

**POLİAMİD 6 POY VE TEKSTÜRE İPLİK
ÜRETİMİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN PROSES
PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

Zeynep ARSLAN

Yüksek Lisans Tezi

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

2016

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**POLİAMİD 6 POY VE TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİMİNDE KALİTEYİ
ETKİLEYEN PROSES PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ**

Zeynep ARSLAN

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

TEKİRDAĞ-2016

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE danışmanlığında, Zeynep ARSLAN tarafından hazırlanan “Poliamid 6 POY ve Tekstüre İplik Üretiminde Kaliteyi Etkileyen Proses Parametrelerinin İncelenmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Esra KARACA

imza:

Üye: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

imza:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Aslıhan KORUYUCU

imza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

POLİAMİD 6 POY VE TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİMİNDE KALİTEYİ ETKİLEYEN PROSES PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Zeynep ARSLAN

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

Bu çalışmada temel olarak tekstüre iplik üretiminde kritik aşama olan POY üretimi dikkate alınarak üretim parametrelerinin kaliteye etkisi incelenmiş, üretim parametreleri optimize edilerek hedeflenen incelikte poliamid 6 POY ve tekstüre iplikler üretilmiştir. Çalışmada mikroliflere yakın incelikte filamentlerden oluşan iplik üretimi amaçlanmış olup, 98 dtex f68 (88 denye 68 filament) POY ve 78 dtex f68 (70denye 68 filament) tekstüre iplik üretimleri gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda POY üretim aşamasında polimer cipslerin relatif viskozitesi, düze paket konfigürasyonu, üretim hızı, filamentlerin birleşme mesafesi ve soğutma (quench) hava hızının; üretim performansı ve mukavemet ve % kopma uzama özelliği, düzgünsüzlük ve iplik hataları gibi iplik özelliklerine etkileri analiz edilmiştir. Çalışmada elde edilen filament ipliklerin özellikleri ayrıca konvansiyonel incelikteki multifilament iplik 98 dtex f24 (88 denye 24 filament) özellikleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Poliamid 6, POY üretimi, yalancı büküm tekstüre, mikrolif

2016 , 83 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

INVESTIGATION OF PROCESS PARAMETERS AFFECTING QUALITY OF POLYAMIDE 6 POY AND TEXTURED YARN PRODUCTION

Zeynep ARSLAN

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Textile Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE

In this work, mainly POY processing stage and effect of spinning parameters on quality has been investigated as this is the critical step in texturized yarn production. Then production parameters were optimized so that aimed polyamide 6 POY and textured yarns were produced. As production of polyamide 6 texturized yarns including filament fineness close to the microfiber range is aimed in this work, 98 dtex f68 (88 denier 68 filament) POY and 78 dtex f68 (70 denier 68 filament) texturised yarn was produced. In this respect, effect of relative viscosity of polymer granules, configuration of spinneret pack, production speed, collecting distance of filaments under spinneret and quench air speed on spinning performance and yarn properties, such as yarn tenacity and breaking elongation, yarn irregularity and yarn imperfections, was analyzed. Filament yarn properties obtained in this work are also compared with conventional multifilament yarns of 98 dtex f24 (88 denier 24 filament).

Keywords: Polyamide 6, POY production, false-twist texturising, microfibre

2016 , 83 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vi
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. POLİAMİD 6 POLİMERİ VE POY ÜRETİMİ	5
2.1. Poliamid 6.....	5
2.2. Eriyikten Lif Çekimi.....	5
2.3. Poliamid 6 Liflerinin Temel Özellikleri	15
3. TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ	17
4. LİF ÇEKİMİNDE ELYAF İNCELİĞİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER VE MİKROLİF ÜRETİM TEKNİKLERİ	24
4.1. Lif Çekiminde Elyaf İnceliğini Belirleyen Faktörler	24
4.2. Mikroliflerin Tanımı ve Sağladığı Avantajlar	24
4.3. Mikrolif Üretim Teknikleri.....	27
5. LİTERATÜR ÖZETİ	30
6. MATERYAL ve METOT	34
6.1. Hammadde.....	34
6.2. POY Üretim Hattı.....	34
6.3. POY Üretiminde Kullanılan Çalışma Parametreleri	42
6.4. Tekstüre İşlemi	43
6.5. İpliklere Uygulanan Test ve Analizler	44
7. ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE ANALİZ	53
7.1. PA6 Hammaddesinin Viskozitesinin Kaliteli POY Üretimine Etkisi	53
7.2. Düze Konfigürasyonunun Üretime Etkisi	53
7.3. Üretim Hızının İplik Özelliklerine Etkisi	55
7.4. Soğutma (Quench) Hava Hızının İplik Özelliklerine Etkisi.....	60
7.5. Filamentlerin Birleşme Mesafesinin İplik Özelliklerine Etkisi.....	62
7.6. Farklı Yağ Çeşidinin İplik Özelliklerine Etkisi.....	65
7.7. POY Filament Enine Kesit ve Yüze Görüntüleri	67
7.8. POY Filament İncelikleri.....	68
7.9. Tekstüre İşlemi ve Tekstüre İplik Sonuçları.....	70
8. SONUÇ	72
KAYNAKLAR	74
EKLER	76

ÖZGEÇMİŞ	83
-----------------------	-----------

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Dünya elyaf tüketim verileri	2
Çizelge 1.2 : Poliamid elyafına ait tüketim verileri	3
Çizelge 2.1 : Suni ve sentetik lif üretim teknikleri	6
Çizelge 2.2 : Poliamid lifinin temel özellikleri	15
Çizelge 3.1 : Tekstüre teknikleri	17
Çizelge 3.2 : Disk sayısının iplik büküm değişimine etkisi	22
Çizelge 3.3 : Çekimli tekstüre prosesinde işlem parametreleri	22
Çizelge 3.4 : Birinci bölgenin iplik karakteristikleri üzerine etkisi	23
Çizelge 4.1 : Elyaf doğrusal yoğunluğuna bağlı olarak sınıflandırılma	25
Çizelge 4.2 : Farklı tekstil liflerine ait incelik değerleri	25
Çizelge 4.3 : PET ultra ince filament direkt lif çekimi koşulları	29
Çizelge 6.1 : Kullanılan PA6 hammaddeleri özellikleri	34
Çizelge 6.2 : Ekstrüzyon özellikleri	36
Çizelge 6.3 : POY işletmesinde incelenen parametreler	42
Çizelge 6.4 : Barmag FK6V-1000 özellikleri	43
Çizelge 7.1 : Düze konfigürasyonları ve başlangıç basınçları	53
Çizelge 7.2 : POY spin finish yağının iplik sürtünme katsayısına etkileri	66
Çizelge 7.3 : İki farklı yağ ve yağsız yapılan testlerde elde edilen iplik düzgünsüzlüğü sonuçları	66
Çizelge 7.4 : Çalışmalar sonucu belirlenen parametreler	67
Çizelge 7.5 : SEM ile incelik analiz test sonuçları	68
Çizelge 7.6 : İpliği oluşturan filamentlerin incelik değerleri	69
Çizelge 7.7 : Tekstüre parametreleri	71
Çizelge 7.8 : 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) PA6 tekstüre fiziksel test sonuçları	70

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Dünya elyaf tüketimi	1
Şekil 1.2 : Sentetik ve doğal elyaf tüketim dağılımları	3
Şekil 2.1 : Poliamid 6 oluşum reaksiyonu	5
Şekil 2.2 : Poliamid filamentine ait temel adımlar	7
Şekil 2.3 : Naylon ekstrüzyonu ve çekimine ait şematik diyagram	8
Şekil 2.4 : Düze paket elemanları	9
Şekil 2.5 : Düze gözeneğinin uzunlamasına kesit şekli	10
Şekil 2.6: Eriyikten lif çekimi prosesinde tek bir filamentin eğrilmesinin şematik gösterimi.....	11
Şekil 2.7 : Eğirme hızına göre çekme mukavemeti ve uzama oranındaki değişim.....	14
Şekil 2.8 : Poliamid 6 liflerine ait gerilme-uzama eğrisine örnek.....	16
Şekil 3.1 : Farklı yöntemler ile tekstüre edilmiş iplik görüntüleri	18
Şekil 3.2 : Termo-mekanik tekstüre işleminin temel gereksinimleri	19
Şekil 3.3 : Yalancı büküm friksiyon tekstüre prensibi	20
Şekil 3.4 : Friksiyon tekstüre makinasına örnek	20
Şekil 3.5 : Tekstüre makinası bölümleri	21
Şekil 3.6 : Friksiyon disklerinin şematik ve gerçek görünümleri	22
Şekil 4.1 : Mikrolif ve konvansiyonel lifin kir tutma performansına örnek.....	26
Şekil 4.2 : Mikrofilament üretim teknikleri	27
Şekil 4.3 : Direkt lif çekimi şematik gösterimi	29
Şekil 6.1 : POY hattı şematik görünümü	35
Şekil 6.2 : POY üretim akışına ait şematik görünüm	35
Şekil 6.3 : Ekstrüder	37
Şekil 6.4 : Düze paket konfigürasyonu	38
Şekil 6.5 : Metal kum örneği	38
Şekil 6.6 : Düzelerden filament akışı	39
Şekil 6.7 : Soğutma kabini	39
Şekil 6.8 : Soğutma (quench) hava hızının (m/sn) ölçülmesi	40
Şekil 6.9 : Yağlama bölgesi	40
Şekil 6.10 : Yağlama kılavuzu	41
Şekil 6.11 : Take-up bölgesi	41
Şekil 6.12 : Barmag FK 1000 tekstüre makinası.....	44
Şekil 6.13 : İplik numarasının tayini	45
Şekil 6.14 : Filament enine kesit kontrolünde kullanılan optik mikroskop	45
Şekil 6.15 : Textechno statimat M cihazı	46

Şekil 6.16 : Uster Tester 3	47
Şekil 6.17 : Textechno Elkometer cihazı	48
Şekil 6.18 : Unit Model GC-78 Rapid yağ ekstraksiyonu	49
Şekil 6.19 : RIC II Interlace Counter cihazı	49
Şekil 6.20: Kıvrım (krım) ölçüm tüpü	50
Şekil 6.21 : Haberlein metoduyla kıvrım (krım) tayini	51
Şekil 6.22 : Zweigle G-534 iplik sürtünme cihazı	51
Şekil 7.1 : Granül (cips) relatif viskozitesinin düze basıncına etkisi	55
Şekil 7.2 : Üretim hızının iplik mukavemetine etkisi	55
Şekil 7.3 : Üretim hızının iplik % kopma uzamasına etkisi	56
Şekil 7.4 : 3800 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi	57
Şekil 7.5 : 4000 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi	57
Şekil 7.6 : 4200 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi	58
Şekil 7.7 : Konvansiyonel (98 dtex f24) PA6 POY ipliğine ait kuvvet-uzama eğrisi	58
Şekil 7.8 : Üretim hızının iplik düzgünsüzlüğüne etkisi	59
Şekil 7.9 : Üretim hızının iplikteki hata sayısına etkisi	59
Şekil 7.10 : Soğutma (quench) hava hızının iplik kopma mukavemetine etkisi	60
Şekil 7.11 : Soğutma (quench) hava hızının ipliğin % kopma uzamasına etkisi	61
Şekil 7.12 : Soğutma (quench) hava hızının iplik düzgünsüzlüğüne etkisi	61
Şekil 7.13 : Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik kopma mukavemetine etkisi	62
Şekil 7.14 : Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik % kopma uzama değerine etkisi	63
Şekil 7.15 : Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 85 cm)	63
Şekil 7.16 : Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 115 cm)	64
Şekil 7.17 : Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 140 cm)	64
Şekil 7.18 : Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik düzgünsüzlüğüne etkisi	65
Şekil 7.19 : Yağ tipinin iplik düzgünsüzlüğüne etkisi	66
Şekil 7.20 : PA6 POY multifilament ipliğin kesit ve yüzey görüntüsünü	67
Şekil 7.21 : POY multifilament ipliklere ait enine kesit SEM görüntüsü ve lif incelikleri	68
Şekil 7.22 : POY multifilament ipliğin yüzey SEM görüntüsü	73

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sırasında danışmanlığımı kabul ederek çalışmalarımı yönlendiren ve desteğini esirgemeyen, Sn. Hocam Prof. Dr. Fatma GÖKTEPE'ye,

Bu çalışma sırasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve poliamid iplikte tecrübelerini benimle paylaşan EUROTEx İplik İşletmeler Müdürü Sayın İbrahim GÖKÇE'ye,

Hammadde ve makinaları sınırsız kullanımına izin veren EUROTEx Nylon Yarns & Seamless Wear Yönetimine,

Her zaman yanımda olan annem Gülser ARSLAN'a ve babam Ali Cafer ARSLAN'a
SONSUZ TEŞEKKÜR EDERİM.

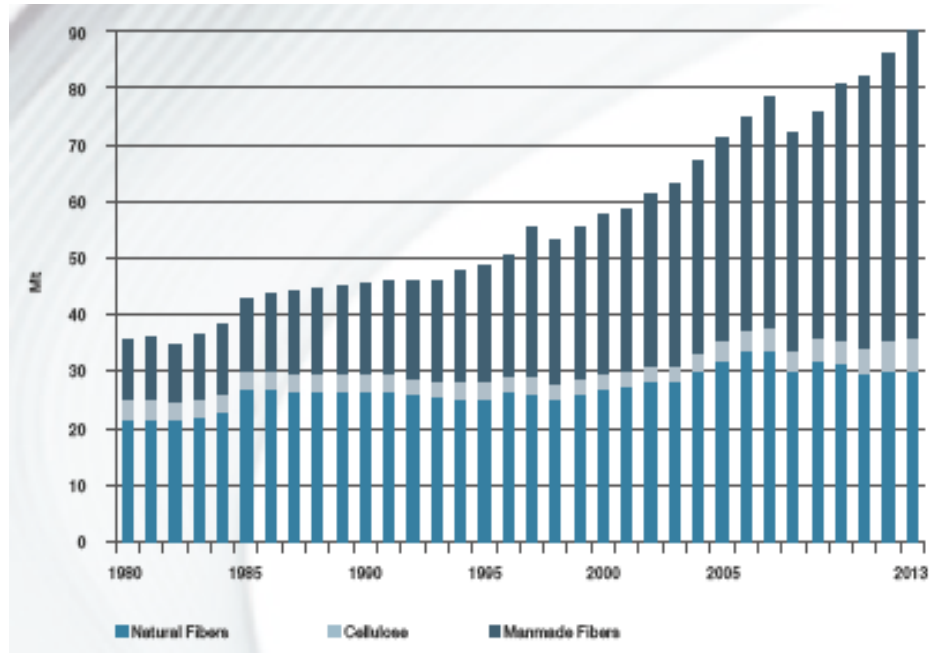
Ocak 2016

Zeynep ARSLAN

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artışı, yaşam standardının yükselişi gibi faktörler beraberinde elyaf tüketiminde artışı getirmiştir. Mikroelyaf üretim tekniklerinin yanında, tekstüre, çok hızlı tekstüre ve benzeri şekilde geliştirilen teknikler, yapay elyaf ve ipliklerin tüm tekstil uygulama alanlarında kullanabilmelerine, dolayısıyla daha yaygın tüketimine imkân sağlayabilmektedir. Dolayısıyla pek çok sentetik elyafın günlük kullanımı, yüzyıllardır insanoğlunun giysi ihtiyacını karşılamış olan pamuk, yün veya keten vb doğal lifler kadar yaygındır ve benimsenmiştir. Sentetik elyaf üretimi içerisinde ise poliamid elyafı önemli bir payı oluşturmaktadır.

Sentetik lifler ve önemli doğal liflerin küresel arzı 2000 yılında 53,3 milyon ton iken, 2014 yılında 92,7 milyon tona yükselmiştir. Şekil 1.1.'de elyaf tüketim miktarlarında söz konusu artış eğilimi açıkça görülmektedir.



Şekil 1.1. Dünya elyaf tüketimi (Anonim 2014)

Dünya elyaf tüketimi ile ilgili detaylı veriler ise Çizelge 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Dünya elyaf tüketim verileri (Anonim 2015)

1000 tons

	Raw cotton (5)	Raw wool (3) (6)	Man-made fibres (1)						TOTAL	
			Synthetics (2)			Cellulosics				TOTAL
			Yarn	Staple	TOTAL	Yarn	Staple (4)	TOTAL		
1900	3162	730	-	-	-	1	-	1	1	3893
1910	4200	803	-	-	-	5	-	5	5	5008
1920	4629	816	-	-	-	15	-	15	15	5460
1930	5870	1002	-	-	-	205	3	208	208	7080
1940	6907	1134	1	4	5	542	585	1127	1132	9173
1950	6647	1057	54	15	69	871	737	1608	1677	9381
1960	10113	1463	417	285	702	1131	1525	2656	3358	14934
1970	11784	1659	2399	2419	4818	1392	2187	3579	8397	21840
1980	13844	1599	4743	5882	10625		3557	3557	14182	29625
1985	17383	1744	5811	7307	13118		3218	3218	16336	35463
1986	15339	1789	6046	7630	13676		3178	3178	16854	33982
1987	17670	1832	6378	8098	14476		3236	3236	17712	37214
1988	18366	1886	6947	8285	15232		3284	3284	18516	38768
1989	17431	1955	7246	8472	15718		3284	3284	19002	38388
1990	18997	1927	7173	8201	15374		3145	3145	18519	39443
1991	20793	1779	7369	8358	15727		2897	2897	18624	41196
1992	17990	1719	7786	8549	16335	692	2045	2737	19072	38781
1993	16673	1673	8016	8506	16522	670	2083	2752	19274	37620
1994	18695	1554	9293	9152	18445	672	2204	2877	21322	41571
1995	19962	1486	10169	9021	19190	667	2347	3014	22204	43652
1996	18960	1476	12180	10285	22466	649	2211	2859	25325	45761
1997	19849	1440	13778	11241	25020	625	2271	2896	27915	49204
1998	18429	1382	15084	11505	26589	591	2142	2733	29322	49133
1999	19176	1380	16203	12011	28214	520	2117	2637	30851	51407
2000	18901	1357	17551	12737	30288	498	2297	2795	33083	53341
2001	21237	1309	17719	12596	30315	483	2201	2684	32999	55545
2002	19142	1254	19031	13213	32244	466	2276	2742	34986	55382
2003	20430	1233	20016	13753	33769	485	2399	2883	36652	58315
2004	26126	1221	21403	14705	36108	498	2654	3152	39260	66607
2005	24763	1228	22706	15431	38137	455	2699	3154	41291	67282
2006	26452	1229	24155	15752	39907	448	2858	3306	43213	70894
2007	26150	1200	26562	16596	43158	447	3088	3535	46693	74043
2008	23330	1100	25750	15331	41081	398	2836	3234	44315	68745
2009	22000	1080	26551	15964	42515	359	3530	3889	46404	69484
2010	24450	1062	30509	16887	47396	377	3686	4063	51459	76971
2011	26925	1068	33106	17662	50768	387	4113	4500	55268	83261
2012	26785	1073	36133	18522	54655	401	4783	5184	59839	87697
2013	25270	1097	38817	18653	57470	404	5358	5762	63232	89599
2014	25635	1095	41454	18593	60047	411	5561	5972	66019	92749

Öte yandan doğal ve yapay elyaf tüketiminde yıllara bağlı değişim ise aşağıda Şekil 1.2. ile kısaca özetlenmiştir. Görüleceği üzere 1994 yılında dünya elyaf tüketiminin %45'i pamuk elyafı iken, 2014 yılında %28'e gerilemiştir. Benzer şekilde 1994 yılında dünya elyaf tüketiminin %51'i yapay elyaf iken 2014 yılında bu miktar %71'e çıkmıştır.



Şekil 1.2. Sentetik ve doğal elyaf tüketim dağılımları (Anonim 2015)

Dünyada yıllık poliamid üretim kapasitesi ve tüketimleri ile Türkiye’de poliamid elyafının tüketimine ait veriler ise Çizelge 1.2.’de detaylı olarak görülmektedir.

Çizelge 1.2. Poliamid elyafına ait tüketim verileri (Anonim 2015)

1000 tons						
TOTAL POLYAMIDE						
	Capacity Mid-Year	Production	Prod./ Cap.	Deliveries	Trade Balance	European Mill Consumption
2005	859	646	75%	637	25	613
2006	886	649	73%	663	43	620
2007	860	598	70%	608	4	604
2008	829	538	65%	534	12	522
2009	816	448	55%	442	25	417
2010	637	502	79%	502	19	483
2011	599	461	77%	465	-7	471
2012	599	435	73%	434	-17	452
2013	575	413	72%	410	-23	433
2014	588	421	72%	423	-22	444

Mill Consumption by Region					
	Western Europe	C.E.E.C.	TURKEY	TOTAL EUROPE	C.I.S.
2005	473	65	75	613	120
2006	472	68	80	620	124
2007	462	64	78	604	122
2008	393	63	66	522	117
2009	308	55	54	417	71
2010	347	66	69	483	85
2011	334	73	64	471	78
2012	307	77	68	452	75
2013	274	80	79	433	65
2014	279	82	84	444	59

Dünya nüfusunun ve yaşam standardının giderek artışıyla beraber, kişi başı elyaf tüketiminde artışlar gözlenmekte; tekstüre, çok hızlı tekstüre, mikroelyaf üretim teknikleri ve benzeri şekilde son yıllarda geliştirilen teknikler, yapay elyaf kaynaklı ipliklerin daha yaygın kullanıma yol açmaktadır. Söz konusu yapay elyaf içerisinde ise poliamid lifleri önemli bir payı oluşturmaktadır.

Aşağıda yer alan çalışmada poliamid filament iplik üretimi yapan işletmenin de destekleri doğrultusunda poliamid 6 polimerinden mikrolif inceliğine yakın bir incelikte POY filamentlerin üretiminin gerçekleştirilmesine dair yürütülen çalışmalar sunulmakta, mikrolif inceliğine yakın incelikte poliamid POY üretim parametrelerinin optimize edilmesine yönelik araştırmalar yer almaktadır. Ayrıca elde edilen ipliklerin özellikleri konvansiyonel incelikteki ipliklerle karşılaştırılmaktadır. Üretimi başarıyla gerçekleştirilen filamentlerin bir sonraki adım olan tekstüre işlemindeki performansı da ayrıca incelenmiştir.

Bu doğrultuda POY olarak 98 dtex f68 (88 denye 68 filament), yarı mat, dairesel kesitli poliamid 6 iplikleri üretilmiş ve daha sonra bu ipliklerden finalde 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) poliamid 6 yalancı büküm tekstüre iplikleri elde edilmiştir.

2. POLİAMİD 6 POLİMERİ VE POY ÜRETİMİ

2.1. Poliamid 6

Alifatik monomorlere dayalı poliamid liflere genellikle naylon adı verilmektedir. Poliamid polimerinin, dibazik asitin diamin ile kondensasyonu veya laktamın kendi kendisine kondensasyonu sonucu oluşan amin bağları ile bağlanmış tekrar eden birimleri mevcuttur (Demir 2006).

Kaprolaktamın zincir açılma reaksiyonu sonucunda poliamid 6 polimeri oluşmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Poliamid 6 oluşum reaksiyonu (Cook 2001)

Söz konusu polimer üretim süresi ise şu şekilde kısaca özetlenebilir: Benzenden sentezlenen saf kaprolaktam eriyik halde kararlıdır; eğer bir katalizör mevcut ise çok hızlı bir biçimde polimerize olur. Lif üretimi için en yaygın kullanılan katalizör sudur. Kaprolaktam 220 °C ila 260 °C arası sıcaklıklara su ile birlikte ısıtılır. Ortama ayrıca molekül ağırlık kontrolü amacıyla asetik asit katılır. Tepkime başlangıcında su siklik monomeri hidrolize ederek halka açılmasına neden olur ve amino kaproik asit elde edilir. Zamanla ortamdaki amin ve karboksil grubu sayısı artar ve karboksil grupları katalizör etkisi yaparak halka açılmasını hızlandırır. Tepkime basınç altında yürütülür. Kaprolaktamın %95'i tepkimeye girerek kısa polimer zincirleri oluşur. Polimerin molekül ağırlığı 8'000-10'000 arasındadır. Bu aşamada kondenzasyon, katılma ve halka açılma tepkimeleri birlikte yürür. Ancak erişilen molekül ağırlığı hedeflenenden daha düşüktür. Bunun için ikinci aşamada sıcaklık arttırılarak başlıca kondenzasyon tepkimeleri ilerletilir ve ilk aşamada oluşan kısa zincirler birbirleriyle tepkimeye girerek yüksek molekül ağırlıklı polimere dönüşmeleri sağlanır. Son aşama, zincir sonlanmasının gerçekleştiği adımdır. Ortalama monofonksiyonel amin veya asit katılarak ve azot atmosferinde 270 °C sıcaklıklara çıkılarak lif üretimine uygun molekül ağırlığına (20'000-36'000) erişilir ve polimer daha sonra granül haline getirilir. Geri kalan kaprolaktamı polimerden uzaklaştırmak için, granül yıkanır ve kurutulur. Bu hali ile poliamid 6 polimeri lif üretimine hazırdır (Demir 2006).

2.2. Eriyikten Lif Çekimi

Suni ve sentetik elyaf kavramı, lif oluşturan polimerlerin ekstrüzyonu ve lif oluşum işlemlerini kapsamaktadır. Doğal polimerler ve bu polimerlerin türevi olanlar erime

sıcaklıklarının altındaki sıcaklıklarda, yani henüz erimeden bozunmaya uğradıklarından, bu türden polimerden lif üretilmesi, polimerin bir çözücü ile çözelti sıvı hale getirilmesi ile mümkündür. Bu gereksinim dolayısı ile polimer çözeltilerinden lif üretim teknikleri olan yaş ve kuru üretim teknikleri eriyikten üretim tekniğinden çok daha evvel geliştirilmiş ve kullanılmıştır (Demir 2006). Suni ve sentetik lif üretiminde en yaygın teknikler;

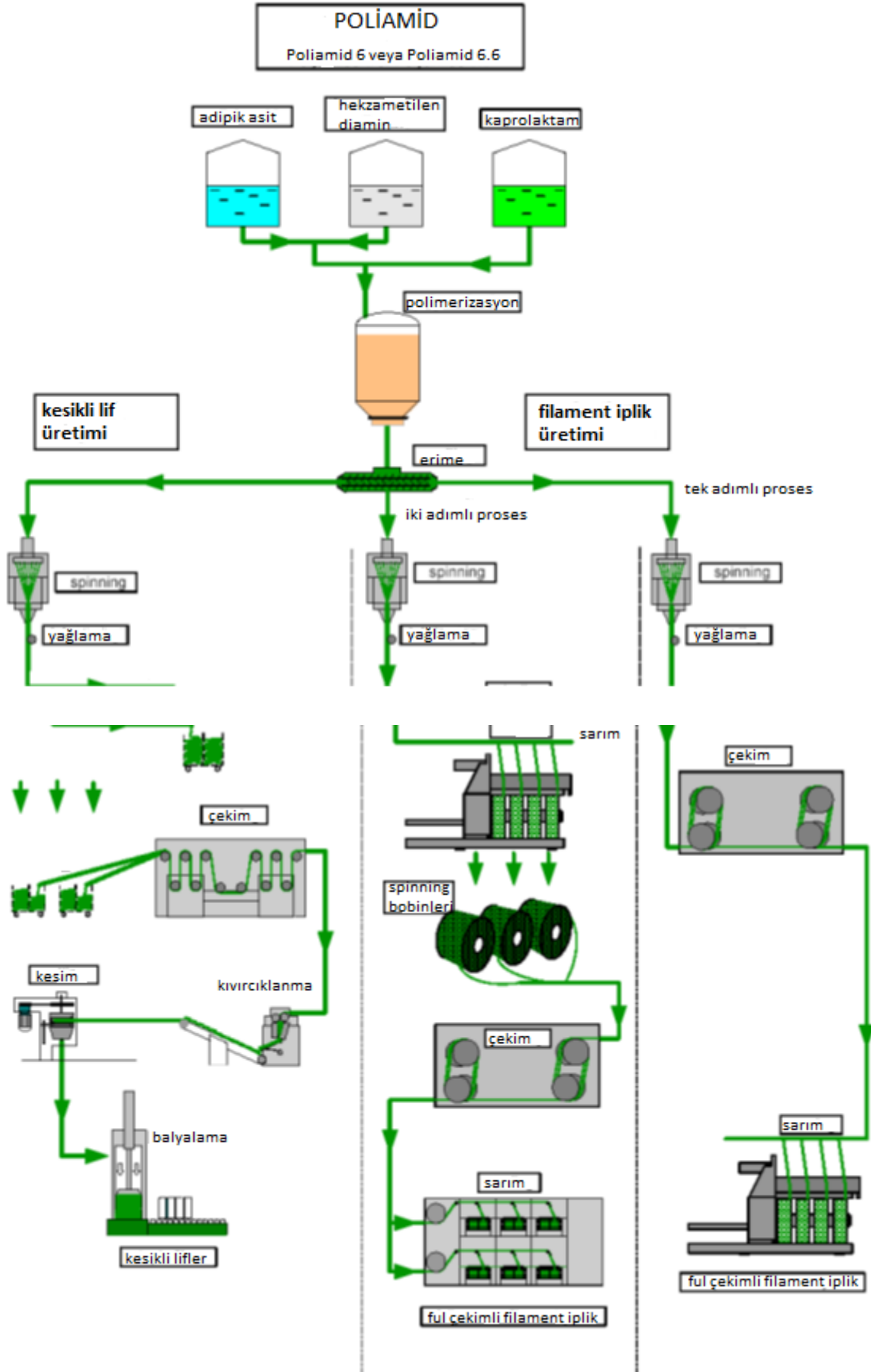
- Eriyikten üretim,
- Yaş üretim,
- Kuru üretim teknikleridir.

En son geliştirilen yöntem olmasına rağmen, eriyikten lif üretim yöntemi, en basit ve günümüz endüstrisinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Çizelge 2.1.'de suni ve sentetik liflerin üretim teknikleri ve bu teknikler ile üretilen liflere örnekler listelenmiştir.

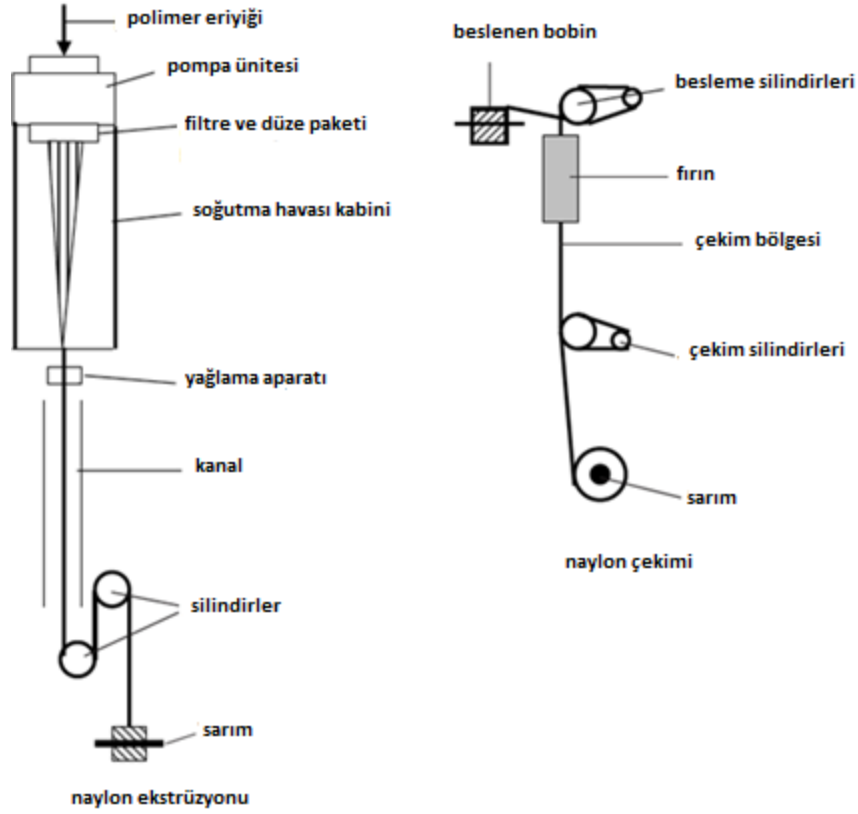
Çizelge 2.1. Suni ve sentetik lif üretim teknikleri (Demir 2006)

Eriyikten Üretim	Kuru Üretim	Yaş Üretim
Poliamid	Asetat	Viskon
Poliester	Triasetat	Kupro
Polipropilen	Akrilik	Akrilik
Polietilen	Spandeks	Spandeks

Eriyikten üretim, 1930'lu yılların sonunda poliamid 6 ve 6.6 polimerlerinden lif üretimi için geliştirilmiş olmakla birlikte günümüzde bu teknik pek çok polimerden lif üretimi için kullanılmaktadır. Poliamid elyafı üretiminde işlem akışına ait temel adımlar aşağıda Şekil 2.2.'de verilmiştir. Eriyikten lif çekimi ile naylon ekstrüzyonuna ait şematik gösterim Şekil 2.3.'de verilmektedir.



Şekil 2.2. Poliamid filamentlerine ait temel adımlar (Anonim 2009)



Şekil 2.3. Naylon ekstrüzyonu ve çekimine ait şematik diyagram (McIntyre 2005)

Söz konusu lif çekiminde önemli faktörler ise aşağıda sırasıyla açıklanmaktadır.

Düze Paketi

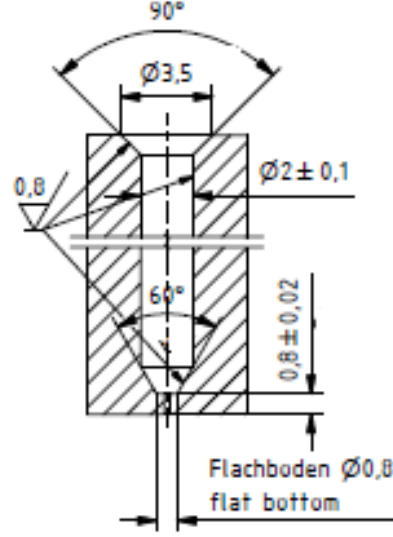
Yukarıda Şekil 2.3.'de görüldüğü üzere eriyik haldeki polimerin düzeye erişmeden evvel, bir dizi filtreden geçirilerek içerisinde var olması olası olan her türlü parçacığın tutulması sağlanır. Böylelikle eriyik içinde bulunan partikül ve jelatinsi safsızlıkların giderilmesi sağlanmış olur. Bu kirlilikler filtreden tutulmadan geçerlerse ya düze deliklerini tıkayacaklar ya da lifin içerisine yerleşip lif kesitinde yer işgal ederek lifin daha sonraki işlenmesi veya kullanımı esnasında performansı kötüleştireceklerdir. Ardından, filtrelerden geçen eriyik haldeki polimer, basınç altında düze plakasından geçirilir. Tipik bir düze paketinde yer alan elemanları Şekil 2.4.'de görülmektedir.



Şekil 2.4. Düze paket elemanları

- (1) Dış kovan, (2) Dağıtıcı plaka, (3) Şapka, (4) Kum haznesi, (5) Membran conta, (6) Düze başı, (7) Dört katlı fitre, (8) Beş katlı vatkalı filtre

Düze üzerindeki gözeneklerin, polimer çıkış kısmındaki en küçük çapları 175-750 μm arasındadır. Bu çapa sahip kapılar deliğin yüksekliği ise düze plakasının kalınlığından çok daha küçüktür. Eriyikten lif çekim yönteminde kullanılan düzelerde bu yükseklik yaklaşık 3 ila 10 mm arasındadır. Bu küçük deliğe eriyik haldeki polimerin akışının, akış süreksizliği nedeni ile oluşacak akış kayıplarını an aza indirmek amacıyla, ani olarak değil de tedrici bir biçimde daralarak sevk edilebilmesi için düze plakası kalınlığı boyunca gözenek çapı birkaç aşamalı daralma ile nihai çap değerine indirilir (Demir 2006). Tipik bir düze gözeneginin uzunlamasına kesit şekli ise Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Düze gözeneginin uzunlamasına kesit şekli (Enka Tecnica 2014)

Eriyik haldeki polimer düze deliğinden geçerken, alım silindiri veya sarıcı tarafından uygulanan çekim kuvveti tarafından hızlandırılır ve çekilerek inceltilir; bu işlem ile eş zamanlı olarak da eriyiğin sıcaklığı hızlı bir biçimde azaltılır. Düze deliğinden çıkan polimer kütlesi aşağıda yer alan Poiseuille's kanunu ile belirlenir:

$$M = \frac{P\pi r^4 \rho}{8l\eta} \quad (2.1)$$

Bu eşitlikte;

P- Uygulanan basınç,

ρ - Polimer yoğunluğu,

η - Polimer viskozitesi,

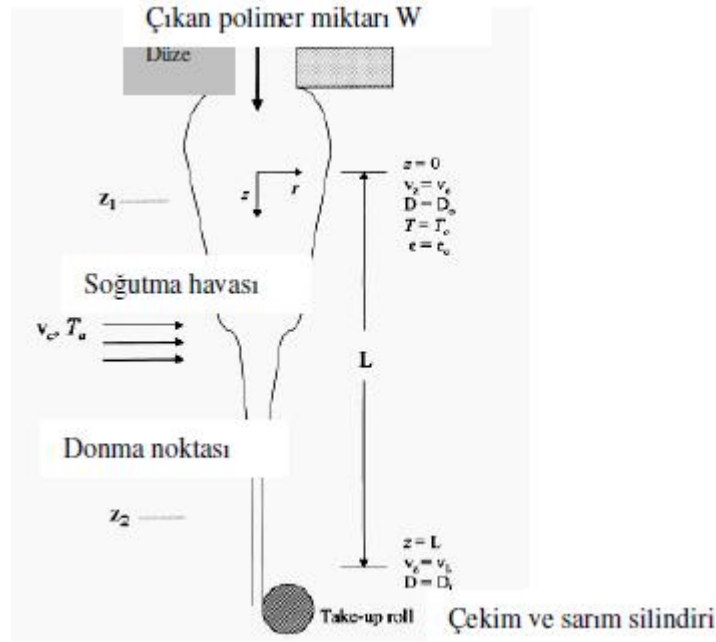
r- Kapilari (düze deliği) yarıçapı,

l- Kapilari (düze deliği) uzunluğunu belirtmektedir (Yıldırım 2007).

Ancak pratikte çıkan polimer kütlesi ile basınç arasındaki ilişki doğrusal değildir. Düşük kayma oranlarında düzeden çıkan polimer kütlesindeki artış, viskozite ölçümlerinde elde edilen sonuçlardan daha hızlı artmaktadır.

Kondenzasyon polimerlerinde iki önemli gözlem not edilmiştir. Bunlar;

- 1- Kapilari içinde akan viskoz polimer içindeki akış çift kırılma eğilimi ki, elastik uzamanın oluşumunu sağlayan sarmal (helisel) polimer moleküllerinin açıldığına bir delildir.
- 2- Düzenin hemen altında polimer akışının şişmesi ki, bu durumun eriyik polimerin elastik deformasyonunun kalkmasıyla ilgili olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Şekil 2.6) (Yıldırım 2007).



Şekil 2.6. Eriyikten lif çekimi prosesinde tek bir filamentin eğrilmesinin şematik gösterimi (Yıldırım 2007)

Eriyik haldeki polimer düzeden çıktığı anda lifte şişme meydana gelir (Şekil 2.6), eriyik viskozitesi artar ve eriyik sıcaklığında ani bir azalma meydana gelir. Meydana gelen bu olay, kesme gerilmelerinin ortaya çıkmasına neden olur. Düze deliklerinin tasarımı ve besleme hızı ayarlanırken bu durum düşünülmelidir. Eğer aşırı filament genişlemesi olursa ‘eriyik kesilmesi’ olarak ifade edilen bir durum meydana gelir ve bu durum filamentin deformasyonuna veya kırılmasına sebep olabilir (Demir 2006).

Oryantasyon

İster doğal ister suni veya sentetik olsun tüm tekstil lifleri temel yapılarından ortak bir özelliğe sahiptirler: lifi oluşturan polimer molekülleri de uzunluk/kalınlık oranı esas alındığında liflere benzerdir. Lifler pek çok sayıda uzun polimer zincir molekülünün tekrarlı dizilmesi ile oluşur. Tipik bir lif kesitinde bu tekrarlayan birimlerden binlercesi mevcuttur. Lif özelliği elde edebilmek için sadece bu uzun zincir moleküllerinin lif eksenine yaklaşık paralel

biçimde yerleşmeleri de gerekir. Zincir moleküllerinin sıkıca paketlenerek eriştikleri bu yaklaşık paralellik “oryantasyon” elde edildiğinde, komşu zincirler arasında kimyasal bağlar oluşarak lifin mukavemeti artar. Life aksenel yönde uygulanan bir çekme kuvveti, lif içerisinde lifin eksenine paralel olarak paketlenmiş zincir moleküllerinin birinden diğerine transfer edilerek karşılanır. Filament iplik üretiminde lifin oryantasyonunu üretim esnasındaki sarım hızı ile belirlenir (Demir 2006).

Soğutma (quenching)

Soğuk filtre edilmiş ve rutubetlendirilmiş hava, eriyik halde akan polimeri kontrollü bir biçimde soğutarak katılaşmasını sağlamak üzere filamentlerin üzerine üflenir. Soğuk havanın eriyik halde akan polimer ile birleşme biçimini sağlayan pek çok farklı yöntem geliştirilmiş ve kullanılmaktadır. Bunlar soğuk havanın filamentlere yandan üflemesi (cross-flow quench) silindirik olarak akan filamentlere havanın dışarıdan içeriye doğru üflemesi (in-flow quench) veya yine silindirik olarak akan filamentlere havanın içeriden dışarıya doğru üflemesi (out-flow quench) biçiminde olabilir (Demir 2006).

Yıldırım (2007) tarafından belirtildiği üzere; soğutma işlemi esnasında, eriyik içinde oryante olmamış bir halde bulunan zincir molekülleri katılaştıran eriyik içinde belirli bir düzende yerleşirler. Düzeden çıkan ve katılaştıran filamentin fiziksel yapısını birincil olarak soğutma oranı ve bu aşamada filamentin maruz kaldığı gerilim (kristalinite ve oryantasyon derecesi) belirler. Soğutma havası hızının artırılması, lif mukavemetinin düşmesine ve uzama oranının artmasına sebep olmaktadır. Bunun nedeni hızlı soğutmada dolayı eriyik içindeki zincir moleküllerinin kristalizasyon için daha az zaman bulabilmesidir. Aynı zamanda soğutma havası hızı iplik düzgünlüğünü de etkilemektedir. Düşük üfleme havası hızında filamentlere etkiyen bir hava desteği olmayacağından, filamentler düzeden aşağı doğru stabil olmayan bir yolda akarlar. Yüksek üfleme havası hızında ise filamentlere etkiyen bir hava desteği olacağından filamentin aktığı yol daha stabil olacaktır. Ancak yüksek üfleme havası hızında aynı zamanda türbilans da oluşacağından iplik özelliği üzerinde olumsuz etki oluşacaktır. Bu parametrelerdeki çok az bir değişikliğin iplik kalitesinde büyük farklılıklar oluşturduğuna Kothari (2000) değinmiştir. Soğutma (quenching) işleminde life etkiyen gerilim arttıkça, lif eksenine doğrultusundaki zincir molekül oryantasyonu artar. Bu aşamada filamentlere etkiyen gerilim, düze profili, düze delik çapı ve çekim hızına bağlıdır. Ek olarak soğutma oranı, soğutma hava sıcaklığı, soğutma hava hızı ve filamentin inceliğine bağlı olarak değişmektedir.

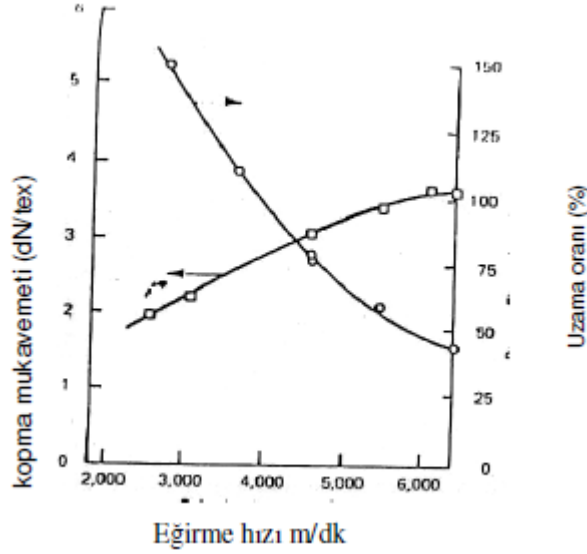
Filamentlerin toplanması ve yağlama

Filamentlerin iplik oluşturmak üzere buluştukları noktanın hemen sonrasında, filament topluluğu yani iplik; yağlayıcı, anti-statik özellik kazandırıcı, anti bakteriyel ve korozyon önleyici maddelerin özel bir karışımı olan spin finish yağını ipliğe uygulayan spin finish uygulama birimi ile temas eder. Spin finish yağı, filamentlerin kohezyonunu artırır ve ipliğin sabit iplik kılavuzları üzerinden kayarken oluşan sürtünmeyi azaltır. İplik kohezyonu, ipliğin işlenmesi veya kullanımı esnasında filamentlerin ayrılıp dağılmasını engelleyerek bir bütün olarak davranmasında önem arz eder. Spin finish yağı saf halde veya su ile emülsiyon oluşturularak, dönen bir silindir yüzeyinde oluşturulan film tabakasının iplik ile teması veya bir kılavuzdan geçerken kılavuza dozajlanan yağ ile ipliğin temas ile ipliğe uygulanır. Spin finish içerisindeki yağın buharlaşmasından sonra, iplik üzerinde kalan yağ miktarı genellikle %0.3 ile %1.0 arasındadır. İpliğe uygulanan spin finish yağının seçimi, ipliğin daha sonra maruz kalacağı tekstüre veya diğer işlemler için kritik öneme sahiptir (Demir 2006).

Sarım

Eriyikten üretim işlemleri, üretilmiş haldeki filamentin sahip olduğu moleküler oryantasyon derecesine göre sınıflandırılır. Üretilen filamentin düşük moleküler oryantasyona sahip olduğu ve 500-1500 m/dk sarım hızlarında gerçekleştirilen üretim işlemi LOY (Low Oriented Yarn) üretim işlemi olarak tanımlanır. Orta seviyede moleküler oryantasyona sahip filamentlerin üretildiği ve 1500-2500 m/dk sarım hızlarında gerçekleştirilen üretim işlemi MOY (Medium Oriented Yarn) üretim işlemi olarak tanımlanır. POY (Partially Oriented Yarn) üretim işlemi olarak tanımlanan işlem ise 2500-4000 m/dk sarım hızlarında gerçekleştirilir ve filamentler kısmen oryante olmuşlardır. 4000-6000 m/dk sarım hızlarında üretilen filamentlerin ise molekülleri oryante olmuş durumdadırlar ve bu nedenle HOY (Highly Oriented Yarn) üretim işlemi olarak tanımlanır. 4000 m/dk'nın üstündeki sarım hızlarında FOY (Fully Oriented Yarn) tamamen oryante olmuş iplikler üretilir. LOY, MOY, POY, HOY ve FOY tanımlamaları arasındaki geçişler kesin ve tam olarak tanımlanmış olmadığı için yukarıda yer alan tanımlamalar sarım hızlarından çok oryantasyon derecesine göre yapılır (Demir 2006).

Yıldırım (2007), düşük çekim hızında lif tamamen amorf yapıda iken, çekim hızının artmasıyla lif yapısında kristal yapılar oluşmaya başladığını Heuvel ve Huisman (1978) 'nin bildirdiğini belirtmiştir. Eğirme hızının kopma mukavemetine etkisi Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Eğirme hızına göre çekme mukavemeti ve uzama oranındaki değişim (Yıldırım 2007)

Öte yandan artan eğirme hızına karşılık lifteki toplam oryantasyonu gösteren lifin çift kırınım değeri büyümektedir. Artan eğirme hızında lifin oryantasyonunun arttığı belirtilmektedir (Yıldırım 2007). Tüm bunların ötesinde Kim (1986) çalışmasında, polyester lifinin davranış özellikleri belirlenirken çekim hızı ve soğutma hava sıcaklığının göz önünde bulundurulması gerektiğini bildirmiştir. Ek olarak liflerin davranışlarını etkileyen en önemli faktörlerden birinin kristalinite olduğu belirtilmektedir.

Kristalizasyon

Çekilmemiş liflerin özelliklerini ve çekim prosesindeki davranışını etkileyen en önemli yapısal faktör oryantasyonla birlikte kristalinitedir.

Yıldırım (2007) çalışmasında; Kristallerin büyüklüğü ve morfolojisinin eğirme şartlarına bağlı olduğunu belirtmektedir. Burada en önemli parametrenin ise soğutma oranı olduğunu ve bu oranın; hava üfleme hızı, soğutma ortamı sıcaklığı ve tek filament çapı faktörlerine bağlı olduğunu Simmens (1955)'in bildirdiğini belirtmiştir. Ayrıca polimerlerdeki kristalinite derecesi, polimerin katılaşması esnasında zincir konfigürasyonunu etkileyen soğutma oranına bağlıdır. Polimer eriyiği soğumaya başladığında, eriyik içinde gelişigüzel dağılmış olan molekül zincirinin düzenli konfigürasyon oluşturması beklenir. Bunun olması için molekül zincirinin hareket ederek kendini düzenlemesi için gerekli sürenin olması gerekir. Polimerin moleküler yapısının da konfigürasyon kadar kristalizasyon üzerinde etkili olduğunu William ve Callister (2007)'in bildiğini belirtmiştir.

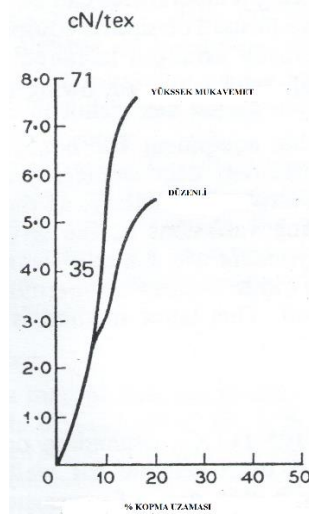
2.3. Poliamid 6 Liflerinin Temel Özellikleri

Poliamid 6 liflerinin tipik özellikleri aşağıdaki çizelgede özetlenmiştir (Çizelge 2.2).

Çizelge 2.2. Poliamid 6 lifinin temel özellikleri (Cook 2001)

Mukavemet, (g/den)	
İzafi Rutubet %65, Sıcaklık 21°C	4.5-5.8
Yaş Halde	4.1-5.1
Kopma Uzaması (%)	
İzafi Rutubet %65, Sıcaklık 21°C	23-42.5
Yaş Halde	27-34
Başlangıç Modülü (N/tex) (İzafi Rutubet %65, Sıcaklık 21°C)	3.5
Rutubet Alma (%) (İzafi Rutubet %65)	4.0-4.5
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	1.14
Suda Hacimsel Şişme (yaklaşık) (%)	2-10
Camsı Geçiş Sıcaklığı (°C)	
İzafi Rutubet %0	107
İzafi Rutubet %100	-8
Erime Sıcaklığı (°C)	215

Poliamid 6 liflerine ait tipik gerilme-uzama eğrileri Şekil 2.8.'de verilmiş olup, elyaf mukavemetinin üretim koşullarına göre limitler içerisinde ayarlanabildiği görülmektedir.



Şekil 2.8. Poliamid 6 liflerine ait gerilme-uzama eğrisine örnek (Cook 2001)

Poliamid 6 lifleri seyreltik asitlerden ve kaynar NaOH çözeltisinden etkilenmez. Anorganik asitlerde ise kolayca parçalanır. Poliamid 6 güneş ışığından da etkilenir; özellikle UV ışığında, imino grupları havanın oksijeni ile reaksiyon verir. Bu gruplar daha reaktif ve suda çözünür hale geçer. Böylece tekstil materyalinde zayıflama görülür (Başer 2002).

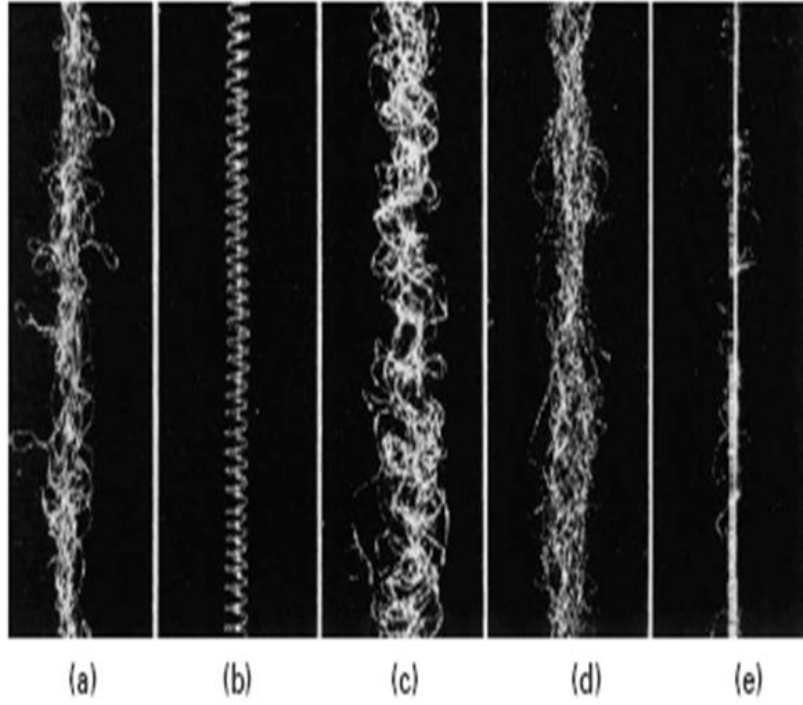
3. TEKSTÜRE İPLİK ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Sıcaklık hissi, tutum ve tabii görünüm tekstil ürünlerinde aranan önemli özelliklerden olmakla birlikte yapay filament iplikler bu tür özelliklere sahip değildir, ancak doğal liflerden elde edilmiş ipliklere kıyasla daha sağlam ve düzgündürler. Sentetik filamentlerden iplik elde edilirken, doğal lif ipliklerinin ve sentetik filament ipliklerin istenilen özelliklerinin birleştirilmesi arzu edilir. Bu yüzden sentetik filament ipliklerin oluşturulması sırasında birinci hedef sentetik filamentlerin istenen özellikleri korunurken doğal liflerin yapı ve özelliklerine benzetebilmektir. Tekstüre işlemi bu amaçla sentetik liflere uygulanan yöntemlerden birisidir.

Tekstüre işlemiyle filament ipliklerin özelliklerini iyileştirmek için geliştirilmiş çok sayıda metot bulunmakta olup bunlar Çizelge 3.1.'de özetlenmiştir. Şekil 3.1.'de ise farklı yöntemler ile tekstüre edilmiş iplik görüntülerine ait örnekler sunulmaktadır.

Çizelge 3.1. Tekstüre teknikleri (Demir 2006)

Teknik	Metot	Lineer Yoğunluk (dtex)	Kullanım Alanı
Termo- Mekanik Tekstüre Teknikleri	1.Yalancı Büküm	20-200	Çorap, iç giyim,
	2.Sıkıştırma (Yığma)	200-2000	Halı, döşemelik, vb
	3.Bıçaklı Kenar		
	4.Dişli Çark		
	5.Örme Sökme		
Mekanik Tekstüre Teknikleri	1.Hava Jetli	20-2000	Konfeksiyon
	2.Puntalama	20-2000	Düz örme kumaş vb.
Diğer Tekstüre Teknikleri	1.Bikomponent		
	2.Diferansiyel Çekme		
	3.Kimyasal		



Şekil 3.1. Farklı yöntemler ile tekstüre edilmiş iplik görüntüleri (Hearle ve ark. 2001)

(a) Yalancı büküm tekniği, (b) Kenar tekniği (monofilament), (c) Kenar tekniği (multifilament), (d) Yığma kutusu tekniği, (e) Hava jetli tekstüre tekniği

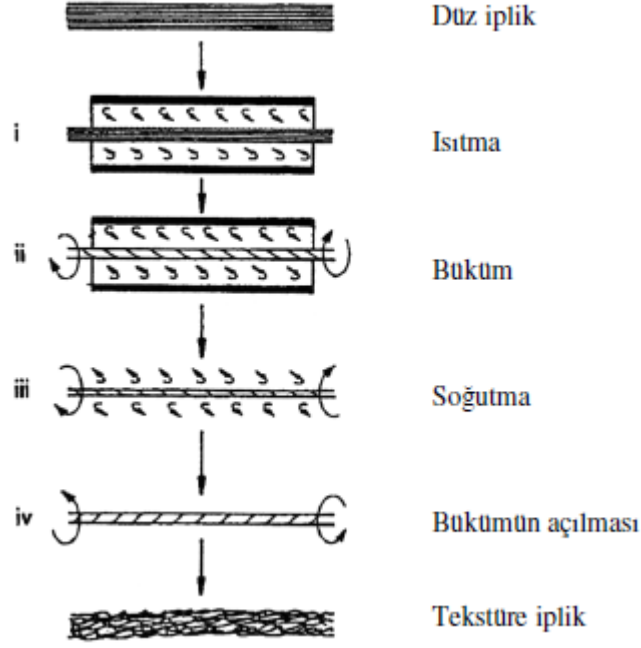
Aşağıdaki bölümde söz konusu yöntemlerden bu çalışmada kullanılan yalancı büküm ile tekstüre işlemi hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

Yalancı büküm tekstüre prensibi

Termo-mekanik tekstüre işlemlerinden yalancı büküm ile tekstüre işleminde gerçekleştirilen temel adımlar şu şekilde özetlenebilir (Şekil 3.2).

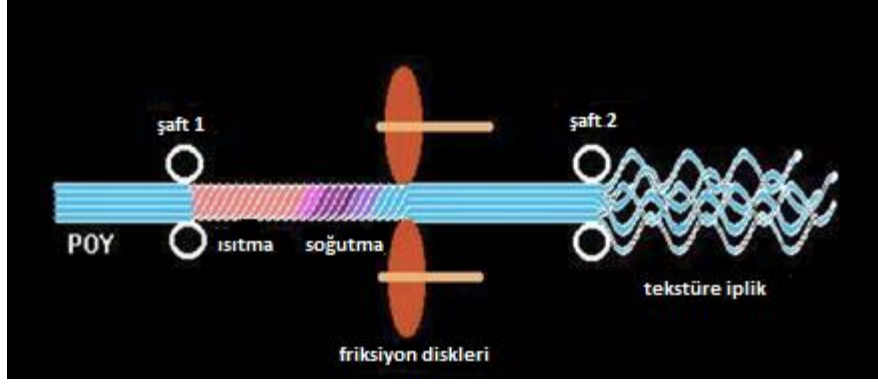
- Termoplastik filament ipliklerin camsı geçiş noktası (T_g) üzerinde (fakat erime sıcaklığı T_m altında) ısıtılması,
- Filament ipliklerin istenen şekle getirilmesi için deforme edilmesi,
- Filament iplik istenen şekilde tutulurken, T_g altına soğutulması,
- Soğumuş iplikte liflerin tekrar düzenlenerek, daha fazla hacim kaplamasının sağlanması.

Bu işlem sonucunda, uygulanan deformasyon tipine bağlı olarak her bir lif kalıcı olarak kıvrım, dalgalılık veya helisel yapı kazanır.



Şekil 3.2. Termo-mekanik tekstüre işleminin temel gereksinimleri (Demir 2006)

Sonuç olarak; yalancı büküm tekniği, gerçek bükümle yapılan çok aşamalı konvansiyonel tekstüre işlemindeki tüm işlemleri (büküm, ısıtma ve büküm açma) sürekli bir sistem olacak şekilde kendi içinde toplamaktadır. Eğer durağan bir iplik tam orta noktasından uygun bir yalancı büküm elemanı ile bükülecek olursa, söz konusu büküm ünitesinin öncesindeki ve sonrasındaki iplik kısımlarına eşit seviyede büküm verilmiş olacaktır ki bu bükümlerin yönleri farklıdır. Ancak iplik tutulduğu noktalardan serbest bırakılacak olursa, ipliğin alt ve üst kısmındaki farklı yönlü bükümler birbirini yok edeceğinden iplik üzerindeki büküm miktarı sıfırlanır. Yalancı büküm makinesinde iplik hareketli olduğundan, büküm ünitesine kadar iplik bükülmüş olurken, büküm ünitesinden sonra üzerindeki büküm tamamen gitmiş olmaktadır. Isıtma sistemi iplik besleme ile yalancı büküm ünitesi arasında olduğundan iplik ısıtma bölgesinde üzerine büküm almakta ve bu halde ısıtma işlemi görmektedir. Soğutma bölgesi de büküm ünitesinden önce olması nedeniyle de iplik bükümlü haliyle fikselenmektedir. Böylelikle, iplik; büküm ünitesini terk ettiğinde üzerindeki büküm açılacağından filamentler kıvrımlı hale gelerek ipliğin hacimli olması (tekstüre özelliği kazanmasını) sağlanmış olacaktır (Şekil 3.3) (Demir 2006).

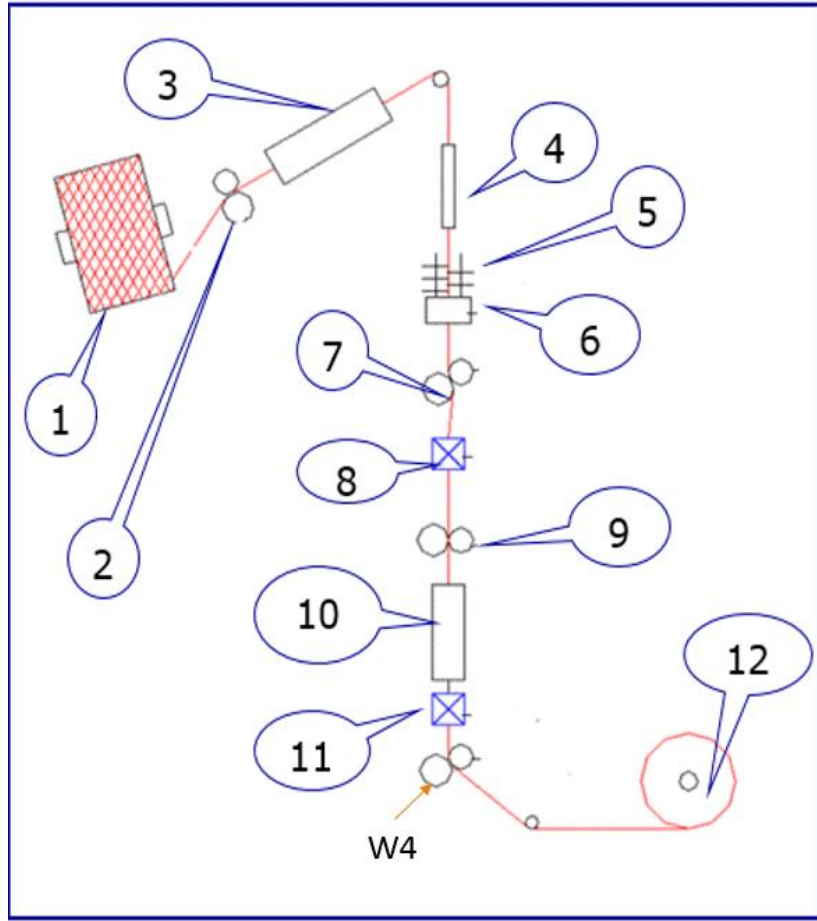


Şekil 3.3.Yalancı büküm friksiyon tekstüre prensibi (Anonim 2015)

Bu temel prensip doğrultusunda tipik bir tekstüre makinası ve şematik bir gösterim aşağıda sunulmakta olup (Şekil 3.4-3.5), makinada temel olarak teknik açıdan önemli 12 bölge yer almaktadır.



Şekil 3.4. Friksiyon tekstüre makinasına örnek

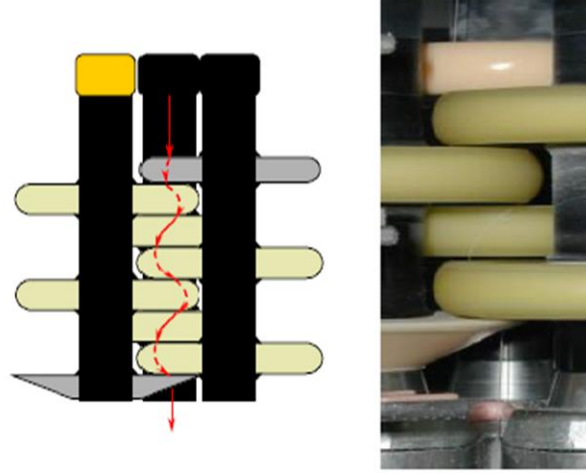


Şekil 3.5. Tekstüre makinası bölümleri

[1] Çağlık, [2] Besleme silindiri (W1), [3] Fırın, [4] Soğutma kanalı, [5] Friksiyon ünitesi, [6] Online kontrol sistemi, [7] Çekim silindiri (W2), [8] Intermingle sistemi, [9] IMG silindiri, [10] Fikse fırını, [11] İplik yağlama ünitesi, [12] Bobin sarım ünitesi

Üç eksen üzerine yerleştirilmiş sürtünme diskli yalancı büküm üniteleri günümüz tekstüre iplik sektöründe en yaygın kullanılan iğlerdir. Ünite üzerindeki disk sayısı, disk adedi, disk malzemesi ve disk yerleşimi öyle bir şekilde optimize edilmiş ve yüksek üretim hızlarında bile yüksek iplik kalitesi elde edilmeye başlanmıştır. Büküm üniteleri genellikle giriş diski, çalışma diskleri ve çıkış disklerinden oluşur. Giriş ve çıkış diskleri minimum torku, çalışan disk topluluğu ise iplik yolunun giriş ve çıkışındaki stabilitesini sağlarlar. Friksiyon disklerinin görünümü Şekil 3.6.'da verilmiştir. Giriş diski; ipliğin tekstüre disklerine daha uyumlu ve yumuşak girmesini sağlamakta olup, yüzeyi daha düzgün, sürtünme katsayısı düşüktür. Özellikle ince ipliklerin tekstüresinde kullanılması zorunludur. Çalışma diskleri (Tekstüre edici diskler); asıl tekstüre işlemini yapan sürtünme katsayısı diğerlerine göre daha yüksek olan disklerdir. Tekstüre edici disklerin sayısı değişebilir. Alt ve üst noktalarındaki gerilimler ve ipliğin friksiyon disk yüzeylerine sürtünmesi nedeniyle burada

ipliğe bükümle birlikte kıvrımlı bir yapı verilir. Çıkış diski; parlak metal bir disklerdir. Yüzeyi son derece düzgün olan bu disk iplikte friksiyondan kaçan ve bölgeleri açmaya yarar (Çirkin 2006). Öte yandan büküm ünitesinde çalışan disklerin sayısı ile iplik büküm miktarı değişecektir. Örneğin 44 dtex f13 PA 6.6 iplik için, 6 mm sert seramik disk ile tekstüre işleminde disk sayıları ile iplik büküm değişimine ait veriler Çizelge 3.2.'de yer almaktadır.



Şekil 3.6. Friksiyon disklerinin şematik ve gerçek görünümü (Çirkin 2006)

Çizelge 3.2. Disk sayısının iplik büküm değişimine etkisi (Atkinson 2012)

Disk Kombinasyonu	Ölçülen Büküm (t/m)
1-6-1	4338
1-5-1	4133
1-4-1	3975

Çekimli tekstüre prosesinde işlem parametreleri ise üç bölgeye ayrılmaktadır (Çizelge 3.3). Buna göre en önemli bölge; iplik mukavemet performansı, kıvrım (krimp) değeri, iplik lineer yoğunluğu ve kalite hataları gibi proses performansını belirleyen birinci bölgedir. Birinci bölgenin iplik karakteristikleri üzerine etkisi ise Çizelge 3.4.'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.3. Çekimli tekstüre prosesinde işlem parametreleri (Atkinson 2012)

Birinci Bölge	İkinci Bölge	Take-up Bölgesi
Üretim Hızı	İplik Beslemesi	Sarım Beslemesi
Çekim Oranı	Isıtıcı Sıcaklığı	Sarım Açısı
Isıtıcı Sıcaklığı	İMG	Koniklik Açısı

Büküm		Travers Uzunluğu
		Yağlama Seviyesi

Çizelge 3.4. Birinci bölgenin iplik karakteristikleri üzerine etkisi (Atkinson 2012)

	Tansiyon, T1	Tansiyon, T2	İplik Dtex	Mukavemet	Elastikiyet	Krimp Değeri	Krimp Stabilitesi	Filament Lüpleri	Filament Kopuşu	İplik Kopuşları	Kalan Tork	Hız Dalgalanması	Tansiyon	Boya renk Varyasyonu	Boya Rengi (daha)	Kumaş Prütürsüzlüğü
Proses Hızı	↑	↑	↔	↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↔	↑	↑	↓	↓
Çekim Oranı	↑	↑	↓	↺	↓	↑	↑	↔	↑	↑	↔	↑	↺	↺	↑	↑
D/Y	↔	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↓	↔	↔	↑	↔	↔	↑	↑
Isıtıcı Sıcaklığı	↓	↓	↔	↺	↺	↑	↑	↔	↑	↑	↓	↓	↑	↺	↑	↑
Büküm	↓	↓	↓	↓	↓	↑	↔	↓	↓	↺	↓	↓	↺	↺	↑	↑
<p>Açıklama:</p> <p>↑↓ = Ok yönünde önemli etkisi var.</p> <p>↑↓ = Ok yönünde hafif etkisi var.</p> <p>↔ = Etkisi yok (ya da çok küçük etkisi var).</p>																

4. LİF ÇEKİMİNDE ELYAF İNCELİĞİNİ BELİRLEYEN FAKTÖRLER VE MİKROLİF ÜRETİM TEKNİKLERİ

4.1. Lif Çekiminde Elyaf İnceliğini Belirleyen Faktörler

Bu bölümde eriyikten lif çekiminde filament inceliğini belirleyen teknik parametreler kısaca incelenmiştir.

Lif çekiminde düze deliğinin çapı tek başına filament inceliğini belirlememekte olup, filament inceliği aynı zamanda:

- Her bir düze deliğinden akan polimer debisi, W (g/dk) ve
- Filamentin sarım hızı, V (m/dk) tarafından belirlenmektedir (Demir 2006).

Bu nedenle, eriyikten üretilmiş bir filamentin inceliği (tex) $10^3 W/V$ eşitliği ile belirlenir. Düze deliği çapı ve filament inceliği arasındaki ilişki, delikten çıkan polimerin hızı (Vo) ile sarım hızı (V) oranı olan “üretim çekimi oranı Vo/V” ile kurulur. Sonuç olarak filament doğrusal yoğunluğu şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{İplik doğrusal yoğunluğu} = \frac{A\rho W_p V_0}{v} \quad (4.1)$$

Yukarıda yer alan eşitlikte A, düze deliği kesit alanını (mm²), ρ, üretim sıcaklığında eriyik haldeki polimerin yoğunluğunu (kg/m³) ve W_p polimerin düzeyi terk ederken yaşadığı ağırlık kaybı oranını ifade etmektedir (eriyikten lif çekiminde W_p = 1) (Demir 2006).

Öte yandan nihai iplik inceliği doğrudan, POY inceliği ve tekstüre makinasında kullanılan çekim oranı ile de ilişkilidir. Aynı zamanda ipliğin tekstüre bobin üzerine sarım tansiyonu da, iplikte karışma derecesini etkilediği için, iplik inceliğine etkisi not edilmelidir. Nihai filament inceliği ile POY inceliği arasındaki ilişki ise şu şekildedir (Hearle ve ark. 2001):

$$\text{İncelik (denye)} = \frac{\text{POY İnceliği (denyesi)}}{\text{Çekim Oranı}} \times \% \text{take - up beslemesi} \quad (4.2)$$

4.2. Mikroliflerin Tanımı ve Sağladığı Avantajlar

Konvansiyonel olarak üretilen liflerden çok daha ince olan mikroliflerin önemi, sağladığı fiziksel ve konfor özellikleri ile gittikçe artmaktadır. Daha çok polyester, naylon, polipropilen, akrilik ve viskozdan üretilen mikroliflerin üretim yöntemleri geliştirilmiş ve birçok kullanım alanı bulmuştur.

Liflerin doğrusal yoğunluğuna bağlı olarak incelik bakımından sınıflandırılması Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre 1 dtex'ten daha düşük doğrusal yoğunluğa sahip lifler mikrolif olarak tanımlanmaktadır. Karşılaştırma açısından farklı tekstil liflerine ait tipik incelik değerleri ise Çizelge 4.2.'de özet halde sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Elyaf doğrusal yoğunluğuna bağlı olarak sınıflandırma (Purane ve Panigrahi 2007)

Lif inceliği (dtex/f)	Sınıflandırma
>7.0	Kalın
7.0-2.4	Orta İnce
2.4-1.0	İnce
1.0-0.3	Mikro
<0.3	Nano lifler de dahil süper mikrolifler

Çizelge 4.2. Farklı tekstil liflerine ait incelik değerleri (Jerg ve Baumann 1990)

Tekstil Lifi	Elyaf çapı (µm)
Poliester, 5,5 dtex, filament	22,7
Yün, 90's	17
Kaşmir	16
Pamuk	13,5
İpek	12
Akrilik, 1,3 dtex, kesikli	12
Poliester, ince, 1,3 dtex, kesikli	11,1
Poliester, mikro, 0,4 dtex, filament	6,4
Poliester, ultra ince, 0,1 dtex, filament	3
Poliester, süper ultra ince, 0,05 dtex	2,1

Mikroliflerin sağladığı avantajlara gelince, lif çaplarının küçük olması nedeni ile mikroliflerin eğilmeye karşı dirençleri düşüktür. Mikroliflerin düşük eğilme dayanımı ise üretilen kumaşların dökümlülüklerinin daha iyi olmasını sağlamaktadır. Öte yandan mikrolifli kumaşların daha fazla lif içermesi, lifler arasındaki boşluklar azalttığı için elde edilen kumaş yapısının daha sıkı olmasını sağlamaktadır. Sıkı kumaş yapısı rüzgârın içeri girmesini engellerken vücut ısısının giysinin dışarı çıkmasına engel olmaktadır. Mikroliflerin sıkı kumaş yapısı oluşturması örneğin polyester lifinin ıslanmaya karşı olan doğal dayanımı ile birleştiğinde kumaş su damlalarının geçişine engel olmaktadır. Bu nedenle mikroliflerden elde

edilen kumaşlar soğuk, rüzgâr, yağmur ve su geçirmezlik özelliklerine sahiptir. Mikrolifli kumaşlar su itici özellikte olmasına rağmen su buharı geçişine izin vermektedir. Böylece herhangi bir kimyasal ya da kaplama gerektirmeksizin nefes alabilen kumaşlar üretilebilmektedir. Su buharını geçirme özelliği mikrolifli kumaşların hijyenik olmasını sağlar. Aynı zamanda mikrolifli kumaşlar kendi ağırlığının yedi katından daha fazla miktarda su emebilmekte; normal denyedeki lifin kuruma zamanına göre üç kat daha hızlı kurumaktadır (Purane ve Panigrahi 2007).

Mikrolif kumaşlar temizlik bezlerinde, suni deri yüzeylerde, filtre kumaşlarda, dış giysilerde, inşaat ve enerji depolama uygulamalarında geniş kullanım alanına sahiptir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Mikrolif ve konvansiyonel lifin kir tutma performansına örnek (Demiröz ve ark. 2011)

Sonuç olarak mikroliflerin temel karakteristikleri şu şekilde özetlenebilir:

- Yumuşaklık, esneklik ve pürüzsüzlük,
- İnce tekstil yapısı,
- Kumaşta mikro boşluklar,
- Tekstil yüzeyinde yüksek filament yoğunluğu,
- Birim kütle ağırlık başına yüksek yüzey alanı,
- Küçük eğrilik yarıçapı,
- Yüksek uzunluk/çap oranı ve kolay karışma,
- Diğer materyaller de iyi iç içe geçme kapasitesi,
- Hızlı gerilim giderme,
- Düşük eğilme direnci,

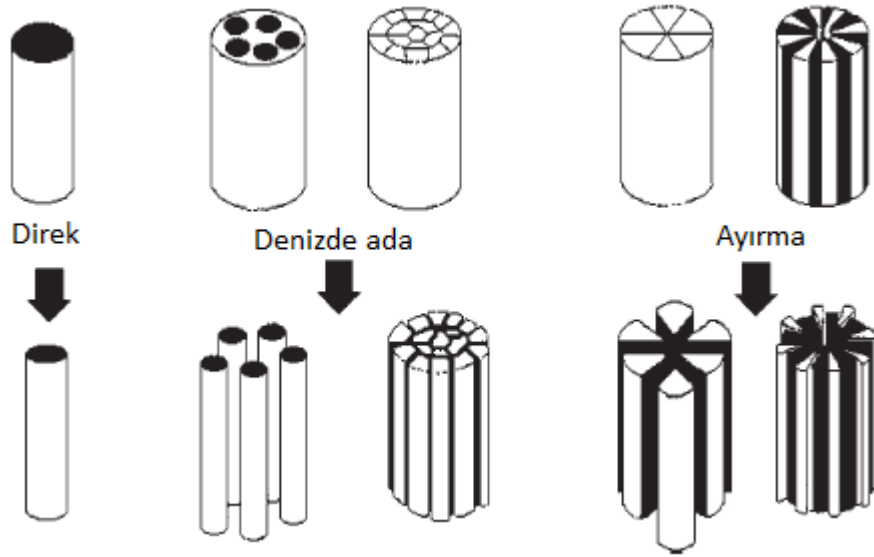
- İnce, keskin kenarlar olarak özetlenmektedir (Nakajima 1996).

4.3. Mikrolif Üretim Teknikleri

Mikrolif üretimi sürekli filament ve kesikli lif (stapel) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Nakajima 1996). Sürekli filament tipi üretim ise iki şekilde gerçekleştirilmektedir:

- Direk lif çekimi,
- Bikomponent çekim yöntemi,
 - Denizde ada yöntemi,
 - Ayırma yöntemi,
 - Çok katmanlı tip.

Mikroliflerde üretim tekniği filamentlerin lineer yoğunluğuna bağlıdır. Bu doğrultuda kullanılan çeşitli yöntemler aşağıda özetlenmiştir (Şekil 4.2). Lineer yoğunluğu 0,4-1,0 dtex arası filament üretimi için, konvansiyonel ekstrüzyon kullanılabilir ancak direkt eriyikten ekstrüzyon teknolojisinde 7 µm inceliğe kadar ince filament üretimi gerçekleştirilebilir (McIntyre 2005).



Şekil 4.2. Mikrofilament üretim teknikleri (McIntyre 2005)

Aşağıda bu çalışmanın da konusu olan doğrudan eriyikten lif çekimiyle mikrolif üretimine dair bilgiler sunulmaktadır.

Mikrolif üretiminde genellikle eriyikten lif çekim yöntemi yaygın kullanılmaktadır. Konvansiyonel lif çekim sistemi mikrolif üretimi için uygulandığında;

- Filament kopuşu,

- Filamentin uzunluğu boyunca inceliğinde varyasyon,
- Dúze tıkanması ve
- İplik içindeki filamentler arasında incelik varyasyonu gibi problemler ortaya çıkmaktadır.

Bu nedenle, bu problemleri ortadan kaldırmak için, aşağıda verilen hususlar mikrolif üretimi için önemli olup, sunulan tez çalışmasında da temel olarak göz önüne alınan parametrelerdir.

1. Polimer viskozitesinin optimize edilmesi,
2. Dúze tasarımının optimize edilmesi,
3. Dúze altındaki ortam sıcaklığının optimize edilmesi,
4. Filamentlerin birleşme mesafesinin optimize edilmesi,
5. Sarım hızının optimize edilmesi,
6. Daha düşük hızda çekim,
7. Eriyik polimerin saf olmasının sağlanması, bir diğer ifadeyle etkin bir filtrasyon (Nakajima 1996).

Bu doğrultuda mikrolif üretimi konusunda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Unika Co. firmasının, 0,3-0,5 denye aralığında mikrolif üreten ilk firmalardan birisi olduğu görölmektedir. Daha sonra Asahi Chemical Industry Co. firması, polimer erime viskozitesini, dúze tasarımını, dúze altındaki ortam sıcaklığını ve filamentlerin bir araya getirilme şeklini uygun hale getirerek 0,1-0,3 denye aralığında daha ince mikro polyester lifi geliştirdiği belirtilmektedir. Unika Co. firması, ince polyester lifleri ile ilgili yaptığı çalışmada; yukarıdaki bilgileri destekler nitelikte sonuçlar elde ettiği görölmektedir. Nitekim 0,3 denyeden daha ince mikrolif üretmek için, polimer erime viskozitesini 950 poise, dúze deliklerinin enine kesit alanını $3,5 \times 10^{-4}$ cm² ve düzenin 1-3 cm altındaki ortam sıcaklığını 200 °C değerlerine getirmiş ve çekilen filamentleri düzenin 10-20 cm altında bir arada toplamıştır. Asahi Chemical Industry Co. firması, 0,15 denyeden daha ince polyester mikrolifi üretmek için, polimer viskozitesini 480 poise, dúze deliklerinin enine kesit alanını $1,0 \times 10^{-4}$ cm², düzenin 1-3 cm altındaki ortam sıcaklığını 150 °C değerlerine getirmiş ve çekilen filamentleri, düzenin 20-70 cm altında bir arada toplamıştır (Nakajima 1996). Söz konusu lifler için kullanılan direkt lif çekimine ait teknik gösterim ise aşağıda yer almaktadır (Şekil 4.3).

5. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu çalışmada öncelikli olarak mikrolif inceliğine yakın incelikte poliamid 6 POY iplik üretimi amaçlandığı için, bu bölümde POY üretiminde önemli teknik parametreler ve direkt lif çekimiyle mikrolif üretimine yönelik çalışmalar özetlenmektedir.

Varma ve Cameotra (1973), çekme oranının, PA6 monofilamentlerin mukavemet, kopma uzaması ve modülüne etkilerini incelemektedir. Çekim oranı arttıkça moleküler zincirlerin daha yakınlaştığı ve kristalinitede bir miktar artışa yol açtığı, sonuç olarak daha rijit bir yapıya ve daha yüksek mukavemet ve modüle ve daha düşük % kopma uzama değerine yol açtığı ortaya konmaktadır.

Postman (1980), spin finish yağının amacı ve bileşenleri, hangi oranlarda uygulanması gerektiği ile ilgili patent literatüründen özetlere yer verilen detaylı bir çalışma sunmaktadır.

Kim (1986), lastik korduna yönelik PET filamentlerde eğirme hızı ve soğutma (quench) hava sıcaklığının etkilerini incelemiştir. Bu çalışmada soğutma hava sıcaklığının ve eğirme hızının artırılmasının az miktarda iplik kopma mukavemetini arttırdığı ve iplik % kopma uzaması değerini düşürdüğü belirtilmektedir. Filamentlerin karakterize edilmesi ise kuvvet-uzama testleri, DSC analizleri ve dinamik mekanik testlerle gerçekleştirilmiştir.

Dutta (1987), PET POY üretiminde lif çekiminde yer alan filament demetinin soğutma hava akış profili ile etkileşimleri incelemiştir. Uniform soğutma hava şartlarında bir sütundaki delik sayısı ve düzeye olan mesafe arttıkça eğirme hattı geriliminin azaldığını belirtmektedir.

Southern ve ark (1992), naylon 6,6 POY filamentlerinin eriyikten lif çekiminde moleküler ağırlığın artırılması ve ilave ajanların eklenmesiyle lif çekiminde filamentlerin daha hızlı sertleştiği, daha büyük kristalitelere sahip olduğu ve kopma uzama değerinin arttığını gözlemiştir. Ayrıca çalışmada başta kıvrım (krimp) değerindeki artış olmak üzere tekstüre işlemindeki avantajları da irdelenmektedir.

Pal ve ark (1996), aynı incelikte; üç farklı filament inceliğine sahip polyester POY ipliğin, tekstüre değişkenleri üzerinde çalışmıştır. Isıtıcı sıcaklığıyla çekim değerinin birlikte; kopma, kıvrım (krimp) ve boyama özellikleri üzerinde önemi olduğunu belirtmiş, D/Y oranının neleri etkilediğini, iplikteki filament sayısının dokunmuş iplik üzerinde büyük bir

etkisi olduğunu vurgulamış ve mikrofilament polyester ile konvansiyonel polyesterlerin özelliklerini karşılaştırmıştır.

Çirkin (2006), yalancı büküm tekstüre ile üretilmiş polyester ipliğinde, üretim parametrelerindeki değişikliklerin ipliğin fiziksel özelliklerine etkilerini incelemek üzere çalışmalar yapmıştır. IMG basıncının artmasının; IMG kalıcılığını arttırdığını, ancak % kopma uzama değerini düşürdüğünü, çekim oranı değişiminin; ipliğin tüm fiziksel özelliklerini değiştirdiğinden (dtex, % kopma uzama vb.) bahsetmiştir. Ayrıca D/Y değerinin artmasının; kıvrım değerini yükselttiğini, ipliğin daha fazla hacimlenmesini sağladığını, T1 sıcaklığının artırılmasının; kıvrım değerlerini arttırdığını ve kumaşta yumuşak tuşe, yüksek örtücülük özelliği sağladığını belirtmiştir.

Purane ve Panigrahi (2007), mikroliflerin sınıflandırmasını, üretim metotlarını, farklı lif formlarını, genel özelliklerini ve bunların çeşitli uygulamalarını incelemiştir.

Yıldırım (2007), PET polyester lif özelliğini etkileyen POY üretim faktörlerinden soğutma havası sıcaklığı, soğutma havası hızı ve çekim hızının etkisini incelemiştir. Aynı çalışmada ayrıca tekstüre proses faktörlerinden; D/Y oranı, 1. fırın sıcaklığı ve çekim oranının iplik özelliği üzerindeki etkileri de incelemiştir. Çalışmada sonuç olarak; kopma mukavemeti ve uzaması değerlerinin sarım hızı değişiminden büyük ölçüde etkilendiği, sarım hızının artmasına bağlı olarak kopma mukavemeti değerinin büyük ölçüde arttığı, uzama değerinin ise büyük ölçüde azaldığı, kristalinite oranının sarım hızı değişiminden etkilendiği, sarım hızının artmasına bağlı olarak kristalinite oranının arttığı ortaya konmaktadır.

Özkan (2008), polyester ipliklerde, filament enine kesit şeklinin, sayısının ve lineer yoğunluğunun POY ve tekstüre iplik özelliklerine etkisini incelemiştir. İplikte filament sayısının artmasının filamentlerin daha fazla temas yüzeyine sahip olmalarını sağladığını, artan filament sayısının mukavemet ve uzama değerlerini arttırdığını, en iyi düzgün iplik yapısını dairesel kesit şeklinin sağladığını, çalışmada yer alan diğer kesit şekilleri içinde en yüksek mukavemet ve hacimlilik değerine dairesel enine kesit şekline sahip liflerin sağladığını belirtmiştir.

Babaarslan ve Özkan (2010), polyester ipliklerde, filament sayısının POY ve tekstüre iplik özelliklerine etkisini incelemiştir. İncelenen parametrelerden düzgünsüzlüğün, aynı numarada iplik kesitindeki filament sayısından etkilendiği gözlenmiştir. Genelde, iplik kesitin-deki filament sayısının 34, 47, 68 ve 100 olarak değişmesiyle artan filament sayısının iplik düzgünsüzlüğünü olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu durum, artan filament sayısı

ile birlikte iplik uzunluğu boyunca oluşabilecek kütleli değişimin fazla olacağı gerçeğiyle açıklanmıştır.

Yıldırım (2010), soğutma hava sıcaklığı, soğutma hava hızı ve sarım hızının PET POY filamentlerin kristalinite derecesi, kaynar suda çekme, boya alma, çekme kuvveti ve mukavemet özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışma ayrıca incelenen parametrelerin etkisini ortaya koyacak şekilde filament özelliklerinin tahminlenmesine dair bir matematiksel model de içermektedir.

Babaarslan ve Kaynak (2010), polyester ipliklerde; filament inceliğinin mikrolif örgü kumaşların performans özelliklerine etkilerini araştırmıştır. Filament inceliğinin azalması patlama mukavemetinde artışa yol açtığını; filament inceliğinin iplik mukavemeti üzerinde belirgin bir etkisi görülmezken, patlama mukavemeti üzerindeki etkisinin oldukça belirgin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca dökümlülüğü fazla olan kumaşlarda filamentler daha rahat hareket edeceğinden hava geçişine daha kolay izin verdiğine değinmişlerdir.

Demiröz ve arkadaşları (2011), mikroliflerin üretim yöntemleri, özellikleri ve kullanım alanlarını özetleyen bir çalışma sunmuştur.

Yıldırım ve ark (2011), DSC analizlerini esas alarak yapılan PET POY ve tekstüre ipliklerin termal özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonucunda, sarım hızının filamentlerde moleküler oryantasyonu etkilediği ve buna paralel olarak DSC analizlerinin sarım hızındaki değişiklikleri doğrudan tespit edebildiği ortaya konmaktadır. Öte yandan soğutma hava sıcaklığı ve hava hızı etkilerinin DSC analizlerinde gözlenmediği bilgisine de yer verilmektedir.

Steinman ve ark (2012), yüksek hızda eriyikten çekimle üretilen polyamid 6 multifilament ipliklerin mekanik özelliklerinin nano-silikat ilavesiyle modifiye edilmesi üzerine bir çalışma yürütmüştür. Araştırmacılar söz konusu aditiflerin yüksek hızlarda PA6 çekimini önemli derecede artırdığını ve nano-silikat ilavesiyle ultra-incelikte filament üretiminin mümkün olduğunu ortaya koymaktadır.

Jia ve ark (2014), eriyikten lif çekimiyle 1dpf altında inceliğe sahip polipropilen filamentleri üretmek üzere geliştirilen yüksek hızlı hava jeti ile modifiye eriyikten lif çekim aparatı ile yapılan çalışmalara yer verilmektedir. Polimer viskozitesinin nihai lif çapında önemli rol oynadığı; hava/polimer hacimsel akış oranı artıkça lif çapının küçüldüğünden ve sıcaklık arttıkça viskozitenin azaldığından bahsetmişlerdir.

Sonuç olarak yukarıda sunulan çalışmalar poliamid 6 POY üretimi konusunda araştırmaların sınırlı olduğunu, bu konudaki çalışmaların büyük çoğunluğunun PET polyester POY ve tekstüre iplik üretimi ile ilgili olduğunu göstermektedir.

6. MATERYAL ve METOT

6.1. Hammadde

Bu çalışmada finalde 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) inceliğine sahip PA6 multifilament ipliklerin üretimi hedeflenmiştir. Bu amaçla tüm üretim süreci, kullanılan PA6 granülleri de olmak üzere POY aşamasından başlanarak gözden geçirilmiştir. Bu amaçla aşağıda verilen iki farklı viskoziteye sahip PA6 granülleri temin edilmiştir (Çizelge 6.1).

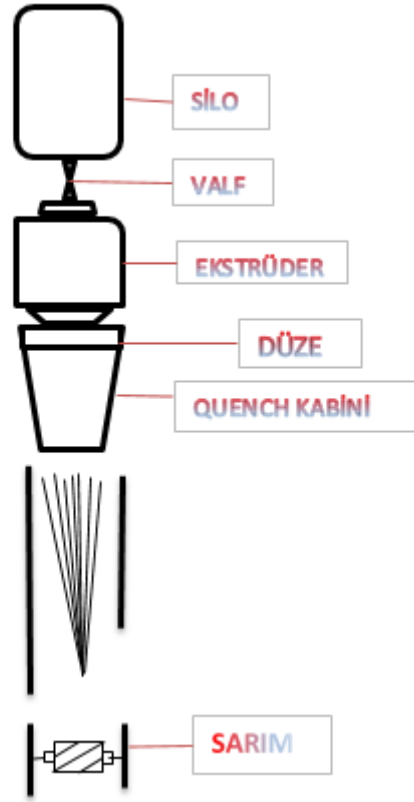
Çizelge 6.1. Kullanılan PA6 hammadde özellikleri

Hammadde	Relatif Viskozite	Nem (%)	Ekstrakt Miktarı (%)	Titanyumdioksit (%)	Granül Büyüklüğü (adet/g)
A	2,47	0,06 (maks.)	0,6 (maks.)	0,3	80 (ort.)
B	2,53	0,05	0,3	0,3	91

6.2. POY Üretim Hattı

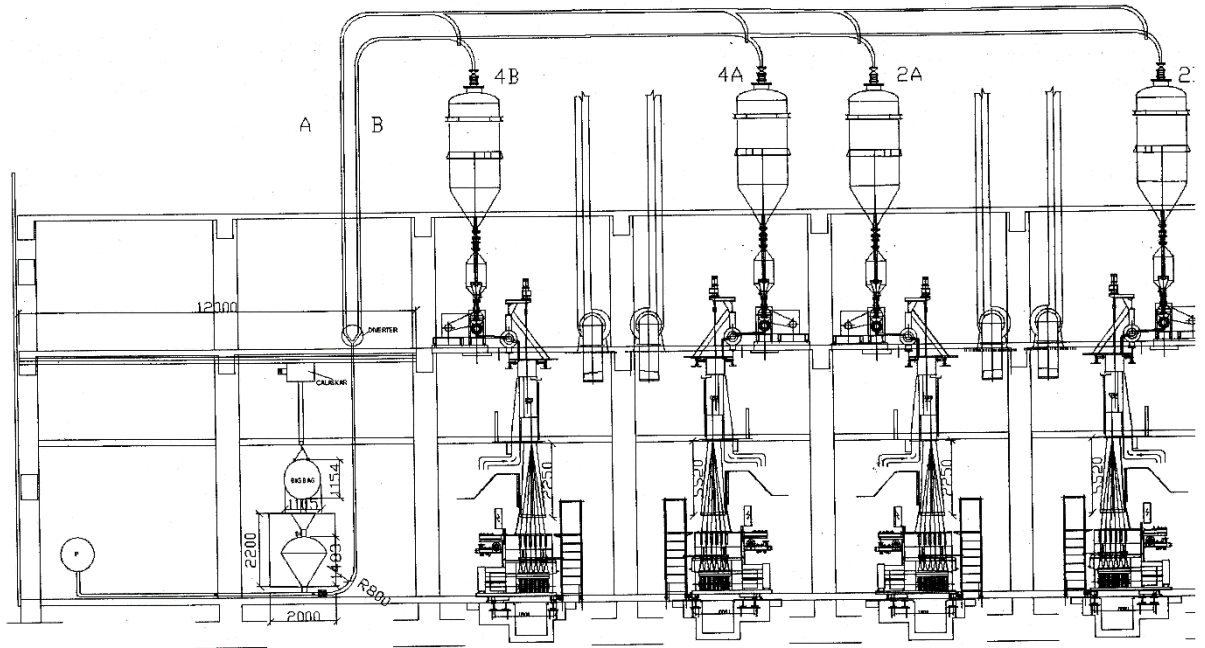
Çalışma yapılan POY işlemine ait basit şematik gösterim Şekil 6.1.' de verilmiş olup, POY üretiminde işlem akışı şu şekilde özetlenebilir:

- Ekstrüdere gelen polimerin oksijensiz ortamda ısıtılması,
- Ergimiş polimerin buradan polimer hattına dağıtılması,
- Eriyiğin, uygun dozajlama ile kum ve metal filtrelerden oluşan düze sistemine pompalanması,
- Düzede filamentlere ayrılan polimerin soğutma (quench) sistemine gelmesi,
- Soğutma ile karşılaşarak kristalize olan filamentlere spin finish yağı uygulanması,
- Uygun hızda sarım yapılması.



Şekil 6.1. POY hattı şematik görünümü

Söz konusu POY iplik üretimin gerçekleştirildiği işletmede üretim akışına ait şematik görüntü ise Şekil 6.2.'de verilmiştir.



Şekil 6.2. POY üretim akışına ait şematik görünüm (Barmag)

Bu çalışmanın yürütüldüğü işletmede bulunan 10E8 model Barmag ekstrüzyon makinesi kullanılarak POY üretimi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan ekstrüzyon özellikleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 6.2).

Çizelge 6.2. Ekstrüzyonun özellikleri (Barmag)

Ekstrüder tipi	10E8
Ekstrüder yüksekliği	940 mm
Ekstrüder boyu (motor kasnağı dahil)	3810 mm
Granül besleme haznesi	Su soğutmalı
Sızdırmazlık	Azot basıncı için maksimum 90 mm su sütun yüksekliği
Motor tipi	Asenkronize motor
Motor kapasitesi	45 kW
Motor koruma sınıfı	IP 54
Polimer çıktısı	FDY-POY
Eğirme pozisyon sayısı	8
Üretilen iplik sayısı	Her pozisyonda 6 adet
Sarım hızı	2500-6000 m/dk
Çalışma voltajı	380/400 V

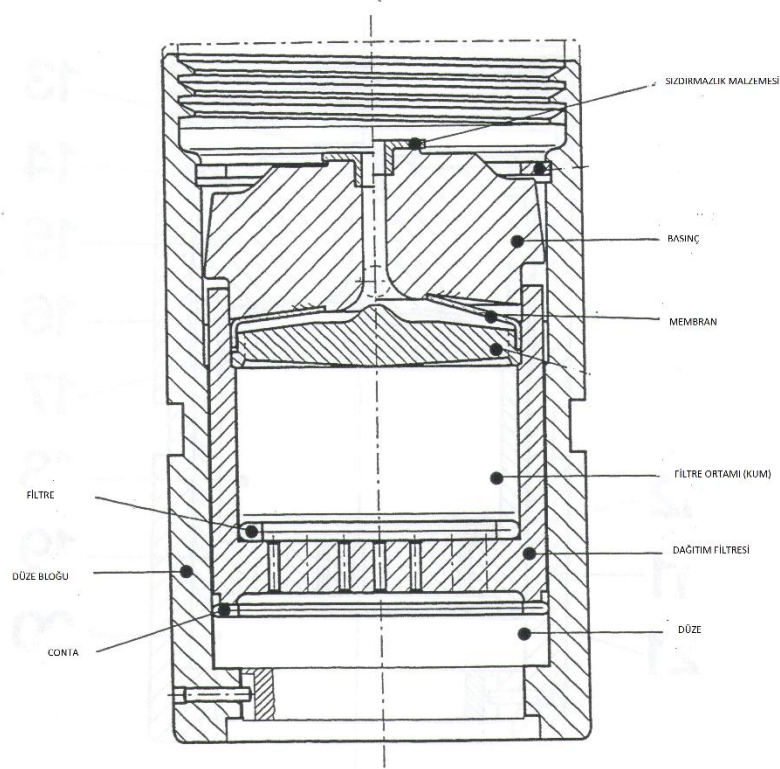
Yukarıda belirtilen POY üretimine ait iş akışında önemli teknik unsurlara ait genel bilgiler ise aşağıda özetlenmektedir:

Ekstrüder: Uzunluğu boyunca değişik bölgelerde olmak üzere beş bölgede elektrik ve sürtünme ile eritilen polimer cipsini yüksek basınç altında ileriye sevk eden burğu şeklindeki sonsuz vida ve kovandan oluşmaktadır. Ekstrüderden (Şekil 6.3) çıkan polimer eriyiği, eşit uzunluktaki borularla (ürün boruları) laminar akışlı dişli pompalara verilmektedir.



Şekil 6.3. Ekstrüder

Düze blokları (spin pack) ve düzeler (spinneret): Pompalardan ipliğin tip ve inceliğine göre belirlenen miktarda akan polimer eriyiği, üzerinde istenen filament sayısında gözenek ihtiva eden düzelerden geçerek ince polimer jetleri halinde akış başlar. Düze blokları, düzelerin içine yerleştirildiği ve homojen bir ısıtma sağlayan bloklardır. Homojen ısıtma çok önemlidir ve bu ısıtma, genelde difil adı verilen özel ısıtma yağının ürün boruları ve spin pack etrafında dolaştırılmasıyla gerçekleşir. Düze paket konfigürasyonu ve paket elemanları Şekil 6.4’de verilmiştir.



Şekil 6.4. Düze paket konfigürasyonu (Barmag)

Polimerdeki katı cisimlerin tutulması ve oluşan jellerin parçalanmasını sağlamak amacıyla düze içerisinde filtreleme sistemi bulunur. Etkin bir süzme sağlamak amacıyla metal tozu, kum veya metal elyafli filtre kullanılır. Düze delik şekilleri en başta dairesel olmak üzere üçgen, yıldız vb. çeşitli şekillerde olabilir ve ipliğin kesit şeklini belirler. Metal kum örnekleri Şekil 6.5.'de verilmiştir.



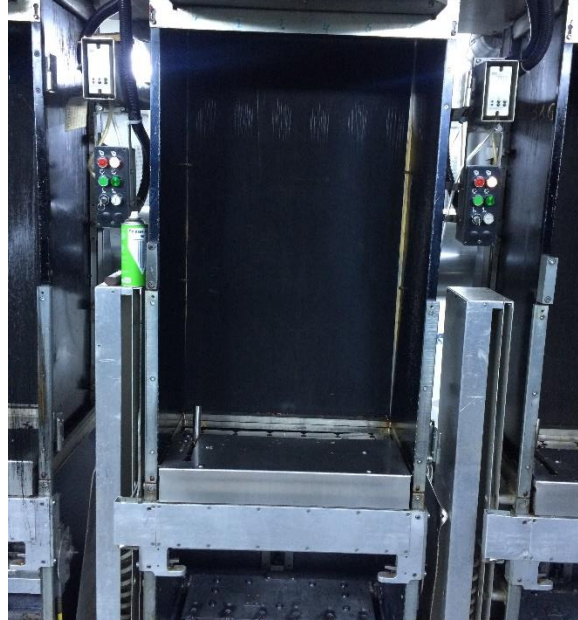
Şekil 6.5. Metal kum örneği

Düzeden lif çekim görüntüsü ise Şekil 6.6.'da görülmektedir.



Şekil 6.6. Düzelerden filament akışı

Soğutma kabini: Düze yüzeyinden çıkan erimiş polimer, soğutma (quench) kabinlerinde özel şartlandırılmış (POY iplik için % 85-90 izafi rutubet, 19-21 C° sıcaklık) hava ile aniden camlaşma sıcaklığının altındaki sıcaklıklara soğutulur. Bunun sonucunda, polimerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde etkin bir rol oynayan kristalin ve amorf bölgeler meydana gelir. Kabinin üst kısmında ayrıca, poliamid 6 monomer buharları için monomer emiş sistemi bulunur (Şekil 6.7).



Şekil 6.7. Soğutma kabini

Soğutma kabininde soğutma (quench) hava hızı (m/sn) ise Testo 350 M-XL cihazı ile ölçülmüştür (Şekil 6.8).

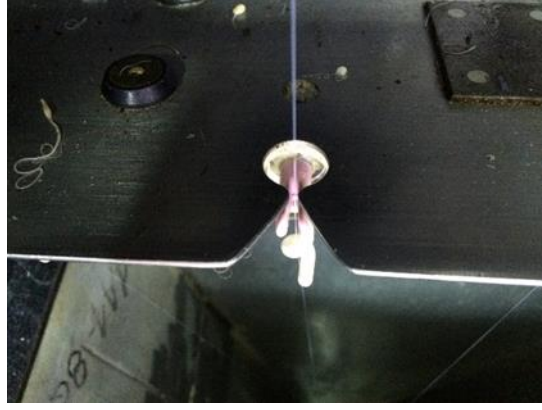


Şekil 6.8. Soğutma hava hızının (m/sn) ölçülmesi

İpliğe spin finish yağı tatbiki: Üretilen POY'un ilerdeki çekim ve tekstüre proseslerinde kolay çalışmasını sağlamak için ipliğe kaydırıcılık, yumuşatma ve statik elektrik önleyici özellikler veren spin finish yağları kullanılır. Spin finish yağı, jet yağ sistemi (bir kılavuz deliğinden iplik üzerine metrik bir pompa yardımıyla yağ püskürtülmesi) vasıtasıyla ve sulu emülsiyon halinde (%8 -12) verilir. Gerçekte, uygulanan yağ, ipliğin gereken nemi almasında veya fazla nemin geri verilmesinde birinci derecede etkindir. POY iplikte rutubet % 2-2,5, yağ % 0,3 – 0,8 civarında uygulanır. Yağlama bölgesi ve yağlama kılavuzu verilmiştir (Şekil 6.9-6.10).



Şekil 6.9. Yağlama bölgesi



Şekil 6.10. Yağlama kılavuzu

Take-up (sarım) ünitesi: Yüksek kalitede bir bobin elde edilebilmesi için, ipliğin bobinlere belli gerginlik şartlarında ve uygun bir sarım açısıyla çok hassas bir şekilde sarılması gerekir. Özellikle yüksek hızla çalışan POY makinelerinde bu husus çok önemlidir ve bobin sargısının kalitesi, doğrudan sonraki kademedeki üretilecek tekstüre ipliğin kalitesini belirler. Take-up bölgesi Şekil 6.11.'de görülmektedir.



Şekil 6.11. Take-up bölgesi

Take-up ünitesi, bobin tutucu (chuck roller), sevk silindiri (godet), tahrik silindiri (touch roller), travers kılavuz mili (kılavuz silindiri) ve yağlama sistemi (travers kılavuzunu yağlayan sistem) elemandan oluşmaktadır. POY makinelerinde ise yukarıda adı geçen

parçalara ilave olarak iplik sarımında sevkın düzgün olması için kanallı silindir ve ipliğe punta verilebilmesi için puntalama jetleri (img:inter mingler jetler) bulunmaktadır.

6.3. POY Üretiminde Kullanılan Çalışma Parametreleri

Bu çalışmada Çizelge 6.3.'de sunulan parametrelerde üretimler planlanarak gerçekleştirilmiştir. Oldukça yüksek üretim miktarlarına sahip söz konusu makinada her bir deneme oldukça zahmetli ve maliyetli bir işlem olup, bu nedenle deney planının mümkün olduğunca küçük tutulmasına çalışılmıştır. POY sisteminde parametre değişimleri ve belirlenen parametrelerde tam bobin almak için yapılan çalışmalarda yaklaşık 3000 kg civarında granül (cips) tüketilmiştir.

Çizelge 6.3. POY işletmesinde incelenen parametreler

No	İncelenen Parametre	Kod	Değişkenler	Düze Konfigürasyonu	Quench Hava Hızı (m/sn)	Üretim Hızı (m/dk)	Filamentlerin Birleşme Mesafesi (cm)
1	PA6 Relativ Viskozitesi	A	2,47 +/-0,03	D5	0,5	4000	85
		B	2,53 +/-0,03	D5	0,5	4000	85
2	Düze Konfigürasyonu	D1	%100 Metal Kum 125-177 µm ve 5 Katlı Filtre				
		D2	%100 Metal Kum 125-177 µm ve 4 Katlı Filtre				
		D3	%36 Metal Kum 125-177 µm %64 177-250 µm 5 Kat Filtre				
		D4	%100 Metal Kum 177-250 µm 5 Katlı Filtre				
		D5	20 cc 177-250 µm, 90 cc 250-350 µm, 5 ve 4 Katlı Filtre				
3	Üretim Hızı (m/dk)	H1	3800	D5	0,5	-	85
		H2	4000	D5	0,5	-	85
		H3	4200	D5	0,5	-	85

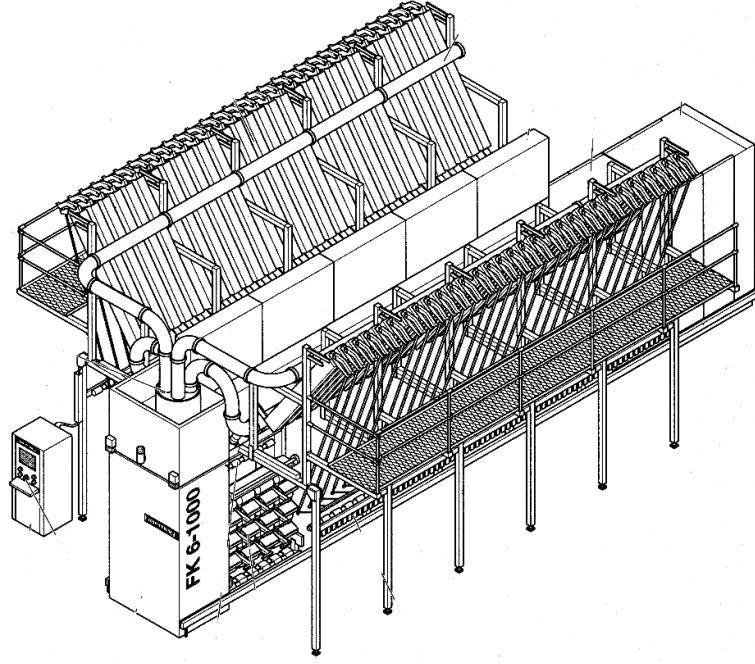
4	Quench Hava Hızı (m/sn)	S1	0,2	D5	-	4000	85
		S2	0,5	D5	-	4000	85
		S3	0,7	D5	-	4000	85
5	Filamentler in Birleşme Mesafesi (cm)	M1	85	D5	0,5	4000	-
		M2	115	D5	0,5	4000	-
		M3	140	D5	0,5	4000	-
6	Yağ Tipi	Y1	Sentetik polimerler, esterler, nonyonik yüzey aktifler, antistatik maddelerin karışımı	D5	0,5	4000	85
		Y2	Polialkilen glikol eterler ve modifiye edilmiş etoksile yağ alkolü karışımı	D5	0,5	4000	85

6.4. Tekstüre İşlemi

Tekstüre işlemi için Barmag FK6V-1000 tipi tekstüre makinası kullanılmıştır. Makinanın özellikleri Çizelge 6.4.'de görülmektedir. Makinaya ait şematik gösterim ise Şekil 6.12.'de sunulmuştur

Çizelge 6.4. Barmag FK6V-1000 özellikleri

Makine tipi	Barmag FK6V-1000
Makine yılı	2003
Pozisyon sayısı	240
Maksimum makine hızı (m/dk)	1200
Büküm	Barmag tip 8 disk friksiyon ünitesi
Fırın sistemi	Tek fırınlı
Fırın uzunluğu (mm)	2000
Soğutma kanalı uzunluğu (mm)	1100
Toplam güç (kW)	210
Efektif güç (kW)	74,7



Şekil 6.12. Barmag FK-1000 tekstüre makinası

6.5. İpliklere Uygulanan Test ve Analizler

Testlere başlamadan önce numuneler, standart ortam koşullarında ($20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ sıcaklık ve $\%65 \pm 2$ izafi rutubet) kondisyonlanmıştır.

(a) İplik Numarasının Tayini

Kontinü iplik üretiminde ağırlıklı olarak direk ölçüm sistemi olan denye ve dtex birimleri kullanılmaktadır. Dolayısıyla iplik numara tespitinde amaç, ipliğin belirlenmiş bir uzunluğunun kütlesinin ölçülmesi olup, bu amaçla iplik numara çıkırığı ve hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 6.13). Testlerde, filament iplikler ön gerilimli kılavuzlardan geçirilerek çıkırığa bağlanmış ve belli turda sarılmıştır. Daha sonra çilenin bitiş noktasından kesilerek tartılmış ve sonuç kaydedilmiştir.



Şekil 6.13. İplik numarasının tayini

(b) Filament Enine Kesit Şeklinin ve Lif İnceliğinin Analizi

Filament enine kesit kontrolünde ipliklerin enine kesiti mikroskopla incelenmiş farklı kesite sahip liflerin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu aşamada kullanılan cihaz ve gereçler ise optik mikroskop, gözenekli plaka, ince tel ve jiletten oluşmaktadır (Şekil 6.14). Bu bölümde ayrıca üretilen PA6 POY multifilament iplikler belli uzunlukta kesilip filamentlerine ayrılmış, hassas terazide tartılarak her bir filamentin doğrusal yoğunluğu da tayin edilmiştir. Bunun yanında üretilen PA6 POY multifilament ipliği oluşturan liflerin çap analizleri TUBİTAK Butal Laboratuvar'ında yaptırılarak analiz edilmiştir.



Şekil 6.14. Filament enine kesit kontrolünde kullanılan optik mikroskop

(c) Filament Sayısının Kontrolü

Üretilen multifilament ipliklerin ayrıca filament sayıları da kontrol edilmiştir. Bu amaçla, toplu iğne, zıt renkli zemin, tebeşir kullanılmıştır. Söz konusu analizlerde, numune iplikten bir miktar numune alınarak, filamentleri bir arada tutan yağ, alınan numune ipliğin üzerine tebeşir sürülerek alınmış ve ayrılan filamentler zıt renkte zemin üzerine getirilerek toplu iğne yardımıyla sayılmıştır.

(d) Filamentlerin Mukavemet ve % Kopma Uzama Özelliklerinin Tayini

Üretilen filament ipliklerin mukavemet ve kopma uzaması testleri için; Textechno Statimat M cihazı kullanılmıştır (Şekil 6.15). POY iplikler için çeneler arasındaki mesafe 200 mm, test hızı 1500 mm/dk, ön gerilim 0.05 g/dtex olarak test yapılmıştır. Tekstüre ipliklerde ise çeneler arasındaki mesafe 500 mm \pm 1mm, test hızı ipliğin kopma süresi 20 sn. olacak şekilde ayarlanmıştır. Her deneme için; 6 adet bobin ve her bobin için 5'er adet test yapılmıştır.



Şekil 6.15. Textechno Statimat M cihazı

(e) İplik Düzensüzlüğü Testi

Çalışmada üretilen POY ipliklerin %CVm değerleri Uster Tester 3 düzensüzlük test cihazında test edilmiştir (Şekil 6.16). Test hızı 200 m/dk olup, her numuneden 100 m ipliğin analizi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.16. Uster Tester 3

(f) İplikte Hata Sayımı

POY iplikte lüp ve filament kopuşu olup olmadığının kontrolü amacıyla bu analiz yapılmıştır. Bu analiz için Elkometre test cihazı kullanılmıştır (Şekil 6.17). Söz konusu analizde test uzunluğu 1000 m olarak her numune bobin bir defa test edilmiştir. Cihazda hissedici kafanın altındaki numaratorde, o ipliğe ait 1000 m uzunluk başına hata sayıları kaydedilmiştir.



Şekil 6.17. Textechno Elkometer cihazı

(g) Yağ Testi

Üretimi yapılan ipliklerin ayrıca % yağ içeriği de analiz edilmiştir. Bu amaçla Unit Model GC-78 Rapid Oil Extraction yöntemi kullanılmıştır (Şekil 6.18). Yağ testinde, metal kaplar etüvde 60 -100 °C ‘de bekletilerek sabit tartıma getirilmiş (A) ve hassas terazide darası alınmıştır. Yağ testi cihazında istenilen ısı değerine (85 °C) ulaşıldığında, yağ tayini yapılacak olan numuneler hassas terazide tartılarak (i) metal tüpün içine yerleştirilmiştir. Metal kapların, ısı paneli üzerine yerleştirilmesinin ardından propanol veya isopropil alkol (1\1) oranında çözelti hazırlanmış ve hazırlanmış olan çözülden 10 ml metal tüp içine dikkatlice aktarılarak 15 – 20 sn süreyle kendi kendine metal kaplar içerisine süzülmesi ve çözücünün buharlaşması beklenmiştir. Buharlaştırma işlemi bittikten sonra metal kabın içinde kalan iplikteki yağ miktarıdır. Metal kaplar ortam ısısında 1-2 dk. soğuduktan sonra hassas terazide tartılmıştır (B) sonuç olarak ipliğin % yağ içeriği şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Yağ Miktarı} = \frac{(B-A) \times 100}{i} \quad (6.1)$$



Şekil 6.18. Unit Model GC-78 Rapid yağ ekstraksiyonu

(h) İMG Sayımı Testi

Çalışmada ayrıca üretimi yapılan tekstüre ipliklerin img sayıları analiz edilmiştir. Bu amaçla punta sayma makinesi RIC II Interlace Counter cihazı kullanılmıştır (Şekil 6.19).

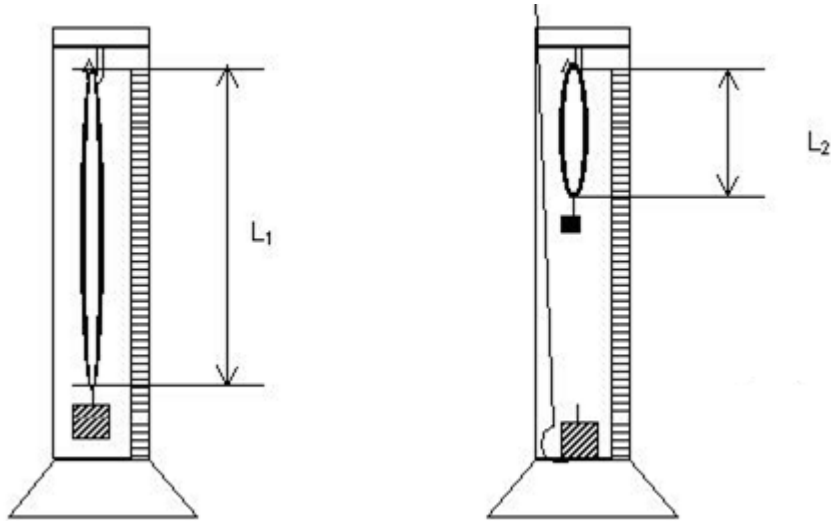


Şekil 6.19. RIC II Interlace Counter cihazı

(I) Kıvrım (Krimp) Değerinin Ölçülmesi

İplik kıvrım (krimp) tayini; çıkırık, tüp, ağırlıklar ve uzun kanca kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test edilecek iplik çıkırığa bağlanarak çıkırığın monitöründen iplik kalınlığına göre belirlenen tur sayısı (36 tur) girilmiş ve çile hazırlanmıştır. Hazırlanan çile su dolu tüpün içindeki kancaya takılmıştır. Çile ucuna iplik kalınlığına göre belirlenmiş olan ağırlıklardan önce büyük olanı (250 g) takılmış iki dakika beklenerek ipliğin geldiği mesafe, tüp üzerindeki cetvelden okunarak kaydedilmiştir ve kanca yardımıyla büyük ağırlık çıkarılarak küçük ağırlık (5 g) takılmıştır. İki dakika sonra ipliğin bu ağırlıkla geldiği mesafe de kaydedilmiştir. Kıvrım (krimp) değeri, ilk değerin son değere farkının ilk değere oranından bulunur (Şekil 6.20). Sonuç olarak % kıvrım (krimp) değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\%Kıvrım (krimp) = \frac{L_1 - L_2}{L_1} \times 100 \quad (6.2)$$



Şekil 6.20. Kıvrım (krimp) ölçüm tüpü



Şekil 6.21. Haberlein metoduyla kıvrım (krim) tayini

(i) İpliklerde Sürtünme Özelliğinin Tayini

İplik sürtünmesini ölçmek için Zweigle G534 cihazı kullanılmıştır. Sürtünme testleri; 200 m/dk hızda, 20 g ağırlık kullanılarak 30 sn süresince 100 m uzunluğunda iplikler test edilmiştir (Şekil 6.22).



Şekil 6.22. Zweigle G-534 iplik sürtünme cihazı

Sonuç olarak, çalışma kapsamında her bir farklı parametrede 8 pozisyonda 48 adet bobin üretilmiştir. Her parametre için bir bölmeğe ait 6 adet bobinin testleri yapılmıştır. Tüm test sonuçları varyasyon değerleri dikkate alınarak incelenmiş ve optimum parametreler bu şekilde belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen test sonuçları, konvansiyonel PA6 POY multifilament ipliklerle (98 dtex f24 (88 denye 24 filament)) karşılaştırılarak da analiz edilmiştir.

7. ELDE EDİLEN SONUÇLAR VE ANALİZ

7.1. PA6 Hammaddesinin Viskozitesinin Kaliteli POY Üretimine Etkisi

Bu bölümde, 98 dtex f68 (88 denye 68 filament) POY üretiminde standart olarak kullanılan granül viskozitesi olan 2,53 relatif viskoziteye sahip granüller (B) ile ilk denemeler yapılmıştır. Ancak konvansiyonel incelikte filament üretiminde kullanılan söz konusu granüllerin kullanımı sonucu kopuşlar gözlenmiş ve işletmede sağlıklı üretim alınamamıştır. Nitekim incelenen kaynaklarda mikrofilament iplik üretimi için kullanılan hammadde viskozitesinin konvansiyonel üretimde kullanılan hammadde viskozitesine göre daha düşük olması gerektiği vurgulanmaktadır (Nakajima 1996). Ardından literatürde yer alan bilgiler ışığında daha düşük viskoziteli hammadde arayışına gidilmiş ve 98 dtex f68 üretim denemelerine relatif viskozitesi 2,47 olan daha düşük viskoziteli granül (A) ile çalışmaya devam edilmiştir.

7.2. Düze Konfigürasyonunun Üretime Etkisi

Çalışmada hedeflenen 98 dtex f68 (88 denye 68 filament) PA6 POY üretimine yönelik düze kum konfigürasyonu için 5 farklı düze kum konfigürasyonu denenmiş ve her bir konfigürasyonda düze basınçlarındaki değişim gözlenmiştir (Çizelge 7.1). Bu konfigürasyonlarda; metal kum, 125-177 µm metal kum, 177-250 µm metal kum, 250-350 µm metal kum, 5 katlı filtre ve 4 katlı filtrenin kombinasyonları kullanılmıştır.

Çizelge 7.1. Düze konfigürasyonları ve başlangıç basınçları

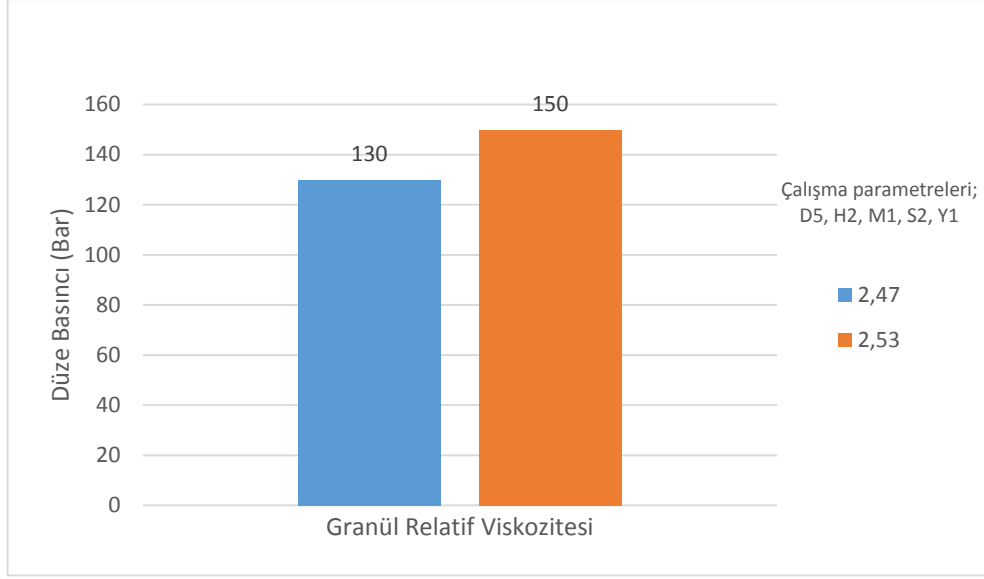
	Düze Konfigürasyonu	Düze Basıncı (bar)
D1	% 100 125-177 µm Metal kum, 5 Katlı Filtre	500
D2	% 100 125-177 µm Metal kum, 4 Katlı Filtre	450
D3	% 36 125-177 µm ve % 64 177-250 Metal kum, 5 katlı filtre	270
D4	% 100 177-250 µm 5 Katlı filtre	165
D5	% 20 cc 177-250 µm ve % 90 cc 250-350 5 ve 4 katlı filtre	130

Konvansiyonel POY 98 dtex f68 üretimi için düze konfigürasyonu 40 cc 177-250 µm metal kum ve 70 cc 250-350 µm metal kum, 5 ve 4 katlı filtredir. Konvansiyonel üretimde düze basıncı tipik olarak 140 bar ile başlamakta ve ortalama düze kullanım süresi olan 3 hafta sonunda 180 bar ile periyodik düze değişimine gidilmektedir. Düze basıncı yükseldiği takdirde düzede eriyik sızması ve filament atmaları meydana geleceğinden düze basıncının

çok yükselmesi istenmez. Yüksek basınçla üretime başlayan bir düze konfigürasyonu kullanıldığı takdirde ise düze ömrü çok kısa olmaktadır. Bu durum üretim ve telef kaybı meydana getirir. Düze basıncı ortalama günlük 1-2 bar arası bir artış göstermektedir.

Çalışmada 98 dtex f68 PA6 POY üretimi için ilk olarak % 100 125-177 µm metal kum ve 5 katlı filtre kullanılmakla birlikte eriyik akıtılmaya başladığı anda basınç göstergesinin üst değere ulaştığı gözlenmiştir (D1). Uygun olmayan bu konfigürasyon için 4 kat filtreli bir konfigürasyon hazırlanmıştır. Bu denemede ise düze basıncının 500 bardan 450 bara düştüğü gözlenmekle birlikte ancak yine de üst basınç değeri civarında olduğu görülmektedir (D2). Bu nedenle çalışmada %36 125-177 µm ve %64 177-250 µm metal kum, 5 katlı filtre ile üçüncü bir düze konfigürasyonuna gidilmiştir (D3). Bu şekilde düze basıncının 270 bar ile başladığı ve sızmaların oluştuğu görülmüştür. Ayrıca konvansiyonel üretim basınçlarında değişimler günlük 1-2 bar olurken yüksek basınçlarda değişimler günlük 5-10 barları görmekte ve düze kirlenmesi daha hızlı olmaktadır, bu nedenle düze ömrü için de uygun bir konfigürasyon olmadığı açıktır. Ardından daha farklı bir konfigürasyon olarak % 100 177-250 µm 5 katlı filtre seçilmiş ve yapılan denemelerde, düze basıncının 165 bar ile başladığı ve diğer konfigürasyona göre daha uygun olduğu görülmüştür (D4). Ancak bu konfigürasyonda düze ömrü sorun olabileceği için son olarak 20 cc 177-250 µm ve 90 cc 250-350 µm 5 ve 4 katlı filtre ile 5.düze konfigürasyonu yapılmıştır (D5). Bu şekilde düze basıncının 130 bar ile başladığı ve 20 günün sonunda 185 bar ile değişimin gerçekleştiği görülmüştür. Böylelikle çalışma kapsamında 98 dtex f68 PA6 POY üretimi için uygun düze konfigürasyonu bu çalışmaların ardından D5 nolu konfigürasyon olarak tespit edilmiştir.

Öte yandan kullanılan hammadde viskozitesinin de düze basıncı üzerine net olarak etki ettiği görülmüş olup, elde edilen sonuç Şekil 7.1.'de görülmektedir.

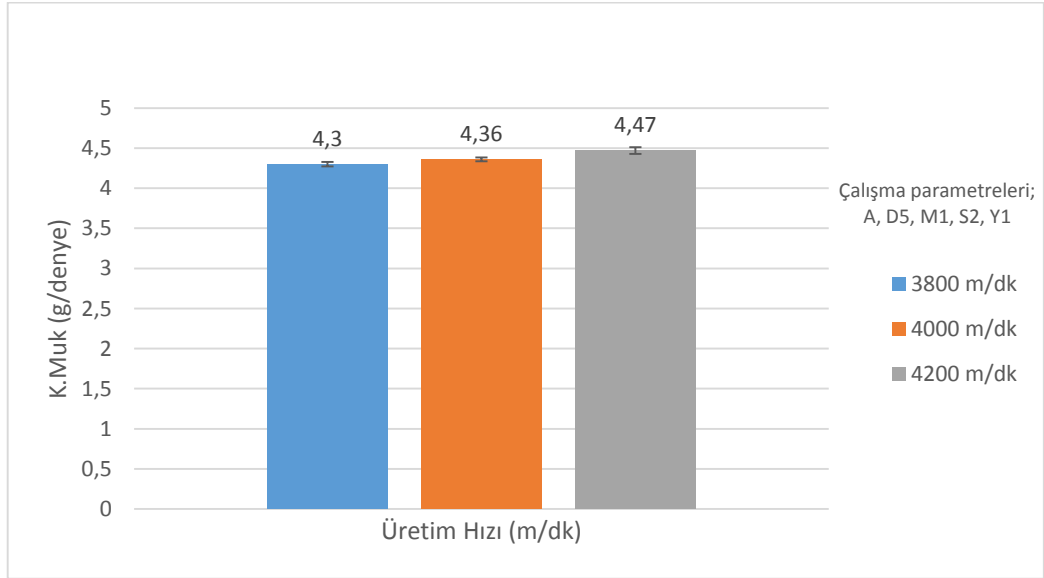


Şekil 7.1. Granül (cips) relatif viskozitesinin düze basıncına etkisi

7.3. Üretim Hızının İplik Özelliklerine Etkisi

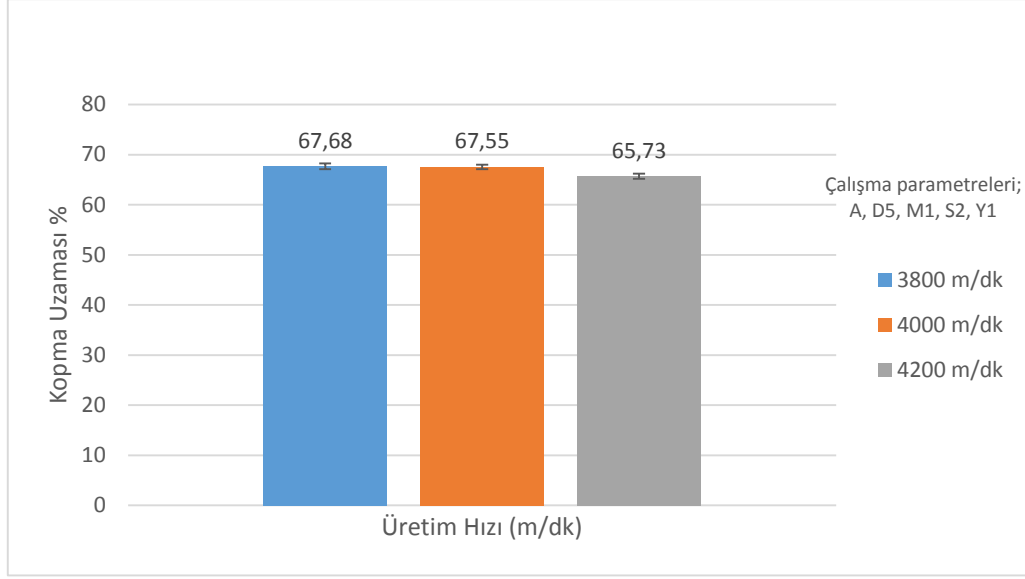
Bu aşamada sarım (take-up) ünitesinde ipliğin üretim hızı değiştirilerek iplik üzerindeki fiziksel değişimler gözlenmiştir.

Üretim hızının filament mukavemetine etkisi Şekil 7.2.'de görülmektedir. Söz konusu sonuçlar üretim hızının artmasının iplik kopma mukavemetini arttırdığını göstermektedir.



Şekil 7.2. Üretim hızının iplik mukavemetine etkisi

Üretim hızının % kopma uzamasına etkisi ise Şekil 7.3.'de görülmektedir. Üretim hızı arttıkça iplik % kopma uzama değerinde azalma görülmüştür.

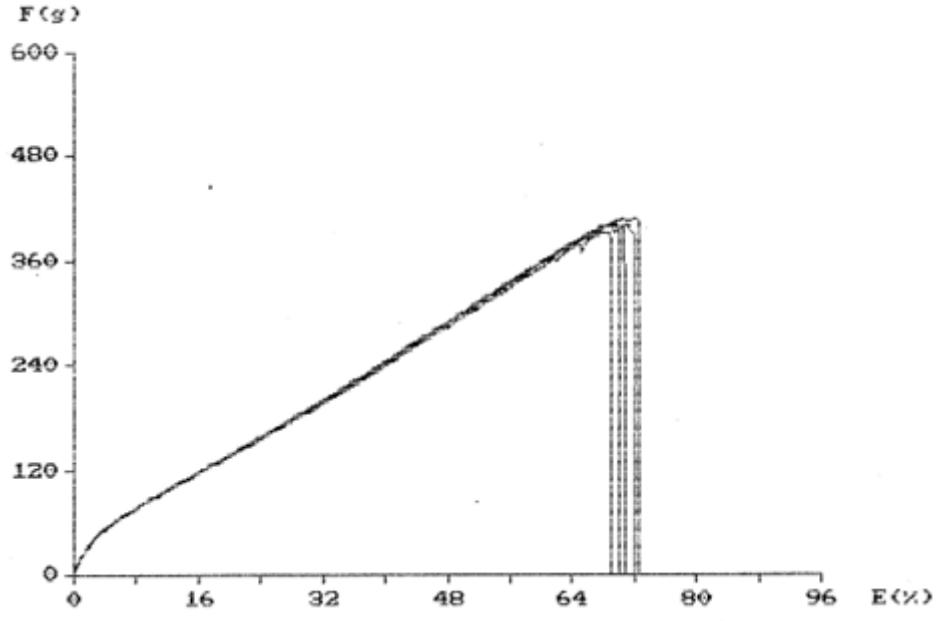


Şekil 7.3. Üretim hızının iplik % kopma uzamasına etkisi

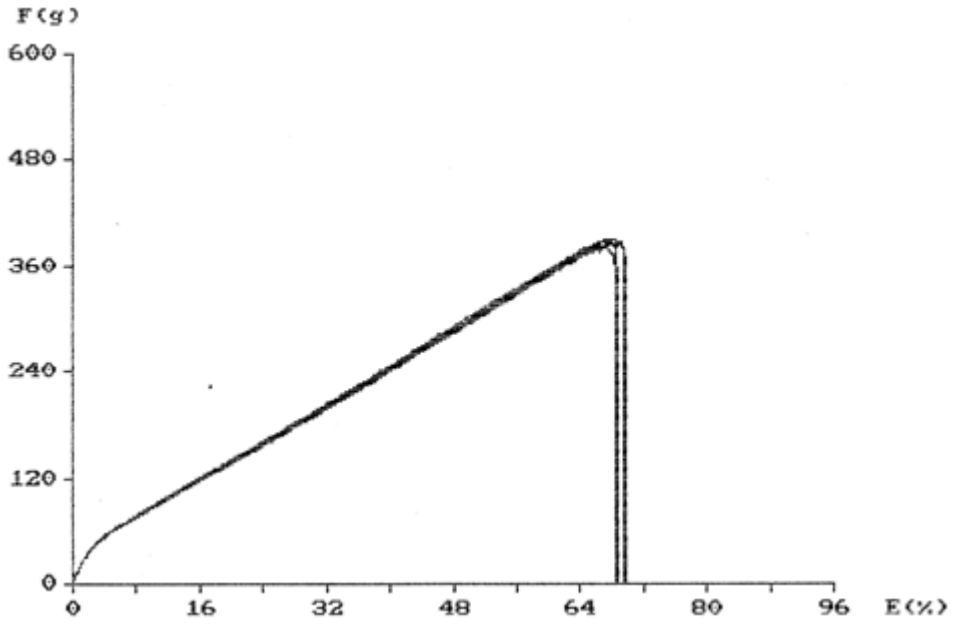
Nitekim Yıldırım (2007), polyester POY için sarım hızının değişmesiyle mukavemet ve uzama oranlarının büyük ölçüde değiştiğini, sarım hızının artmasıyla mukavemetin arttığı buna karşın uzama oranının düştüğünü, kristalinite oranı ve oryantasyon değerinin sarım hızına bağlı olarak; çift kırınım, kristalinite oranı ve yoğunluk testlerine göre arttığını Ziabicki ve Kawai (1985)'nin bildirdiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada, sarım hızının artmasıyla iplik yapısındaki oryantasyonun artmış olmasından dolayı ipliğin % kopma uzaması değerinin düştüğü, kristalinite oranının sarım hızı değişiminden büyük ölçüde etkilendiği ve sarım hızının artmasıyla kristalinite oranının arttığını belirtmektedir.

Benzer şekilde Nakajima (1996) tarafından yapılan çalışmada da, polyester iplik için sarım hızı arttıkça iplik kopma mukavemetinin arttığı, iplik kopma uzamasının azaldığı belirtilmektedir. Aynı zamanda polyester iplikte maksimum iplik kopma mukavemeti değerine 6000-7000 m/dk üretim hızında ulaşıldığına ve bu noktadan itibaren sarım hızının artırılmasının iplik kopma mukavemetini düşürmeye başladığına da ayrıca değinilmiştir.

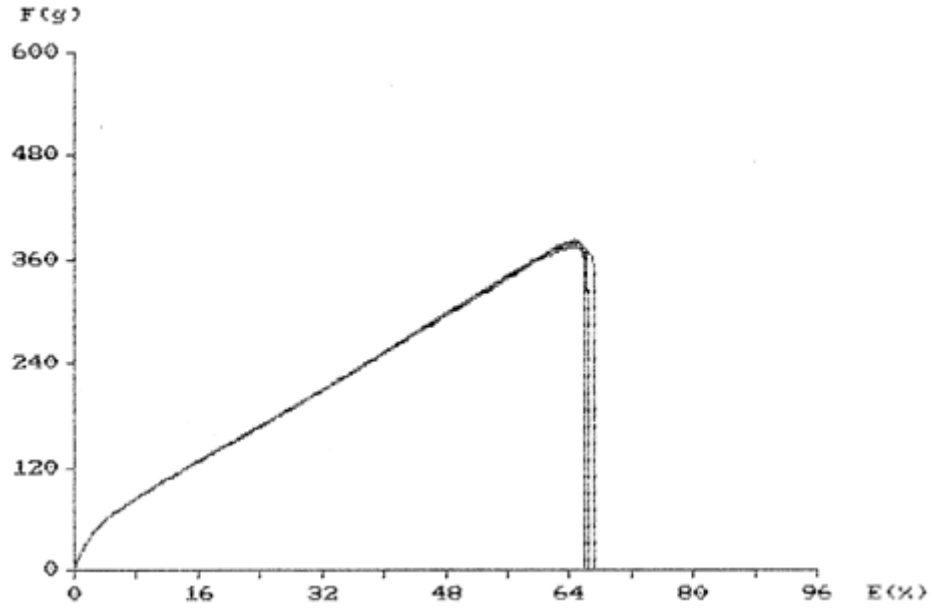
Öte yandan çalışmanın bu bölümünde farklı üretim hızlarında elde edilen filamentlere ait kuvvet-uzama eğrilerine örnekler Şekil 7.4-7.6'da görülmektedir. Sunulan kuvvet-uzama eğrileri 6 pozisyonun herhangi birisinde üretilen bobine ait sonuçlardır. Karşılaştırma açısından konvansiyonel üretim olan 98 dtex f24 inceliğindeki POY PA6 ipliğin kuvvet-uzama eğrisi ise Şekil 7.7'de görülmektedir.



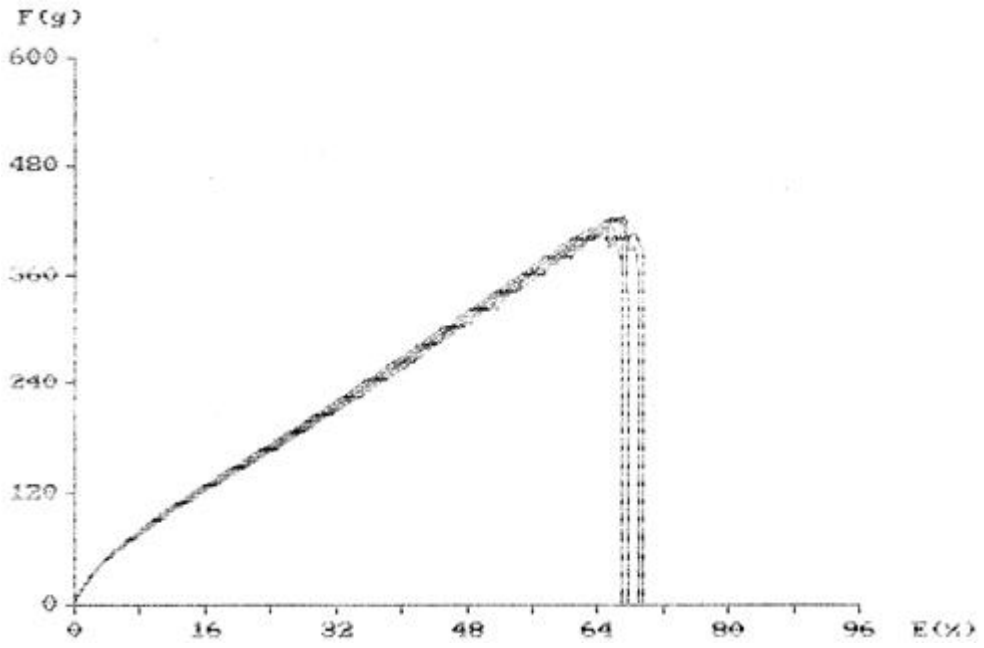
Şekil 7.4. 3800 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi



Şekil 7.5. 4000 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi

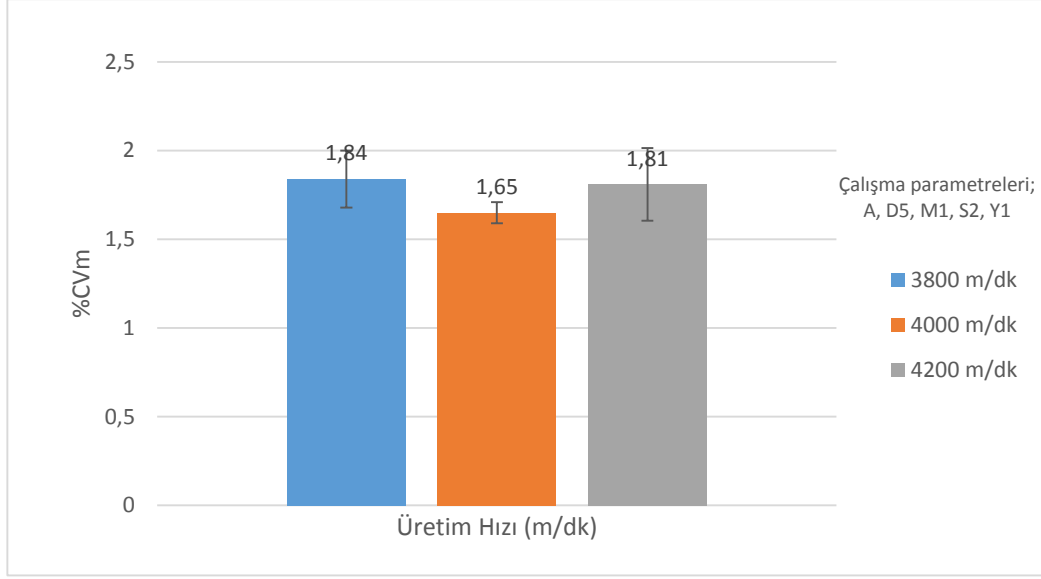


Şekil 7.6. 4200 m/dk üretim hızında elde edilen ipliklere ait kuvvet-uzama eğrisi



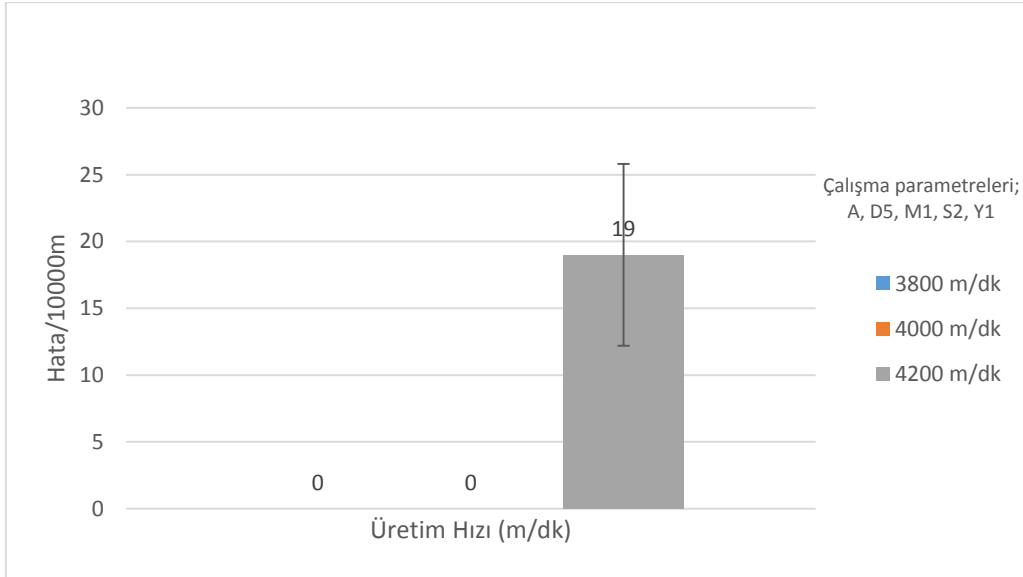
Şekil 7.7. Konvansiyonel (98 dtex f24) PA6 POY kuvvet-uzama eğrisi

Üretim hızının iplik düzgünsüzlüğüne etkisi ise Şekil 7.8.'de görülmektedir. En iyi iplik düzgünsüzlüğü değerlerine 4000 m/dk hızla erişildiği görülmektedir.



Şekil 7.8. Üretim hızının iplik düzgünlüğüne etkisi

Öte yandan üretim hızının iplikteki hata sayısına etkisi ise Şekil 7.9.'da görülmektedir. Yapılan çalışmalarda 98 dtex f68 PA6 POY üretiminde esnasında üretim hızının artmasının filament kopuşları ve lüp hatasını arttırdığı görülmüştür.



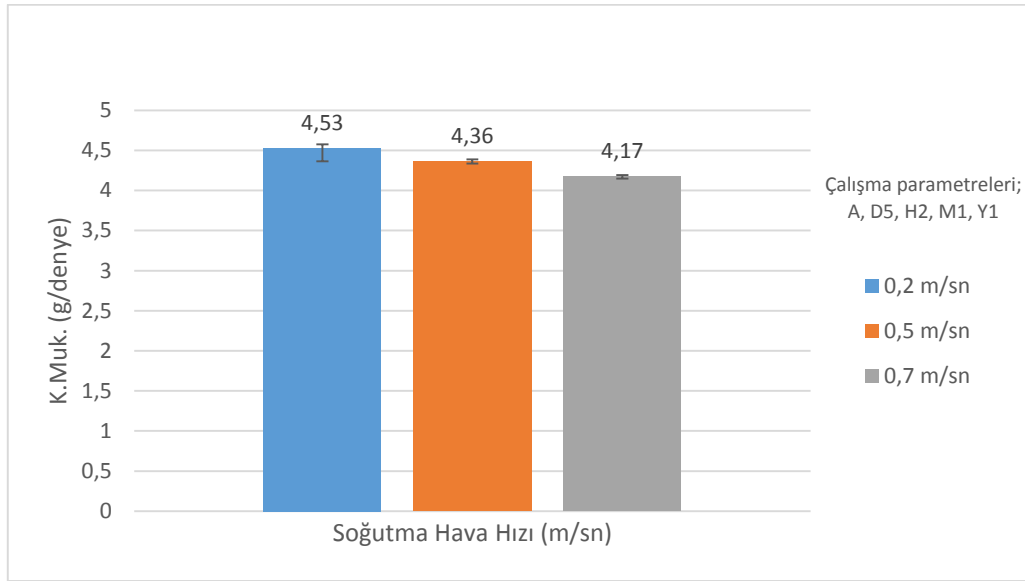
Şekil 7.9. Üretim hızının iplikte hata sayısına etkisi

Üretim hızının iplik üzerindeki etkileri özetlenecek olursa; hız azaldıkça ipliğin kopma uzamasının arttığı ve kopma mukavemetinin azaldığı görülmekle birlikte her üç üretim hızı için de mukavemet ve kopma uzaması kabul edilebilir değerlerdedir. Ancak;

- 4200m/dk ile yapılan üretimde iplikteki hata oranının düşük hızlara oranla daha fazla olması,
- 4000 m/dk ile yapılan denemenin iplik düzgünsüzlüğü değerinin daha iyi çıkması ve ticari olarak da daha avantajlı olması bakımından 98 dtex f68 PA6 POY üretiminde 4000 m/dk üretim hızının optimum olduğu görülmektedir.

7.4. Soğutma (Quench) Hava Hızının İplik Özelliklerine Etkisi

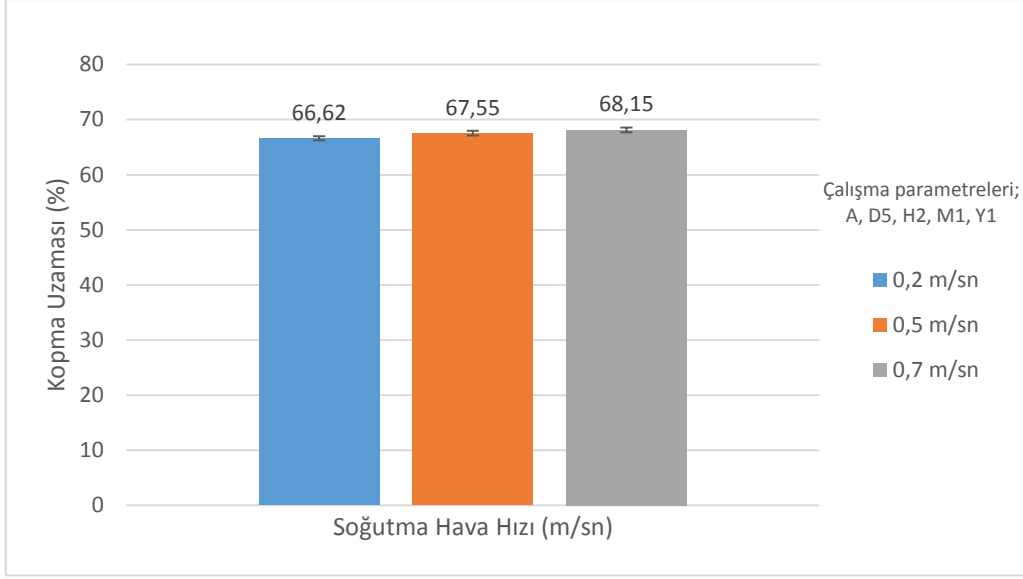
Soğutma (quench) hava hızının iplik mukavemetine etkisi Şekil 7.10.'da görülmektedir. Çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlar üretimde hava hızı azaldıkça, kopma mukavemetinin arttığını göstermektedir.



Şekil 7.10. Soğutma (quench) hava hızının iplik kopma mukavemetine etkisi

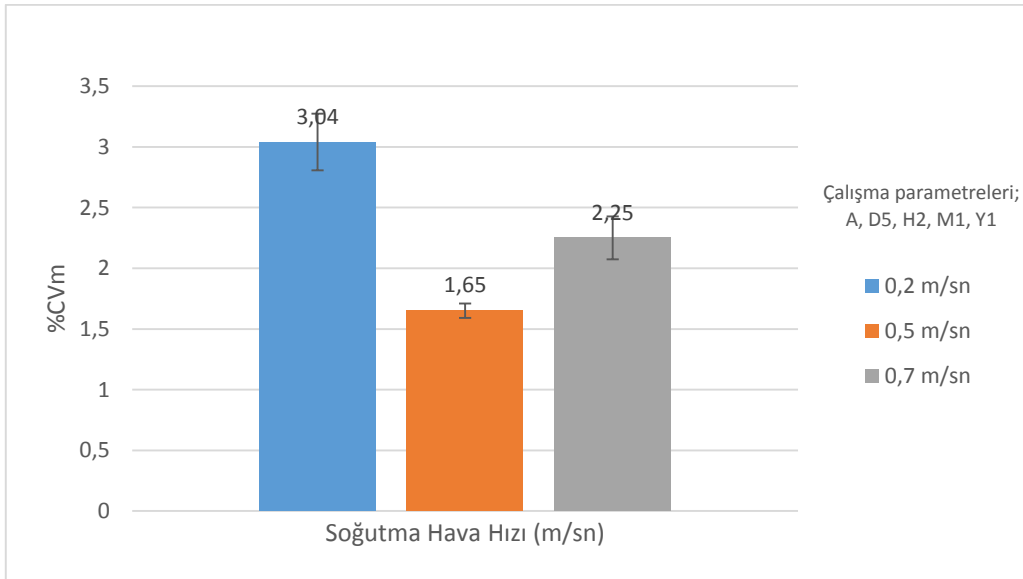
Soğutma (quench) hava hızının azalması ise % kopma uzama değerini düşürmektedir (Şekil 7.11).

Benzer şekilde literatürde, soğutma hava hızının artırılması halinde; lif mukavemetinin düşerken, uzama oranının arttığını belirtmiştir (Kothari 2000). Yıldırım (2007) çalışmasında kristalinite oranı değerinin soğutma oranına bağlı olduğunu ve bu oranında; ısı transfer katsayısı, soğutma materyali, hava üfleme hızı, soğutma ortam sıcaklığı ve tek filament çapı faktörlerine bağlı olduğunu, Simmens (1955)'in bildirdiğini belirtmiştir.



Şekil 7.11. Soğutma (quench) hava hızının ipliğin % kopma uzama değerine etkisi

Soğutma (quench) hava hızının iplik düzgünsüzlüğüne etkisi Şekil 7.12.'de görülmektedir. Öte yandan soğutma (quench) hava hızının çok düşürülmesi ise iplik düzgünsüzlüğünü arttırmaktadır. Elde edilen sonuçlar konvansiyonel üretim parametresi olan 0,7 m/sn hava hızı ile kıyaslandığında iplik düzgünsüzlüğü yaklaşık iki katına çıkmış, iplik soğutması yetersiz kalmış ve düzgün soğutma yapılamamıştır. En iyi sonuçlar 0,5 m/sn hava hızı ile elde edilmiştir. Benzer şekilde Yıldırım (2007), soğutma havası hızının artmasıyla iplik düzgünsüzlüğünün arttığını Kothari (2000)'nin bildirdiğini belirtmiştir.



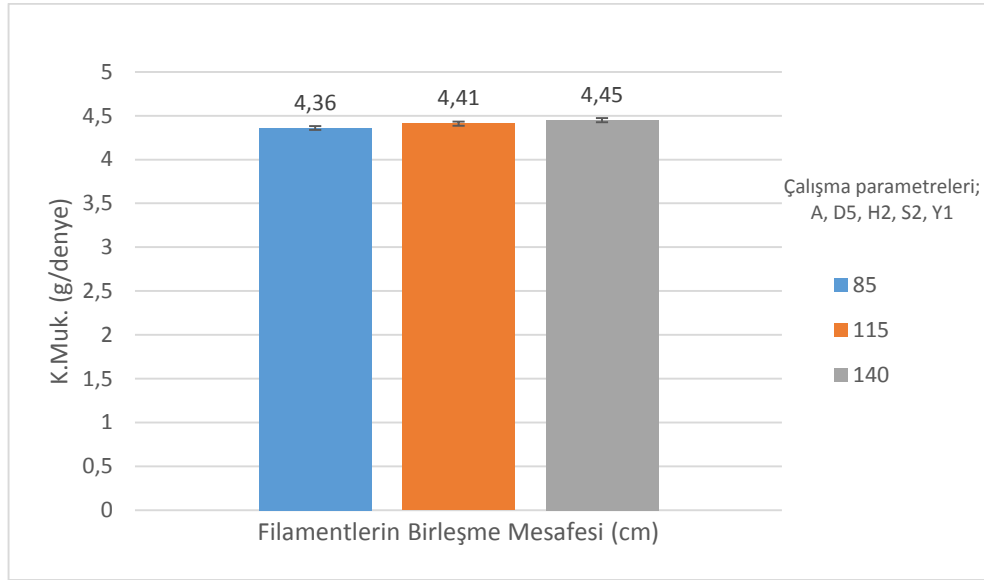
Şekil 7.12. Soğutma (quench) hava hızının iplik düzgünsüzlüğüne etkisi

Yapılan soğutma (quench) hava hızı denemelerinin iplik düzgünsüzlüğüne ait örnek kütle diyagramları ise Ekler bölümünde (Şekil 1-4) verilmiştir.

7.5. Filamentlerin Birleşme Mesafesinin İplik Özelliklerine Etkisi

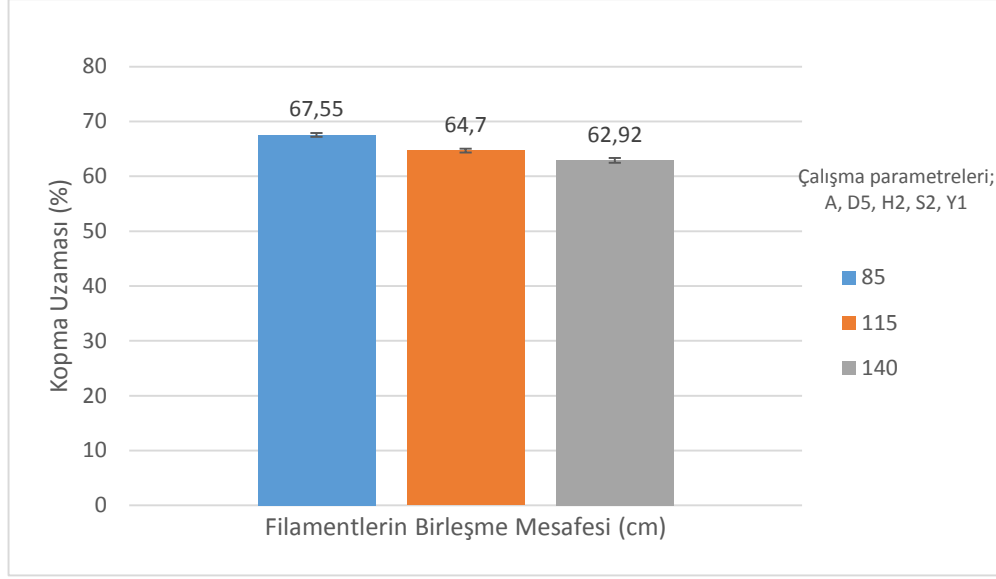
Filamentleri birleşme mesafesi, ipliğin; düzeden geçtikten sonra, sarım (take-up) bölgesine inmeden önce birleştiği yerdir. Bu bölümde ise filamentlerin birleşme mesafesi değiştirilerek iplik üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Filamentlerin birleşme mesafesinin kopma mukavemetine etkisi Şekil 7.13.'de görülmektedir. Elde edilen sonuçlara göre filamentlerin birleşmesi mesafesinin artırılmasının iplik kopma mukavemetini arttırdığı görülmüştür. Filamentlerin birleşme mesafesi değiştirilerek yapılan denemelerin mukavemet değerleri kabul edilebilir sınırlar içerisindedir.



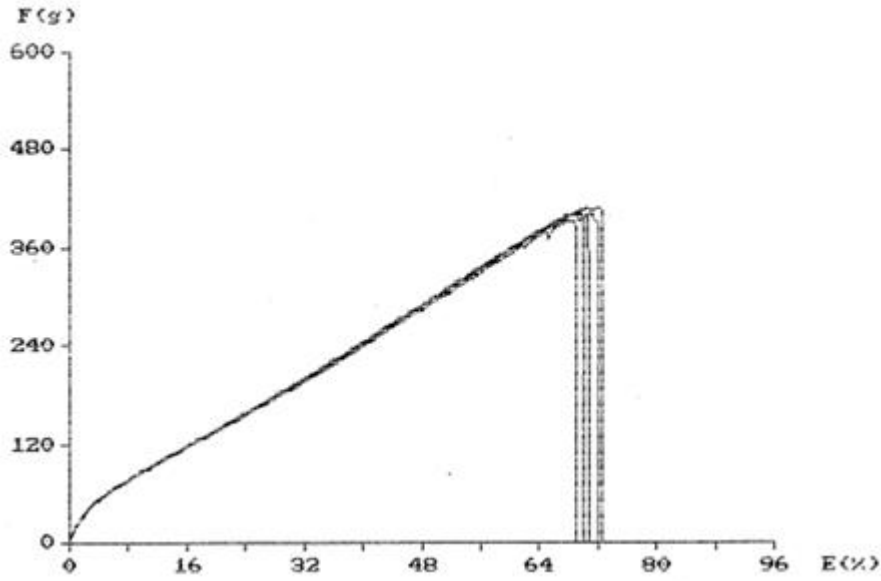
Şekil 7.13. Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik kopma mukavemetine etkisi

Öte yandan filamentlerin birleşme mesafesi arttıkça % kopma uzaması değerleri azalmaktadır (Şekil 7.14). Bu değişimin filamentlerin soğutma havasına maruz kaldığı sürenin değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

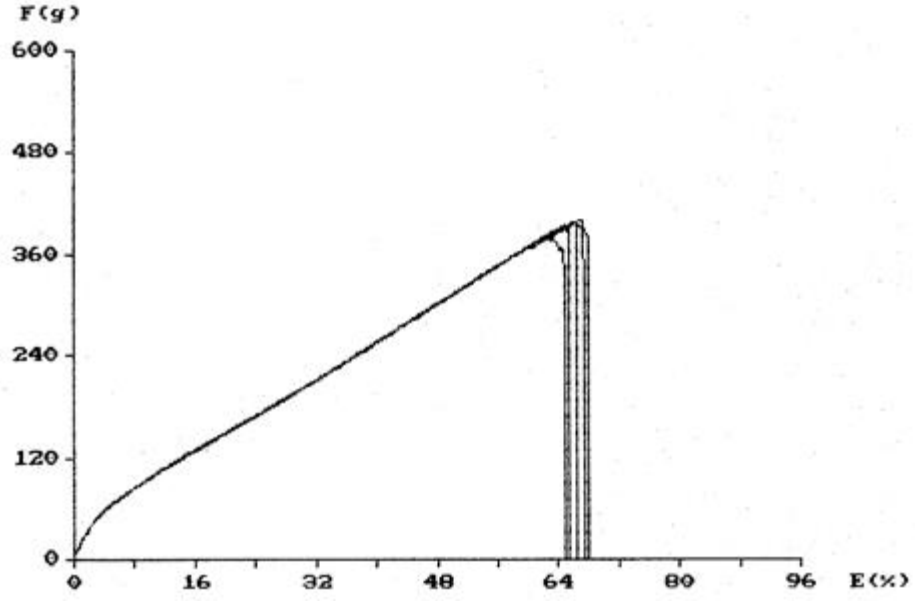


Şekil 7.14. Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik % kopma uzama değerine etkisi

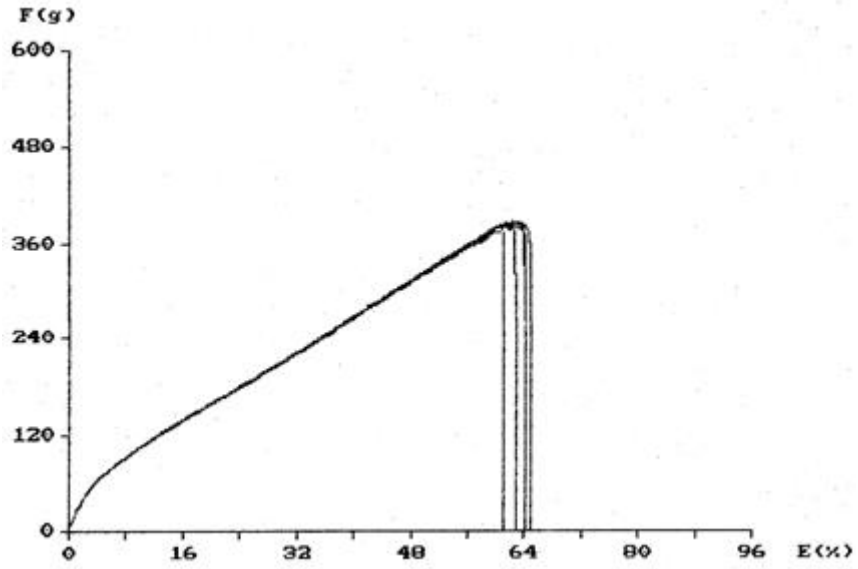
Söz konusu denemelerde elde edilen ipliklerin kuvvet-uzama eğrilerine örneklerde Şekil 7.15-7.17’de görülmektedir. Sunulan grafikler 6 pozisyonda üretilen herhangi bir bobine ait 5 adet test sonucuna örnektir.



Şekil 7.15. Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 85 cm)

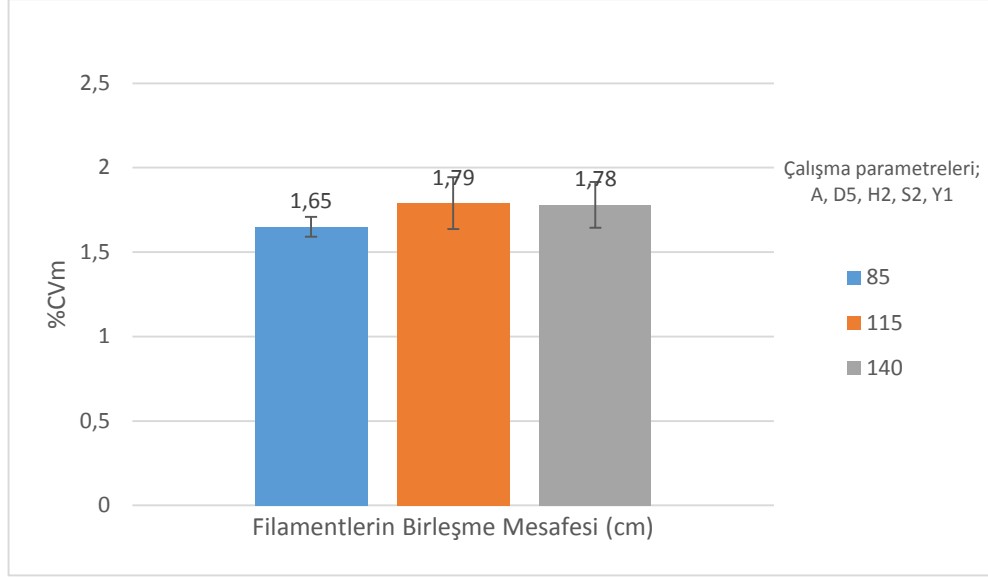


Şekil 7.16. Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 115 cm)



Şekil 7.17. Filamentlere ait kuvvet-uzama eğrisi (birleşme mesafesi 140 cm)

Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik düzgünsüzlüğüne etkisi ise Şekil 7.18.'de görülmektedir.



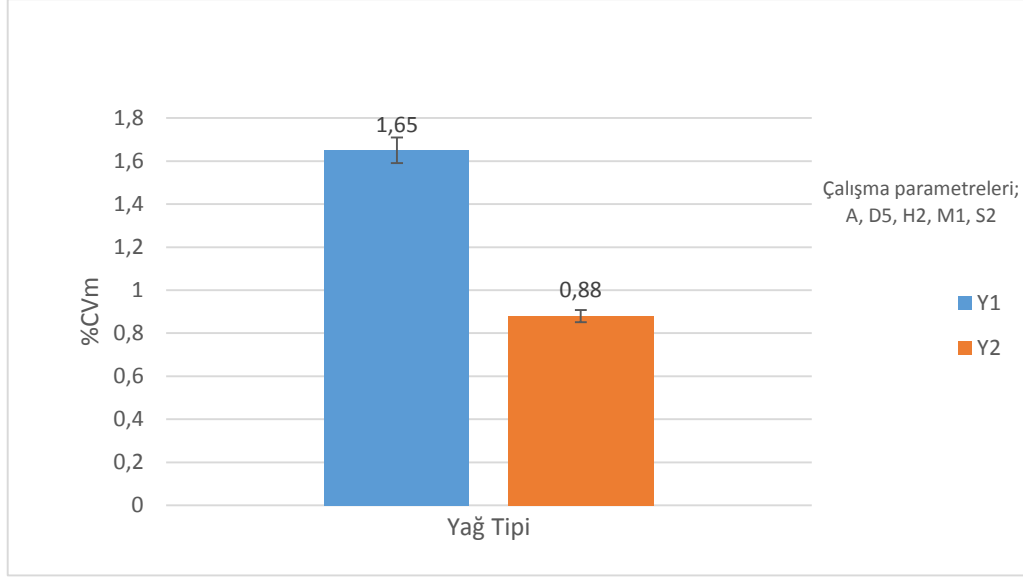
Şekil 7.18. Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik düzgünsüzlüğüne etkisi

Yukarıda yer alan sonuçlar filamentlerin birleşme mesafesinin en az olan mesafede, iplik düzgünsüzlüğünün en düşük olduğunu göstermektedir. Sonuçlar, birleşme mesafesi için en uygun parametrenin konvansiyonel olarak kullanılan 115 cm mesafesine göre azaltılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Öte yandan iplik düzgünsüzlüğünün doğrusal artış sergilememesi, bu özelliğin üretim parametrelerinden çok düze yapısı ve polimer molekül ağırlık dağılımıyla ilgili olduğu gerçeğiyle de izah edilebilir (Yıldırım 2007).

7.6. Farklı Yağ Çeşidinin İplik Özelliklerine Etkisi

POY spin finish yağının değişmesi büyük ölçüde iplik düzgünsüzlüğü değerini etkilemektedir. Yağ değişiminin, iplik düzgünsüzlüğüne etkisi Şekil 7.19.'da görülmektedir.



Şekil 7.19. Yağ tipinin iplik düzgünlüğüne etkisi

İplik sürtünme test sonuçları Çizelge 7.2.'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde iplik üzerindeki yağın iplik sürtünme katsayısını arttırdığı, farklı yağlarla farklı sürtünme katsayılarının elde edildiği görülmüştür. Y1 ve Y2 yağı ile yapılan üretimlere ait Zweigle F-metre test grafiği ise Ekler bölümünde (Şekil 8-10) verilmiştir.

Çizelge 7.2. POY spin finish yağının iplik sürtünme katsayısına etkileri

	İplik Sürtünme Katsayısı	CV %
Y1	0,14	29,79
Y2	0,22	13,39
Yağsız	0,06	85,69

İki farklı yağ ve yağsız yapılan denemelerde iplik düzgünlüğünün Y2 yağı ile daha iyi olduğu görülmektedir (Çizelge 7.3). Aynı oranda, aynı yağ konsantrasyonunda (%10) denemesi yapılan bu çalışmada yağın iplik düzgünlüğü üzerinde etkisi gözlenmiştir.

Çizelge 7.3. İki farklı yağ ve yağsız yapılan testlerde elde edilen iplik düzgünlüğü sonuçları

	%CVm
Y1	1,46
Y2	1,09
Yağsız	1,52

Söz konusu testlerde elde edilen ipliklere ait düzgünlük kütle diyagramları ise Ekler bölümünde (Şekil 11-13) verilmiştir. Bu çalışma sonucunda Y2 yağı optimum yağ olarak belirlenmiştir.

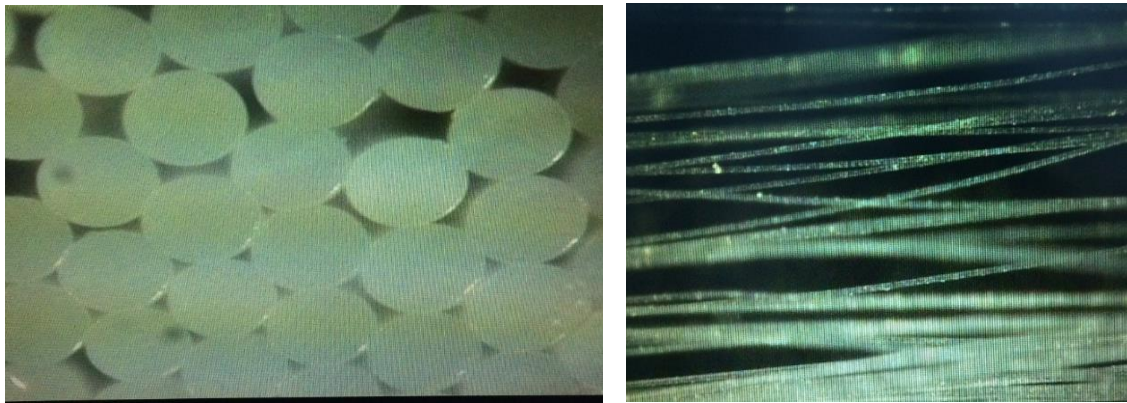
Sonuç olarak; yukarıda sunulan bölümde incelenen üretim parametrelerinin iplik özelliklerine etkileri doğrultusunda belirlenen çalışma parametreleri şu şekilde özetlenebilir (Çizelge 7.4):

Çizelge 7.4. Çalışmalar sonucu belirlenen parametreler

No	İncelenen Parametre	Kod	Belirlenen Parametre
1	PA6 Relativ Viskozitesi	A	2,47
2	Düze Konfigürasyonu	D5	20 cc 177-250 μ , 90cc 250-350 μ , 5 ve 4 Katlı Filtre
3	Üretim Hızı (m/dk)	H2	4000
4	Quench Hava Hızı (m/sn)	S2	0,5
5	Filamentlerin Birleşme Mesafesi (cm)	M1	85 cm
6	Yağ Tipi	Y2	Polialkilen glkol eterler ve modifiye edilmiş etoksile yağ alkolü karışımı

7.7. POY Filament Enine Kesit ve Yüzey Görüntüleri

Bu bölümde ayrıca yukarıda belirlenen parametrelerde üretimi yapılan 98 dtex f68 PA6 POY enine kesit ve yüzey görüntüsü yer almaktadır (Şekil 7.20).



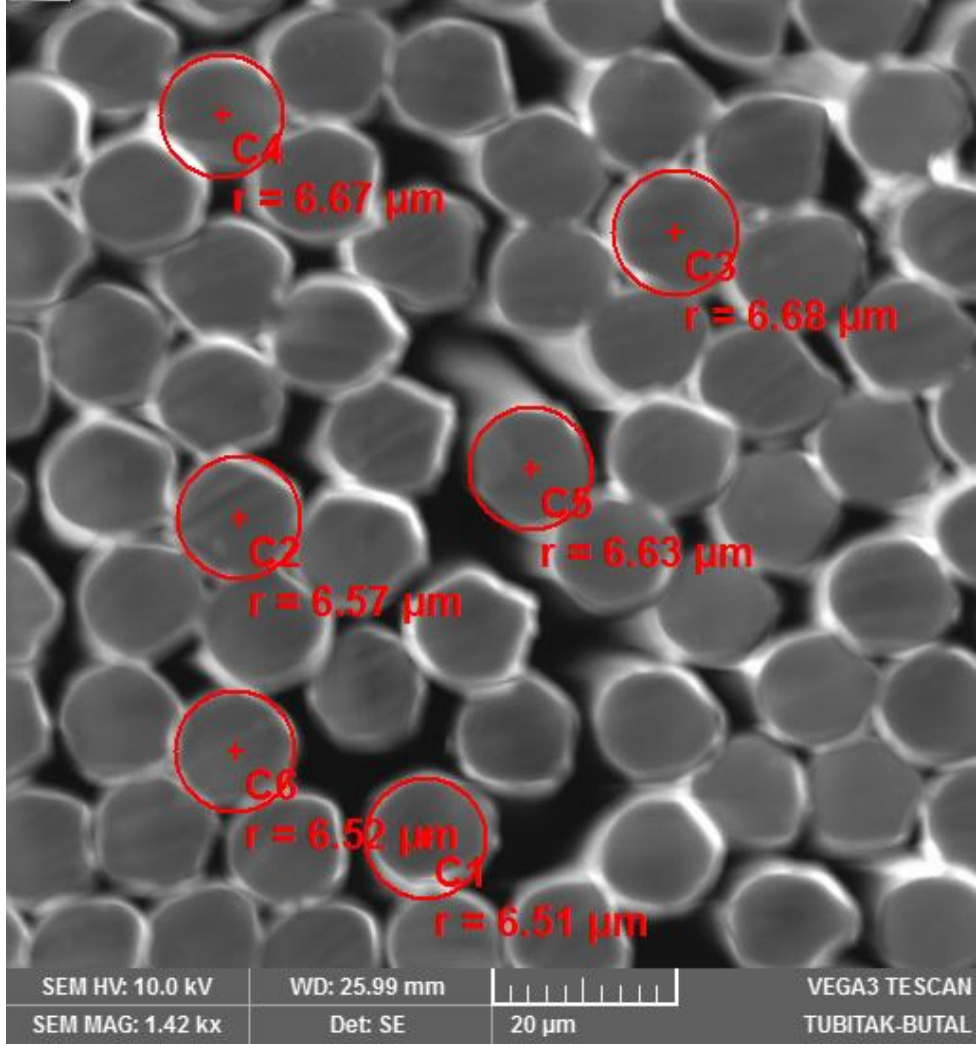
Şekil 7.20. PA6 POY multifilament ipliğin kesit ve yüzey görüntüsü

7.8. POY Filament İncelikleri

Bu bölümde üretimi yapılan POY incelikleri hem SEM analizi ile hem de doğrusal yoğunluk tayini ile incelenmiştir. Yapılan SEM analizlerinin sonucu Çizelge 7.5.'de verilmektedir. Bu sunulan çalışmada sonuçlar POY olarak üretilen filamentlerin ortalama 13,2 µm çapa sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Şekil 7.21). İlave olarak nominal 98 dtex f68 POY'a ait filamentlerin doğrusal yoğunlukları analiz edildiğinde elde edilen sonuçlar Çizelge 7.6.'da görülmektedir. Bu sonuçlar ipliği oluşturan tek bir filamentin inceliğinin 1,27 dpf (1,41 dtex) olduğunu göstermektedir.

Çizelge 7.5. SEM ile incelik analiz test sonuçları

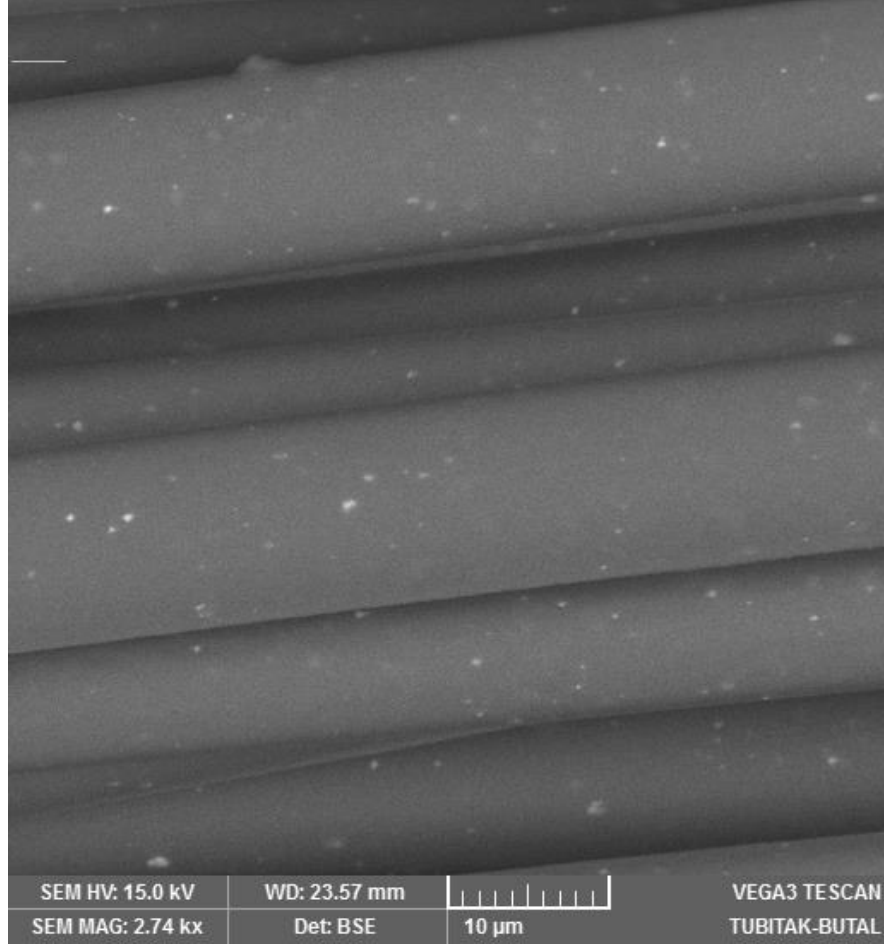
Ortalama lif yarıçapı (µm)	6,60
Maksimum değer (µm)	6,68
Minimum değer (µm)	6,51
Standart sapma (µm)	±0,07



Şekil 7.21. POY multifilament ipliklere ait enine kesit SEM görüntüsü ve lif incelikleri

Çizelge 7.6. İpliği oluşturan filamentlerin incelik değerleri

	Ort. (denye)	Ort. (dtex)	%CV
POY Filament inceliği	1,2705	1,41	0,766



Şekil 7.22. POY multifilament ipliğin yüzey SEM görüntüsü

Bu bölümde sunulan sonuçlar istenilen incelikte filament üretiminin gerçekleştiğini göstermektedir.

7.9. Tekstüre İşlemi ve Tekstüre İplik Sonuçları

Çalışmada üretilen POY ipliklerin tekstüre işlemi sonrası özellikleri bu bölümde özetlenmektedir. Çalışma kapsamında tekstüre iplik üretimine ait çalışma parametreleri aşağıda yer almaktadır (Çizelge 7.7). Üretimi yapılan tekstüre makinasına ait söz konusu parametreler çalışmanın 3.bölümünde yer alan Şekil 3.5.'de verilen gösterim üzerinde belirtilmiştir. Sunulan çalışmanın ilk bölümünde üretilen 98 dtex f68 (88 denye 68 filament) PA6 POY ipliğin tekstüre edilmesi sonucu elde edilen 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) iplik test sonuçları ise Çizelge 7.8.'de sunulmaktadır. Detaylı test sonuçları tablosu Ekler bölümünde (Tablo 11) verilmiştir. 6 adet bobine ait test sonuçları Çizelge 7.8.'de görülmektedir.

Çizelge 7.7. Tekstüre parametreleri

Parametreler	
İplik Tipi	78 dtex f68 PA6 Soft İMG Ekru
Makine Hızı (m/dk)	600 m/dk
Makine Çekimi (W2/W1)	1,2
W4 (%)	5%
W5 (°)	26°
D/Y	2,1
T1 (°C)	190°C
Hava Basıncı (Bar)	1 Bar
Disk Tipi	Seramik
Disk Konfigürasyonu	1-6-1
Açıklama: W1: Besleme hızı, W2: Çekim hızı, W4: Sarım besleme hızı, W5: Sarım açısı, T1: Fırın sıcaklığı, D/Y: Disk hızı/iplik hızı	

Çizelge 7.8. 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) PA6 tekstüre iplik fiziksel test sonuçları

İplik Özellikleri	70/68/1 PA6 Soft İMG Ekru	%CV
İncelik (denye)	72	0,97
Kopma Mukavemeti (g/denye)	4,0	2,24
K.Elastikiyeti (%)	25,7	4,15
Hatra Krimp (%)	39,7	-
İMG Sayısı (adet/m)	107	-

8. SONUÇ

Bu çalışmada poliamid 6 polimerinden 78 dtex f68 (70 denye 68 filament) yalancı büküm tekstüre iplik üretimi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda öncelikle 98 dtex f68 (88 denye 68 filament) poliamid 6 POY üretimi esas alınmıştır. Söz konusu POY üretiminin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için kritik üretim parametreleri incelenmiş ve optimum POY üretim koşulları belirlenmiştir.

Çalışmada öncelikle iki farklı viskoziteye sahip hammadde ile üretimler yapılmıştır. Yüksek viskozite ile yapılan üretimlerde kalitenin yanı sıra, POY ve tekstüre işletmesinde makine randımanlarının düştüğü; tam bobin miktarının da azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak mikrofilamente yakın üretimlerde konvansiyonel üretimde kullanılan hammaddeye kıyasla daha düşük viskoziteli hammadde kullanmanın olumlu etkileri görülmüştür.

Çalışmada ayrıca POY üretiminde en önemli noktalardan biri olan düze konfigürasyonu için 5 farklı konfigürasyonla üretim yapılmış ve optimum düze kum konfigürasyonun; düze değişim süresi ile doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmıştır. Hedeflenen incelikte filament üretiminin başarıyla gerçekleştirilebildiği optimum düze konfigürasyonu belirlenmiştir. Ayrıca uygun olmayan bir düze konfigürasyonunun filament ve iplik kopuşlarını arttırdığı, dolayısıyla düze kum konfigürasyonunun verimli ve kaliteli üretim için önemi gözlenmiştir.

Mikrofilamente yakın incelikte poliamid 6 POY üretiminde, konvansiyonel üretim ile aynı hızla üretim yapılmasının; filament ayrılmalarını, iplik kopuşlarını, iplik düzgünsüzlüğünü arttırdığı görülmüştür. Söz konusu ipliklerin üretiminde üretim hızının, konvansiyonel üretimlere göre azaltılması gerektiği tespit edilmiştir. Sarım hızının artmasıyla iplik yapısındaki oryantasyonun arttığı, dolayısıyla ipliğin kopma uzaması değerinin düştüğünü, kristalinite oranının sarım hızı değişiminden etkilendiği ve sarım hızının artmasıyla kristalinite oranının arttığı düşünülmektedir. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlarda üretim hızının artışıyla iplik kopma mukavemetinin arttığı ve kopma uzamasının azaldığı görülmüştür.

Soğutma (quench) hava hızı değişimlerinin; iplik soğumasını yani iplik oryantasyonunu değiştirdiği düşünülmektedir. Soğutma hava hızının artırılması halinde lif mukavemeti düşerken, uzama oranının arttığı gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar mikrofilamente yakın POY üretimi için soğutma (quench) hava hızının konvansiyonel üretimlerde kullanılan soğutma (quench) hava hızına göre azaltılması gerektiğini

göstermektedir. Filament inceliği azaldığı için konvansiyonel üretim parametresinde soğuma düzensiz ve ani olmuş; bu durum iplik düzgünsüzlük test sonuçlarını da yansıtmıştır.

Çalışmada ayrıca POY filamentlerin birleşme mesafesinin artırılmasının kopma mukavemetini arttırdığı görülmüştür. Öte yandan filamentlerin birleşme mesafesi azaldıkça % kopma uzaması değerleri artmaktadır. Bu değişimlerin filamentlerin soğutma havasına maruz kaldığı sürenin değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Filamentlerin birleşme mesafesinin iplik düzgünsüzlüğünü etkilediği de gözlenmiştir. Tüm iplik üretimine göre değişkenler göz önüne alındığında, mikrofilament üretiminde; konvansiyonel filament birleşme mesafesine göre düzeye daha yakın olması gerektiği anlaşılmıştır.

Çalışmada POY üretiminde optimum parametrelerin belirlenmesinin ardından yalancı büküm tekstüre iplik üretimleri de yapılmış ve nihai hedef olarak belirlenmiş olan nominal (78 dtex f68 (70 denye 68 filament)) tekstüre iplik üretimi gerçekleştirilmiştir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2009). BISFA, Terminology of man-made fibres.
- Anonim (2013). Fiber&Filament, 31 p.
- Anonim (2015). Information on Man-made Fibres, CIRFS European Man-made Fibres Association.
- Anonim (2015). <http://www.polyspintex.cmo%2Feducation%2Ffalse-twist-texturing>
- Atkinson C (2012). False Twist Textured Yarns principles, processes and applications. Woodhead Publishing Limited, 197 p, USA.
- Babaarslan O, Kaynak H (2010). Filament İnceliğinin Mikrolif Örgü Spor Giyisiliklerinin Performans Özelliklerine Etkisinin Araştırılması. The Journal of Textiles and Engineers, 83: 38-46.
- Babarslan O, Özkan S (2010). İplik Kesitindeki Filament Sayısının Filament ve Tekstüre İpliklerin Özellikleri Üzerindeki Etkisi. Tekstil ve Konfeksiyon, 1: 17-22 s.
- Başer İ (2002). Elyaf Bilgisi. Marmara Üniversitesi, 179 s, İstanbul.
- Cook JG (2001). Hand Book Of Textile Fibres Vol-II-Man-Made Fibres, Woodhead Publishing Limited.
- Demir A (2006). Sentetik Filament İplik Üretim Ve Tekstüre Teknolojileri, 455 s, İstanbul.
- Demiröz A, Demircan B, Şevkan A (2011). Mikroliflerin Üretim Yöntemleri, Özellikleri ve Kullanım Alanları. Tekstil ve Mühendis, 83: 38-46 s.
- Dutta A (1987), Role of Air Profiles in Multifilament Melt Spinning Melt Spinning of PET Fibers, Textile Research Journal, 13-19 p.
- Hearle JWS, Hollick L, Wilson DK (2001). Yarn Texturing Technology, Woodhead Publishing, 300 p, England.
- Jerg G, Baumann J (1990). Polyester Microfibers: A New Generation of Fabrics, Ciba-Geigy Ltd., 22:12-14 p, Switzerland.
- Jia J, Yao D, Wang Y. (2014). Melt Spinning of Continuous Fibers by Cold Attenuation I: Experimental Studies, Textile Research Journal, 84: 593-603 p.
- Kim SL (1986). Effects of Spinning Speed and Quench Air Temperature on the Characteristics Of Melt Spun Poly (Ethylene Terephthalate) Yarn, Textile Research Journal, 697-704 p.
- Kothari, VK (2000). Progress in Textiles: Science and Technology, Volume 2, Textile Fibers: Developments and Innovations”, IAFL, 37-154 p, İndia.

- McIntyre JE (2005). *Synthetic Fibers: Nylon, Polyester, Acrylic, Polyolefin*, Woodhead Publishing, 300 p, USA.
- Nakajima T (1996). *Advanced fiber spinning technology*, Woodhead Publishing Limited, England.
- Özkan S (2008). *Filament Kesit Şeklinin, Sayısının Ve Lineer Yoğunluğunun POY ve Tekstüre İplik Özelliklerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Purane SV, Panigrahi NR (2007). *Microfibres, Microfilaments & Their Applications*, *Autex Research Journal*, 7:148-158 p.
- Postman W (1980). *Spin Finishes Explained*, *Textile Research Journal*, 444-453 p.
- Southern JH, Nunning WJ, Miller W (1992). *Polymer Modifications for Improved Textured Nylon 66 Yarns and Processes*, *Textile Research Journal*, 437-444 p.
- Varma DS, Cameotra SS (1973). *Effect of Draw Ratio on Moisture Sorption, Dyeability and Mechanical Properties of Cold-Drawn Nylon 6 Filament*, *Textile Research Journal*, 745-747 p.
- Wilhelm S, Stephan W, Gries T, Seide G, Roth G (2012) *Modification of the Mechanical Properties, Of Polyamide 6 Multifilaments in High-speed Melt Spinning with Nano Silicates*, *Textile Research Journal*, 82: 1847-1858.
- Yıldırım K, Altun S, Ulcay Y (2011), *DSC Analysis of Partially (POY) Textured Poly (Ethylene Terephthalate) Yarns*, *Research Journal of Chemical Sciences*, 1(9):57-66 s.
- Yıldırım K, Ulcay Y, Kopmaz O (2010), *Forming Regression-based Mathematical Models to Predict PET POY Yarn Properties in the Case of Changing Production Parameters*, *Textile Research Journal*, 411-421 p.
- Yıldırım K (2007). *PET İpliğinde Kristalinite Oranını Etkileyen Faktörlerin Etki Derecelerinin Tespiti*, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

EKLER

EK 1

Tablo 1: 3800 m/dk üretim hız denemesi test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,9	4,2	2,1	64,7	1,6	1,06	1,32	0
2	89	4,4	2,8	69,9	2,2	1,4	1,82	0
3	89,1	4,4	1,9	68,8	3,9	1,98	2,45	0
4	88,8	4,3	2,7	67,1	1,6	1,97	2,37	0
5	89,3	4,2	1,3	67,9	3,1	0,98	1,24	0
Ort.	89,02	4,3	2,16	67,68	2,48	1,48	1,84	0

Tablo 2: 4200 m/dk üretim hız denemesi test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,6	4,3	1,8	62,6	2,1	1,27	1,55	3
2	88,4	4,7	1,5	67	2	1,02	1,27	7
3	88,6	4,5	1,8	66,9	1,6	0,93	1,17	23
4	88,6	4,5	2,5	66,9	2,9	2,41	3,1	12
5	88,7	4,5	0,5	64,6	0,5	1,6	2,07	65
6	88,9	4,3	1,5	66,4	1,7	1,4	1,71	5
Ort.	88,63	4,47	1,6	65,73	1,8	1,44	1,81	19,1

Tablo 3: Soğutma (quench) hava hızı (0,2 m/s) test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,3	4,3	1,9	65,6	1,2	3,99	4,44	0
2	86,8	4,5	3,5	66,1	3,2	2,25	2,85	0
3	88,9	4,7	2,2	69,1	2,7	2,35	2,82	0
4	90,4	4,5	2,7	66,9	3,3	2,93	3,41	0
5	87,8	4,7	3,1	65,6	3,3	1,73	2,1	0
6	87,9	4,5	2,8	66,4	2,6	2,06	2,59	0
Ort.	88,35	4,53	2,7	66,62	2,72	2,55	3,04	0

Tablo 4: Soğutma (quench) hava hızı (0,7 m/s) test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,9	4,1	1,7	67,5	2,3	1,6	2,06	0
2	88	4,1	3,1	69,6	3,5	1,42	1,81	0
3	88,8	4,2	3,4	67,2	3,8	1,53	2,18	0
4	89,2	4,1	4,4	70,1	5,4	1,99	2,42	0
5	88,7	4,3	0,4	66	0,9	2,62	3,36	0
6	89,4	4,2	1,9	68,5	2	1,29	1,64	0
Ort.	88,83	4,17	2,48	68,15	2,98	1,74	2,25	0

Tablo 5: Filamentlerin toplanma mesafesi (115 cm) test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	87,6	4,3	0,9	63,1	0,8	1,97	2,35	0
2	88,3	4,5	3,5	64,6	3,9	1,06	1,31	0
3	89,1	4,4	2,1	65,3	2,6	1,05	1,28	0
4	88,6	4,5	2,5	66,2	2,6	1,86	2,2	0
5	88	4,36	1,8	65,5	2	1,7	2,04	0
6	88,8	4,4	2,4	63,5	2,3	1,2	1,53	0
Ort.	88,4	4,41	2,2	64,7	2,37	1,47	1,79	0

Tablo 6: Filamentlerin toplanma mesafesi (140 cm) test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	87,5	4,5	1,3	61,8	1,5	1,62	2	0
2	89	4,5	1,1	62,2	1,2	0,8	1,01	0
3	88,8	4,4	0,6	65,1	0,7	1,13	1,4	0
4	87,4	4,3	1,1	62,2	1,8	1,72	2,25	0
5	88,2	4,52	2	62,8	1,6	1,89	2,39	0
6	88,9	4,5	1,7	63,4	1,8	1,29	1,6	0
Ort.	88,3	4,45	1,3	62,92	1,43	1,41	1,78	0

Tablo 7 : Üretim hızı 4000 m/dk, soğutma (quençh) hava hızı 0,5 m/sn, filamentlerin toplanma mesafesi 85 cm, Y1 yağı ile yapılan denemenin test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,2	4,3	1,8	64,7	2,3	1,38	1,74	0
2	88,3	4,3	1,5	68,1	3,5	1,09	1,37	0
3	88,5	4,5	3,3	69,2	2,4	1,28	1,6	0
4	88,5	4,4	0,4	68,7	2,2	1,6	1,99	0
5	88,3	4,4	2,4	67,1	1,9	1,26	1,62	0
6	88,2	4,3	1,6	67,5	0,7	1,24	1,59	0
Ort.	88,33	4,36	1,83	67,55	2,17	1,31	1,65	0

Tablo 8: 98 dtex (88 denye) f68 Konvansiyonel üretim test sonuçları

Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,4	4,6	0,7	65,4	3,1	0,76	0,94	0
2	88,3	4,5	2,7	64,9	3,1	0,7	0,86	0
3	88,6	4,7	1,5	65,3	2,4	0,7	0,86	0
4	88,3	4,7	1,5	67,5	1,9	0,79	1,07	0
5	87,9	4,6	2,5	63,4	1	0,79	0,99	0
6	88,5	4,7	2,2	66,6	2,8	0,67	0,85	0
Ort.	88,33	4,63	1,85	65,52	2,38	0,74	0,93	0

Tablo 9: Üretim hızı 4000 m/dk, soğutma (quençh) hava hızı 0,5 m/sn, filamentlerin toplanma mesafesi 85 cm, Y2 yağı

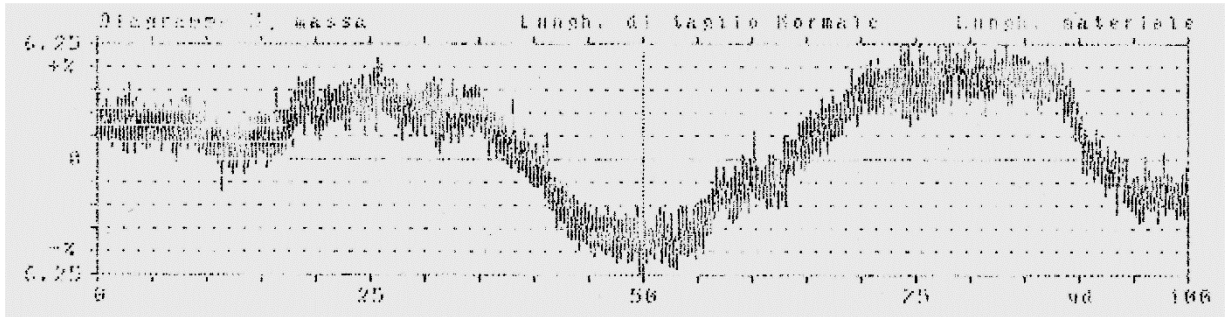
Poz.No	Denye	K.Muk. (g/denye)	K.Muk. % CV	K.Uzama (%)	K.Uzama % CV	%Um	%CVm	Elkometer Test Hata/10000 mt
1	88,6	4,4	2,4	67,1	2,5	0,71	0,89	0
2	88,6	4,4	2,3	70,1	2,3	0,68	0,84	0
3	89,1	4,3	2,5	67,7	3,1	0,73	0,92	0
4	88,6	4,4	3,3	68,4	3,3	0,64	0,8	0
5	87,9	4,5	3,2	68,4	3,8	0,63	0,8	0
6	88,1	4,5	2,2	70,3	3,8	0,83	1,06	0
Ort.	88,48	4,41	2,65	68,6	3,13	0,7	0,88	0

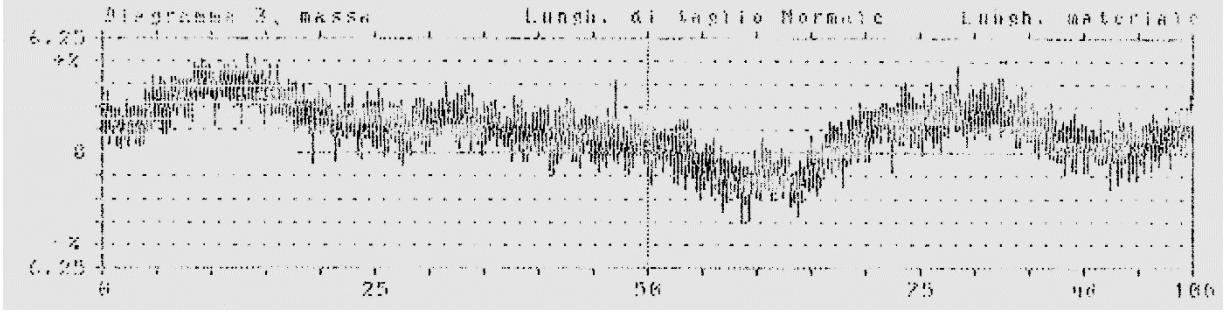
Tablo 10: Üretimi yapılan POY ipliği oluşturan filamentlere ait bireysel incelik sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Ort.	%CV
POY Filament Denyesi	1,26	1,26	1,27	1,28	1,28	1,24	1,28	1,26	1,28	1,27	1,27	1,28	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,28	1,28	1,27	1,2705	0,766

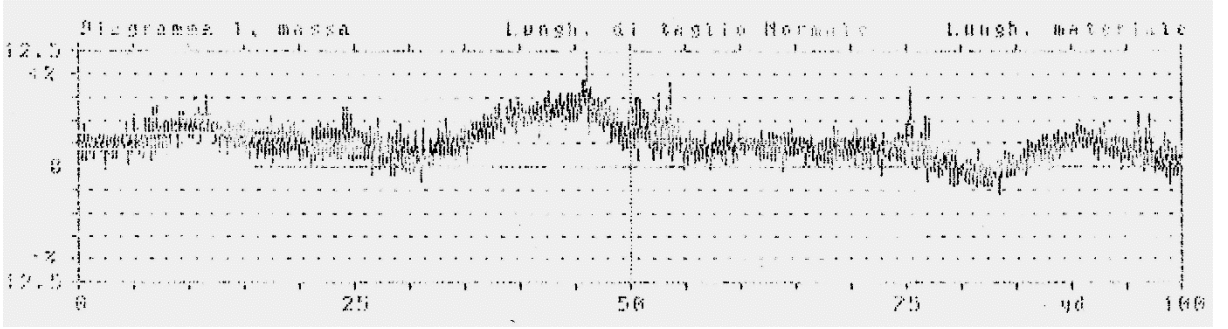
Tablo 11: Üretimi yapılan 78 dtex (70 denye) f68 PA6 tekstüre ipliklerin fiziksel test sonuçları

NO	BÜKÜM YÖNÜ	FINAL (Denye)	K.MUK. (g/den)	K.MUK. % CV	K.UZAMASI (%)	K.UZAMASI % CV	IMG/m	HATRA CRIMP (%)
1	S	71,2	4,1	2,0	25,7	2,2	101	40,5
2	Z	71,7	4,1	3,1	26,9	2,8	112	40,9
3	S	72,0	3,9	1,0	25,2	1,7	115	41,5
4	Z	71,4	4,0	2,3	24,5	1,9	105	39,0
5	S	72,4	3,9	2,7	26,4	2,4	118	42,2
6	Z	73,1	4,0	1,2	24,2	2,7	111	39,4
ORTALAMA		72,0	4,0	2,1	25,5	2,3	110	40,6
CV %		0,97	2,24	-	4,15	-	5,72	3,0

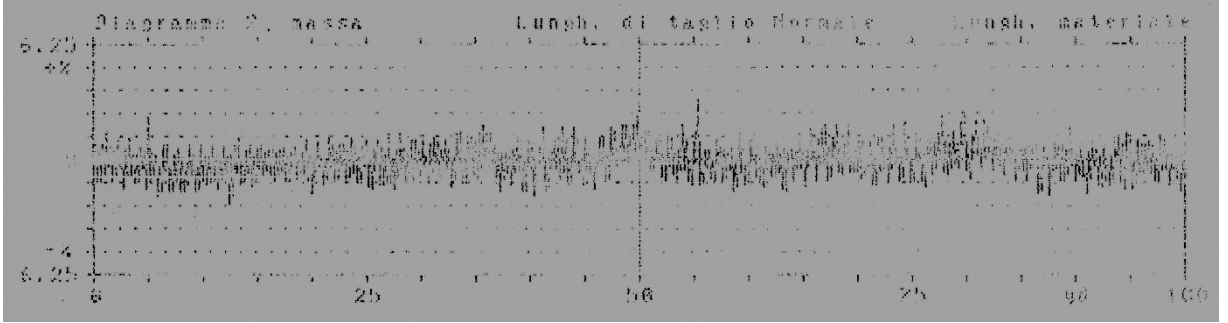
**Şekil 1.** İplik düzensizliği kütle diyagramı (0,2 m/sn)



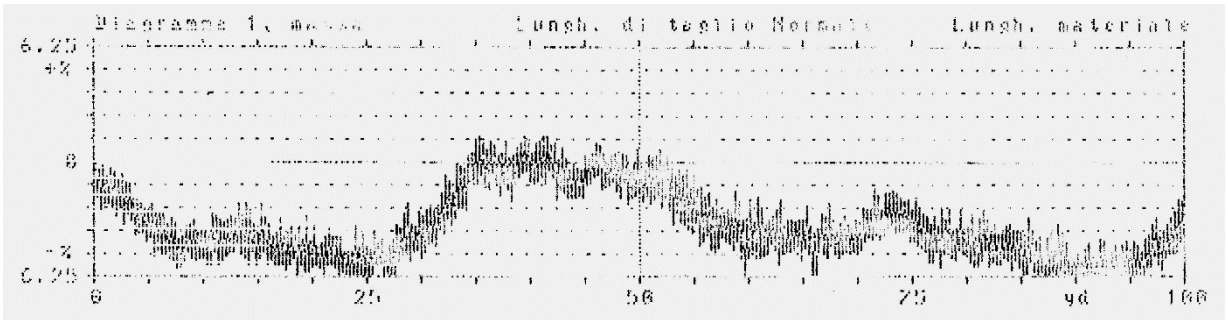
Şekil 2. İplik düzgünlüğü kütle diyagramı (0,5 m/sn)



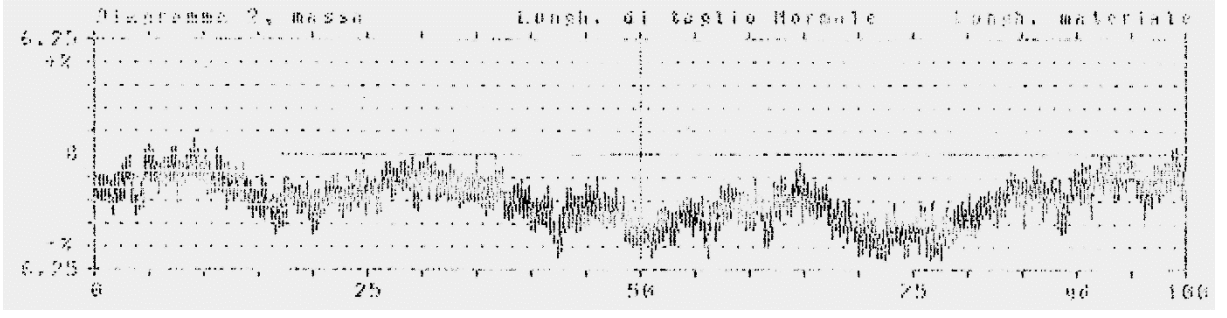
Şekil 3. İplik düzgünlüğü kütle diyagramı (0,7 m/sn)



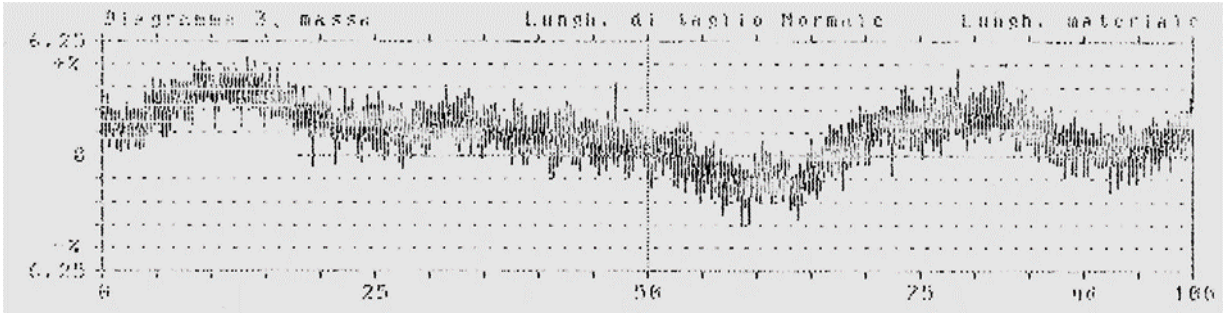
Şekil 4. 98 dtex f24 İpliğin kütle diyagramına örnek



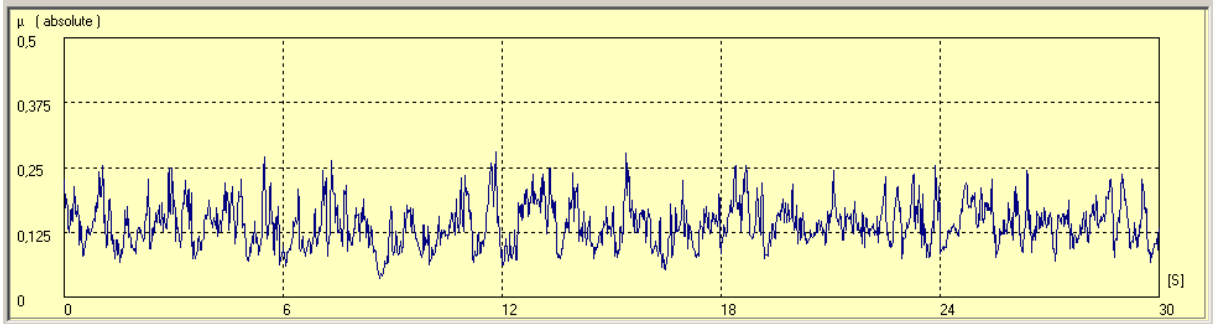
Şekil 5. İplik düzgünlüğü kütle diyagramına örnek (140 cm)



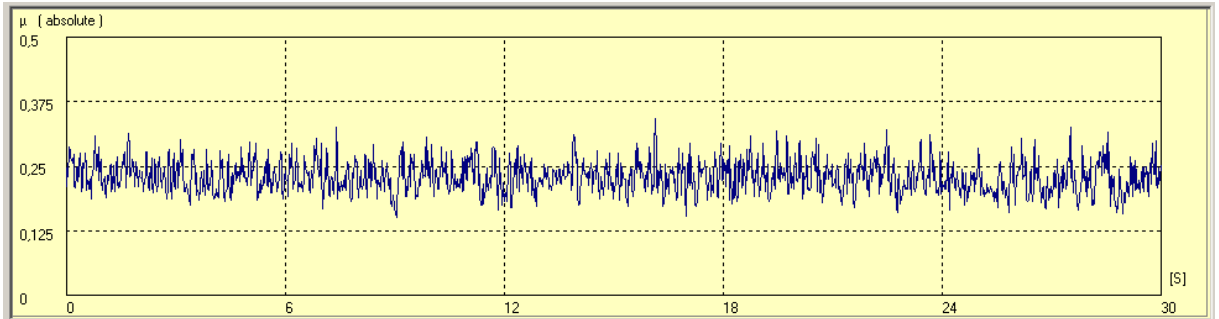
Şekil 6. İplik düzgünsüzlüğü kütle diyagramına örnek (115 cm)



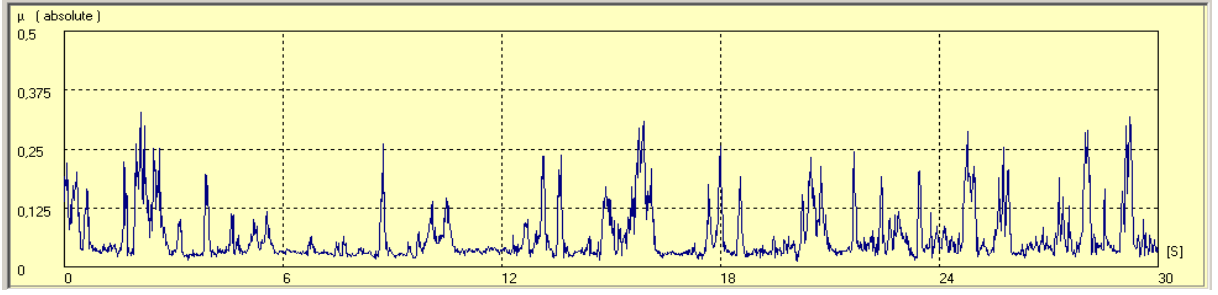
Şekil 7. İplik düzgünsüzlüğü kütle diyagramına örnek (85 cm)



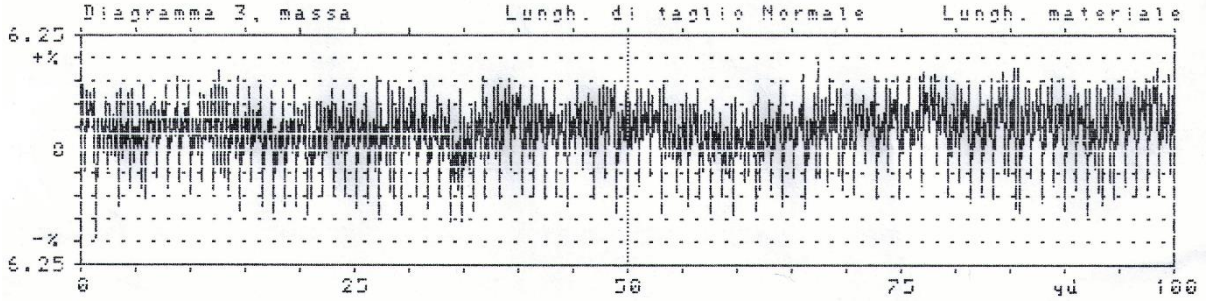
Şekil 8. Y1 Yağı ile yapılan denemeye ait iplik sürtünme grafiği



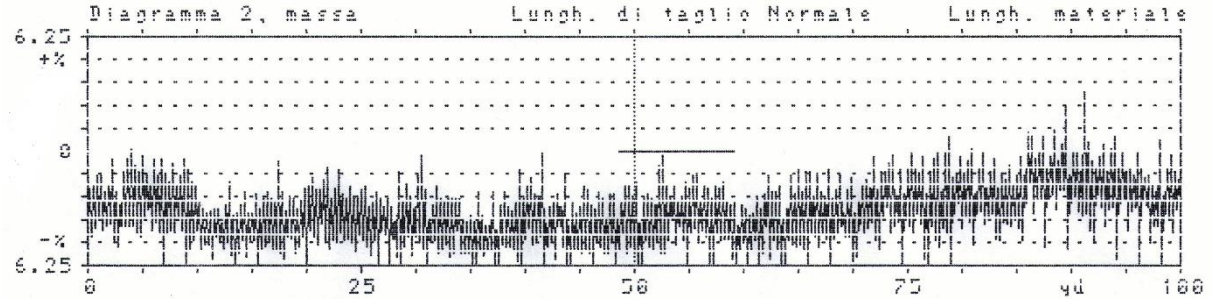
Şekil 9. Y2 Yağı ile yapılan denemeye ait iplik sürtünme grafiği



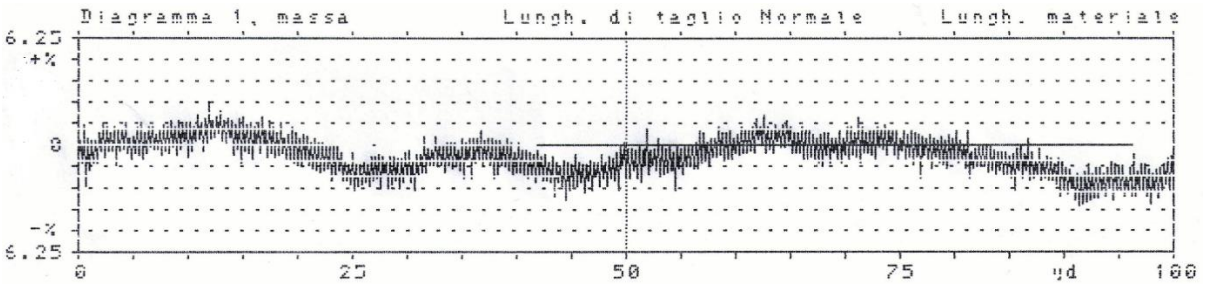
Şekil 10. Yağsız yapılan denemeye ait iplik sürtünme grafiği



Şekil 11. Yağsız denemeye ait iplik düzgünsüzlüğü kütle diyagramı



Şekil 12. Y1 Yağı ile yapılan ipliğe ait iplik düzgünsüzlüğü kütle diyagramı



Şekil 13. Y2 Yağı ile yapılan ipliğe ait iplik düzgünsüzlüğü kütle diyagramı

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Elazığ'da doğdu. Lise eğitimini Batman Fen Lisesi'nde tamamladı. 2011 yılında Çukurova Üniversitesi Tekstil Mühendisliği'nden mezun oldu. Çalışma hayatına Eurotex Nylon Yarns & Seamless Garment'da başladı. 2013 yılında Namık Kemal Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Eurotex Nylon Yarns & Seamless Garment kuruluşunda çalışmaya devam etmektedir.