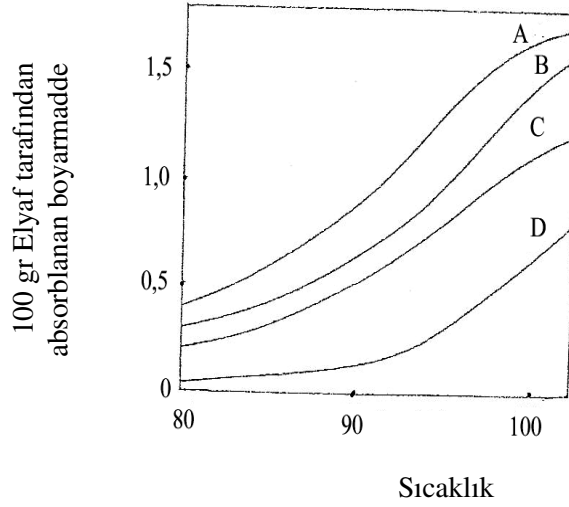


Şekil 2.16 Dispers Blue 1'in antrakinin yapısı

Dispers boyalar non-iyonik, küçük parçacıklı, sulu dispersiyonlar olarak oda sıcaklığında suda çözünmeyen (80°C ' de 0,2-100 mg/l çözünürlüğe sahiptirler) ve hidrofobik liflere substantiviteye sahip olan boyalardır. Bu boyarmaddeler poliester lifleri tarafından, afiniteye sahip oldukları diğer liflere oranla daha yavaş boyanırlar, fakat poliester liflerine afiniteleri iyidir. Boyama hızı boyama sıcaklığı 130°C ' a kadar çıkartarak artırılır (Şefkat 2004).

Dispers boyarmadde suda çok az çözünür ancak bir yüzey aktif madde yardımı ile bir çözeltinin her yerine dağılması sağlanabilir. Dağılmış boyarmadde daha sonra oldukça has bir renk oluşturmak üzere reaksiyona girecekleri lif içerisine nüfuz eder. Diğer boya molekülleri suda çözünür ve boyama işlemi boya banyosu içindeki dispers boyanın büyük bir kısmı tükeninceye kadar devam eder. Normal basınç altında çalışan ve maksimum 100°C ' a kadar ısınan cihazlarda poliesterin ancak difüzyon hızı yüksek

olan küçük moleküllü dispers boyarmaddelerle açık ve orta şiddetteki renklere boyanması mümkündür. İşlem suyun kaynama sıcaklığının üzerinde bir sıcaklıkta gerçekleştirilemediği takdirde oldukça yavaştır. Yüksek sıcaklıkta boyamada kapalı, yüksek basınç ekipmanına ihtiyaç vardır. Orta koyulukta bir ton elde edebilmek için genellikle %2-5 oranında dispers boyarmaddeye gereksinim vardır. Lifin her 100 gramı için absorbe edilen boya miktarı ile sıcaklık arasındaki ilişki Şekil 2.17’ de görülmektedir (Ayder 1998).



Şekil 2.17 Boyarmadde absorpsiyonuna sıcaklığın etkisi

Açıkça görüldüğü üzere 80 °C’ nin altında çok az boya emilimi gerçekleşirken, 85 °C ile 100 °C arasında boya alımında hızlı bir artış kaydedilmiştir. Denenen her boya tipi için eğri 100 °C civarında halen yükselme eğilimindedir. Dolayısıyla tatmin edici bir boya alım seviyesi için 90 dakika gibi uzun sürelerde kaynar fazda boyama yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. 90-100 °C arasındaki küçük sıcaklık değişimleri boya alma derecesinde fark edilir değişimlere yol açmaktadır (Ayder 1998).

Dispers boyarmaddeler suda çok az çözündüklerinden yıkamaya karşı haslıkları da oldukça yüksektir. Işık ve kuru temizleme haslıkları iyidir ancak ütüde yüksek sıcaklıklara maruz kaldıklarında süblimleşme olasılığı mevcuttur. Dispers boyarmadde ile poliesterin boyanmasında kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır.

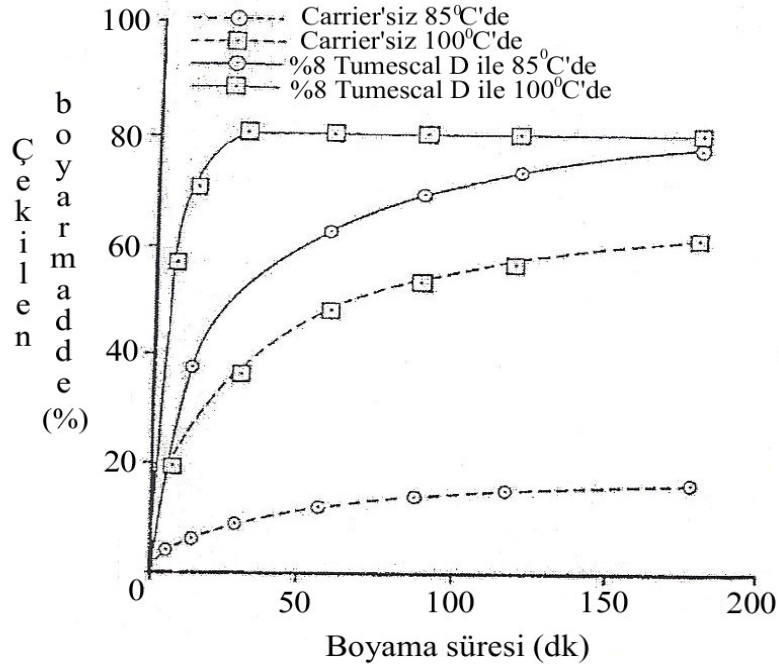
2.3.1.1. Carrier Yöntemi

Dispers boyarmaddelerin poliestere düşük sıcaklıkta uygulanmasında, boyarmadde moleküllerinin lif içine penetrasyonunu sağlamak üzere carrier olarak bilinen difenil, o-fenil fenol, fenil salisilat v.b. gibi bazı fenol, amin ve aromatik hidrokarbonlar, boya banyosunda çözüldüklerinde veya süspansiyon olduklarında dispers boyarmaddenin poliestere lif tarafından absorpsiyonunu hızlandıran bir maddenin kullanılması gerekir. Taşıyıcı da denilen bu maddeler liflerin şişmesine olup, böylece birbirine çok yakın olan uzun polimer zincirlerini uzaklaştırmaktadır. Böylece daha büyük boyarmadde moleküllerinin lif içine girmesi mümkün olur. Suda çözünmeyen carrier, lif yüzeyinde dispers boyarmaddelerin çok çözüldüğü bir tabaka oluşturur. Boyarmadde transferi, sulu fazla lif arasında değil carrierde çözünen boyarmadde ile lif arasında olur. Toksik olabilen carrier daha sonra su sistemine boşaltılmadan önce sudan uzaklaştırılmalıdır. Yüksek sıcaklık ve yüksek basınç kullanımı, carrierlere olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Çizelge 2.2' de carrier olarak difenil (Tumescal D) kullanıldığında boyarmadde çekiminin artışı görülmektedir.

Çizelge 2.2 Carrier olarak difenil kullanımında boyarmadde çekimi

	100 ⁰ C'de 60 dakikada	85 ⁰ C'de 60 dakikada
<u>Dispersol Fast Scarlet B</u>	<u>absorblanan boyarmadde</u>	<u>absorblanan boyarmadde</u>
Difenilsiz	% 48	% 11
% 8 Difenil ile	% 80	% 63

Carrier ile 85⁰ C'de çekim iyi olduğundan, uzun süre kaynatılması istenmeyen materyalin boyanmasında bu yöntemle başvurulur. Şekil 2.18' de, Fast Scarlet B 150 boyarmadde ile bu yöntemle yapılan boyamada carrierin, çekim hızına ve çekilen miktarlara etkisi görülmektedir (Ayder 1998).



Şekil 2.18 Dispersol Fast Scarlet B 150' nin çekim hızına Tumescal D' nin etkisi

2.3.1.2. Termosol Yöntemi

Dispers boyarmaddelerin ısı ve basınç altında süblimleşme özelliğinden faydalanılan termosol işlemi de carrier gereksinimine son vermiştir. Termosol yöntemi veya benzer yöntemler, poliesterden veya poliester ile diğer elyaf karışımlarından yapılan kumaşların boyanmasında büyük ölçüde kullanılmaktadır. Bu yöntemler kumaşın dispers boyarmadde veya çok ince partiküllü küpe pigmenti süspansiyonu ile fularlanmasına dayanır. Bu işlemde boya kumaş üzerine yayılır ve kumaş içerisinde dağılması için ısı uygulanır. Isı, ısıtılmış kuru havadan, sıcak yüzeylerle temastan veya infraruj ısıtma bölgelerinden sağlanabilir. Isıya tutma süresi infraruj tekniğinde 10 s civarında iken ısıtılmış kuru hava yönteminde 30-60 s' dir. Isıtılmış kuru hava kullanımı daha yaygındır. Kurutma esnasında elyaf yüzeyine boyarmadde partiküllerinin yapışması ile bir film tabakası oluşur. Kurutulan kumaşa 30-60 saniye 180-220 °C' da (Genellikle 205 °C' de 30 ile 60 s) ısıtıldığında lif yüzeyine yapışmış olan boyarmadde partikülleri lif içine difüzlenererek fiske olur (Ayder 1998).

2.3.1.3. HT Yöntemi

Poliesterin 120-130 °C'da boyanmasının birçok yararı vardır. Koyu renkler bu metoda göre carriersiz boyanabilir. Böylece hem maliyet düşer hem de carrierin çalkalanması uzun sürdüğünden zamandan da tasarruf sağlanır. 100 °C'nın altında normal basınçta çalışan boyama makinaları ile yapılan boyamada çekimleri çok az olduğu için kullanılamayan, yüksek ışık haslığındaki birçok boyarmaddenin kullanılması mümkün olduğundan daha geniş renk serisi elde edilir. Normal basınç altında boyama yapıldığında yalnız küçük moleküllü boyarmaddeler kullanıldığı ve bunlarında yüksek sıcaklıklarda süblimleşme eğilimi göstermeleri nedeni ile 120-130 °C'da yüksek molekül ağırlıklı moleküllerle çalışılır. Düzgün boyanması güç boyarmaddelerle çalışıldığında boyamanın 130 °C' da yapılması gerekir. Çünkü sıcaklık artışı ile migrasyon artacağından boyama düzgünleşir. Fakat daha düzgün boyadığı bilinen boyarmaddelerle 120 °C' nin üzerine çıkılmasına gerek yoktur. Çünkü bunların başlangıç adsorbsiyonları yeterince üniform olduğu için düzgün boyarlar.

Poliester nötral veya zayıf asidik ortamda boyandığı zaman esnekliğinden ve gerilme gücünden kaybetmez. Fakat çok küçük miktarlarda da olsa alkali varsa polimer zinciri parçalanır. Bu nedenle HT yöntemi uygulanmadan önce temizlemede kullanılan alkali tamamen uzaklaştırılmalıdır.

2.3.2. Renk ve Renk Uzayı

Renk fiziksel, kimyasal, psikolojik ve fizyolojik olayların bir sonucu olarak algılanır ve bunlardan etkilenen bir duyumdur. İnsan tarafından görülebilen elektromanyetik spektrum 400-700 nm arasındaki dalgalıyıları içerir. Işık gazlar, sıvılar ve katılar tarafından tamamen veya kısmen absorblanabilir veya hiç absorblanmaz. Işığın absorblanmayan kısmı sıvıların veya katıların yüzeyinden yansıtılır veya gazların, sıvıların ve camsı katıların içinden geçer. Bir ışık kaynağı tarafından yayılan ışık ve yansıtılan veya geçirilen diğer ışıklar insan gözünün retinasına ulaşır. Burada olan fotokimyasal reaksiyonlardan sonra renk bilgisi beyne iletilir ve renk orada algılanır. İnsan tarafından görülebilen bütün elektromanyetik radyasyonu ortama geri

yansıtıcı cisimler beyaz olarak görülürken, üzerine düşen ışığın tamamını absorblayan cisimler siyah olarak görülür. Eğer cisim 400-700 nm arasındaki ışığın belirli sabit bir oranını absorblıyorsa gri olarak gözükecektir. Beyaz, gri ve siyah akromatik (bir renk açısına sahip olmayan) renklere dir. Bunlar, 400-700 nm arasında bütün dalgalı boylarında sabit absorbsiyon ile ifade edilirler (Alpay ve ark. 2000).

Renk uzayı mümkün olan bütün renkleri içeren üç boyutlu uzaydır. Boyutlar farklı geometrilerde tanımlanabilir. Farklı renk ve renk farkı formülasyonları aynı uzayı kullanabilir (Ör: CIELAB, CMC (1:c) ve Hunter) (Alpay ve ark. 2000)

2.3.3. Renk Ölçümü ve Renk Düzenleme Sistemleri

Renk ölçümü, bir numune tarafından belli koşullar altında yayılan, geçirilen veya yansıtılan ışığın fiziksel ölçümü ve buradan elde edilen sonuçların standart hale getirilmiş kolorimetrik terimlere matematiksel olarak dönüştürülmesidir. Bu terimler farklı renklerin görsel değerlendirilmesine karşılık gelir.

Renk düzenleme sistemleri renklerin üç boyutlu düzenlenebilmesini sağlamak için kullanılan sistemlerdir. Üç temel sınıflandırma sistemi kullanılır:

- 1) Görünüme Dayalı Sistem (Munsell Sistemi): Renk açısı, doygunluk ve ışıklılığa göre psikolojik temelli bir sistemdir.
- 2) Düzenli Additif Renk Karışımı Temelli Sistem (CIE ve Ostwald Sistemleri)
- 3) Düzenli Sübstraktif Renk Karışımı Temelli Sistem (Plochere Renk Sistemi- mürekkepler için) (Becerir 2002a)

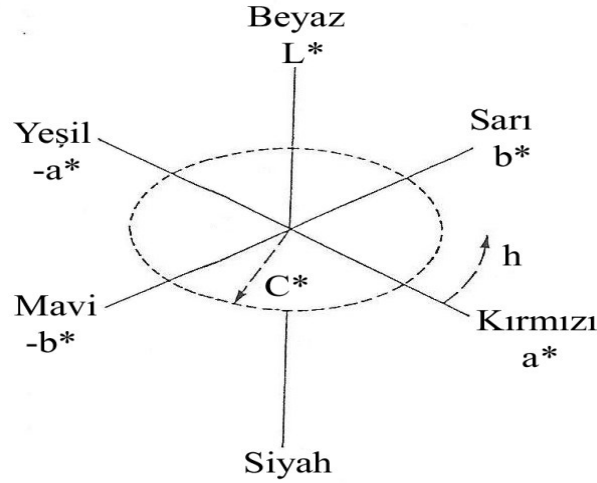
2.3.4. CIE Renk Belirleme Sistemi ve Renk Formülasyonları

CIE, Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu' nun Fransızca isminin başharflerinin kısaltmasıdır. Uluslar arası bir organizasyon olan CIE, aydınlatma, renk ve renk ölçümü konusıyla ilgili en önde gelen kuruluştur (Becerir 2002a).

1931 CIE renk ölçüm sistemi ortaya konduktan sonra renk farklılıklarının nicel olarak değerlendirilmesi problemi üzerinde büyük çabalar harcandı. 1936-1976 yılları arasında geliştirilen yirmiden fazla renk farkı formülasyonlarının çoğu X,Y,Z CIE tristimulus değerlerinin (CIE sisteminde üç renkli bir additif karışım ile bir rengi ifade

edebilmek için gerekli olan bileşenler X,Y,Z tristimulus değerleridir.) daha üniform bir renk uzayı tanımlayan L^* , a^* ve b^* değerlerine matematiksel dönüşümlerini içeriyordu. CIE'nin 1973 ve 1975 yıllarında yapılan toplantılarının sonucunda CIE 1976 $L^*a^*b^*$ renk uzayı ve renk farkı formülü önerildi (Becerir 2002c).

CIELAB ($L^*a^*b^*$) renk uzayı Adams-Nickerson küp kök formülünü kullanan üniform bir renk uzayıdır. L^* , a^* ve b^* değerleri üç boyutlu silindirik koordinat sistemi içinde birbirlerine dik açılarda yerleştirilmiştir. Uzay içindeki eşit uzunluklar yaklaşık eşit renk farklılıklarını verir. Bu uzay, yüzeyinden yansıma yapan cisimler için uygundur. Bu koordinat sistemi Şekil 2.19' da gösterilmiştir.



Şekil 2.19 CIELAB 1976 Renk uzayı

C^* kromayı temsil etmekte ve bir rengin ne kadar canlı olduğunu göstermektedir. Hue (h) ise renk açısı olup, renkler 360° 'lik çember üzerinde bulunurlar. Bu çemberin içinde kalan alanda renkler merkezden uçlara doğru parlaklaşır (Becerir 2002a).

Bu renk açıları çemberi çevresindeki renkler kromatik renkler olarak isimlendirilir. Renkler renk açıları ile anlam kazanırlar. Beyaz, siyah ve grinin renk açıları yoktur. CIELAB renk uzayında h , a^* eksen parçasından itibaren ölçülür.

Parlaklık, akromatik skalada rengin siyahtan beyaza doğru değerlendirilmesi olup, ışıklılık veya luminus reflektans olarak da adlandırılır. Bu terim doygunluk (saturasyon) terimi ile karıştırıldığı için kullanımında ve ifadesinde dikkatli olunmalıdır.

CIELAB ve bazı diğer renk uzaylarında beyaz-siyah eksen ve bu eksen üzerindeki koordinatı değer olarak L^* , kırmızı-yeşil eksen ve bu eksen üzerindeki koordinatı a^* , sarı-mavi eksen ve bu eksen üzerindeki koordinatı b^* ifade eder. L^* ışıklılık (açıklık-koyuluk) ifade eden değerdir. L^* ekseninin yarısından yukarıya doğru (50-100) beyaza, aşağı doğru da (50-0) siyaha gidilir. a^+ yöne gidildikçe kırmızılık, b^+ yöne gidildikçe sarılık artar. DL^* (ΔL^*), numune renk ile standart referans renk arasındaki ışıklılık farkını belirtir. Da^* (Δa^*), Db^* (Δb^*), numune renk ile standart referans renk arasındaki renk farkını belirtir. Kroma (saturasyon veya doygunluk), bir renk boyutu olup, belirli bir renk açısının (Ton) (Hue) şiddetini veya doygunluğunu ifade eder ve bir kromatik rengin aynı değere sahip gri (nötral) bir renkten olan uzaklığı olarak tanımlanır. C^* , kromanın sayısal değeridir. $a^*=0$ ve $b^*=0$ noktasından rengin a^* ve b^* değerlerinin birleştiği noktaya olan uzaklıktır. ΔE , bir renk farkı denklemi ile hesaplanan toplam renk farkını gösterir (Becerir 2002a).

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2}$$

$$h = \arctan (b^*/a^*)$$

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

Bir bilgisayarlı renk formülasyonu programının etkin çalışabilmesi için bir numuneyi boyamak için kullanılan her bir boyanın konsantrasyonu ile numunenin sonuçta elde edilen rengi arasında matematiksel bir ilişki kurulmalıdır. Bütün renk eşleştirme yazılımlarının matematik temeli ve en fazla kullanılan fonksiyonu Kubelka-Munk fonksiyonu ve bundan elde edilen denklem serileridir (Becerir 2002b). 1931 yılında ortaya atılmış olan bu teori ve bundan türetilen formülasyonlar, boyalı mamüllerin ışık absorblama ve saçma özellikleri ile yüzeyin reflektansı ve kullanılan boyarmaddenin konsantrasyonu arasında bir ilişkiyi tanımlar. Formülasyon en etkin olarak boyarmaddenin maksimum absorpsiyon dalgaboyunda kullanılır (Becerir 2002a).

$$K/S = (1-R)^2 / 2R$$

Burada; K: Yüzeyin ışık absorblama katsayısı,

S: Yüzeyin ışık saçma katsayısı,

R: Dalgaboyunda gerçekleşen reflektans'tır.

2.4. Poliester Lif Özellikleri

Lifler, diğer tür polimerik son ürünlerden fiziksel özellikleri ve tipik geometrileriyle ayrılırlar. İnsan yapısı liflerde kesit geometrisi düze deliklerinin şekliyle kontrol edilebilir. Lifin fiziksel özellikleri ise doğrudan polimer zincirleri arası düzenlenme ve etkileşimlere bağlıdır. Bu nedenle bir polimerin lif oluşturma yeteneği tek bir moleküler özellikle açıklanamaz. Her türlü moleküler düzenlenme ve etkileşim göz önüne alınmalıdır. Bu incelemeler, organokimyasal, makromoleküler ve süpermoleküler düzeyde ayrı ayrı değerlendirilir. Organokimyasal yapı, polimer zincirlerindeki yinelenen birimlerin ve bağların kimyasal doğasını kapsar. Liflerin boyanabilirlik, nem tutuculuk, şişme gibi kimyasal özellikleri doğrudan organokimyasal yapıları ile ilişkilidir. Fiziksel özellikler de dolaylı olarak organokimyasal yapıdan etkilenirler. Makromoleküler yapı, polimer zincirlerini bir bütün olarak ele alır ve zincir uzunluğu, zincir esnekliği, zincir uzunluğu dağılımı, zincir şekli gibi kavramları kapsar. Süpermoleküler yapı, polimer zincirlerinin üç boyutlu görünümünü kapsar. Makromoleküler ve süpermoleküler yapı lifin fiziksel özelliklerini doğrudan belirler. Kimyasal özellikler üzerine dolaylı etki yapar (Saçak 2002).

2.4.1. Morfolojik Yapı ve Özellikleri

Polimerik materyallerin temel yapıları, tam amorf, tam kristalin ya da yarı-kristalin yapıda olabilir. Morfoloji, polimerin katı haldeki yapısı içindeki kristalin, amorf bölgelerinin varlığı, bunların yapı içinde dağılımı ve düzenlenişleri, büyüklükleri ve biçimlerini tanımlar. Şekil 2.20' de amorf polimer görülmektedir. Amorf polimerde, polimer zincirler birbirleri ile gelişigüzel karışmış, yumak halinde sarılı bir durumdadır. Yapı içerisinde belli bir düzene sahip yapı bulunmaz ve yapı içerisinde polimer molekül

zincirleri sürekli hareket içindedir. Sıcaklık arttıkça hareketlilik artar. Polimer türüne göre belli bir sıcaklığın (T_g camsı geçiş sıcaklığı) altında yapı donmuş gibi camsı ve kırılmandır. Bu atomlar arası bağların gerilmesi ve bağ açılarının değişmesinden dolayıdır. T_g sıcaklığının üzerinde ise hareketlilik artar ve yapı kağıuçuşmsu bir hal alır (Ürkmez 2001).



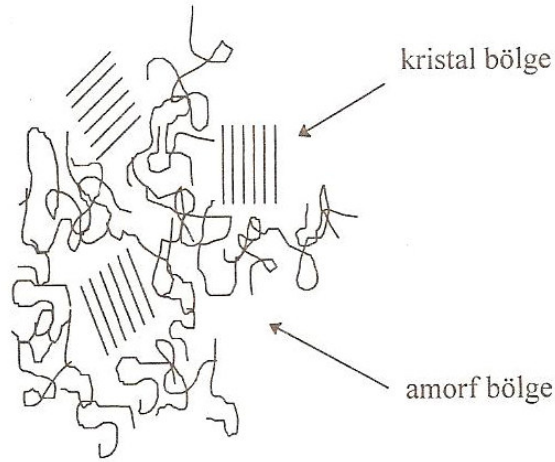
Şekil 2.20 Amorf polimer yapısı

Tamamen kristalin polimer örneklerine, özel koşullarda hazırlanan polimer tek kristallerinde rastlanır. Polimer tek kristallerinde, polimer zincirlerinin tümü düzenli paketlenmeyle kristal yapısına uygun geometriyi alırlar. Kristalin alanların yönelimi, büyüklüğü ve sayısı lifin kıvrım, sertlik, mukavemet, parlaklık, sürtünme ve aşınmaya karşı direnci gibi özelliklerine etki eder. Amorf alanların varlığı ise yumuşak, esnek ve absorban bir lif oluşturur (Ürkmez 2001). Liflerin moleküler oryantasyonu, uzun-zincirli moleküllerin lif eksenine doğrultusunda sıralanmasıdır. Moleküllerin düzenli şekilde sıralanması sonucunda kristallenmeler oluşur.

Liflerin iç yapısının yani moleküller arası düzeninin bilinmesi, son kullanım alanlarına uygunluğunun belirlenmesi açısından da önemlidir. Polimer hiçbir zaman tam kristalin değildir. Doğal ve insan yapımı liflerin yapılarında, polimer zincirlerinin çok iyi düzenlendiği bazı bölgeler (kristalin bölge) yanında, zincirlerin rastgele düzenlendiği bölgeler (amorf bölge) de bulunur. Bu nedenle, tekstil lifleri yarı-kristalin yapıdadırlar.

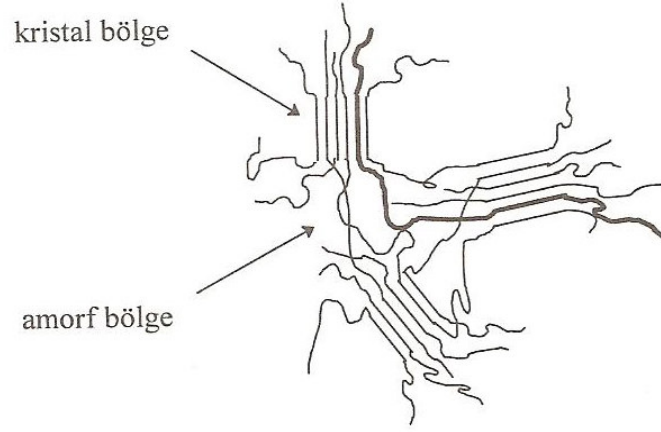
Lif özelliklerinin yorumlanmasında kullanılan ve yarı-kristalin polimerler için geliştirilen ilk kristal yapı modeli, Şekil 2.21' de görülen iki fazlı misel modeli olmuştur. Bu modelde, kristal ve amorf bölgelerin kesin sınırlarla birbirinden ayrıldığı, bir polimer zincirinin yalnız amorf veya kristalin bölgelere katkıda bulunabileceği düşünülmüştür.

Daha sonraları, iki fazlı misel modeli yerine saçaklı misel modeli geliştirilmiştir. Şekil 2.22’de gösterilen saçaklı misel modelinde, bir polimer zincirinin birkaç amorf ve kristalin bölgeden aynı anda geçerek katkıda bulunabileceği varsayılmıştır. Böylece amorf ve kristalin bölgelerin kesin sınırlarla ayrılmadığı ve sistemin karma-tek fazlı olduğu düşünülür (Saçak 2002).



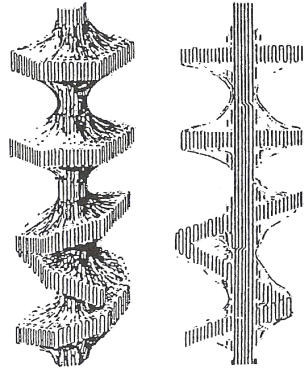
Şekil 2.21 Yarı-kristalin bir polimer yapısı için ilk öne sürülen iki fazlı misel modeli

Kristalin bölgeden amorf bölgeye ya da amorf bölgeden kristalin bölgeye geçiş ani değil, derecelidir. Şekil 2.22’ de gösterilen koyu polimer zincirinde görüldüğü gibi polimer zinciri kristal ve amorf bölgelere katkıda bulunabilir.



Şekil 2.22 Yarı-kristalin bir polimer için öne sürülen saçaklı misel modeli

Seyreltik bir polimer çözeltisi kristalizasyon süresince karıştırılarak hareket ettirilirse, uzama akış alanı tercihen en uzun molekülleri gerdirir ve bunların etrafında soğuma esnasında çekirdek lamelli zincir katlanmış kristaller oluşur. Bu modele şiş kebab yapı denir. Şekil 2.23’de görülen, şiş diye adlandırılan kısımlar nispeten büyüyen fakat tam olarak büyümeyen zincirleri, kebab diye nitelendirilen kısımlar ise aksenal olarak büyüyen kısımları tanımlar. Bu yapıda çok az sayıda uzatılmış molekül ve lif ekseni boyunca çok sınırlı zincir sürekliliği vardır (Şefkat 2004).

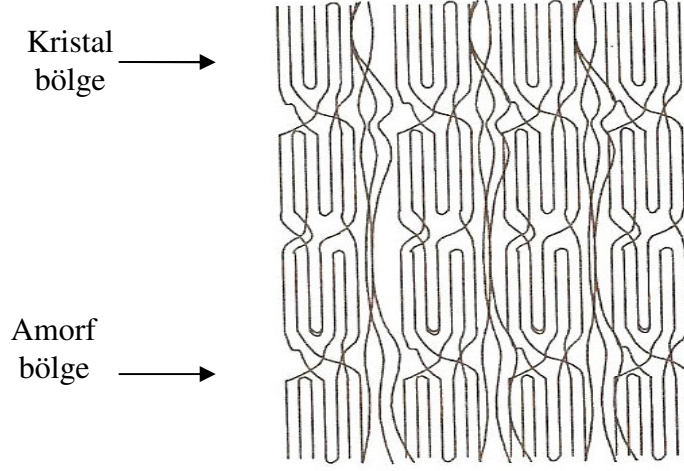


Şekil 2.23 Şiş-kebab yapı modeli

Polimer zincirleri enerji düzeylerini düşürmek amacıyla belli bir düzene girmek isterlerken (kristallenme), düzensizlikleri nedeni ile entropilerinin daha yüksek olduğu

rastgele konformasyonda kalmaya da çalışırlar. Bu iki karşıt etki bir noktada dengelenerek polimerde belli oranda kristal yapı oluşur. Genelde, yarı-kristal polimerlerdeki amorf bölge yüzdesi %30-70 aralığındadır (Saçak 2002).

Kristal ya da makromoleküllerin lif eksenine paralel yönde (lif uzunluğunca) oryantasyonu, lifin fiziksel özellikleri açısından önemlidir. Lif çekim şartlarına bağlı olarak, kristalin olmayan yeni çekilmiş filamentte makromoleküllerin belli bir oryantasyonu mevcuttur. Yüksek bir oryantasyon derecesi, son ürünün tatmin edici performansı için gerekli özelliklerin elde edilmesinde gereklidir ve bu genellikle liflerin çekilmesi ile elde edilmektedir. Lif amaçlı kullanılacak polimerlerde kristalinitenin yüksek olması istenir. Kristalin bölgeler, amorf bölgeleri birbirine bağlayan çapraz bağ noktaları olarak yorumlanabilir. Kristal çapraz bağ olarak adlandırılacak bu etki, polimeri sert ve sağlam yapar. Lif üretimine uygun polimerlerin önemli bir başka özelliği, iyi bir üç boyutlu moleküler düzenlenme (süpermoleküler yapı) gösterebilmeleridir. Polimer zincirlerin yönlenmesi bu zincirlere uygulanan kuvvet doğrultusunda gerçekleşir. Yönlenme, filamentlere hemen düze çıkışında veya daha sonra uygulanan germe-çekme işlemi ile sağlanır. Camsı geçiş sıcaklığı yüksek olan polimerlerde, filamentler sıcak godetlerden geçirilip ısı uygulanarak ve ipliğin sarılacağı bobinin dönme hızı ayarlanarak germe-çekme işlemi yapılır. Amorf bölgelerin oryantasyonu lifin üretim şartlarına bağlıdır. Sarım hızı artışı lifte yüksek oryantasyona neden olurken, çekim sırasında daha fazla oryantasyon, çekimden sonra ihtiyaç duyulan lifteki uzama ve esneklik özelliğini azaltmakta ve mekanik dayanım artmaktadır. Şekil 2.24' de lif içerisindeki amorf ve kristalin bölgelerin yönlenmeden sonraki görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.24 Kristal ve amorf bölgelerin yönlenmeden sonraki hali

Poliester lifleri de kısmi kristalin yapıda olup; üretim esnasında germe işlemi ile düzensiz yapıda olduğu kabul edilen amorf bölgedeki makromolekülleri az ya da çok yönlenmiş bir yerleşim kazanmaktadır. Yönlenme miktarı, eriyikten çekim esnasında uygulanan sarım hızı yükseldikçe artar (Şefkat 2004).

Poliester liflerinde yapılan araştırmalara göre, amorf bölgeleri makromoleküllerin farklı yönlenme durumuna bağlı olarak “anisotrop kristalin olmayan (amorf) bölgeler” ve “isotrop kristalin olmayan (amorf) bölgeler” diye ikiye ayrılarak incelenmelidir. Bu hipoteze göre de, lifin boyarmadde alımını belirleyen kısım, yalnızca anisotrop kristalin olmayan (amorf) bölgelerdir (Tarakçıoğlu 1986).

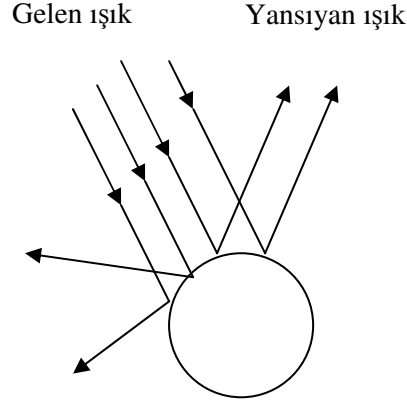
2.4.2. Fiziksel Özellikleri

2.4.2.1. Görünüş

Poliester liflerinin enine kesitleri genellikle yuvarlaktır. Özel amaçlarla üretilen bazı liflerin kesitleri -trilobal- gibi değişik olabilir. Kesit şeklinin prosesler ve kumaş üzerinde çok büyük etkisi vardır. Yüzeğe çarpan ışığın geçirilmesi ve yansımaları, yansıtıcı ve ışığı kırıcı yüzeylerin sayısına ve şekline bağlıdır. Mamul ürünün parlaklığı ve şeffaflığı açısından, aynı renk derinliğini elde etmek için daha fazla boyarmadde

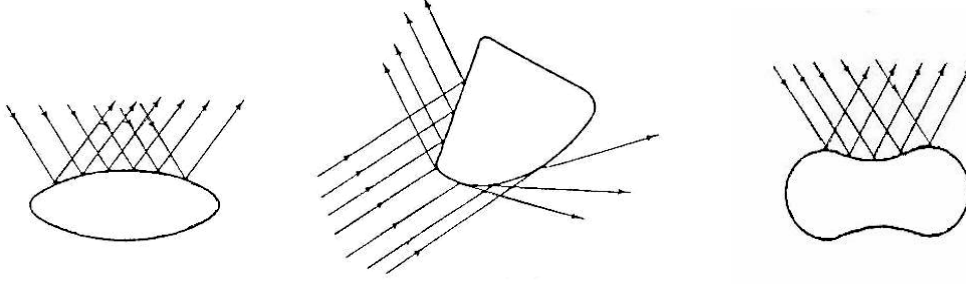
gerektiren bu durum farklı kesit şekilleri ile önemli ölçüde değiştirilebilmektedir (Ayder 1998).

Liflerin ışığı düzgün ve eşit olarak yansıtması parlak, ışığı daha az düzgün yansıtması ya da saçması mat görünmelerine neden olur. Şekil 2.25’ de görülen dairesel lif kesidi teoride zayıf parlaklıktadır. Çünkü ışık düzgün ve eşit olmayan bir şekilde yansıtılmaktadır. Gerçekte ise güçlü bir parlaklık elde etmeye eğilimlidir. Bunun nedeni, lifin iplik ya da kumaş içinde nasıl büküleceğinin sorun olmasıdır. Elyafın dairesel kesidi, yansımanın düzgün olmasına rağmen gelen ışığın aynen yansımaya izin verir.



Şekil 2.25 Dairesel lif kesidinden ışığın yansımaları

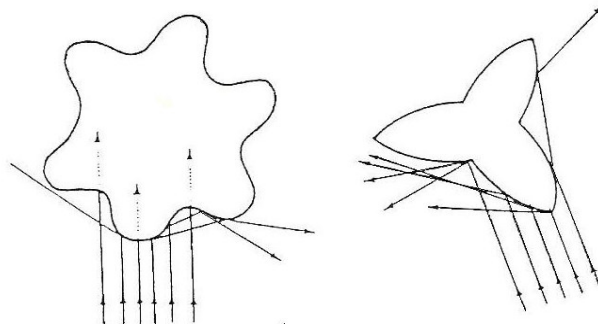
Şekil 2.26’da görülen oval, tringular ya da fasulye benzeri lif kesitleri görülmektedir. Teoride bu kesitler en parlak görünümü vermektedirler. Çünkü ışığı eşit ve düzgün yansıtırlar. Gerçekte ise elyaf ya da filament, iplik içinde büküldüğünden, ışığı yansıtması beklenildiği kadar düzgün olmamaktadır. Böylece daha az parlaklık elde edilmektedir.



Şekil 2.26 Oval, triangular ve fasulye benzeri lif kesidinden ışığın yansımaları

Triangular kesitlerde lifler arasında daha fazla sürtünme meydana gelmektedir. Bu kesitler Şekil 2.26' da görüldüğü gibi ışığı oldukça düzensiz yansıtmaktadır. Bu özelliğinden dolayı mat bir görünüm alması beklenmektedir. Gerçekte ise çok parlak bir yapı görülmektedir. Bunun nedeni kumaş ve iplik içinde büküm alan liflerin ışığı düzensiz yansıtmasının azalmasıdır. Kesitteki daha az eğri bölgelerden ışığın yansımaları düzleşmektedir.

Şekil 2.27' de görülen trilobal kesit en fazla parlaklığa sahip olanıdır. Multilobal kesitlerde lob sayısı arttıkça ışık daha fazla saçılmaktadır. Parlaklık kaybolmakta ve oldukça mat bir görünüm elde edilmektedir.



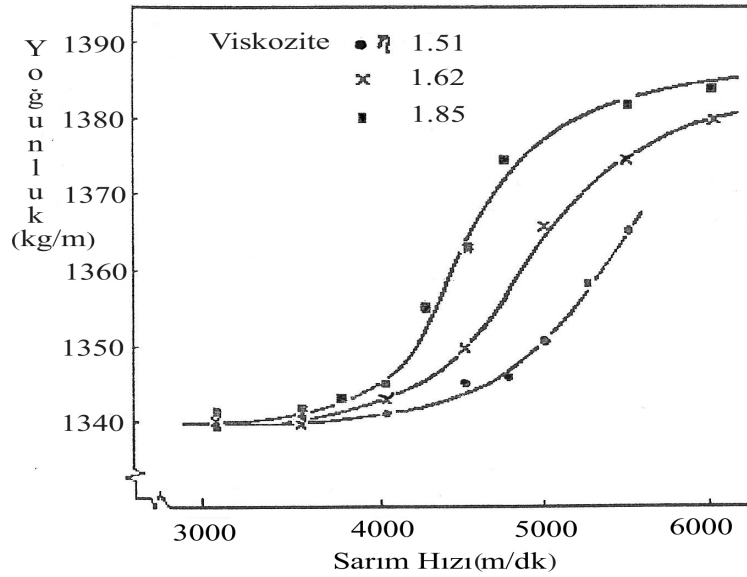
Şekil 2.27 Trilobal ve multilobal lif kesidinden ışığın yansımaları

Ayrıca lif üretiminde kullanılan titanyumdioksit tanecikleri matlaştırıcı madde olarak eriyiğe katılarak lif parlaklığı azaltılabilmektedir. Farklı kesitlerdeki titanyumdioksit tanecikleri lif içinde ışığı gelişigüzel yansıtmaktadırlar.

2.4.2.2. Özgül Ağırlık

Birçok poliester lifinin yoğunluğu $1,38 \text{ g/cm}^3$ ' tür. TiO_2 ile matlaştırılmış liflerde yoğunluk $1,4 \text{ g/cm}^3$ 'e çıkabilir. Yoğunluk, lif yapısındaki kristal bölgeler ile amorf bölgeler arasındaki oran ile ilişkilidir. Sarım hızının artmasıyla moleküler düzenlenme ve viskozite artacağından yoğunluk artar. Şekil 2.28' de sarım hızı ve viskozite değişiminin yoğunluk üzerine etkisi görülmektedir (Ürkmez 2001).

%100 amorf yoğunluk $1,3350 \text{ g/cm}^3$, %100 kristal yoğunluk $1,4550 \text{ g/cm}^3$, oryante poliester lifleri için $1,38-1,39 \text{ g/cm}^3$ tür (Şefkat 2004).



Şekil 2.28 Sarım hızı ve viskozite değişiminin yoğunluk üzerine etkisi

2.4.2.3. Mukavemet

İplik üzerine artan bir yük uyguladığında kopuncaya kadar dayandığı yüküdür. Oryantasyonun artmasıyla dayanıklılık arttığından liflerin mukavemeti, polimer viskozitesi ile ergime noktasının, sarım hızının ve üfleme hava hızının artmasıyla artar. Üretim debisinin, polimer eriyik sıcaklığının ve liflerin soğutma havası sıcaklığının artmasıyla düşer. Mikrodenye liflerden imal edilen ipliklerin mukavemeti normal poliester liflerden yapılmış karşılaştırılabilir ipliklerden düşüktür (Ürkmez 2001). Üretim şartlarına göre 36-48 cN/tex arasında değişebilir (Şefkat 2004).

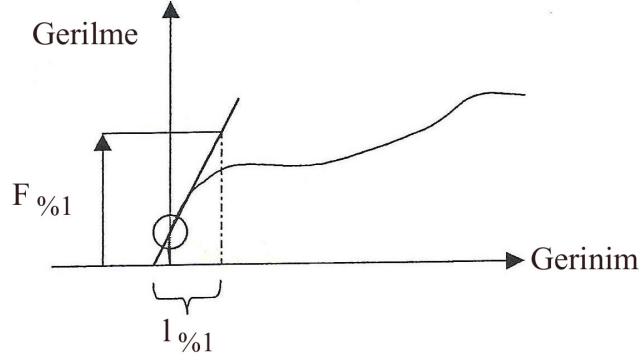
2.4.2.4. Kopma Uzaması

İplik üzerine artan bir yük uygulandığında kopuncaya kadar boyca uzama yüzdesidir. Üretim esnasında son derece dik yük/uzama diyagramı elde etmek için lif çok yüksek oranda çekilmelidir. Bu durum ise filamentin kopma tehlikesi yanında , yüksek kristallenme nedeni ile boya alma kabiliyetinde azalmaya neden olur. Oryantasyon ile uzama düştüğünden liflerin uzaması, polimer viskozitesi ile ergime noktasının, sarım hızının ve üfleme hava hızının artmasıyla azalır; üretim debisinin, polimer eriyik sıcaklığının ve liflerin soğutma havası sıcaklığının artmasıyla artar. Sarım hızı arttıkça uzama (%) düşmektedir.

Liflerin uzama yetenekleri, standart liflerin filament ve stapellerinde değişiktir. Genellikle standart filamentlerde uzama oranı %15-30 iken, stapel liflerinde ise bu yetenek %30-50 arasında değişebilir. Liflerin uzama yetenekleri üzerinde rutubetin etkisi görülmez (Ayder 1998).

İlk modül, diğer adıyla başlangıç modülü, yük-uzama grafiğinin tüm kıvrımlar uzaklaştırıldıktan sonra başlangıçtaki eğimine eşittir. Malzemenin ne kadar kolay deforme edildiğini ifade eder. Kolayca uzayabilen malzemeler düşük ilk modüle sahiptir (Şefkat 2004).

Şekil 2.29' dan görüleceği gibi ilk modül uzamanın % 0 olduğu noktadaki modül değeridir.



Şekil 2.29 İlk modül

Poliester liflerinin başlangıç modülleri oldukça yüksektir ve germeye karşı direnç gösterirler. Bu nedenle gerdirilerek uzatılmaları güçtür. Az uzatılmış ise esneklik yetenekleri yüksek olur. Örneğin %1 oranında uzatılan liflerin geriye dönüş esneklikleri %100'dür. Halbuki %3 oranında uzatılmış liflerde geriye dönüş esnekliği %90'dan biraz fazladır. Uzatma oranı arttıkça kalıcı uzunluk oranı da artar. Bu özellik liflerin oryantasyonu ile de orantılıdır (Şefkat 2004).

2.4.2.5. Nem Absorbsiyonu

Poliester lifleri normal koşullar altında (20 °C, %65 bağıl nemde) %0,4 gibi oldukça düşük bir nem absorpsiyonuna sahiptir. % 95-100 bağıl nemde dahi içerdiği nem oranı %0,6-0,8'i geçmez. Düşük rutubet seviyeleri aynı zamanda yüksek miktarda statik elektrik toplanmasına yol açar.

Liflerin kristal alanlarının yön ve büyüklüğü, elyafın kıvrım, sertlik, sürtünme özelliklerini ve aşınmaya karşı davranışını etkiler. Amorf bölgeler ise, elyafa yumuşaklık, emicilik ve bükülebilme kabiliyeti kazandırır (Ayder 1998).

2.4.2.6. Aşınma Dayanıklılığı

Poliesterin aşınma dayanımı iyidir ancak mukavemetlerinden dolayı lifler uzun süreli aşınma söz konusu olduğunda boncuklaşma eğilimi gösterirler. İpliğin yüzeyinde yer alan lifler kopar ve kumaş yüzeyinden dışarı çıkar. Lif uçları toz ve diğer lifleri de üzerinde toplayarak küçük boncuklar oluşturur. Poliester lifi mukavemetli olduğu için bu boncuklar yün kumaşlarda olduğu gibi kolayca kumaştan uzaklaştırılmaz. Kumaş yüzeyinde kalır (Ayder 1998). Liflerin bu eğilimini azaltmak üzere birçok modifikasyonlar mevcuttur. Boncuklaşma eğilimi düşük poliesterin diğerlerine göre düşük mukavemette olduğu bir gerçektir.

2.4.3. Termal Özellikleri

Sentetik liflerin birçoğu termoplastiktir. Bu tür lifler, belli bir sıcaklığın üstünde yumuşatılarak, istenilen şekil verilir ve soğutulur. Poliesterin erime noktası 265 °C'dir. 230-240 °C arası yumuşama özelliği gösterir. Bozunma sıcaklığı 300 °C'dir. Poliesterin camsı geçiş sıcaklığı (T_g) 80 °C'dir. Poliester iplik ve kumaşların ısıl fiksajında dikkatli olmak gerekir. Poliesterin güvenli ütü sıcaklığı 120-150 °C'dir. Hafif kumaşlar daha düşük sıcaklıkta ütülenmelidir. Poliester ipliğin kaynamış su içindeki boyca kısalması kaynama-çekme testi ile ölçülür. Sarım hızı arttıkça düzenlenme arttığından kaynama çekme düşer (Ürkmez 2001).

2.4.4. Kimyasal Özellikleri

Poliester yüksek sıcaklıklarda bile zayıf asit ve alkalilere karşı dayanıklıdır. Kuvvetli alkaliler poliesteri oda sıcaklığında zayıflatır; sıcaklık arttığı takdirde kısa zamanda bozunmasına yol açar. Oda sıcaklığında kuvvetli asitlerden etkilenmez. Kaynayan hidroklorik asitte veya %96'lık sülfirik asitte uzun süre muamele, poliesteri yapısal olarak parçalar (Ayder 1998).

Lif tipini belirlemeye yönelik testlerde poliester lifini çözmek için sıcak m-kresol kullanılır. Fenolün triklorofenol veya tetrakloretenla karışımları poliesteri çözündürür. Diğer organik çözücüler lifi etkilemez. Benzoik asidin % 2'lik sulu çözeltisi, salisilik

asit, fenol, monoklorobenzen'in % 0,5'lik sulu çözeltisi, P-diklorobenzen, metil benzoat ve metil salisilat, ayrıca orto ve para fenil fenollerin %0,3'lük sulu çözeltileri bu lifleri şişirmekte ve çaplarını kısmen büyütmemektedir (Pişkin 1987).

2.5. İçi Boş Lif Üretimi

Dairesel olmayan kesitlerle eriyikten çekimli liflerin gelişimi 1960'larda başladı. İlk girişim, pahalı ipek liflerinin parlaklığını taklit etmektir. Daha sonra sentetik liflere fonksiyonellik ve estetik kazandırmak için çeşitli tiplerde dairesele olmayan lifler geliştirildi. Düz (yassı) lif, dairesele olmayan lifin en basit tipidir. İçi boş lif, basit dairesele olmayan life bir diğer örnektir. Bu lif, suni böbrekler, su temizleme sistemleri v.s. için membranlar olarak yaygın şekilde kullanılır. İçi boş liflerin daha düşük ağırlığı ve hacimli yapısı, yastıklar ve giysilerin imalatı için de faydalıdır (Takarada ve ark. 2001).

İçi boş lifler, yaş çekim, kuru çekim ya da eriyikten çekim ile yapılabilmektedir. Çekim hızı açısından eriyikten çekim en hızlı yöntemdir ve bu üç yöntemden en ekonomik olanıdır (De Rovère ve Shambaugh 2001).

İçi boş kanallı lif eldesinde eriyikten lif çekim yöntemi yaş çekim yöntemine göre daha fazla tercih edilmektedir. Bunun başlıca sebebi, eriyikten lif çekimi ile elde edilen liflerin çok daha mukavemetli olmasıdır. Bu lifler, kullanılan polimere bağlı olarak genellikle yüksek sıcaklıklara ve kimyasallara karşı daha dirençlidir. (Özçelik ve ark. 2001).

2.5.1. İçi Boş Lif Üretiminde Kullanılan Düze Profilleri

İplik üretmeye uygun tüm polimerlerden yaş veya eriyikten lif çekim teknolojisi ile içi boş kanallı lif üretimi mümkündür. Bu özel üretimin gerçekleşmesi modifiye edilmiş özel düzeler ile sağlanmaktadır. Bu teknoloji için modifiye edilmiş düze başlığı (lümen oluşumu için gaz besleyen yapıdaki) gereklidir. İçi boş kanallı bir lifin geometrisi, üretim hızı ve çekim oranı ayarlanarak belirlenmektedir (Özçelik ve ark. 2001).

Eriyikten çekim prosesine göre, dairesele enine kesitli lifler, bir polimer eriyiğinin yuvarlak düze deliklerinden ekstrüzyonu ile üretilmektedir (Takajima 1994).

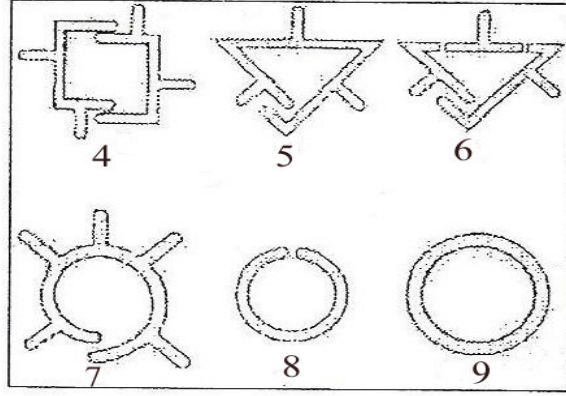
Bununla birlikte lif uygulamalarında dairesel bir enine kesit daima tercih edilmez (Rwei 2001). Çünkü, özelliiksiz bir enine kesit, her tüketici için arzu edilir tüm özelliklere sahip değildir (Bueno ve ark. 2004).

Eriyikten çekim metodu ile yapılan bir lifin enine kesidi, düze delik şeklinin değişimi ile kolaylıkla şekillendirilebilir (Hudson 1995).

İçi boş kanallı lifler özel düzelerden çekilmektedir. Kullanılan düzeler, kapalı bir yarığa ya da kapalı yarıklı daire özlü yapıya sahiptir. İçi boş kanallı bir yapı oluşturulacak olan eriyik akışkanı, eriyik fazında düzeden geçirilmektedir. Bu basit teknoloji için modifiye edilmiş oluklu düzelerle ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra işlemin hatasız gerçekleşmesi içi dış çapın ve/veya duvar kalınlığının da önemi büyüktür. İçi boş kanallı liflerin düzelerden geçirildikten sonra katılaşması sağlanmakta ve ısıtılmış silindirlerde çekildikten sonra sıcak gerdirme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu işlemler bittikten sonra bobinleme yapılmaktadır (Özçelik ve ark. 2001).

İçi boş kanallı lif duvarında kısa ya da uzun açıklı yarıklar üretebilmek mümkün iken içi boş kanallı lif üzerinde lif eksenine boyunca bölgesel boşluk eldesi mümkün olamamaktadır. Makroskobik lif yapısı, bir çok uygulama için yeterli değildir. Fakat herhangi bir hata içermeyen içi boş kanallı lif yapısı tüm teknik ve tıbbi alanlarda uygulama imkanı bulmaktadır. Bu çeşit içi boş kanallı yapıdaki bir lif, kapalı yarıklı bir düze ile elde edilebilmektedir. Söz konusu düze yuvarlak formulu olup, ortasında boşluk (öz) içermektedir. İçi boş kanallı lifin iç çapının kontrolü lif çekimi esnasında buhar basıncı ile sağlanmaktadır (Beyreuther ve Hoffmann 1997)

Şekil 2.30' da içi boş kanallı lif üretiminde uygun olan düze profilleri yer almaktadır. Şekildeki 4 ve 7 numaralı düzeler açık yarıklı düzeleri, 9 numaralı düze ise gerçek içi boş kanallı lif yapımında kullanılan kapalı yuvarlak yapıdaki düzeyi göstermektedir. Yuvarlak özlü düze, düzenin arasından gaz beslenen özel olarak tasarlanmış lif çekim başlığı içermektedir.



Şekil 2.30 İçi boş lif üretimine uygun farklı düze delik tipleri

Düzelerin belirli bir çalışma süresi sonunda değiştirilmesi ve temizlenmesi gerekmektedir. Düzeler nitrik asit veya glikol içinde kaynatma, 400-500 °C'deki sodyum nitrit eriyiği içerisinde daldırma veya otoklavlar içerisinde basınç altındaki suyla temizleme şeklinde yapılmaktadır.

2.5.2. Düze Delik Şeklinin Lif Özellikleri Üzerine Etkileri

Liflerin en önemli özelliklerinden biri de enine kesit şekilleridir. Eğilme ve burulma rijitliğindeki etkiye ek olarak enine kesit şekli büyük ölçüde liflerin optik özelliklerini de belirler (Warner 1995).

Yüzeye çarpan ışığın geçirilmesi, yansıtılması, yansıtıcı veya ışığı kırıcı yüzeylerin şekline ve sayısına bağlıdır. Mamul üründe parlaklık ve şeffaflık açısından, aynı renk derinliğini elde etmek için daha fazla boyarmadde gerekir ve bunun lif şekli ile ilgisi vardır. Örneğin; yuvarlak kesitli bir lif kullanmak yerine, üçgenimsi keside sahip bir lif kullanılırsa daha az boyarmadde kullanılarak arzu edilen parlaklık derecesi elde edilebilir. Bu da boyama masraflarından tasarruf anlamına gelmektedir.

Tekstilde ve kompozitlerde kullanılan lif enine kesitleri daha çok kompleks olmuştur. Lif şekli, lif ya da filament özelliklerini ve dolayısıyla iplik ve kumaş karakteristiklerini etkiler. Günümüzde dairesel lif enine kesidi, sentetik lif üreticileri tarafından üretilen en yaygın şekildir. Performans, konfor, pilling, hacimlilik, işlenme

gibi çeşitli sebepler için diğer enine kesit şekilleri de yaygınlaşmaya başlamıştır (Bueno ve ark. 2004).

Yapılan incelemeler, lif kesidinde boşluk oranının artması ile bu liflerden elde edilen kumaşların mekanik özelliklerinin ve tutumunun değiştiğini söylemektedir. Profilli düze deliklerinin avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.3' de gösterilmiştir.

Lif kesidindeki boşluk oranı arttıkça, kumaş yapısı deforme olabilir bir özellik kazanmakta ama elastikiyetini, eski haline dönme yeteneğini kaybetmektedir. Yumuşaklık ve dolgunluk artmakta, rijitlik, lineer mukavemet, rezilyans, kumaşın doğal ağırlığı azalırken; uzayabilirlik, sürtünme katsayısı artmaktadır (Matsudaira ve ark. 1993).

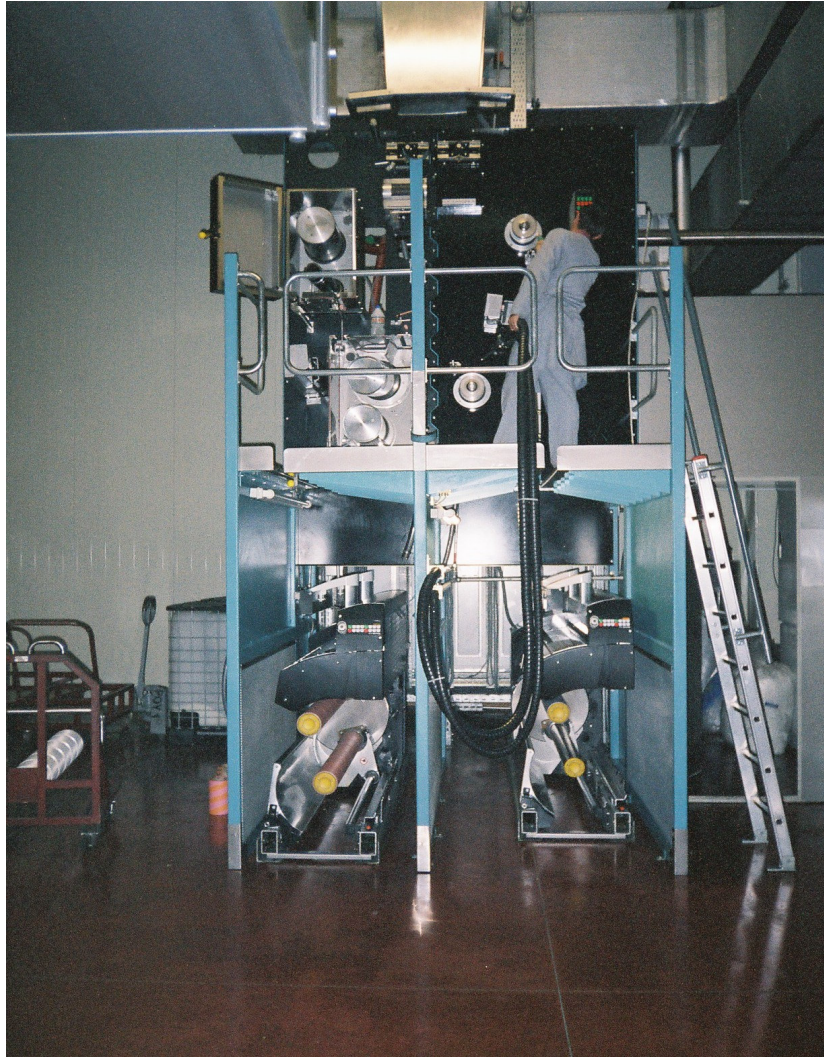
Çizelge 2.3 Profilli düze deliklerinin avantaj ve dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
Daha iyi örtücülük	Düşük uzama
Yüksek hacim	Düşük mukavemet
Tutumda iyileşme	Kalıcı büküm
Yüksek hava geçirgenliği	Düşük aşınma direnci
Yüksek su emicilik	Fazla boyarmadde kullanımı
Düşük pillingleşme	Düşük yıkama haslığı
İyi boyutsal stabilite	Yüksek iplik düzgünsüzlüğü

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal Tanımı

Ekstrüderli (cips beslemeli) Korteks Pilot İplik Üretim Tesisi'nde, eriyik çekim yöntemi ile yarım PET hammaddeli 48f150 denyede, içi dolu dairesel, içi boş dairesel, içi dolu trilobal, içi boş trilobal olmak üzere 4 farklı kesitte FDY iplikler üretilmiştir. Şekil 3.1'de Pilot tesisteki iplik üretim hattı gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Pilot tesis iplik üretim hattı

Ekstrüderli iplik üretim sisteminde, cips, ekstrüderden önce nemi uzaklaştırılmış hava ile muamele edilerek kurutulmuştur. Bunun nedeni, cipteki küçük miktarlardaki fazla nemin bile cipsin ekstrüderde eritilip eriyik haline getirilmesi sırasında, polimerleşme derecesini düşürerek iplik çekimini mümkün kılmamasıdır. Üretimde kullanılmış olan cipsin özellikleri Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Cips özellikleri

Kuru cips viskozitesi (IV)	0,641 dl/gr
Kuru cips nem oranı	40 ppm
Karboksil uç grubu	37,8 mmol/kg
Cips yoğunluğu	1,38 gr/cm ³
Cipteki TiO ₂ oranı (yarımatla)	% 0,3

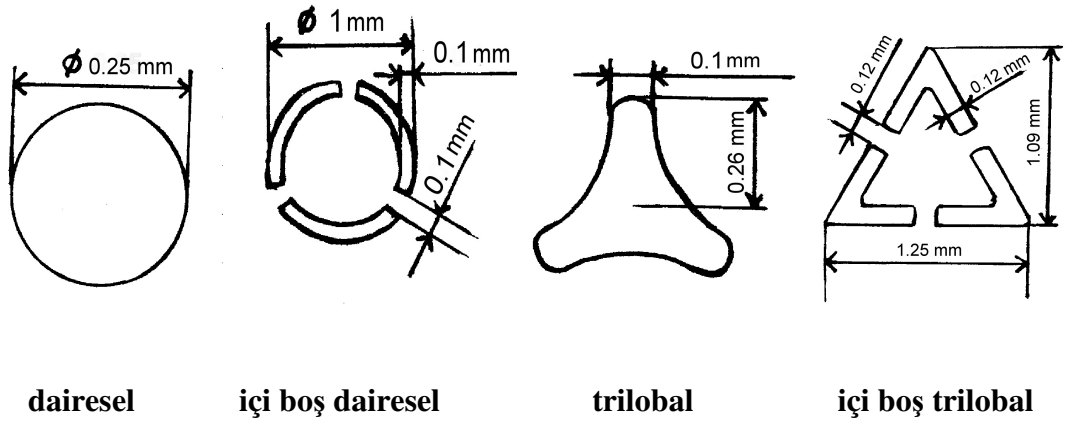
Cips, ekstrüderde basınç ve sıcaklık yardımı ile düzelere dozajlanmak üzere polimer eriyiği haline getirilmiştir. İplik üretiminde kullanılan polimer eriyiğinin özellikleri Çizelge 3.2’ de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Polimer eriyiği özellikleri

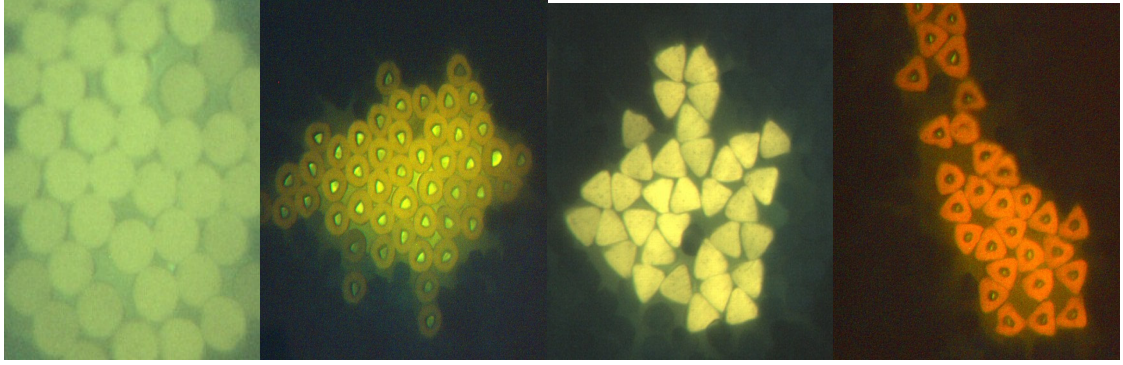
Free-fall viskozitesi (IV)	0,627 dl/gr
Polimer eriyik yoğunluğu	1,18 gr/cm ³
Polimer erime sıcaklığı	258-260 °C
Polimer molekül ağırlığı	20.000 gr/mol

Free-fall viskozitesinin, cipse göre düşük çıkmasının nedeni, polimer eriyiğinde ortaya çıkması kaçınılmaz olan termal, mekanik ve hidrolitik bozunmadır. Bu bozunmalara maruz kalma süresinin bir fonksiyonu olarak ekstrüderli hatta ortalama $\Delta IV \sim 0,0150$ dl/gr olarak hesaplanmıştır.

4 farklı kesitte iplik üretimi için çalışmada kullanılan düze delik profilleri Şekil 3.2’de ve bu düzelerden elde edilmiş lif enine kesitleri Şekil 3.3’de gösterilmiştir. İçi boş lif üretiminde kullanılan içi boş dairesel düze delik profili incelendiğinde iki çap uzunluğu söz konusudur. Düze deliği içinde uzanan d_1 iç çapında bir içi boş merkez (lümen) olduğu görülür. Lifin dış çapı olan d_2 (1 mm) lif inceliğini belirlerken; bu iki çap arasındaki fark (0,1 mm) , lifin et kalınlığını belirlemektedir. Her bir düze kesidi, 48 filamentli iplik için 48 adet delikten oluşur.



Şekil 3.2 Düz delik profilleri



dairesel
(X 400)

içi boş dairesel
(X 150)

trilobal
(X 200)

içi boş trilobal
(X 150)

Şekil 3.3 Lif enine kesitleri

Ekstrüderli iplik üretim hattında kullanılan düze paketi çeşitli filtrelerden, metal kum ve delikli plakadan oluşturulmuş bir düzenektir. Düze paketi içinde 6 katlı filtre içinde yer alan 20 μ incelikteki Vlies filtre esas filtredir. Sırasıyla katlı filtrelerin incelikleri şu şekildedir. Tek katlı filtre: 540 mesh/cm², 5 katlı filtre: 17000/4500/540/64/4500 mesh/cm², 6 katlı filtre : 17000/4500/20 μ Vlies/360/64/4500 mesh/cm².

FDY iplik üretimi belirtilen cips ve polimer özellikleri ile 4500 ve 5500 m/dk olmak üzere iki ayrı hızda yapılmıştır. 4500 m/dk hız için düze debisi 75,15 gr/dk ve bu debi için eriyik pompa devri 25,80 dev/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Düze debisi ve eriyik pompa devri belirlenen iplik inceliğine göre şu formüllerle hesaplanır.

$$\text{Düze debisi (gr/dk)} = \frac{\text{Godet hızı (3 veya 4) (m/dk) x Üretim dtex}}{10000}$$

$$\text{Pompa devri (1/dk)} = \frac{\text{Düze debisi (gr/dk)}}{\text{Kullanılan pompa hacmi (2,4 cm}^3\text{) x Eriyik yoğunluğu (1,18 gr/cm}^3\text{)}}$$

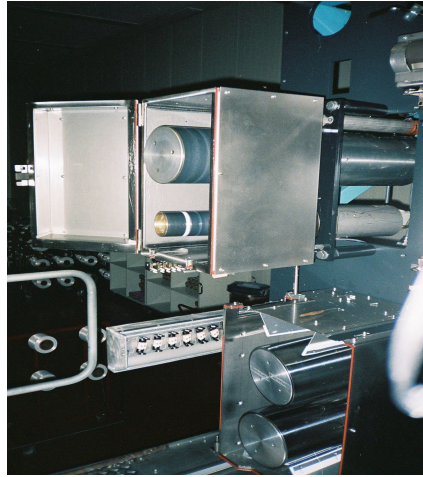
Bu şartlar altında her iki hızda da 0,55 m/s' lik sabit hava üfleme hızı ile çalışılmıştır. Her iki hızda da iki ayrı sıcaklıkta üfleme hava sıcaklığı belirlenmiştir. Belirlenen ilk çalışma sıcaklığı makinaya 17 °C olarak girilen ve soğutma kabininde 21 °C olarak ölçülen üfleme hava sıcaklığıdır. Belirlenen ikinci çalışma sıcaklığı ise 22 °C olarak girilen ve soğutma kabininde 26 °C olarak ölçülen üfleme hava sıcaklığıdır. Bu ayarlarla 4 farklı lif kesidi de üretilmiştir. Aynı üretim 5500 m/dk hız için düze debisi 91,85 d/dk ve bu debi için eriyik pompa devri 31,30 d/dk olacak şekilde ayarlanarak aynı hava üfleme hızı ve aynı üfleme hava sıcaklıkları için tekrarlanmış ve her 4 lif kesidi de üretilmiştir.

Ekstrüderli iplik üretim hattındaki eğirme şartları Çizelge 3.3' de verilmiştir. Hıza göre eriyik pompa devri ve düze debisinin ayarlanmasının nedeni iplik inceliğini 150 denye olarak sabit tutmaktır. Bütün üretimler için eriyik pompası öncesi sıcaklığı 283 °C ve eriyik pompası sonrası sıcaklığı 286 °C' de çalışılmıştır. 48f150 denye FDY iplik elde etmek için 2 ve 3 no'lu godetler arasında çekim oranı 0,67 olacak şekilde godet hızları ayarlanarak sabitlenmiştir. Bu godetler Şekil 3.4' de gösterilmiştir. İplik üretimi boyunca sarım sırasındaki iplik gerginlikleri ölçülerek Çizelge 3.4'de verilmiştir. Üretim sırasında spin-finish (yağlama) devri 1/3/4 no'lu pompada sabit olup 34/23/23 d/dk olarak ayarlanmıştır.

Çizelge 3.3 İplik üretim hattındaki eğirme şartları

Eriyik pompa öncesi basınç	50 bar				
Eriyik pompa sonrası basınç	150 bar				
Eriyik pompa öncesi sıcaklık	283 °C				
Eriyik pompa sonrası sıcaklığı	286 °C				
Filtre	20 µ gözenekli filiz filtre				
Düze debisi	4500 m/dk hız için		5500 m/dk hız için		
	75,15 gr/dk		91,85 gr/dk		
Üfleme hava hızı	0,55 m/s				
Üfleme hava sıcaklığı	Girilen	17 °C	22 °C	17 °C	22 °C
	Ölçülen	21 °C	26 °C	21 °C	26 °C
Godet hızları (2/3)	4500 m/dk hız için		5500 m/dk hız için		
	3050/4500 m/dk		3660/5500 m/dk		
Godet sıcaklıkları (2/3)	80/130 °C				
IMG basıncı	3-5 bar				
IMG miktarı	14-15 sayı/m				

Her bir kesit için 4 deneme olmak üzere; 4 farklı kesit için toplam 16 deneme yapılmıştır. Her denemede 3 bobin üretilmiştir. Toplam 48 bobin elde edilmiştir. Deneme kodları üretim parametreleri ile beraber Çizelge 3.4’de gösterilmiştir. Her denemenin 3 bobininden alınan numunelere belirlenen iplik testleri uygulanmış ve ortalamaları alındıktan sonra analizleri yapılmıştır.



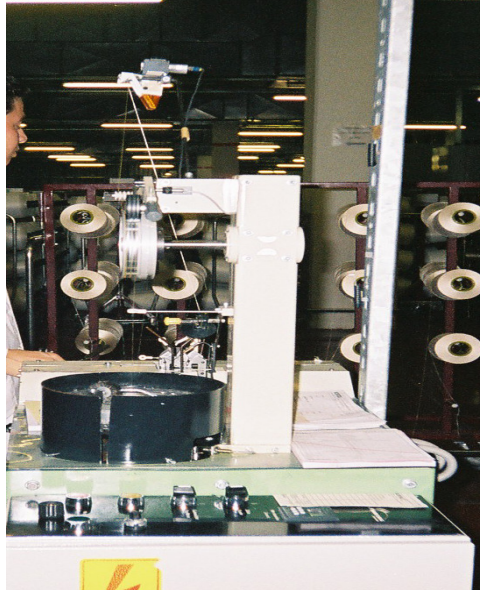
Şekil 3.4 Sıcak godetler

Çizelge 3.4 Üretim parametrelerine göre deneme kodları

Kod	İplik kesidi	Sarım hızı (m/dk)	Hava sıcaklığı (°C)	Pompa devri (dev/dk)	Godet hızları (2/3) (m/dk)	Çekim oranı	İplik gerginliği (gr)
D1	R	4500	17	25,80	3050/4500	0,67	21
D2	R	5500	17	31,30	3660/5500	0,67	20
D3	R	4500	22	25,80	3050/4500	0,67	18
D4	R	5500	22	31,30	3660/5500	0,67	20
D5	HT	4500	17	25,80	3050/4500	0,67	38
D6	HT	5500	17	31,30	3660/5500	0,67	42
D7	HT	4500	22	25,80	3050/4500	0,67	32
D8	HT	5500	22	31,30	3660/5500	0,67	42
D9	HR	4500	17	25,80	3050/4500	0,67	29
D10	HR	5500	17	31,30	3665/5500	0,67	46
D11	HR	4500	22	25,80	3050/4500	0,67	28
D12	HR	5500	22	31,30	3665/5500	0,67	50
D13	T	4500	17	25,80	3050/4500	0,67	17
D14	T	5500	17	31,30	3665/5500	0,67	25
D15	T	4500	22	25,80	3050/4500	0,67	19
D16	T	5500	22	31,30	3665/5500	0,67	25

R: İçi dolu dairesel kesit; HR: İçi boş dairesel kesit
T: İçi dolu trilobal kesit; HT: İçi boş trilobal kesit

Üretilen FDY ipliklerin her bobininden 5 m'lik pozisyonlar halinde çoraplar örülmüştür. Çoraplar, Herry Lucas firmasına ait TKL 84 model, 264 iğneli, laboratuvar tipi yuvarlak örme makinasında örülmüştür. Bu makina Şekil 3.5' te gösterilmektedir. Her bobine ait olan örülmüş kumaşın bir bölümü boyanmak üzere kesilerek ayrılmıştır. 48 adet numunenin boyama işlemi, atmosferik boyama prosedürü ile Linhard Intertrade numune boyama makinasında çorap ağırlığının %2 si oranında dispers boyar madde Terasil Black BFE kullanılarak 95 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Boyama sonrasında sırasıyla ılık suda yıkama ve etüvde kurutma işlemleri uygulanmıştır. Boyama işleminde kullanılan yardımcı kimyasallar ve miktarları Çizelge 3.5'de verilmiştir.



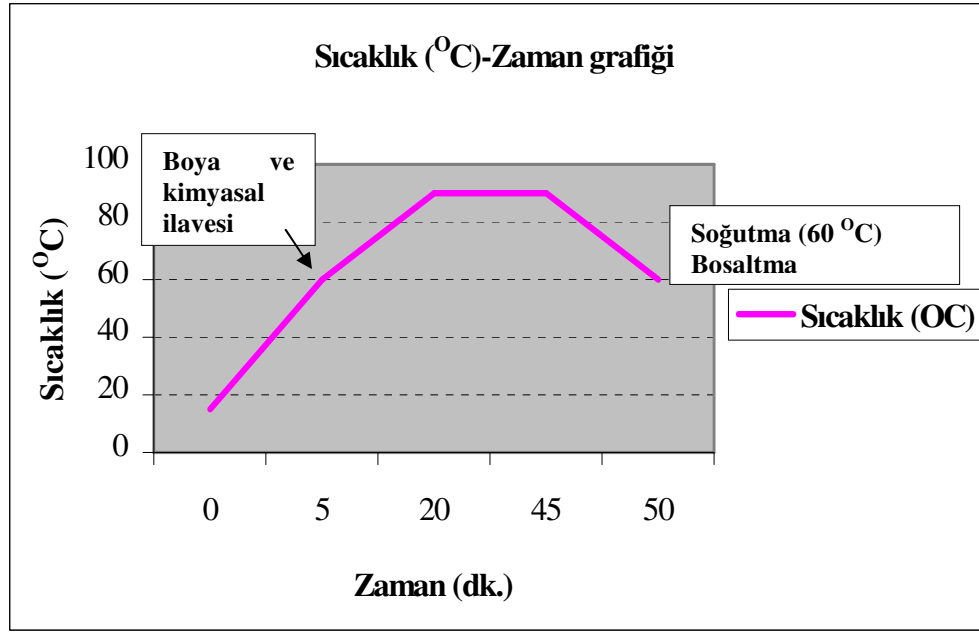
Şekil 3.5 Laboratuvar tipi yuvarlak örme makinası

Çizelge 3.5 Boyama işleminde kullanılan yardımcı kimyasallar ve miktarları

Terasil Black BFE	%2
Asetik asit	0,5ml/lt
Setalon DFT (Dispergatör)	0,4gr/lt
Tanavol AS (Fikse edici)	3ml/lt
Gemsol KKS (Köpük kesici)	0,5ml/lt

Boyama işlemine ait eğri Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Uygulanan işlemler sırasıyla:

1. 60 °C' ye kadar direkt ısıtma. (60 °C' de kimyasal ve boya ilavesi)
2. 60 °C' den 90 °C' ye kadar kontrollü ısıtma (Isıtma 2 °C/dk. olacak şekilde yapılmıştır).
3. 90 °C' de 25 dakika boyama
4. 90 °C' den 60 °C' ye direkt soğutma
5. Soğuk su ile durulama ve boşaltma



Şekil 3.6 Boyama eğrisi

Boyanan çorapların boya alma özelliklerinin tespiti için spektrofotometre testleri yapılmıştır. Her denemenin 3 bobinine ait çorapların spektrofotometre sonuçlarının ortalamaları alınarak analizleri yapılmıştır.

Boyacak kumaşları keserek ayırdığımız örülmüş ham kumaşların geri kalan bölümleri ile çalışma için belirlenen kumaş testleri tamamlanmış ve her denemeye ait ortalama değerler hesaplanıp, analizleri yapılmıştır.

3.2. Kullanılan Test Yöntemleri ve Cihazlar

3.2.1. İplik Kalınlığı Testi

İplik üretimi sonrasında 16 denemeye ait toplam 48 bobinden ayrı ayrı iplik kalınlığı ölçülmüştür. İplik kalınlığı ölçümü için BRANKA IDELAIR çile hazırlama çıkırığı kullanılmıştır. Cihaz Şekil 3.7’de gösterilmiştir. Çile çıkırığına sarılacak olan ipliğe bir ön gerilim uygulanmıştır. Bu ön gerilim FDY iplikler için 12-13 CN olup SCHMIDT DTMB 200 marka tansiyometre cihazı ile ölçülmüştür.

dtex 10000 metre ipliğin gram olarak ağırlığıdır. İplik kalınlık ölçümü için, iplik çile çıkırığına bağlanmış ve çalıştırılan çıkırık üzerine 100 m iplik otomatik olarak sardırılmıştır. Sarım işlemi tamamlandıktan sonra iplik çıkırıktan alınıp çile formuna getirilmiştir. Bu çile tartıldıktan sonra tartım değeri 100 ile çarpılarak 10000 m ipliğin gramajı dtex cinsinden hesaplanmıştır.



Şekil 3.7 Çile hazırlama çıkırığı

3.2.2. Kaynama-Çekme Testi

Kaynama çekme testleri Şekil 3.8’ de gösterilen TEXTURMAT-ME cihazında yapılmıştır. Test için uygulanan standart, DIN 53866-T2’dir. Test için gerekli olan çileler, çevresi 1 m olan çile çıkırığına hazırlanmıştır. Çıkırığa sarılacak teorik çile uzunluğu, 165-175 dtex iplik kalınlığı aralığında 14 m olarak aşağıdaki formülden hesaplanmıştır. Çile hazırlama çıkırığına hazırlanan çile, 2 saat klima şartlarında (20 °C ve %65 izafi nem) bekletildikten sonra cihaza asılan çilelere 500 gr ağırlık (300 denyeye kadar) 10 sn süre ile uygulanarak L_1 uzunluğu ölçülmüştür.



Teorik çile uzunluğu= 2 x 1250 / dtex

Daha sonra bu çileler 10 dk süre ile 95 °C kaynar suda bekletilmiştir. 40 °C 'de kurutma işleminin ardından çileler tekrar 2 saat klima şartlarında bekletilmiş ve cihaza yerleştirildikten sonra 10 sn süre ile 500 gr ağırlık uygulanmıştır ve L₂ uzunluğu ölçülmüştür. Bu test, her deneme için 3 defa tekrarlanmıştır.

Şekil 3.8 Kaynama çekme testi cihazı

$$\text{Kaynama Çekme (\%)} = (L_1 - L_2) / L_1$$

Formülünden her denemeye ait ipliklerin % kaynama çekme değerleri hesaplanarak ortalamaları alınmış ve sonuçlar çizelge halinde verilmiştir.

3.2.3. Mukavemet, Uzama ve Modül Testi

Statimat cihazında yapılan mukavemet, uzama ve modül testlerinde, üretilmiş olan FDY ipliklerin maksimum kopma mukavemetleri (cN/dtex), maksimum kopma uzamaları (%) ve elastisite modülleri (cN/dtex) test edilmiştir. Bu testler Şekil 3.9'da görülen Textechno-Statimat Me cihazında DIN 2062 test standardı kullanılarak yapılmıştır. İpliğin dtex'ine göre yük sınırı belirlenmiştir. İplik cihaza bağlandıktan sonra eşit zamanda eşit yük prensibi ile iplik hareketli alt çene ile çekilmiştir. Çeneler arası mesafe 500 mm olup, alt çene hızı 1500 mm/dk olarak çalıştırılmıştır. İpliğin uygulanan yüke göre dayandığı yük, kopma kuvveti (cN), kopma uzaması (%), kopma

mukavemeti (cN/dtex) değerleri otomatik olarak ölçölür ve bilgisayardan çıktı olarak alınmıştır.

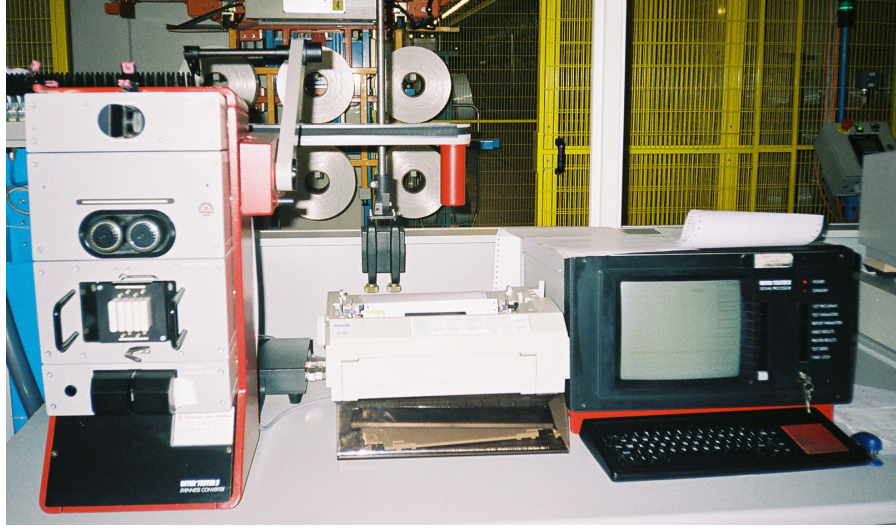


Şekil 3.9 Statimat cihazı

Toplam 16 denemeye ait tüm bobinlerin Statimat testleri yapılmıştır. Her bobin için yük uygulaması 5 defa tekrarlanmıştır. Böylece her denemeye ait 3 bobinden toplam 15 tekrar elde edilmiş ve her denemeye ait 15 tekrarın ortalamaları cihaz tarafından hesaplanmıştır. Bu sonuçlar çizelge halinde gösterilmiştir.

3.2.4. Düzensüzlük Testi

Düzensüzlük testi Şekil 3.10'da gösterilen Uster firmasına ait TESTER 3 (UT3) modelli cihazı ile DIN 53817 standardına uygun olarak yapılmıştır. İplik 1 cm'lik kapasitif sensörler arasından belirlenen bir hız ile geçirilirken, ipliğin birim uzunluğundaki kütleli değişime göre iplik etrafında oluşan elektriksel alan kapasitif yöntemle ölçölür. Ölçüm sırasında ipliğe büküm verilerek iplik hacimlendirilir. Test sırasında, her ölçüm için süre 1 dk ve iplik hızı 100 m/dk olarak ayarlanmıştır. Her denemeden 3 tekrar alınmıştır. İpliklerin ölçülen % U_m (inert) değerlerine ait test sonuçları çizelge halinde verilmiştir. Bu test sonuçlarından üfleme havası düzensüzlüğü, sarım düzensüzlüğü, spin-finish düzensüzlüğü görülebilir.



Şekil 3.10 Düzgünsüzlük test cihazı

3.2.5. Kumaş Kalınlığı Ölçümü

Kumaş kalınlığı kumaşın en yüksek ve en düşük yüzeyleri arasındaki mesafenin belirlenmiş bir basınç altında ölçülmesiyle tespit edilir. Üretilen ipliklerden elde edilen kumaş numunelerinin kalınlıkları Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı'nda bulunan James H.Heal kumaş kalınlığı ölçme aleti kullanılarak ASTM D 1777 standardına göre ölçülmüştür. Bu standarda göre kumaşın katlı, buruşuk ve kenara yakın olmayan 10 ayrı yerinden 5cm x 5cm'lik numuneler hazırlanarak, test alanı 1 cm² ve hassasiyeti 0,01 mm olan kalınlık ölçme aletinin çeneleri arasına yerleştirilen kumaş, serbest olacak şekilde yukarıdan asılır. Uygulanacak basınç ayarlandıktan sonra çeneler yavaşça kapatılmaya başlanır. İstenen basınca ulaşıldığında ışık yanar ve bu esnada göstergeden kumaş kalınlığı mm olarak okunur. Her denemeye ait kumaşların ortalama kalınlıkları çizelge olarak verilmiştir.

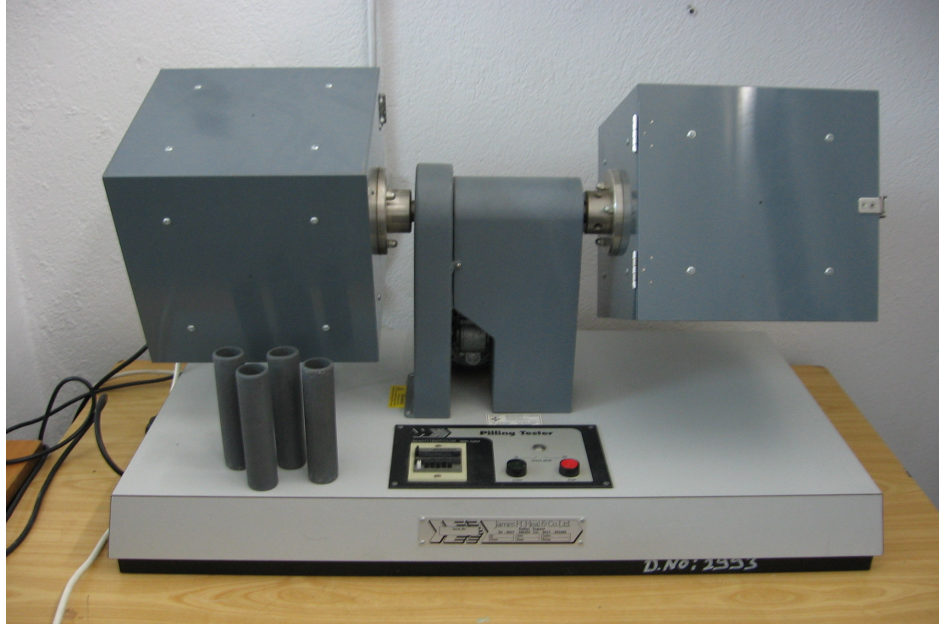
3.2.6. Kumaş Gramajı Ölçümü

Kumaşın m² ağırlığı, 1 m² alana sahip kumaşın gram cinsinden ağırlığıdır. Kumaş numunelerinin m² ağırlıklarının belirlenmesi TSE 251 standardına göre Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Kumaşlar

20±2 °C sıcaklık, %65±5 nispi rutubet standart atmosfer şartlarında 24 saat bekletildikten sonra kumaşın farklı bölgelerinden 10cm x 10cm'lik üç numune alınarak Scaltec marka elektronik hassas terazide (0,000g) tartılmıştır. Her denemeye ait ortalamalar hesaplanarak çizelge halinde gösterilmiştir.

3.2.7. Boncuklaşma (Pilling) Testi

Boncuklaşma, ipliklerdeki liflerin yıkama ya da kullanım sırasında sürtünme etkisi ile kumaş yüzeyinde küçük topçuklar oluşturmasıdır. Kumaşın boncuklaşma dayanımının ölçülmesi için Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı'nda bulunan Şekil 3.11'de gösterilen ICI Pilling Box test cihazı kullanılmıştır. Test, BS EN ISO 12945-1: 2001 standardına göre uygulanmıştır. Her denemeye ait kumaştan 2 adet atkı yönünde ve 2 adet çözgü yönünde olacak şekilde numuneler kesilmiştir. Bu numunelerin alanı cihaza ait 125 x 125 mm boyutundaki kare levha ile işaretlenmiştir. Kesilen numuneleri tüp haline getirmek için dikilecek olan karşılıklı iki hat da yine levha üzerine 12 mm içerden açılan boşluk yardımı ile kumaş üzerinde belirlenmiştir. Her numune, işaretlenen bu hat üzerinden tersinden dikilip tüp haline getirildikten sonra düz taraflarına çevrilerek cihaza ait poliüretan tüplere geçirilmiştir. Cihazın dönen iki kutusu mevcuttur. Hazırlanan her dört 4 numune tek bir kutuya yerleştirildikten sonra örme kumaşlar için belirlenen 7000 devirde cihaz çalıştırılmıştır.



Şekil 3.11 ICI Pilling Box test cihazı

Değerlendirme iki kişi tarafından ayrı ayrı subjektif olarak 1-5 arası (1: en yoğun boncuklaşma, 5: değişiklik yok) değerlerin verildiği standart fotoğraflar üzerinden yapılmıştır.

3.2.8. Kumaşların Renk Analizi

Kumaşların renk analizleri için Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Fizik Laboratuvarı'nda yer alan ve Şekil 3.12' de gösterilen Macbeth ColorEye MS2020 Reflektans Spektrofotometresi'nin yazılımı olan Optimatch Single 3 Version 6.5 Renk Ölçüm Programı kullanılmıştır. Ölçüm 10^0 'lik gözlem açısında D65 ışığı altında 400-700nm dalga boyundaki ışık aralığında TS EN ISO 105 JO1- Mart 2002 standardına uygun olarak yapılmıştır. Standardın prensibi, deney numunelerinin renklerinin sayısal değerini elde etmek için , mat (opak) veya hemen hemen mat (ancak geçirgen olmayan) malzemelerin reflektans (yansıma) metoduyla ölçümüne dayanır. Boyanmış kumaş numunesinin yüzeyinden yansıyan bağıl ışık şiddeti ölçülmüştür. Her bir kumaş numunesinin yüzeyinin farklı bölgesinden olacak şekilde 16 kez reflektans ölçümü alınmış; bu ölçümlerin ortalaması program tarafından hesaplanarak L^* , a^* , b^* ve K/S

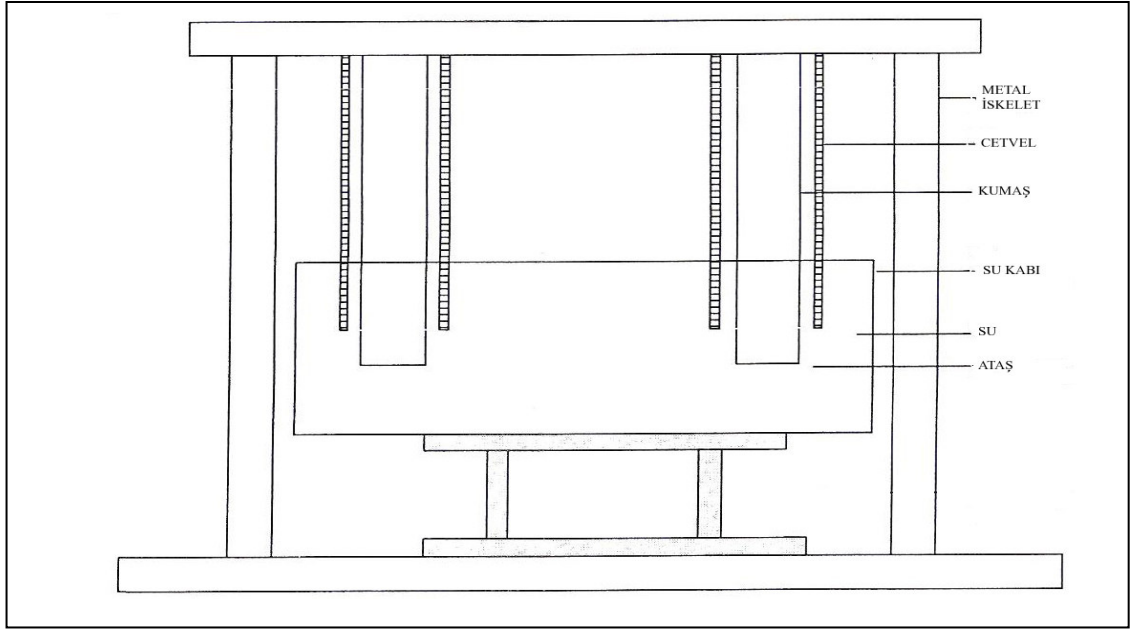
değerleri olarak verilmiştir. Daha sonra her denemenin kendi içinde bu değerlerinin ortalamaları bulunarak sonuçlar çizelge haline getirilmiştir.



Şekil 3.12 Spektrofotometre

3.2.9. Wicking Testi (Dikey Kılcal İslanma “Şerit” Testi)

Tekstil kumaşlarının en önemli özelliklerinden biri sıvı ile temasında sergileyeceği davranıştır. Bu özellik, özellikle giysinin konfor özelliklerinin belirlenmesinde spor giyim firmaları tarafından test edilir. Su transfer oranı, wicking testi ile ölçülmüştür. Bu test için DIN 53924 standardından ve Mogahzy tarafından yürütülmüş S01-AE32 No’lu proje çalışmasından faydalanılmıştır. Kumaşlar kondüsyonlandıktan sonra kumaşın ilmek yönündeki ıslanması gözlemlenmiştir.



Şekil 3.13 Wicking test düzeneği

İlmeğin doğrultusunda 1 inch (~2,5 cm) genişliğinde ve 8 i Cetvel m) uzunluğunda şeritler kesilerek hazırlanmıştır. Şeritlerin üzerlerindeki Kumaş lik mesafe suda çözünen bir mürekkep kalemi ile işaretlendikten sonra Su kabı 'de gösterilen düzenek esas alınarak hazırlanmış ve içinde damıtılmış su t Su her içinde şerit ucu 10 mm suya batacak şekilde dikey yönde klapalara asılmış Ataş ıen ardından kronometre başlatılarak 2-5-10-15-20-25-30 dk'lık zaman aralıtı rit boyunca yükselen su, cm düzenekteki cetvelden okunarak kaydedilmiştir. Her denemeye ait ortalamalar hesaplanarak çizelge halinde verilmiştir.

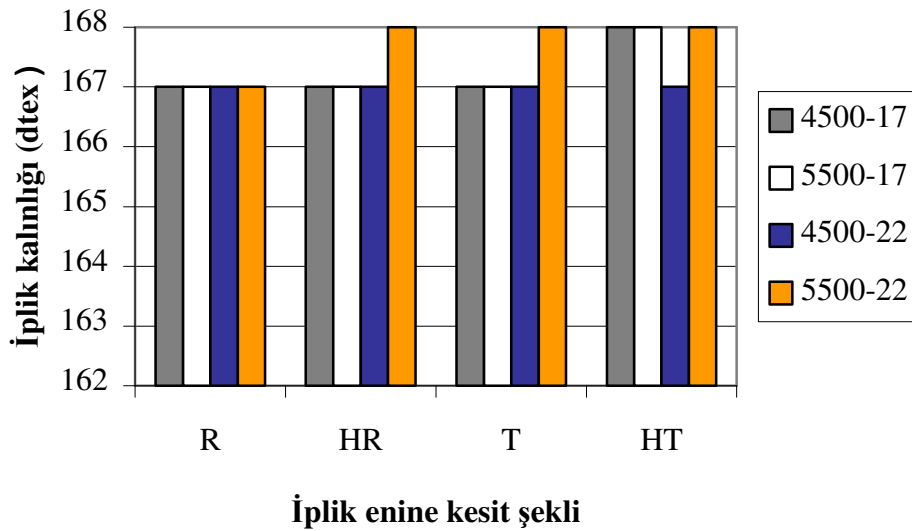
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. İplik Kalınlığı Test Sonuçları

İplik kalınlığı test sonuçları Çizelge 4.1’de, iplik kalınlığı değişimi grafik olarak Şekil 4.1’ de verilmiştir.

Çizelge 4.1 İplik kalınlığı test sonuçları

Kod	Üretim Tipi	İplik No (dtex)	Kod	Üretim Tipi	İplik No (dtex)
D1	R17-4500	167	D9	HR17-4500	167
D2	R17-5500	167	D10	HR17-5500	167
D3	R22-4500	167	D11	HR22-4500	167
D4	R22-5500	167	D12	HR22-5500	168
D5	HT17-4500	168	D13	T17-4500	167
D6	HT17-5500	168	D14	T17-5500	167
D7	HT22-4500	167	D15	T22-4500	167
D8	HT22-5500	168	D16	T22-5500	168



Şekil 4.1 Üretim tipi ile iplik kalınlığı değişimi

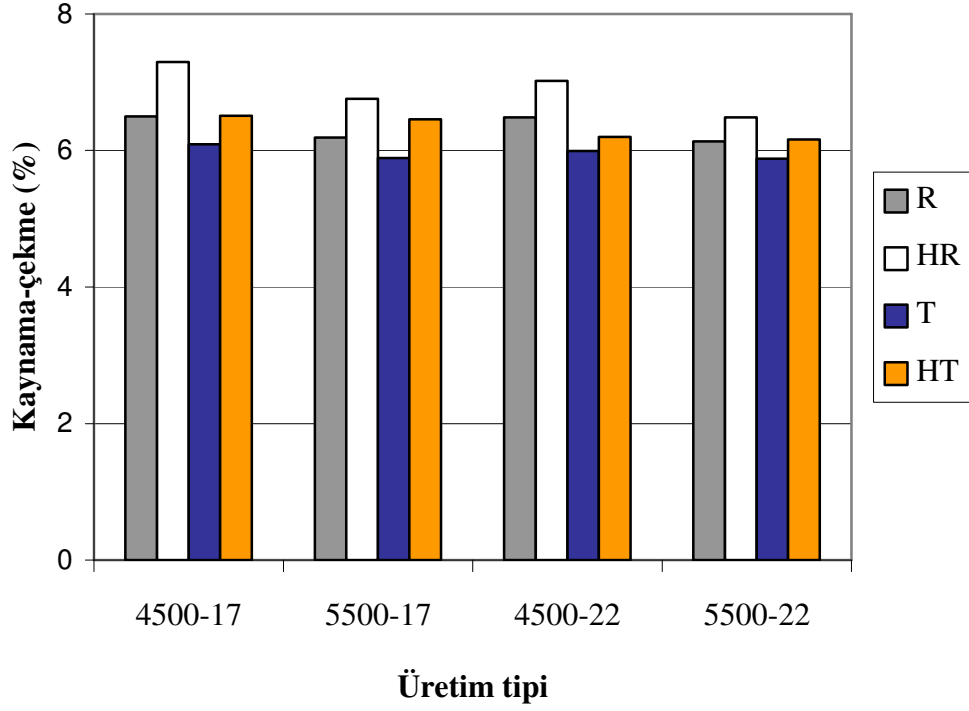
Çalışmada tüm üretim tipleri için üretim öncesi iplik kalınlığı 167 dtex olacak şekilde belirlenmiştir. Üretim sonrası elde edilen ipliklerin kalınlık değişimleri Şekil 4.1'den incelendiğinde HR, T ve HT kesitli ipliklerin 5500 m/dk sarım hızında 22 °C üfleme havası sıcaklığında 168 dtex kalınlığında olduğu ayrıca yine HT kesitli ipliklerin de 4500 ve 5500 m/dk sarım hızında 17 °C üfleme havası sıcaklığında da 168 dtex kalınlığında olduğu görülmektedir. Bu farklılık önemli kabul edilmemiştir.

4.2. Kaynama Çekme Değişimi

Çizelge 4.2' de ipliklerin kaynama-çekme testi sonuçları ve Şekil 4.2'de de bu sonuçlara ait grafik gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Kaynama-çekme testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

Kod	Üretim Tipi	Kaynama-çekme (%)	Kod	Üretim Tipi	Kaynama-çekme (%)
D1	R17-4500	6,50 ± 0,01	D9	HR17-4500	7,30 ± 0,57
D2	R17-5500	6,19 ± 0,55	D10	HR17-5500	6,76 ± 0,70
D3	R22-4500	6,49 ± 0,81	D11	HR22-4500	7,02 ± 0,39
D4	R22-5500	6,13 ± 0,05	D12	HR22-5500	6,49 ± 0,61
D5	HT17-4500	6,51 ± 0,20	D13	T17-4500	6,09 ± 0,11
D6	HT17-5500	6,46 ± 0,15	D14	T17-5500	5,89 ± 0,25
D7	HT22-4500	6,20 ± 0,34	D15	T22-4500	5,99 ± 0,78
D8	HT22-5500	6,16 ± 0,78	D16	T22-5500	5,88 ± 0,39



Şekil 4.2 Üretim tipi ile kaynama-çekme değişimi

Şekil 4.2 incelendiğinde sarım hızı artışının bütün iplik kesitlerinin kaynama-çekme değerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Bu etkinin R, HR, T kesitli ipliklerin kaynama-çekme değerinin düşüşünde, HT iplik kesidine göre daha belirgin olduğu gözlenmektedir. Üfleme havası sıcaklığı artışının da yine tüm iplik kesitlerinin kaynama-çekme değerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışı etkisinin HR ve HT kesitli ipliklerde kaynama-çekme düşüşünde daha belirgin bir şekilde ortaya çıktığı ancak bu etkinin R ve T kesitte çok önemli olmadığı gözlenmektedir. Tüm üretim tiplerinde iplik enine kesidine göre kaynama-çekme sonuçlarının değişimi incelenirse bütün üretimler için sıralamanın (yüksekten düşüğe doğru) HR, HT, R, T olduğu görülmektedir.

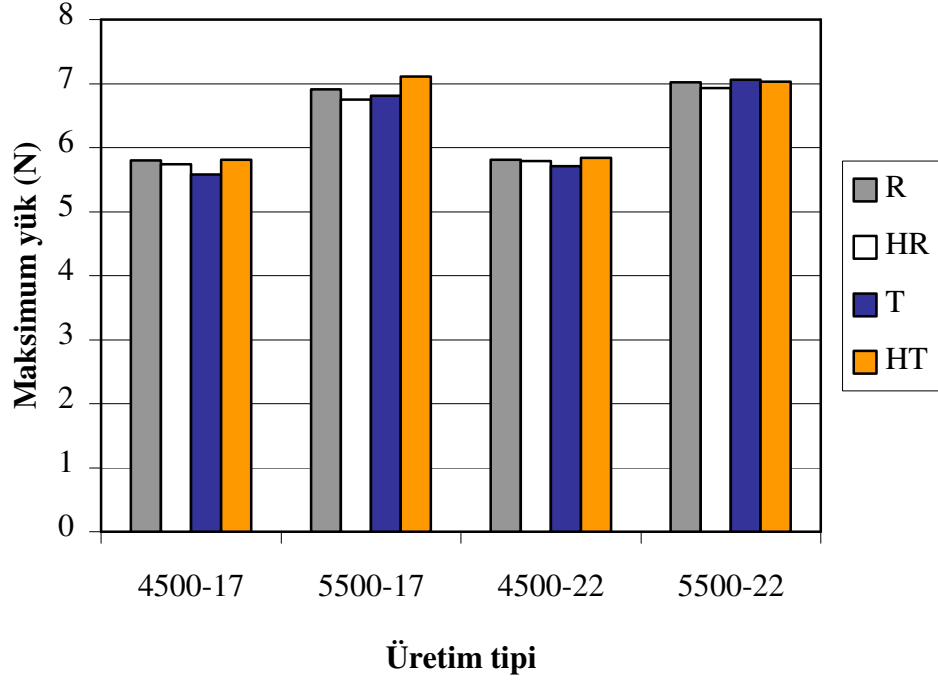
4.3. Mukavemet, Uzama ve Modül Değişimi

İpliklerin mukavemet, uzama ve modül testi sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Mukavemet, uzama ve modül testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

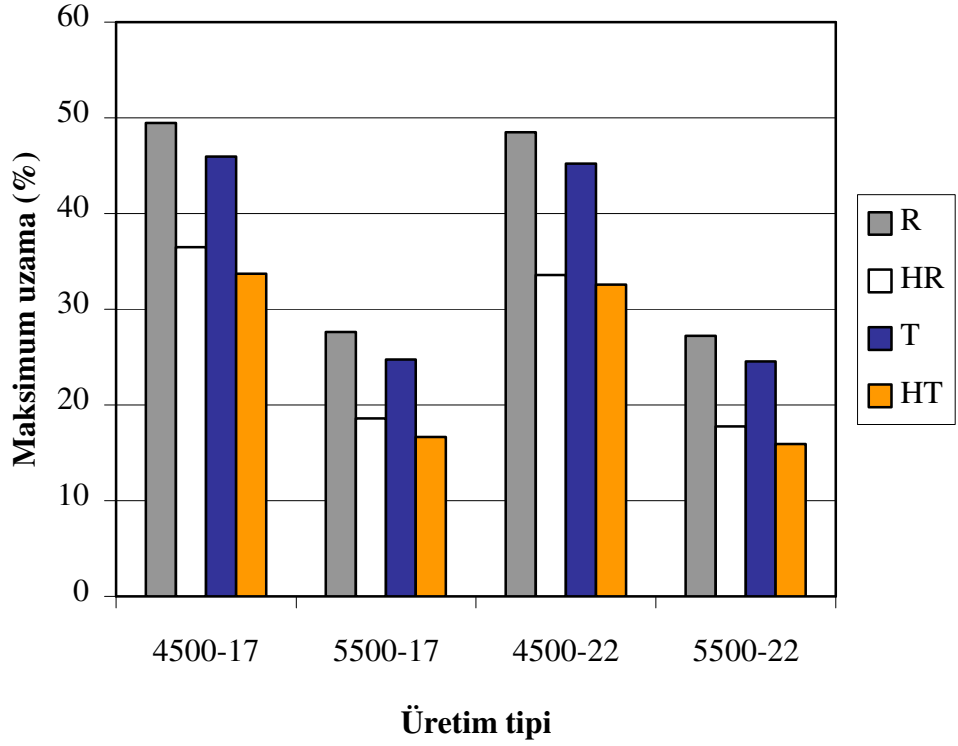
Kod	Üretim Tipi	Maks. Yük (N)	Maks. Uzama (%)	Maks. Dayanım (cN/dtex)	Modül (cN/dtex)
D1	R17-4500	5,80 ± 0,20	49,44 ± 1,86	3,47 ± 0,12	57,3±1,00
D2	R17-5500	6,91 ± 0,14	27,64 ± 2,10	4,14 ± 0,08	76,1±1,27
D3	R22-4500	5,81 ± 0,06	48,50 ± 2,70	3,48 ± 0,03	61,2 ±1,10
D4	R22-5500	7,02 ± 0,17	27,23 ± 1,54	4,20 ± 0,10	75,9 ±0,76
D5	HT17-4500	5,81 ± 0,07	33,70 ± 1,38	3,48 ± 0,04	65,3 ±1,02
D6	HT17-5500	7,11 ± 0,12	16,64 ± 1,27	4,22 ± 0,07	85,9 ±1,25
D7	HT22-4500	5,84 ± 0,13	32,58 ± 0,89	3,50 ± 0,08	68,0 ±1,72
D8	HT22-5500	7,03 ± 0,14	15,92 ± 0,80	4,25 ± 0,09	84,6 ±2,97
D9	HR17-4500	5,74 ± 0,12	36,46 ± 1,57	3,44 ± 0,07	65,3 ±1,00
D10	HR17-5500	6,75 ± 0,13	18,60 ± 0,79	4,05 ± 0,08	85,1 ±1,84
D11	HR22-4500	5,79 ± 0,10	33,58 ± 1,06	3,47 ± 0,06	66,6 ±1,96
D12	HR22-5500	6,93 ± 0,07	17,76 ± 0,70	4,15 ± 0,05	84,5±2,06
D13	T17-4500	5,58 ± 0,14	45,95 ± 3,26	3,34 ± 0,08	58,6 ±0,73
D14	T17-5500	6,81 ± 0,43	24,75 ± 3,76	4,08 ± 0,26	74,5 ±0,44
D15	T22-4500	5,71 ± 0,01	45,23 ± 2,18	3,42 ± 0,06	60,2 ±1,58
D16	T22-5500	7,06 ± 0,01	24,57 ± 0,88	4,23 ± 0,06	75,7 ±0,65

Üretim tipine bağlı olarak ipliklerin maksimum yük (N) değişimine ait grafik Şekil 4.3’ de verilmiştir. Aynı üfleme hava sıcaklığında sarım hızının değişimi ile maksimum yükün değişimi incelendiğinde tüm iplik kesitleri için sarım hızı arttığında ipliklerin taşıyabileceği maksimum yükün arttığı görülmektedir. Yine grafikten de görüleceği gibi üfleme havası sıcaklığı ve iplik kesit şekli değişiminin maksimum yüke belirgin bir etkisi yoktur.



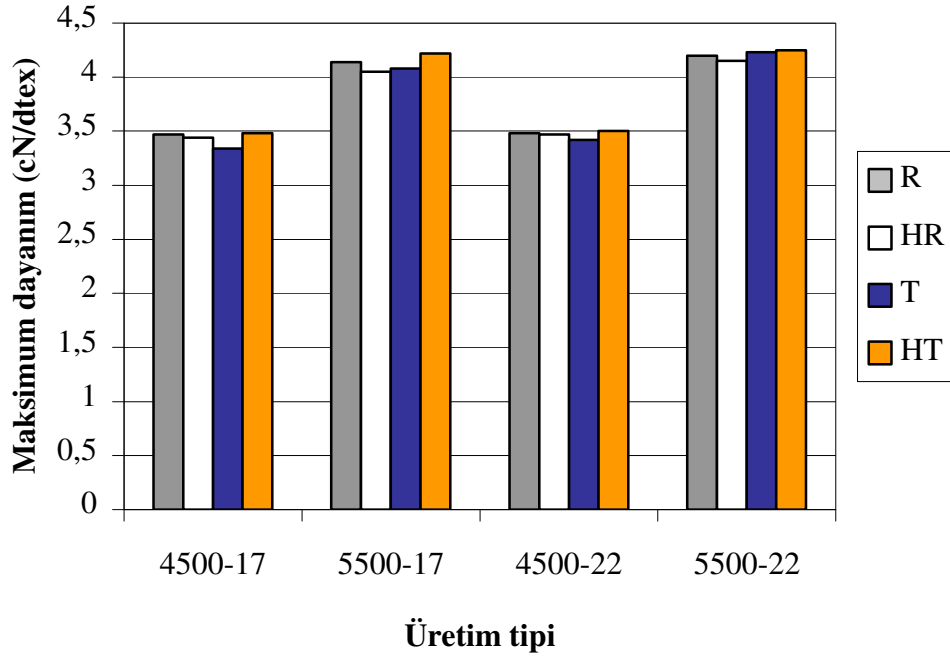
Şekil 4.3 Üretim tipi ile maksimum yük (N) değişimi

Üretim tipine bağlı olarak ipliklerin maksimum uzama (%) değişimine ait grafik Şekil 4.4' de verilmiştir. Grafik incelendiğinde aynı üfleme havası sıcaklığında sarım hızı arttığında tüm ipliklerin maksimum uzama oranı önemli ölçüde düşmektedir. HR ve HT kesitlerin uzama oranlarındaki düşüş yüzdesinin, R ve T kesitlere göre daha fazla olduğu gözlenmektedir (HT- % 51, HR- % 48, T- % 46, R- % 44). Aynı sarım hızında üfleme hava sıcaklığı artışının maksimum uzamaya etki etmediği görülmektedir. Tüm üretim tiplerine incelenip; iplik enine kesit şekli değişimine bağlı maksimum uzamaya bakılırsa, içi boş liflerin (HR, HT) içi dolu liflere (R, T) göre daha az bir uzama oranı gösterdiği görülmektedir.



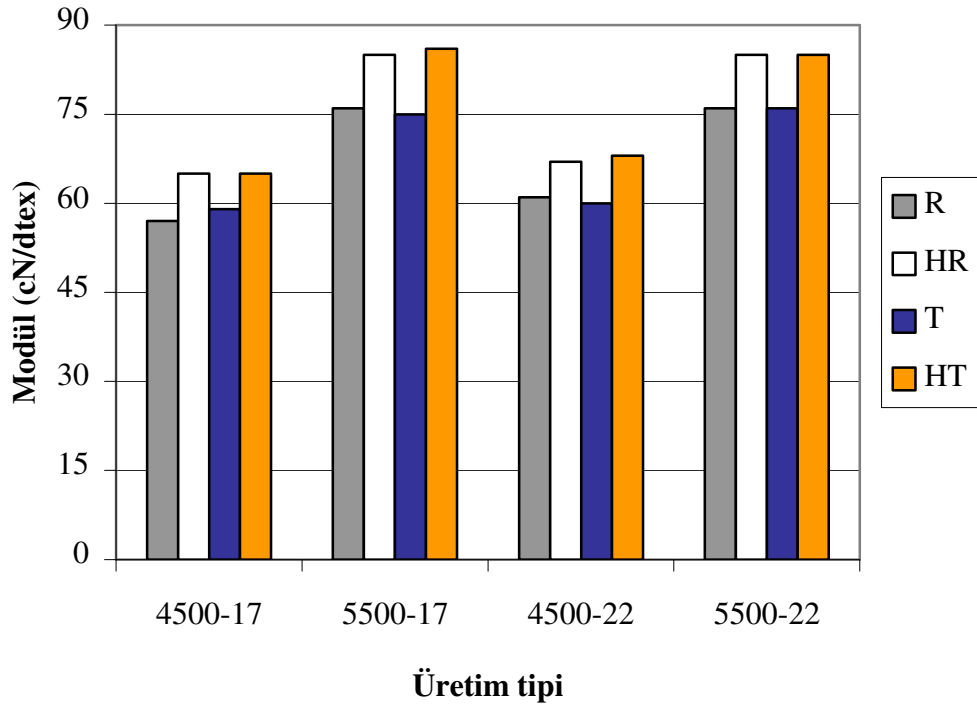
Şekil 4.4 Üretim tipi ile maksimum uzama (%) değişimi

Üretim tipine bağlı olarak ipliklerin maksimum dayanım (cN/tex) değişimine ait grafik Şekil 4.5’ de verilmiştir. Grafik incelendiğinde aynı üfleme hava sıcaklığında iplik sarım hızı 4500 m/dk’dan 5500 m/dk’ya çıktığında 4 farklı enine kesit şekilli ipliklerin tümünde de maksimum dayanım artmaktadır. Aynı sarım hızına ait üfleme havası sıcaklığı değişiminin etkisi incelendiğinde ise çok açık olarak maksimum dayanım üzerine belirgin bir etkisi olmadığı gözlenmektedir. Lif enine kesit şekli değişiminin de ipliğin maksimum dayanımı üzerinde etkisi olmadığı grafikte görülmektedir.



Şekil 4.5 Üretim tipi ile maksimum dayanım (cN/dtex) değişimi

Üretim tipine bağlı olarak ipliklerin modül (cN/dtex) değişimine ait grafik Şekil 4.6' da verilmiştir. Aynı üfleme hava sıcaklığında sarım hızı artışının ipliklerin modül değerlerinin yükselmesine neden olduğu gözlenmektedir. Kesit şekli değişiminin modül üzerine etkisi incelendiğinde kopma uzaması ile uyumlu bir etkide olduğu söylenebilmektedir. Buna göre içi boş liflerin modül değerlerinin içi dolulara göre tüm üretim tipleri için daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı sarım hızında üfleme hava sıcaklığındaki değişimin modül üzerine genel olarak belirgin bir etkisi gözlemlenmese de; 4500 m/dk sarım hızı ile çalışılan R kesitte üfleme hava sıcaklığındaki artışın, bir miktar modül artışına neden olduğu gözlenmektedir.



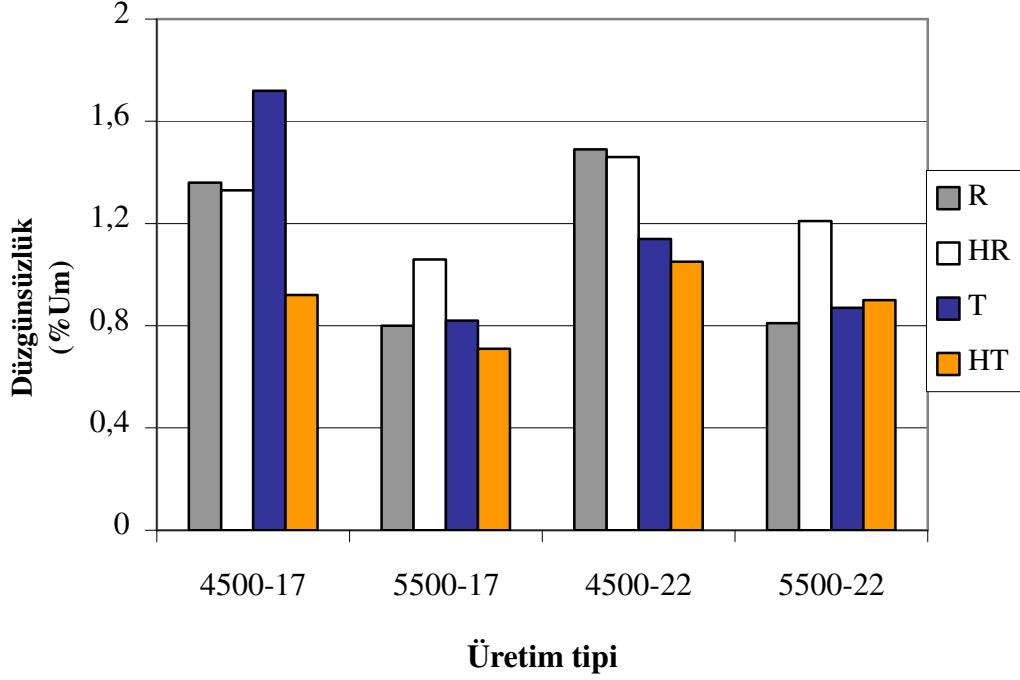
Şekil 4.6 Üretim tipi ile ipliklerin modül değişimi

4.4. Düzensüzlük Değişimi

İplik düzensüzlük testi sonuçları Çizelge 4.4' de verilmiştir. Düzensüzlük değişimine ait grafik ise Şekil 4.7'de görülmektedir.

Çizelge 4.4 İplik düzensüzlük testi sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

Kod	Üretim Tipi	Düzensüzlük (% U_m)	Kod	Üretim Tipi	Düzensüzlük (% U_m)
D1	R17-4500	1,36 ± 0,03	D9	HR17-4500	1,33 ± 0,02
D2	R17-5500	0,80 ± 0,01	D10	HR17-5500	1,06 ± 0,01
D3	R22-4500	1,49 ± 0,03	D11	HR22-4500	1,46 ± 0,02
D4	R22-5500	0,81 ± 0,01	D12	HR22-5500	1,21 ± 0,02
D5	HT17-4500	0,92 ± 0,01	D13	T17-4500	1,72 ± 0,04
D6	HT17-5500	0,71 ± 0,01	D14	T17-5500	0,82 ± 0,01
D7	HT22-4500	1,05 ± 0,01	D15	T22-4500	1,14 ± 0,02
D8	HT22-5500	0,90 ± 0,01	D16	T22-5500	0,87 ± 0,01



Şekil 4.7 Üretim tipi ile iplik düzgünsüzlük (% U_m) değişimi

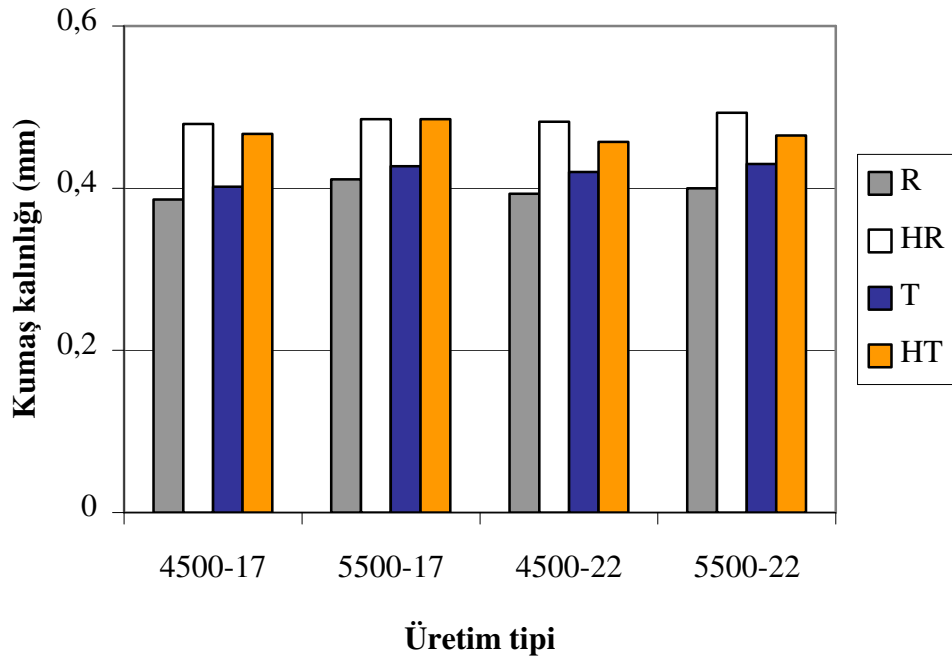
Üretim tipine bağlı olarak düzgünsüzlük değişimine sarım hızı değişiminin etkisi incelenirse, hem 17 °C hem de 22 °C üfleme hava sıcaklığında sarım hızı 5500 m/dk'ya çıktığında düzgünsüzlük değerinin tüm iplik çeşitlerinde azaldığı görülmektedir. Sarım hızı ile düzgünsüzlük değerinin en yüksek düşme yüzdesi içi dolu kesitli (R ve T) ipliklerde gözlenmiştir (R- % 45, T- % 52). Üfleme hava sıcaklığı değişimi 4500 m/dk sarım hızı için incelenirse, sıcaklık artışı ile T kesit dışındaki diğer tüm enine kesitteki ipliğin % U_m değerinin arttığı; 5500 m/dk sarım hızı için incelendiğinde ise sıcaklık artışı ile diğer tüm enine kesitteki ipliklerin % U_m değerinin arttığı gözlenmektedir.

4.5. Kumaş Kalınlığı Değişimi

Kumaş kalınlık test sonuçları Çizelge 4.5' de, kalınlık değişim grafiği de Şekil 4.8' de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Kumaş kalınlığı test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

Kod	Üretim Tipi	Kalınlık (mm)	Kod	Üretim Tipi	Kalınlık (mm)
D1	R17-4500	0,386 ± 0,01	D9	HR17-4500	0,479 ± 0,01
D2	R17-5500	0,411 ± 0,01	D10	HR17-5500	0,485 ± 0,01
D3	R22-4500	0,393 ± 0,02	D11	HR22-4500	0,482 ± 0,01
D4	R22-5500	0,400 ± 0,01	D12	HR22-5500	0,493 ± 0,01
D5	HT17-4500	0,467 ± 0,02	D13	T17-4500	0,402 ± 0,01
D6	HT17-5500	0,485 ± 0,01	D14	T17-5500	0,427 ± 0,01
D7	HT22-4500	0,457 ± 0,02	D15	T22-4500	0,420 ± 0,01
D8	HT22-5500	0,465 ± 0,01	D16	T22-5500	0,430 ± 0,01



Şekil 4.8 Üretim tipi ile kumaş kalınlığı değişimi

Üretim tipine bağlı olarak Şekil 4.8 incelendiğinde sarım hızı artışı ile tüm iplik kesitlerinden elde edilmiş tüm kumaşların kalınlığının arttığı görülmektedir. Üfleme hava sıcaklığındaki artışın kumaş kalınlığında belirgin bir değişime neden olmadığı gözlenmektedir. Lif enine kesit şeklinin kumaş kalınlığı değişimindeki etkisine bakılacak olursa tüm üretim tipleri için içi boş enine kesitli (HR, HT) ipliklerden

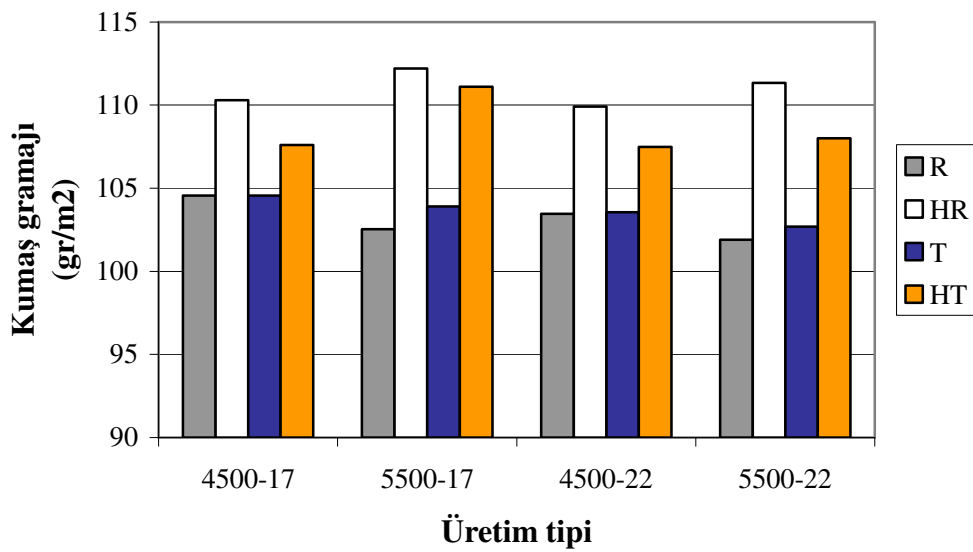
oluşturulan kumaşların, içi dolu enine kesitli (R, T) ipliklerden oluşturulan kumaşlardan daha kalın oldukları gözlenmektedir.

4.6. Kumaş Gramajı Değişimi

Kumaş gramajı test sonuçları Çizelge 4.6' da, gramaj değişimleri de Şekil 4.9' daki grafik ile gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Kumaş gramajı test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

Kod	Üretim Tipi	Gramaj (gr/m ²)	Kod	Üretim Tipi	Gramaj (gr/m ²)
D1	R17-4500	104,57 ± 1,21	D9	HR17-4500	110,30 ± 1,42
D2	R17-5500	102,53 ± 2,02	D10	HR17-5500	112,20 ± 2,25
D3	R22-4500	103,47 ± 2,17	D11	HR22-4500	109,90 ± 1,04
D4	R22-5500	101,9 ± 0,557	D12	HR22-5500	111,33 ± 1,20
D5	HT17-4500	107,60 ± 2,85	D13	T17-4500	104,57 ± 1,46
D6	HT17-5500	111,10 ± 0,00	D14	T17-5500	103,90 ± 1,27
D7	HT22-4500	107,47 ± 1,66	D15	T22-4500	103,57 ± 1,27
D8	HT22-5500	108,00 ± 0,41	D16	T22-5500	102,70 ± 1,77

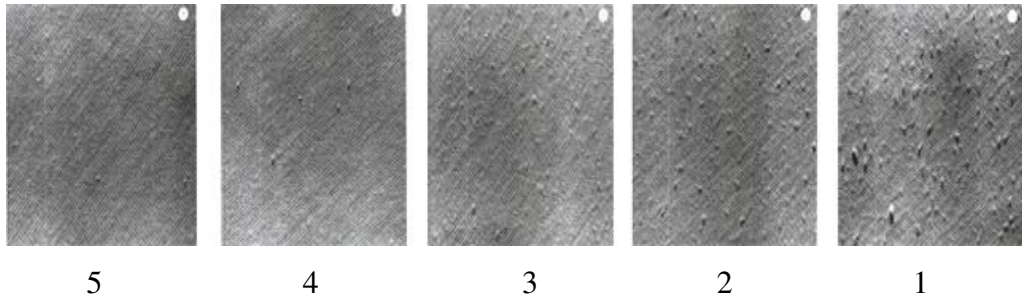


Şekil 4.9 Üretim tipi ile kumaş gramajı değişimi

Üretim tipine bağılı olarak kumaş gramajının değişimine sarım hızının etkisi, her iki üfleme hava sıcaklığı içinde ayrı ayrı incelendiğinde, içi dolu enine kesitli (R, T) ipliklerden oluşan kumaşların gramajının sarım hızı 5500 m/dk' ya çıktığında azaldığı; içi boş enine kesitli (HR, HT) ipliklerden oluşan kumaşların gramajının ise arttığı gözlenmektedir. Aynı sarım hızında üfleme havası sıcaklığı artışı ile tüm kumaşların genel olarak gramajında azalma olduğu görülmektedir. Tüm üretim tipleri birlikte incelenirse lif kesit şekli değişiminin etkisi, içi boş kesitli ipliklerden oluşan bütün kumaşların, içi dolulara göre daha ağır olduğu şeklinde gözlenmektedir.

4.7. Kumaşların Boncuklaşma Değişimi

Kumaş yüzeyinde oluşan boncuklaşmanın derecesini belirlemek üzere hazırlanmış olan test cihazına ait 5 adet standart fotoğraf ile tüm kumaş yüzeyleri subjektif olarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırılan tüm kumaşların yüzeyindeki boncuklaşmanın Şekil 4.10'da gösterilen 5 no'lu standart fotoğrafa uygun olduğu yani hepsinin 5 değeri aldığı gözlenmiştir. Bunun anlamı kumaş yüzeylerinde bir değişiklik olmamış ve boncuklaşma gözlemlenmemiştir.



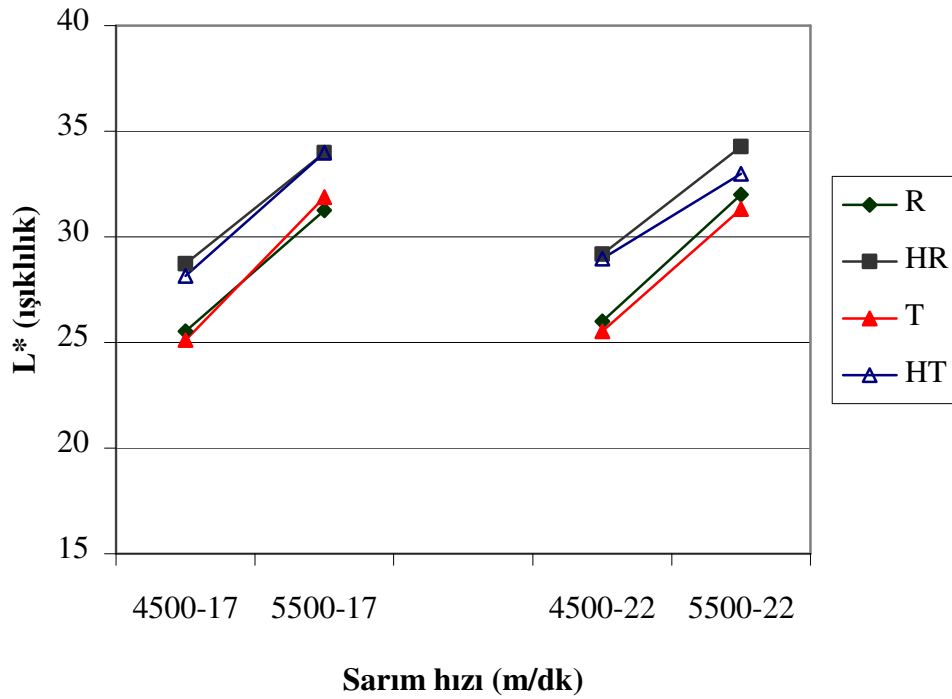
Şekil 4.10 ICI pilling box standart fotoğrafları

4.8. Kumaşların Renk Değerlerinin Değişimi

Çizelge 4.7' de kumaşlara ait L* sonuçları ile bunlara ait grafik Şekil 4.11' de verilmiştir.

Çizelge 4.7 Kumaşların L* sonuçları

Kod	Üretim Tipi	L*	Kod	Üretim Tipi	L*
D1	R17-4500	25,53	D9	HR17-4500	28,73
D2	R17-5500	31,27	D10	HR17-5500	33,98
D3	R22-4500	26,00	D11	HR22-4500	29,18
D4	R22-5500	32,00	D12	HR22-5500	34,27
D5	HT17-4500	28,15	D13	T17-4500	25,11
D6	HT17-5500	33,98	D14	T17-5500	31,88
D7	HT22-4500	28,96	D15	T22-4500	25,54
D8	HT22-5500	32,98	D16	T22-5500	31,33



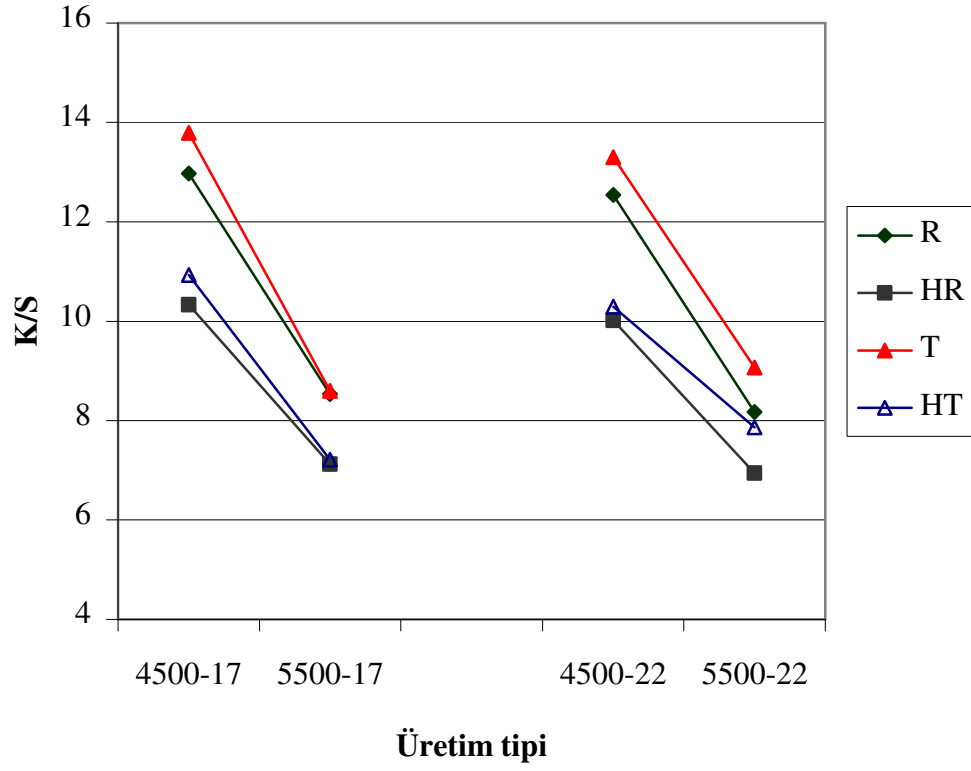
Şekil 4.11 Üretim tipi ile L* değişimi

Siyah boyalı kumaşların L* ışıklılık değerlerinin üretim tipine göre değişimi Şekil 4.11' e göre incelendiğinde sarım hızı artışı ile tüm iplik kesitleri ile üretilen bütün kumaşların parlaklık değerlerinin arttığı gözlenmekte olup; kesit etkisi incelendiğinde ise içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden oluşan kumaşların, içi dolulara (R,T) göre daha parlak olduğu görülmektedir. Aynı zamanda içi dolu ve içi boş kesitlerin kendi aralarında benzer parlaklık davranışında olduğu gözlenmektedir. Sarım hızı sabit tutulup üfleme havası arttırıldığında kumaşların parlaklık değerlerinde önemli bir değişim gözlenmemektedir.

Kumaşların K/S sonuçları Çizelge 4.8' de, bu sonuçlara ait grafik Şekil 4.12' de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Kumaşların K/S sonuçları

Kod	Üretim Tipi	K/S	Kod	Üretim Tipi	K/S
D1	R17-4500	12,97	D9	HR17-4500	10,32
D2	R17-5500	8,53	D10	HR17-5500	7,12
D3	R22-4500	12,54	D11	HR22-4500	10,01
D4	R22-5500	8,17	D12	HR22-5500	6,94
D5	HT17-4500	10,93	D13	T17-4500	13,78
D6	HT17-5500	7,21	D14	T17-5500	8,59
D7	HT22-4500	10,29	D15	T22-4500	13,30
D8	HT22-5500	7,85	D16	T22-5500	9,07



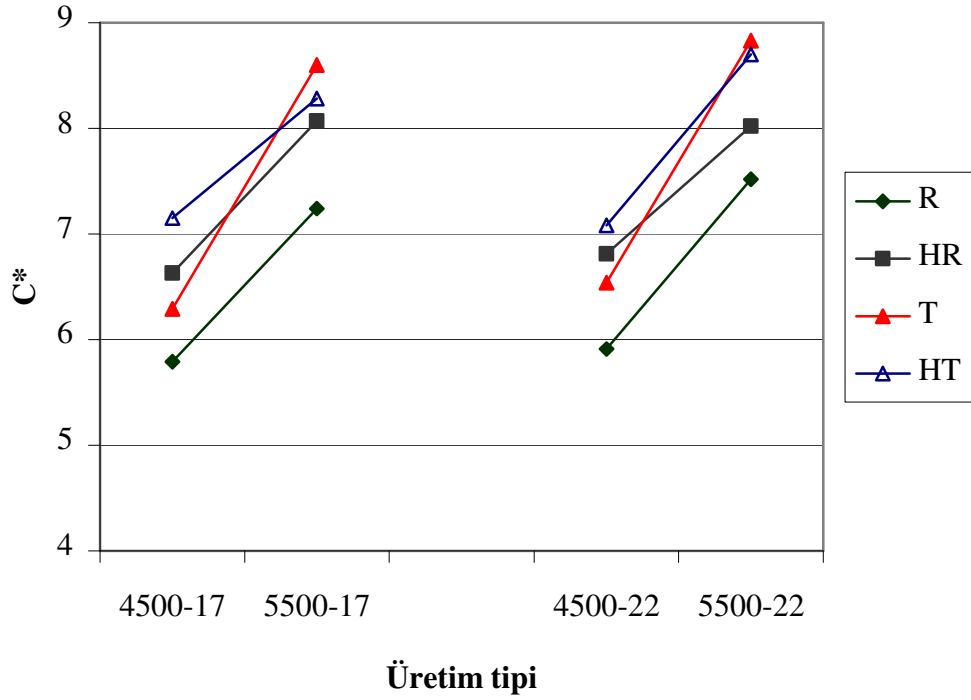
Şekil 4.12 Üretim tipi ile K/S değişimi

L^* (ışıklılık) arttıkça K/S oranı düşmektedir. Bu bilgi ışığında Şekil 4.12 incelendiğinde, Şekil 4.11' de L^* değerinin değişiminin tersi bir değişim olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeni sarım hızındaki artış olarak görülmektedir.

Çizelge 4.9' da kumaşların C^* sonuçları, Şekil 4.13' de de bu sonuçlara ait grafik verilmiştir.

Çizelge 4.9 Kumaşların C* sonuçları

Kod	Üretim Tipi	C*	Kod	Üretim Tipi	C*
D1	R17-4500	5,79	D9	HR17-4500	6,63
D2	R17-5500	7,24	D10	HR17-5500	8,07
D3	R22-4500	5,91	D11	HR22-4500	6,81
D4	R22-5500	7,52	D12	HR22-5500	8,02
D5	HT17-4500	7,15	D13	T17-4500	6,29
D6	HT17-5500	8,28	D14	T17-5500	8,60
D7	HT22-4500	7,08	D15	T22-4500	6,54
D8	HT22-5500	8,70	D16	T22-5500	8,83



Şekil 4.13 Üretim tipi ile C* değişimi

C*'ın sayısal olarak değeri rengin renk uzayındaki yeridir ve bu değer arttığında rengin doygunluğu yani boyarmadde alımının artışı anlamına gelmektedir. Bu bilgi

SÜRE	KOD
------	-----

ışığı
ğın

da Şekil 4.13 incelenirse, üfleme havası sıcaklığı etkisi gözlenmezken; aynı üfleme havası için sarım hızındaki artışın tüm kumaşların C* değerinin artışına dolayısı ile boyarmadde alımının artışına neden olduğu görülmektedir. Sarım hızındaki artış aynı zamanda kesitsel olarak da kumaşların C* değerlerinin sıralanışını da değiştirmektedir. Grafiğe bakıldığında bu etki açıkça gözlenmektedir. 4500-17 ve 4500-22 üretim tipi için keside göre boya alımı artan sırada R, T, HR, HT iken bu sıralanışın 5500-17 ve 5500-22 üretim tipi için R, HR, HT ,T olarak değiştiği görülmektedir. Buna göre genel olarak bakıldığında 5500 m/dk sarım hızına çıkıldığında T ve HT kesitli iplikli kumaşların daha fazla boya alımına sahip olduğu gözlenmektedir.

4.9. Kumaşların Dikey Kılcal İslanma Değişimi

Kumaşların dikey kılcal ıslanma değişimlerine ait grafikleri içeren tüm şekiller ayrı ayrı her üretim tipi için kesit şeklinin incelenmesini sağlayacak şekilde çizilmiştir.

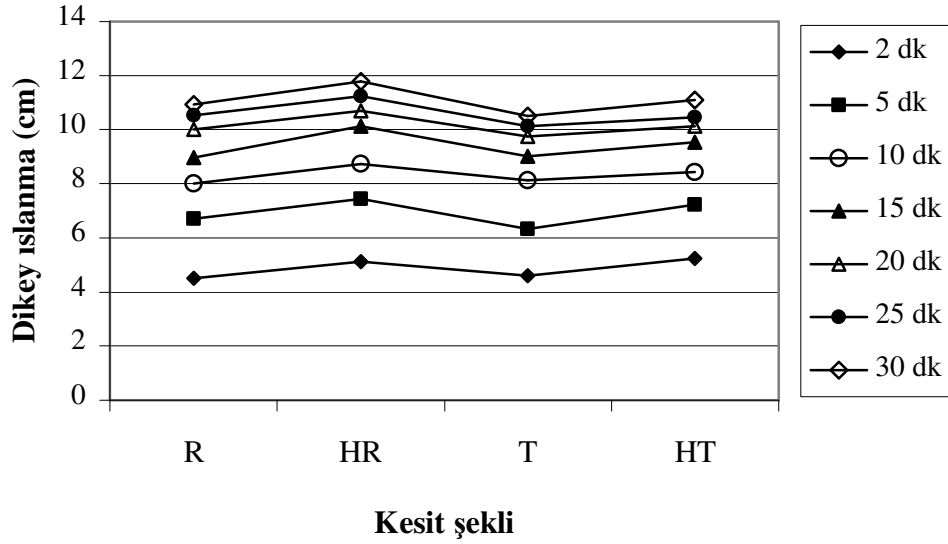
4500-17 Üretim tipi ile üretilen tüm kumaşlara ait dikey ıslanma test sonuçları Çizelge 4.10' da ve bu sonuçlara ait grafik Şekil 4.14' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.10 (4500-17) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları

($X_{ort} \pm SS$)

	D1 (R)	D9 (HR)	D13 (T)	D5 (HT)
	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)
2 dk	4,50 ± 0,20	5,13 ± 0,15	4,60 ± 0,10	5,23 ± 0,06
5 dk	6,70 ± 0,17	7,43 ± 0,11	6,33 ± 0,15	7,23 ± 0,15
10 dk	8,00 ± 0,20	8,73 ± 0,15	8,13 ± 0,40	8,43 ± 0,25
15 dk	8,96 ± 0,15	10,13 ± 0,21	9,03 ± 0,30	9,53 ± 0,30
20 dk	10,00 ± 0,10	10,70 ± 0,10	9,76 ± 0,42	10,13 ± 0,15
25 dk	10,53 ± 0,21	11,23 ± 0,15	10,13 ± 0,47	10,46 ± 0,15
30 dk	10,93 ± 0,08	11,77 ± 0,10	10,50 ± 0,26	11,10 ± 0,10

4500-17 Üretim tipi için



Şekil 4.14 (4500-17) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi

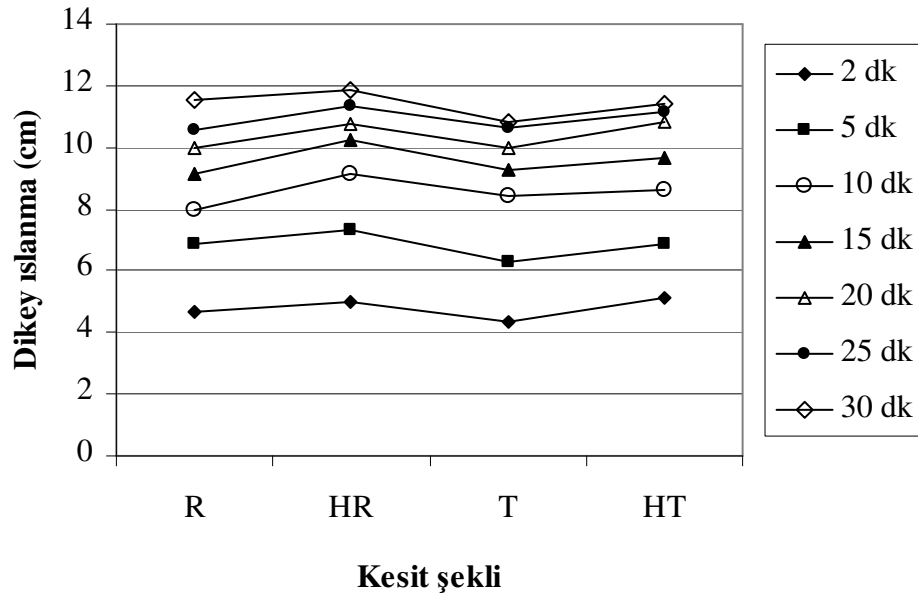
4500-17 Üretim tipi için Şekil 4.14 incelendiğinde, içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşların içi dolu (R, T) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşlara göre kılcallıkları, yani dikey yönde ıslama miktarlarının daha fazla olduğu açıkça gözlenmektedir. 30 dk süre sonunda bu üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma miktarı keside göre karşılaştırılacak olursa yüksekten düşüğe doğru sıralanışın HR, HT, R, T olduğu görülmektedir.

5500-17 Sarım hızı ile üretilen tüm kumaşlara ait dikey ıslanma test sonuçları Çizelge 4.11' de ve bu sonuçlara ait grafik Şekil 4.15' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 (5500-17) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları
($X_{ort} \pm SS$)

SÜRE	KOD			
	D2 (R)	D10 (HR)	D14 (T)	D6 (HT)
	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)
2 dk	4,66 ± 0,06	5,00 ± 0,00	4,33 ± 0,35	5,15 ± 0,07
5 dk	6,86 ± 0,06	7,30 ± 0,10	6,26 ± 0,21	6,85 ± 0,16
10 dk	8,00 ± 0,10	9,13 ± 0,15	8,40 ± 0,35	8,60 ± 0,00
15 dk	9,16 ± 0,15	10,23 ± 0,25	9,30 ± 0,20	9,63 ± 0,15
20 dk	10,00 ± 0,10	10,73 ± 0,21	10,00 ± 0,20	10,85 ± 0,07
25 dk	10,56 ± 0,06	11,36 ± 0,11	10,63 ± 0,15	11,15 ± 0,07
30 dk	11,53 ± 0,15	11,86 ± 0,15	10,83 ± 0,15	11,40 ± 0,14

5500-17 Üretim tipi için



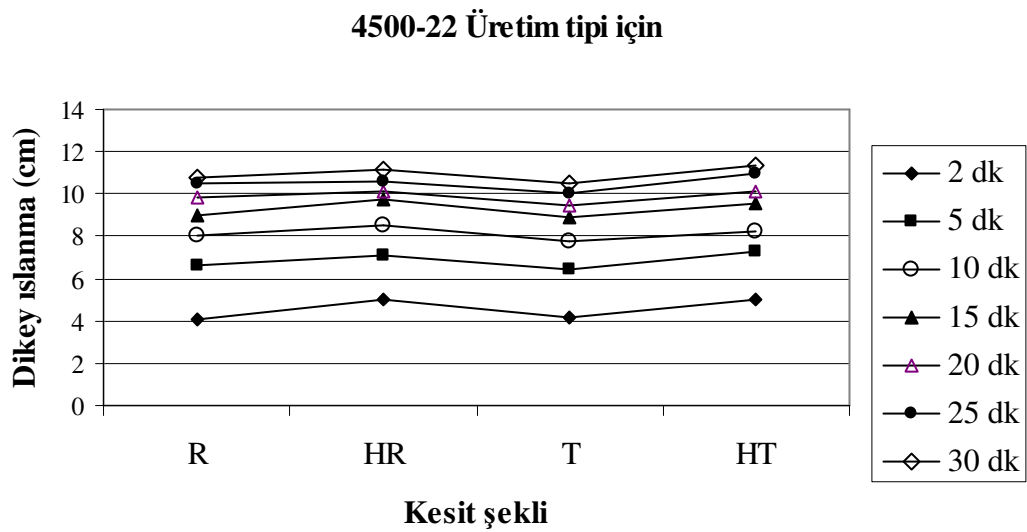
Şekil 4.15 (5500-17) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi

5500-17 Üretim tipi için Şekil 4.15 incelendiğinde, içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşların içi dolu (R, T) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşlara göre kılcallıkları, yani dikey yönde ıslama miktarlarının daha fazla olduğu açıkça gözlenmektedir. 30 dk süre sonunda bu üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma miktarı keside göre karşılaştırılacak olursa yüksekten düşüğe doğru sıralanışın HR, HT, R, T olduğu görülmektedir.

4500-22 Üretim tipi ile üretilen tüm kumaşlara ait dikey ıslanma test sonuçları Çizelge 4.12' de ve bu sonuçlara ait grafik Şekil 4.16' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.12 (4500-22) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

SÜRE	KOD			
	D3 (R)	D11 (HR)	D15 (T)	D7 (HT)
	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)
2 dk	4,10 ± 0,10	5,03 ± 0,11	4,20 ± 0,17	5,06 ± 0,11
5 dk	6,66 ± 0,30	7,10 ± 0,10	6,43 ± 0,30	7,26 ± 0,25
10 dk	8,03 ± 0,15	8,53 ± 0,06	7,76 ± 0,30	8,26 ± 0,30
15 dk	9,03 ± 0,21	9,70 ± 0,10	8,90 ± 0,17	9,56 ± 0,15
20 dk	9,86 ± 0,23	10,16 ± 0,15	9,50 ± 0,20	10,10 ± 0,17
25 dk	10,50 ± 0,20	10,63 ± 0,11	10,03 ± 0,15	11,00 ± 0,20
30 dk	10,76 ± 0,21	11,13 ± 0,15	10,53 ± 0,20	11,33 ± 0,21



Şekil 4.16 (4500-22) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi

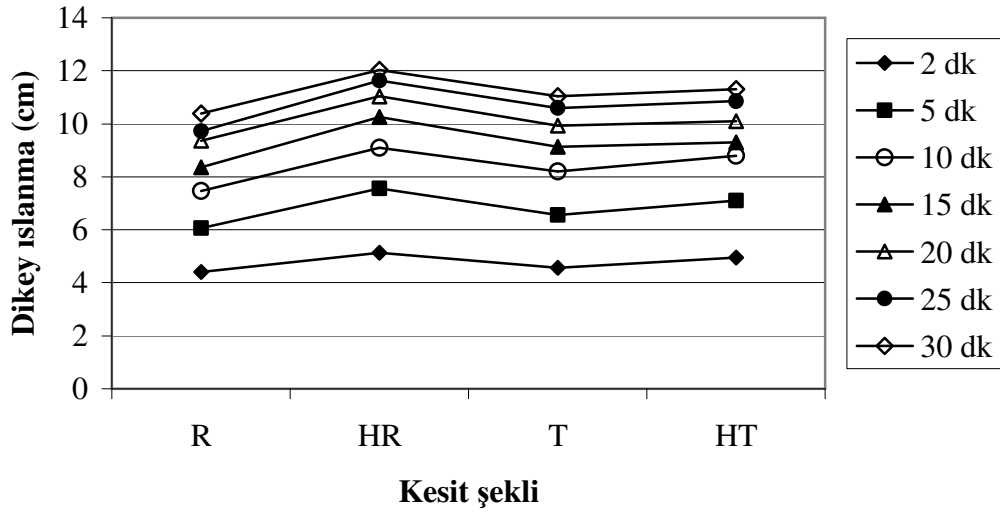
4500-22 Üretim tipi için Şekil 4.16 incelendiğinde, içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşların içi dolu (R, T) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşlara göre kılcallıkları, yani dikey yönde ıslama miktarlarının daha fazla olduğu açıkça gözlenmektedir. 30 dk süre sonunda bu üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma miktarı keside göre karşılaştırılacak olursa yüksekten düşüğe doğru sıralanışın HT, HR, R, T olduğu görülmektedir.

5500-22 Sarım hızı ile üretilen tüm kumaşlara ait dikey ıslanma test sonuçları 4.13' de ve bu sonuçlara ait grafik Şekil 4.17' de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 (5500-22) Üretim tipi ile üretilen kumaşların dikey ıslanma test sonuçları ($X_{ort} \pm SS$)

SÜRE	KOD			
	D4 (R)	D12 (HR)	D16 (T)	D8 (HT)
	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)	Yükselme (cm)
2 dk	4,40 ± 0,10	5,13 ± 0,15	4,56 ± 0,15	4,15 ± 0,21
5 dk	6,06 ± 0,15	7,56 ± 0,25	6,56 ± 0,11	7,10 ± 0,14
10 dk	7,46 ± 0,12	9,10 ± 0,10	8,20 ± 0,20	8,80 ± 0,14
15 dk	8,36 ± 0,15	10,26 ± 0,21	9,13 ± 0,15	9,30 ± 0,14
20 dk	9,36 ± 0,06	11,03 ± 0,21	9,93 ± 0,15	10,10 ± 0,21
25 dk	9,73 ± 0,15	11,63 ± 0,06	10,60 ± 0,20	10,85 ± 0,14
30 dk	10,40 ± 0,10	12,03 ± 0,15	11,03 ± 0,15	11,30 ± 0,14

5500-22 Üretim tipi için



Şekil 4.17 (5500-22) Üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma değişimi

5500-22 Üretim tipi için Şekil 4.17 incelendiğinde, içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşların içi dolu (R, T) kesitli ipliklerden elde edilmiş kumaşlara göre kılcallıkları, yani dikey yönde ıslama miktarlarının daha fazla olduğu açıkça gözlenmektedir. 30 dk süre sonunda bu üretim tipi için kumaşların dikey ıslanma miktarı keside göre karşılaştırılacak olursa yüksekten düşüğe doğru sıralanışın HR, HT, T, R olduğu görülmektedir.

Genel olarak tüm üretim tiplerinin kumaşların dikey ıslanma değişimine etkisi incelenecek olursa içi boş (HR, HT) kesitli ipliklerden elde edilen kumaşların kılcallığının içi dolulara (R, T) göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

İplik sarım hızı artışı ile beraber liflerin kaynama çekme değerlerinde düşüş olmaktadır (Hudson 1995). Yapılan iplik test sonuçları, bu bilgi ışığında incelendiğinde, üretilen her FDY iplik kesidinde, sarım hızı ve üfleme havası sıcaklığı artışı ile kaynama çekmesinin düştüğü gözlemlenmiştir. Üfleme havası sıcaklığı artışının içi boş (HR ve HT) kesitli ipliklerin kaynama çekmesi düşüşünde daha etkili olduğu görülmüştür. Tüm FDY iplik üretim tipleri için kesit etkisi, içi boş (HR ve HT) kesidin içi dolu (R ve T) kesitten daha yüksek bir kaynama çekmesine sahip olması şeklinde kendini göstermektedir. Her üretim tipinde kaynama çekmesi kesit şekline göre yüksekten düşüğe doğru sıralanırsa HR, HT, R, T şeklinde olmaktadır.

Poliester lifleri kısmi kristalin yapıda olup; üretim esnasında germe işlemi ile düzensiz yapıda olduğu kabul edilen amorf bölgedeki makromolekülleri az ya da çok yönlendirilmiş bir yerleşim kazanmaktadır. Yönlenme miktarı, eriyikten çekim esnasında uygulanan sarım hızı yükseldikçe artar (Şefkat 2004). Amorf bölgelerin oryantasyonu lifin üretim şartlarına bağlıdır. Sarım hızı artışı lifte yüksek oryantasyona neden olurken, çekim sırasında daha fazla oryantasyon, çekimden sonra lifteki uzama ve esneklik özelliğini azaltmakta ve mekanik dayanımı arttırmaktadır (Ürkmez 2001).

Mukavemet, iplik üzerine artan bir yük uygulandığında kopuncaya kadar dayandığı yüküdür. Oryantasyonun artmasıyla dayanıklılık arttığından liflerin mukavemeti sarım hızının artmasıyla artar (Ürkmez 2001).

Yapılan incelemeler göstermiştir ki sarım hızı artışı tüm FDY ipliklerin mukavemet değerleri ile birlikte modül değerlerinin de artmasına neden olmuştur. İpliklerin maksimum uzama oranlarına sarım hızının etkisi modül etkisinin tersi yönünde gerçekleşmiştir. Tüm iplik kesitlerinde sarım hızı artışı ile uzama oranı düşmektedir. Sarım hızının artışının beklenen etkisi, içi boş (HR ve HT) kesidin içi dolu (R ve T) keside göre uzama oranının daha az olması, modül değerinde ise içi boş (HR ve HT) kesidin içi dolu (R ve T) keside göre tam tersi olarak daha yüksek olması şeklinde gözlenmektedir. Kesit şekli değişimi FDY ipliklerin modül ve uzama oranlarını etkilerken, iplik mukavemeti üzerinde belirgin bir etki göstermemektedir. Üfleme havası sıcaklığının FDY ipliklerin mukavemet, uzama ve modül değerlerinde bir etkisi olmadığı incelemeler sonucu görülmektedir.

FDY ipliklerin ölçülen düzgünsüzlük değerleri sarım hızı artışı ile tüm iplik kesitlerinde önemli ölçüde düşmektedir ve düşüş yüzdesi içi dolu (R ve T) kesitte (%45 - %52) içi boş (HR ve HT) keside (%20- %23) göre daha fazladır. Üfleme havası sıcaklığı artışı, 5500 m/dk'lık sarım hızında incelendiğinde tüm ipliklerin düzgünsüzlüğünün artmasına neden olurken; 4500 m/dk'lık sarım hızında incelendiğinde T kesit dışındaki ipliklerin düzgünsüzlük değerlerini arttırmaktadır.

Lif kesidindeki boşluk oranı arttıkça, kumaş yapısı deforme olabilir bir özellik kazanmakta ama elastikiyetini, eski haline dönme yeteneğini, kaybetmektedir. Yumuşaklık ve dolgunluk artmakta, rijitlik, lineer mukavemet, rezilyans, kumaşın doğal ağırlığı azalırken; uzayabilirlik sürtünme katsayısı artmaktadır (Matsudaira ve ark. 1993). Yapılan incelemeler, lif kesidinde boşluk oranının artması ile bu liflerden elde edilen kumaşların mekanik özelliklerinin ve tutumunun değiştiğini söylemektedir.

Yapılan kumaş testlerinde ölçülen kumaş kalınlıkları sonuçları incelenirse; sarım hızı artışı ile tüm FDY iplik kesitlerinden elde edilen tüm kumaşların kalınlıklarının arttığı gözlenmektedir. Profilli düze delik şeklinin (içi boş dairesel ve içi boş trilobal) avantajlarından biri olan yüksek hacimlilik, elde edilen test sonuçlarında ortaya çıkmaktadır. Tüm üretim tipleri için içi boş (HR ve HT) iplikli kumaşların, içi dolu (R ve T) iplikli kumaşlardan daha kalın oldukları gözlenmiştir. Bu etki, içi boş enine kesitli liflerin aynı incelikteki içi dolu enine kesitli liflere göre daha hacimli bir yapıya sahip olmaları şeklinde açıklanabilir. Üfleme hava sıcaklığının etkisi gözlenmemektedir.

Profilli düze deliklerinden çekilmiş ipliklerle elde edilen kumaşların avantajları arasında yüksek su emiciliğine sahip olması ve düşük pillingleşme göstermesi sayılabilir. Elde edilen dikey yönde kılcal ıslanma test sonuçları her üretim tipi için lif kesit şekli değişimine bağlı olarak incelendiğinde içi boş (HR ve HT) kesitli ipliklerden elde edilen kumaşların dikey yönde ıslanmalarının içi dolulara göre daha fazla olduğunu göstermektedir.

Kumaşların pillingleşme testi sonuçları aynı olup yüzeylerinde herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir. Bu sonuca göre pillingleşme sonuçlarını kumaşı oluşturan ipliğin kesidi değil; ipliğin kesikli olmayıp sürekli multifilamentlerden oluşmasının belirlediği anlaşılmaktadır.

Liflerin en önemli özelliklerinden biri de enine kesit şekilleridir. Eğilme ve burulma rijitliğine ek olarak enine kesit şekli büyük ölçüde liflerin optik özelliklerini de belirler (Warner 1995).

Kural olarak lifte yönlenmenin artışı lif parlaklığını artırır. Kumaşların renk analiz sonuçları incelendiğinde, L^* (ışıklılık) değerleri sarım hızı artışı ile tüm FDY iplik kesitlerinde artmaktadır. Yansıyan ışığın matematiksel bir ifadesi olan K/S oranı L^* ile ters orantılı olarak değişmekte olup; test sonuçlarına da bakıldığında sarım hızı artışı ile bu oranın düştüğü gözlenmektedir. Sarım hızı artışının sebep olduğu lifte kristalinitenin artması ile amorf bölge oranının düşmesi lifin daha az boyanması sonucunu doğurmaktadır. Dolayısıyla sarım hızı artışı ile parlaklığın artması beklenen bir sonuçtur. Sarım hızı artışı ile K/S 'in düşmesi, R (reflektans) değerinin artması anlamında olup; R 'deki bu artışın lifin C^* (renk doygunluğu) değerinin de artmasında etkili olduğu sonucuna varmamızı sağlayabilir. Nitekim sarım hızı artışı ile tüm ipliklerin C^* değeri artmıştır. Kesit şekli etkisine bakılacak olursa genel olarak trilobal kesitli lifin renk doygunluğu daha fazladır.

Bu çalışmada FDY poliester üretim parametrelerinden sarım hızı ve üfleme hava sıcaklığının iki farklı seviyesi seçilerek dört farklı kesit şekline sahip iplikler üretilmiştir. Böylece, aynı eğirme şartlarında üretilmiş içi boş ve içi dolu FDY poliester ipliklerin ve bu ipliklerden oluşturulmuş örme kumaşların önemli kullanım özellikleri kıyaslanmıştır.

Bu çalışmayı baz alarak gerçekleştirilecek ileri çalışmalarda, eriyik çekim prosesinde önemli diğer parametreler (üfleme hava hızı, polimer eriyik debisi gibi) dikkate alınarak iplik ve kumaş özellikleri farklı kesitler için karşılaştırılabilir. Ayrıca içi boş lifler için önemli kullanım özelliklerinden olan ısı ve su buharı geçirgenliklerinin ölçülebilmesi için kontrollü şartlarda üretilmiş ipliklerden örme kumaşlar yerine dokuma kumaşlar üretilmesi tavsiye edilmektedir.

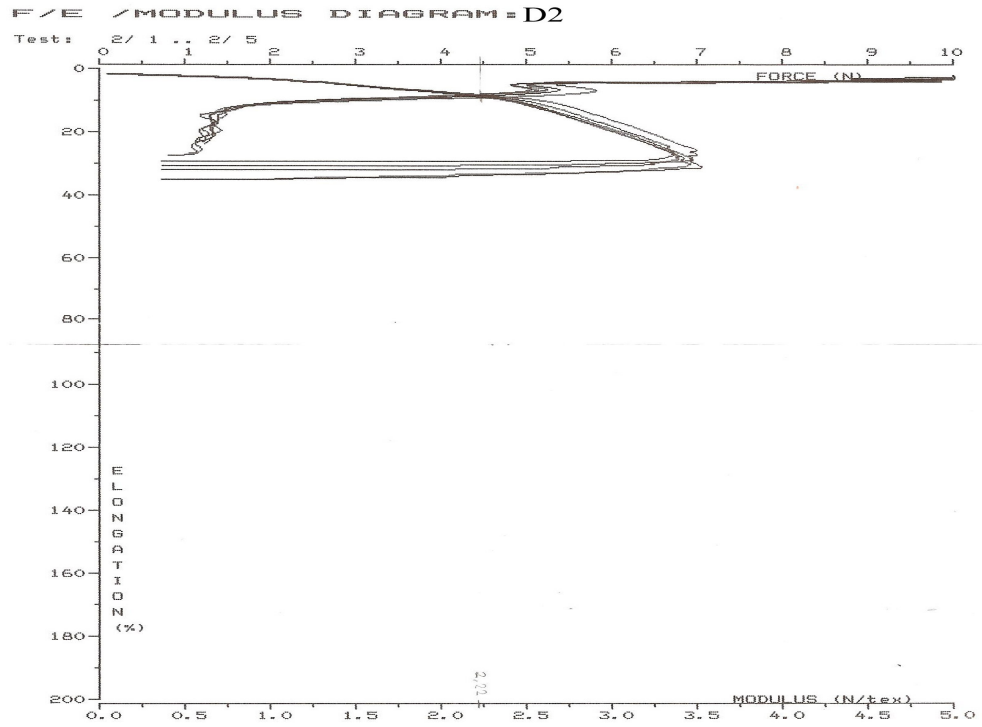
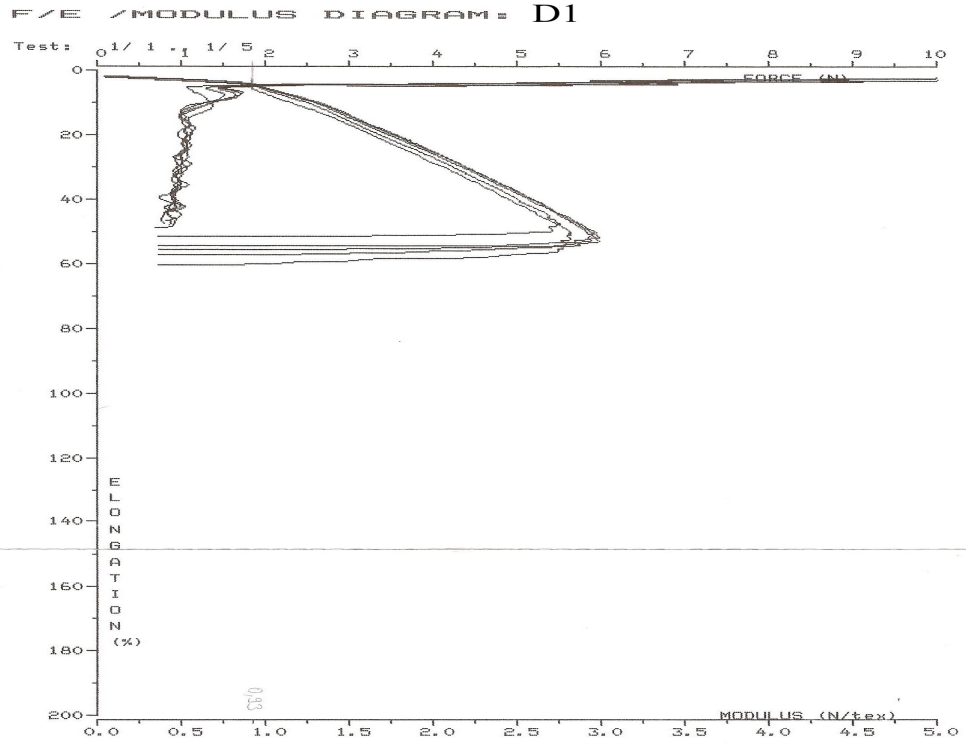
KAYNAKLAR

- ALPAY, H.R., İSKENDER, M.A., BECERİR, B. 2000. Askeri Tekstil Materyallerinin Üretiminde Renk ve Renk Uyumluluğunun Belirlenmesi. LEMAS 2000, s. 66-70.
- ANONİM. 2003a. Poly Bölümü Oryantasyon Kitabı(Kontrolsüz Kopya). Korteks Mensucat Sanayi ve Tic. A.Ş., Eğitim Kitabı No: ED-PLİ-001.
- ANONİM. 2003b. Üretim Bölümü Oryantasyon Kitabı(Kontrolsüz Kopya). Korteks Mensucat Sanayi ve Tic. A.Ş., Eğitim Döküman No: ED-PYİ-001.
- AYDER, E. 1998. Tekstüre İşlem Parametreleri Değişiminin Poliesterin Fiziksel, Tekstüre ve Boya Alma Özelliklerine Etkisi. Bitirme Çalışması, İ.T.Ü., Makina Fakültesi.
- BECERİR, B. 2002a. Bazı Renk Terimleri ve Açıklamaları. Tekstil Teknoloji, 01/2002, s. 92-98.
- BECERİR, B. 2002b. Renk Eşleştirme İçin Veri Tabanı Hazırlanmasında Kalibrasyon Boyamalarının Değerlendirilmesi. Tekstil&Teknik, Kasım 2002, s. 182-186.
- BECERİR, B. 2002c. CIELAB Renk Uzayında Farklı Renk Formülasyonlarının Renk Değerlendirmeleri Üzerindeki Etkileri. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, Ekim 2002, s. 86-93.
- BEYREUTHER, R., HOFFMANN H. 1997. Melt Spinning of Hollow Fibers. Chemical Fibers International, 47(1):54-58.
- BUENO, M.A., ANEJA, A.P., RENNER, M. 2004. Influence of The Shape of Fiber Cross-section on Fabric Surface Characteristics. Journal of Materials Science, 39:557-564.
- DEMİR, A. 1997. Filament İplik Üretim Teknolojileri. İ.T.Ü., Makina Fakültesi, Sürekli Eğitim Notları.
- DE ROVÈRE, A., SHAMBAUGH, R.L. 2001. Melt-Spun Hollow Fibers: Modeling and Experiments. Polymer Engineering and Science, July, 41(7):1206-1219.
- HUDSON. 1995. Theory and Practice of Fiber Formation. NCSU Copy Center.
- MATSUDAIRA, M., TAN, Y., KONDO, Y. 1993. The Effect of Fibre Cross-sectional Shape on Fabric Mechanical Properties and Handle. Journal of Textile Institute, 84(3):376-386.

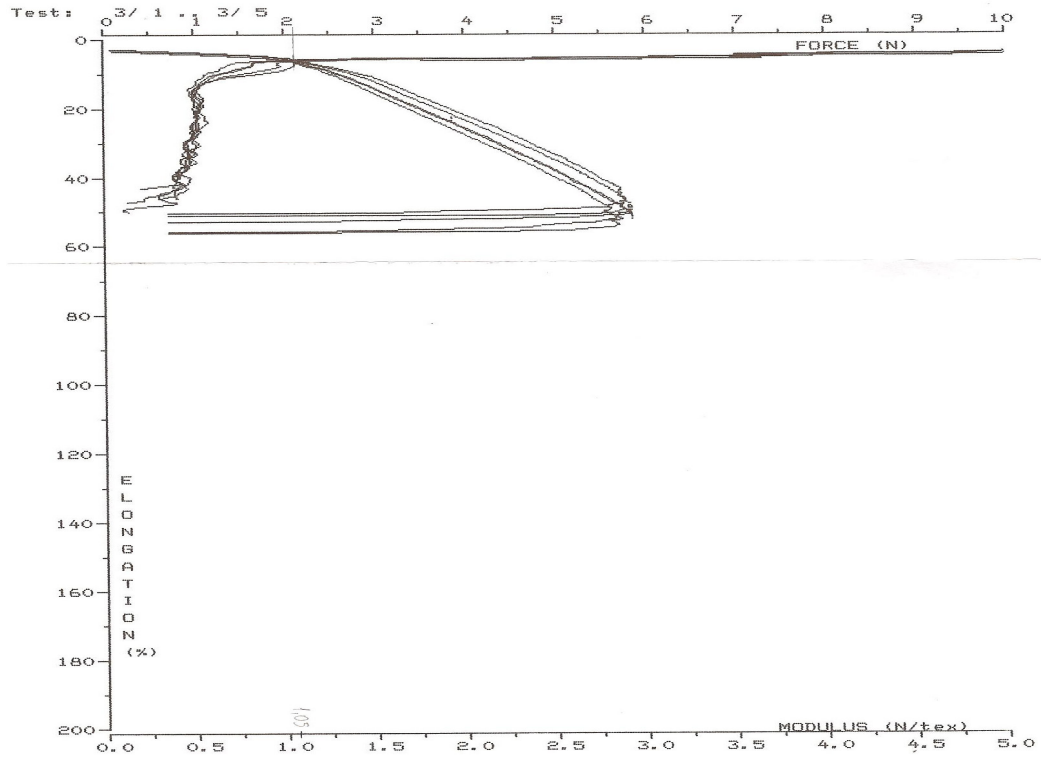
- MOGAZHY, Y.E., 2002. Developing A Design-Oriented Fabric Comfort Model. Project No. S01-AE32. National Textile Center Annual Report: November 2002.
- ÖZÇELİK, G., GÜRKAN, P., ÖKTEM, T., SEVENTEKİN, N. 2001. İçi Boş Kanallı Yapıdaki (Multi-Hollow) Lifler. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2/2001, s. 9-15.
- PİŞKİN, E. 1987. *Polimer Teknolojisine Giriş*. Hacettepe Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümü.
- RWEI, S. P. 2001. Formation of Hollow Fibers in The Melt-Spinning Process. *Journal of Applied Polymer Science*, 82 (2001) 2896-2902.
- SAÇAK, M. 2002. *Lif ve Elyaf Kimyası*. Gazi Kitabevi, Ankara.
- STÜTTEM, M., NEUMANN, B. Considerations on Efficient Manufacturing of Polyester FDY Yarns. *Barmag-Zweigniederlassung der Saurer GmbH&Co*.
- ŞEFKAT, B. 2004. Bir Poliester Üretim Tesisinde Üretim Parametrelerinin Modül Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Tekstil Bilimleri Anabilim Dalı, Bursa.
- TAKAJIMA, T. 1994. *Advanced Fiber Spinning Technology*, Woodhead Publishing Limited, USA.
- TAKARADA, W., İTO, H., KİKUTANİ, T., OKUI, N. 2001. Studies on High-Speed Melt Spinning of Noncircular Cross-Section Fibers. I. Structural Analysis of As-Spun Fibers. *Journal of Applied Polymer Science*, 80(9):1575-1581.
- TARAKÇIOĞLU, I., 1986. *Tekstil Terbiyesi ve Makinaları*. Poliester Liflerin Üretimi ve Terbiyesi, Cilt 3.
- ÜRKMEZ, G. 2001. Ön Çekime Uğramış Tekstil İplik Üretim Prosesi İşletme Koşullarının Ürün Kalitesine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.
- WADA, O. 1992. Control Of Fiber Form and Yarn and Fabric Structure. *Journal of Textile Institute*, 83:322-347
- WARNER, S.B. 1995. *Fiber Science*, Prentice Hall, NJ, 1995.
- www.barmag.com

EKLER

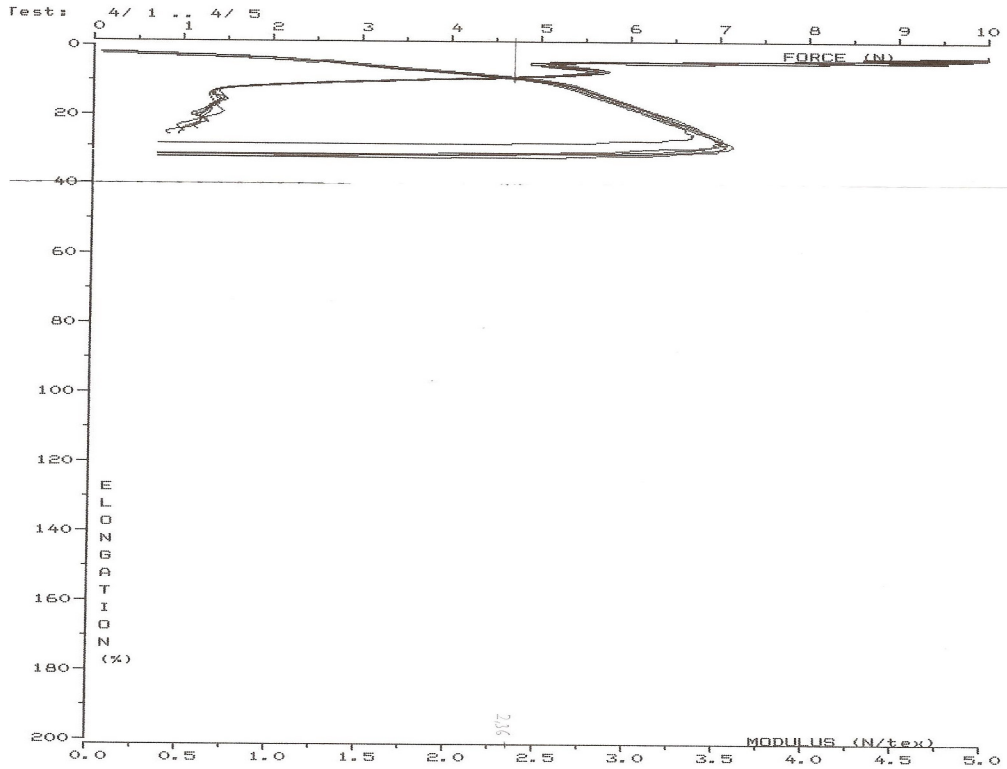
EK 1. İplik mukavemet testi grafikleri



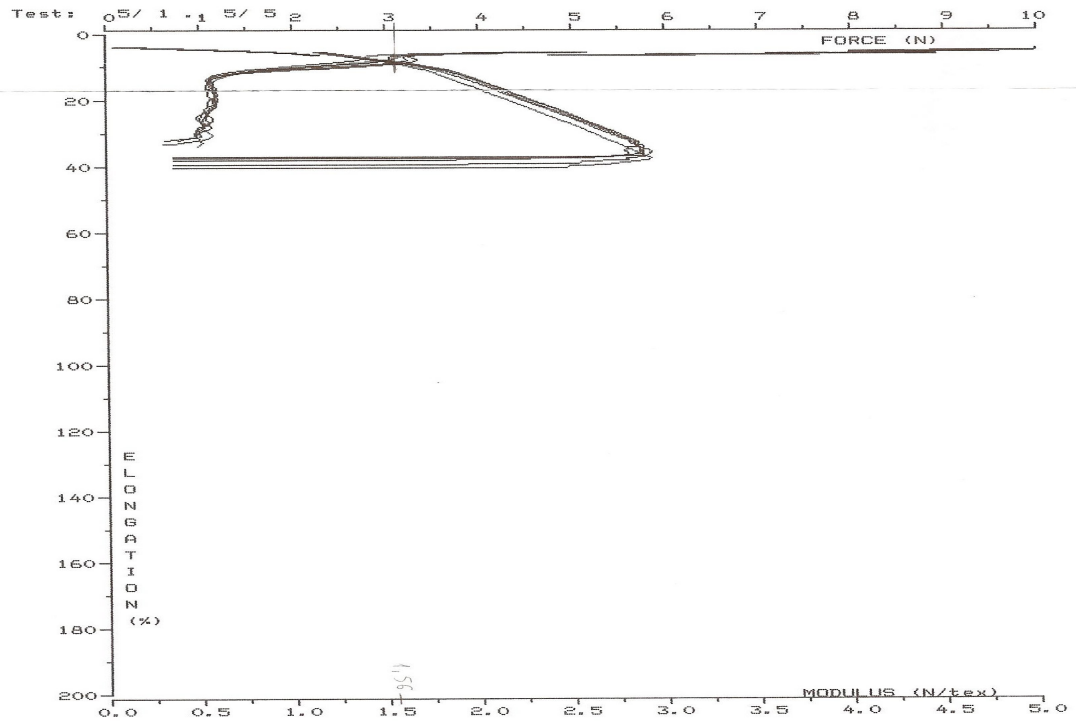
F/E /MODULUS DIAGRAM: D3



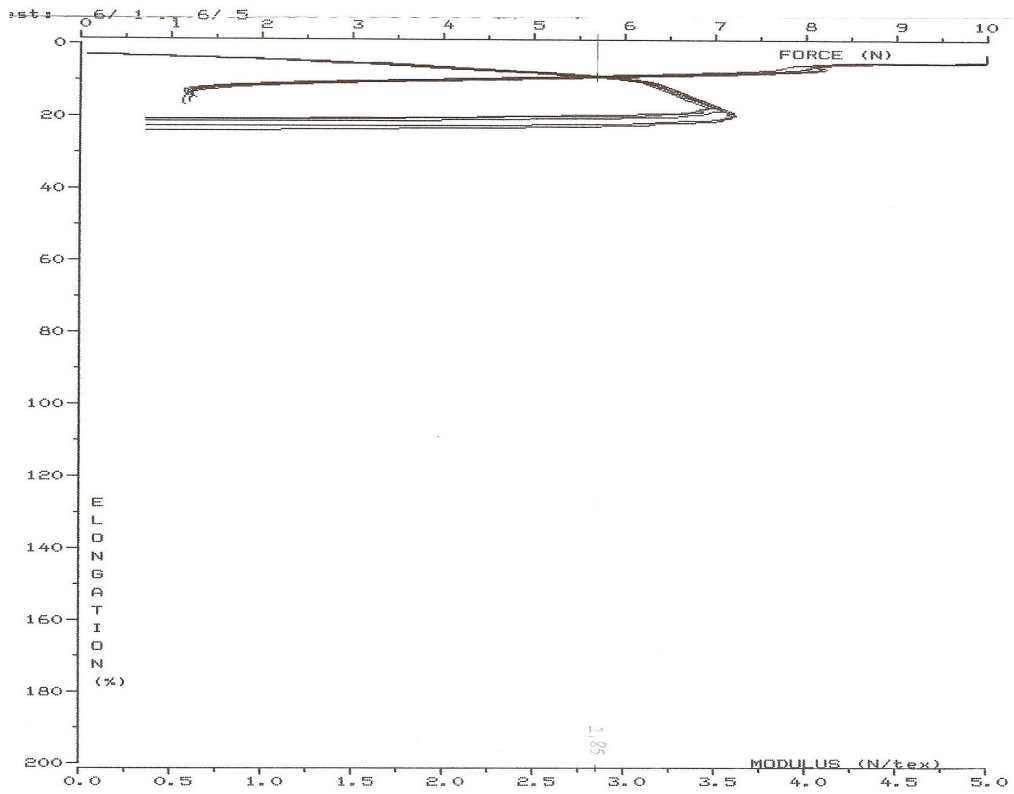
F/E /MODULUS DIAGRAM: D4



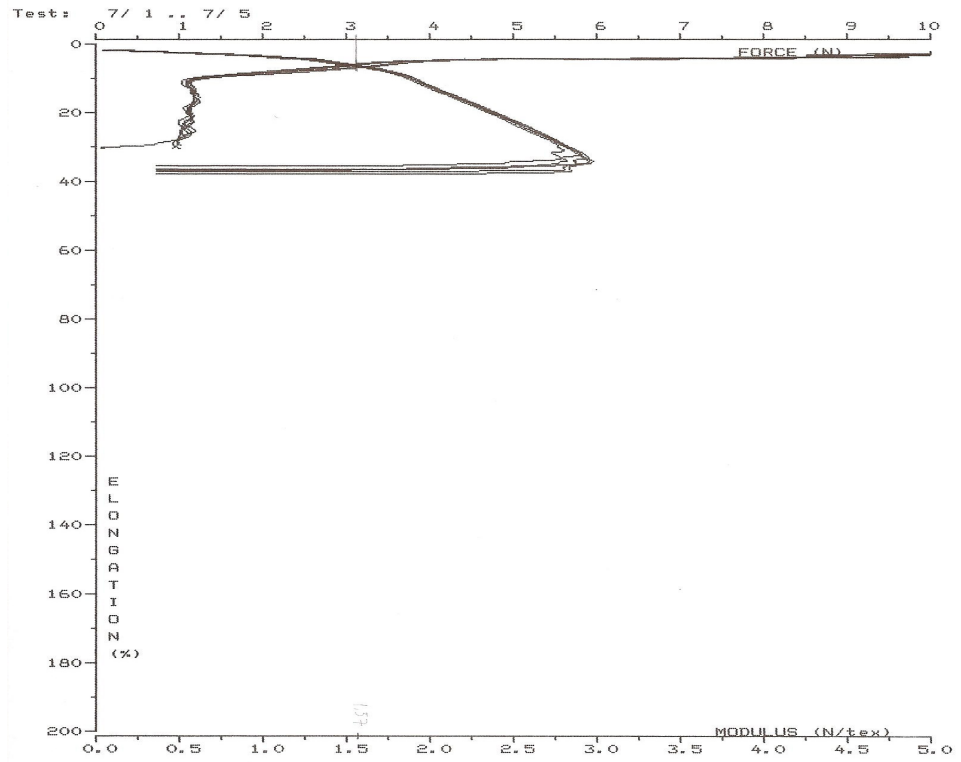
F/E /MODULUS DIAGRAM: D5



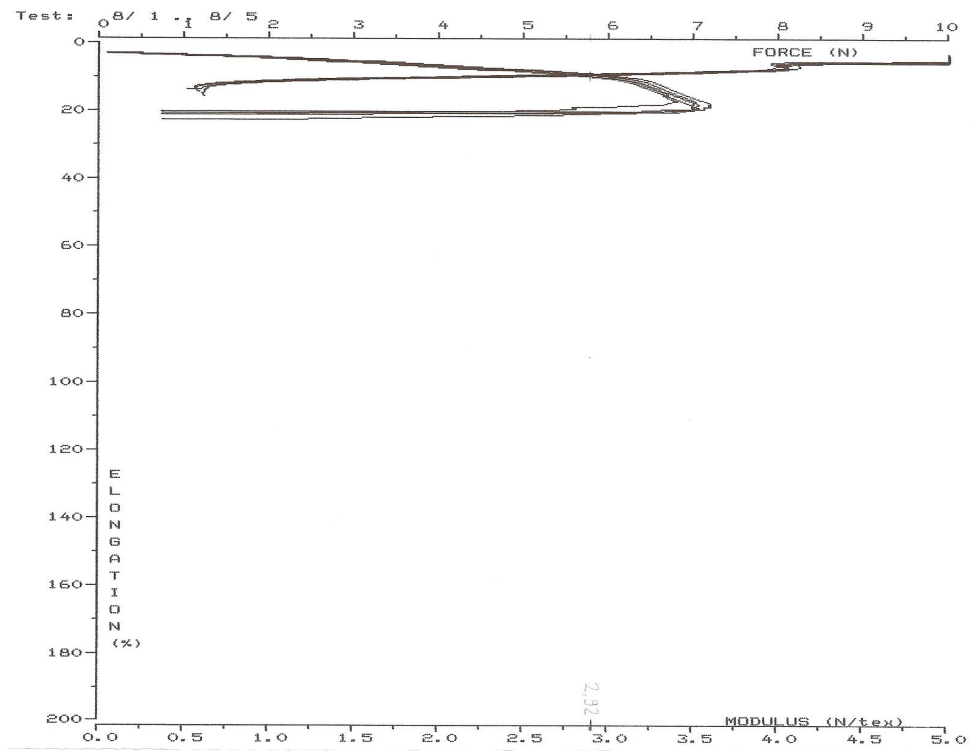
F/E /MODULUS DIAGRAM: D6



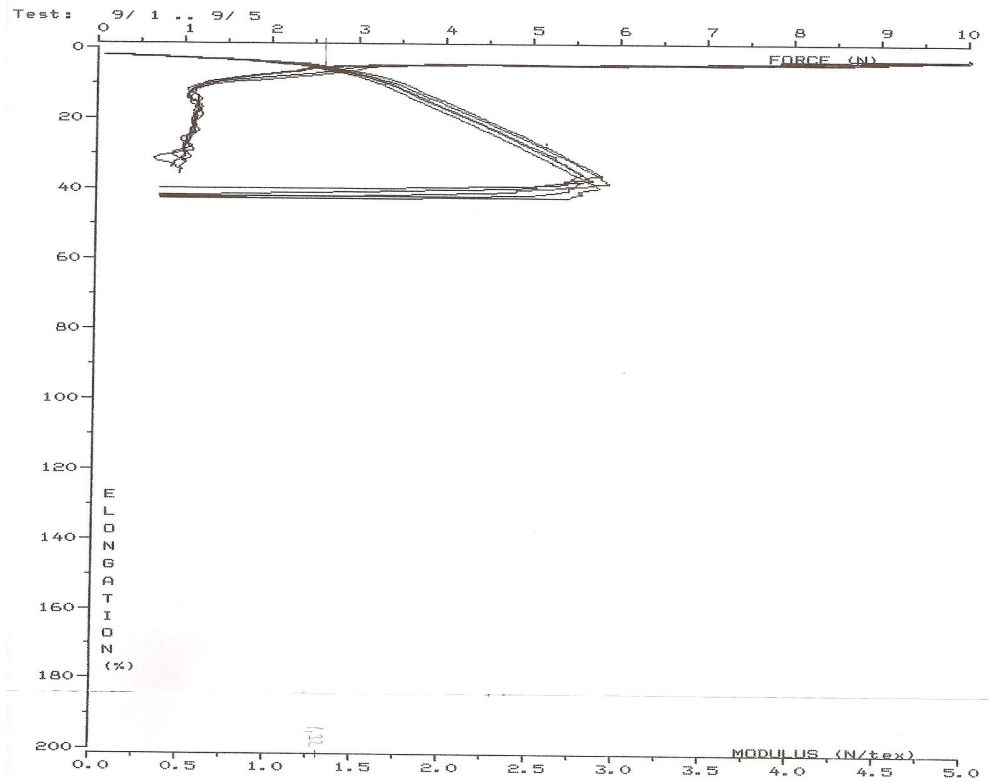
F/E /MODULUS DIAGRAM: D7



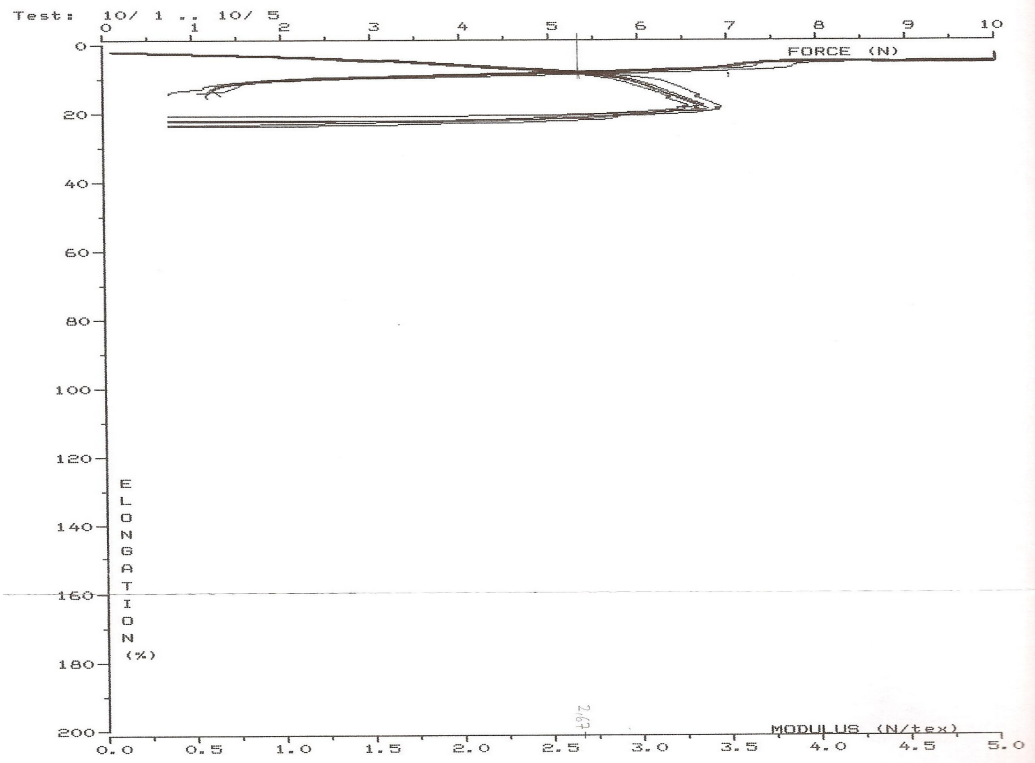
F/E /MODULUS DIAGRAM: D8



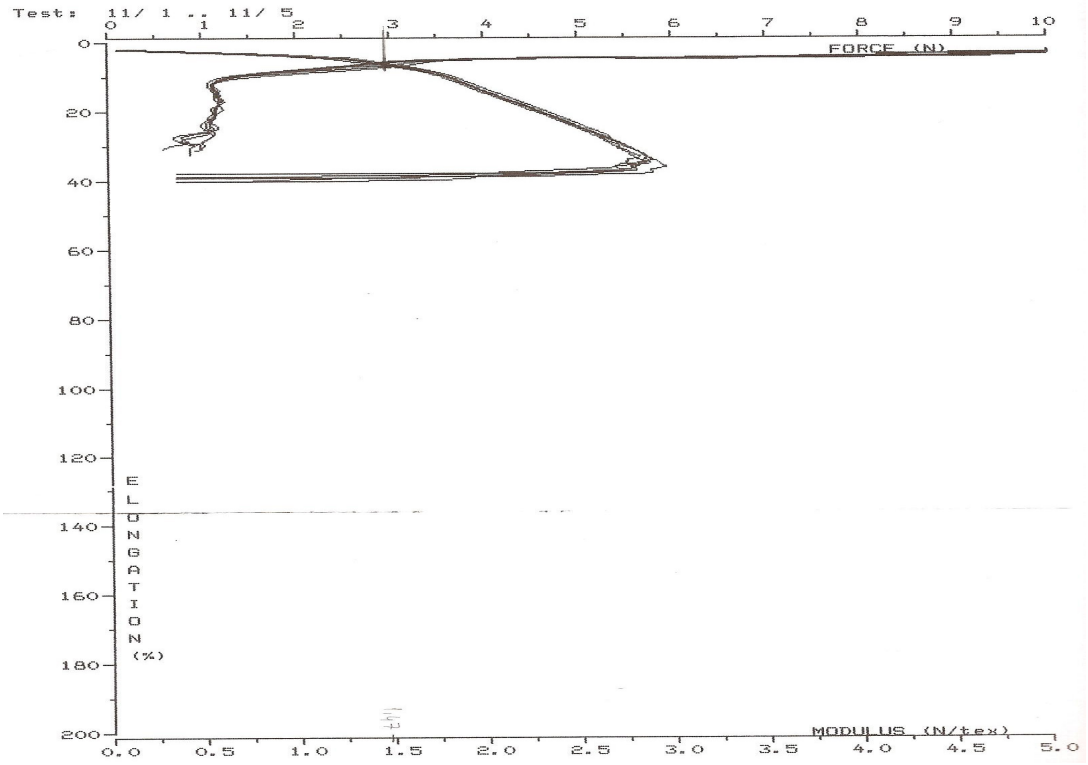
F/E /MODULUS DIAGRAM = D9



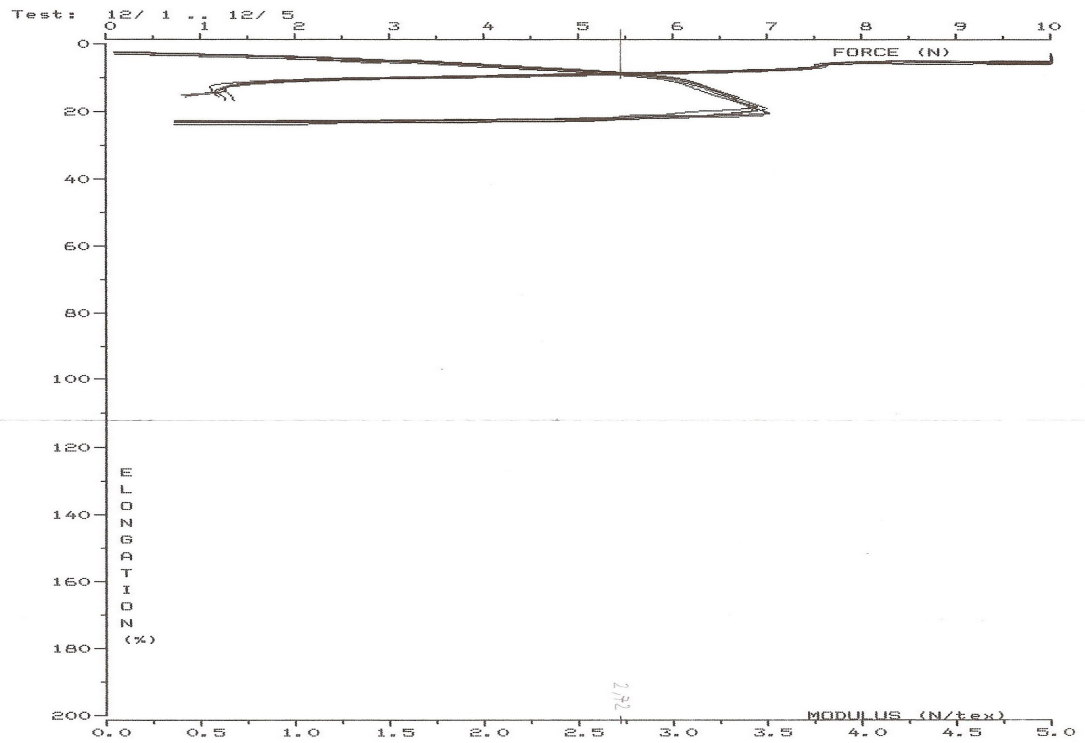
F/E /MODULUS DIAGRAM = D10



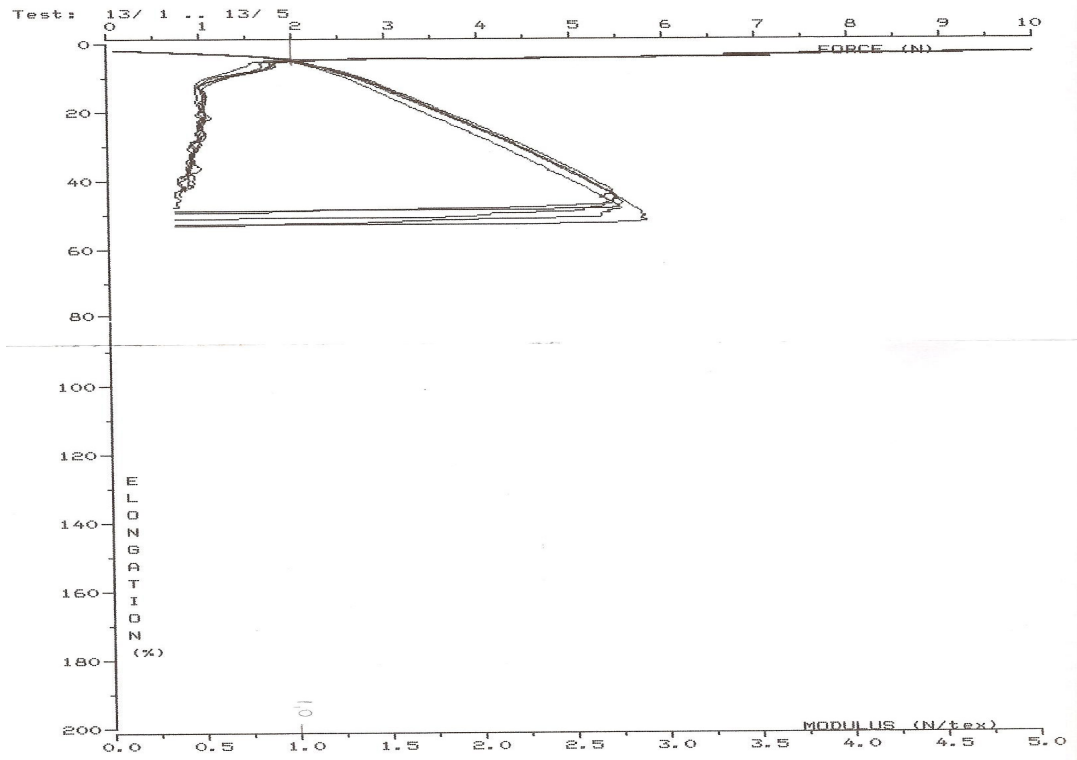
F/E /MODULUS DIAGRAM = D11



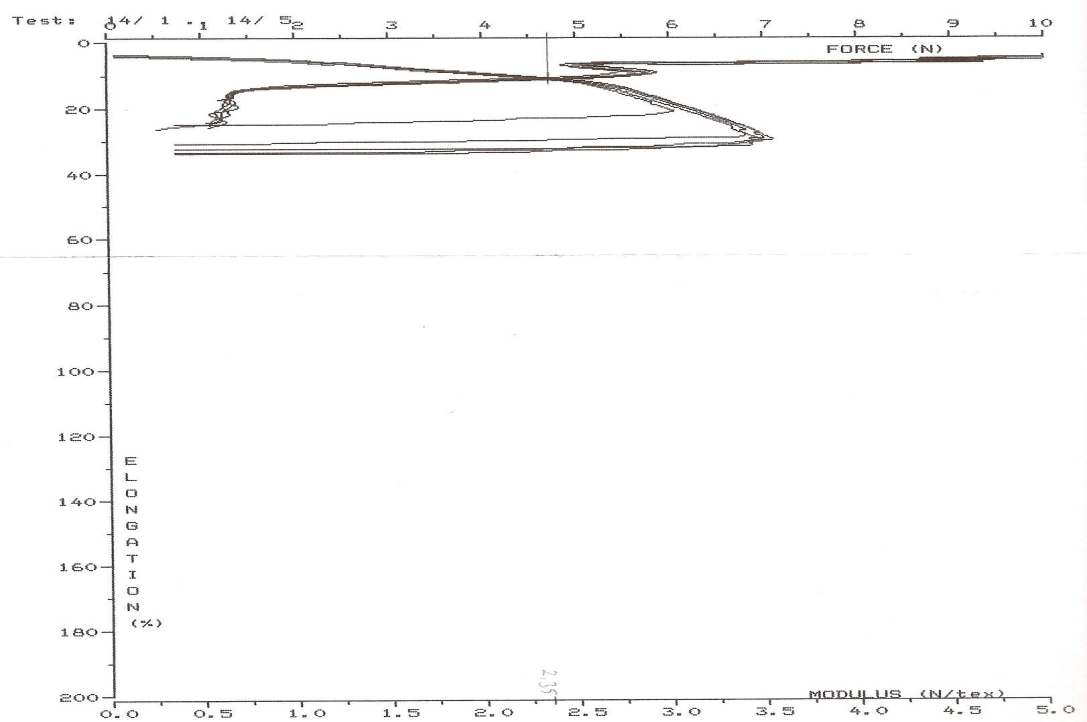
F/E /MODULUS DIAGRAM = D12



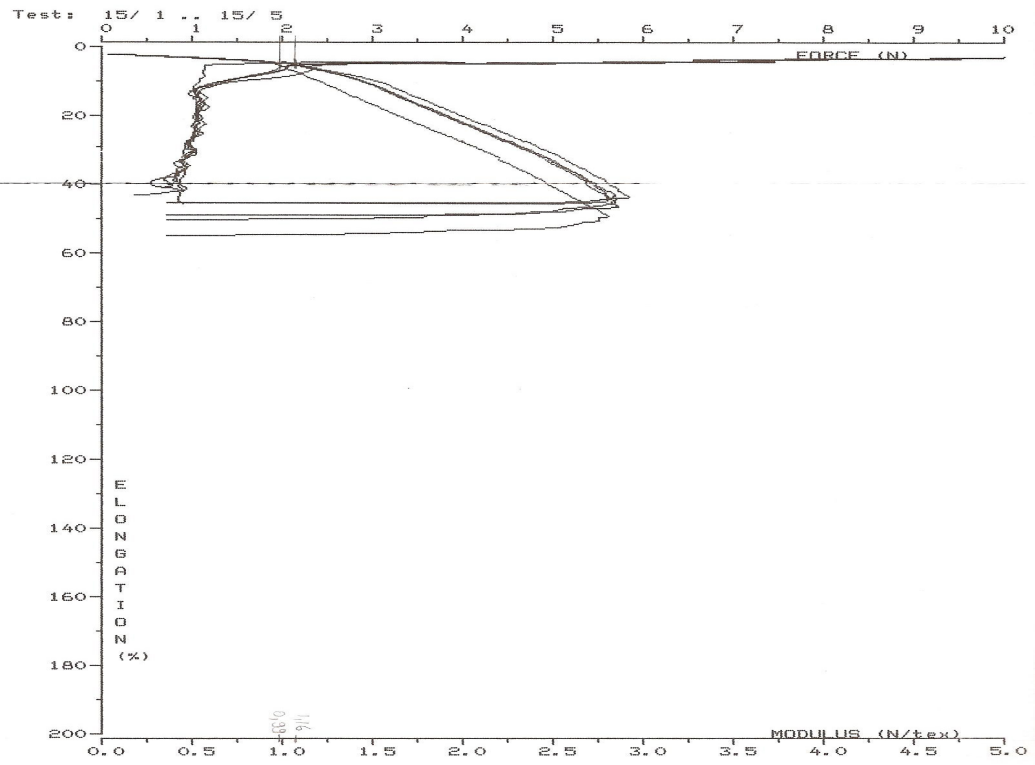
F/E /MODULUS DIAGRAM: D13



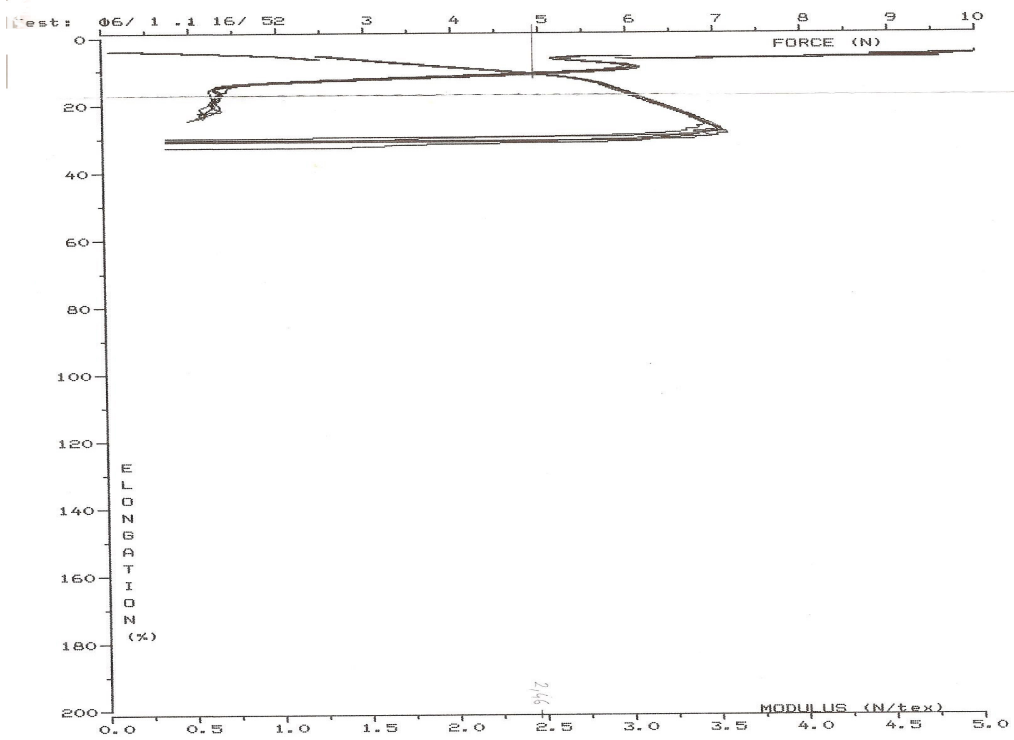
F/E /MODULUS DIAGRAM: D14



F/E /MODULUS DIAGRAM: D15



F/E /MODULUS DIAGRAM: D16



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenmesi, gerekli çalışmaların planlanması ve yönlendirilmesi konularında yapıcı tutumu, bilgisi ve desteğiyle bana yol gösteren ve emeğini esirgemeyen sayın danışmanım Yrd.Doç.Dr. Esra Karaca'ya tüm kalbimle sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca bana emekleri geçen Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof.Dr. H. Rıfat Alpay başta olmak üzere Prof.Dr. Aslı Şengönül Hockenberger'e ve tüm saygıdeğer hocalarıma ve çalışmalarım esnasında yardımlarını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Behçet Becerir'e ve araştırma görevlisi arkadaşlara teşekkür ederim.

Tez konumun yürütülmesinde bize tesislerini açan, sağlamış olduğu hammadde, makina, laboratuvar ve bilgi desteği ile çalışmanın gerçekleştirilmesinde büyük rol oynayan KORTEKS Mensucat Sanayi ve Tic. A.Ş. ailesine, bize her konuda bilgileri ve tecrübeleriyle yardımcı olan Sayın Genel Müdür Necat Altın, ARGE Müdürü Hayri Kılıç, POY/FDY İşletmeleri Proses Kalite Kontrol Şefi Selçuk Bayram, ARGE Mühendisi Selçuk Cinkılıç, FDY İşletmeler Şefi Barış Mert ve POY/FDY İşletmeleri Ustabaşı Nejat Kurutaş'a çok teşekkürler.

Beni sevgiyle büyüten ve bugünlere getiren annem Nimet Özçelik ve babam M.Fuat Özçelik'e, canım kardeşim Zeynep Özçelik'e, çalışmam boyunca bana destek oldukları için sonsuz teşekkürler.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Batman'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Bursa'da tamamladı. 1997 yılında U.Ü. T.B.M.Y.O. Tekstil Teknolojisi Programı'nda eğitimine başladı. 1999 yılında geçiş yaptığı U.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde 2002 yılında lisans eğitimini tamamlayıp aynı yıl U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.