



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK KOMPOZİTLERDE POLİESTER LİF TAKVİYESİNİN
KAUÇUĞA YAPIŞMA ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Serpil KORAL KOÇ

DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2008



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK KOMPOZİTLERDE POLİESTER LİF TAKVİYESİNİN
KAUÇUĞA YAPIŞMA ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Serpil KORAL KOÇ

Prof.Dr. Aslı HOCKENBERGER

(Danışman)

DOKTORA TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2008



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAUÇUK KOMPOZİTLERDE POLİESTER LİF TAKVİYESİNİN
KAUÇUĞA YAPIŞMA ÖZELLİKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Serpil KORAL KOÇ

DOKTORA TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 06/11/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/~~oy~~
~~çokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Aslı HOCKENBERGER

Danışman

Prof. Dr. H. Rifat ALPAY

Prof. Dr. Ali BAYRAM

Prof. Dr. Şükriye ÜLKÜ

Prof. Dr. Veli DENİZ

ÖZET

Bu çalışmada, poliester ipliklerin kauçuga yapışma davranışlarının hava-jetli tekstüre yöntemi kullanılarak geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma iki adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda konvansiyonel polietilen tereftalat (PET) iplikler hava-jetli tekstüre işlemine tabii tutulmuş ve bu işlemin ardından ipliklerin kauçuga yapışma davranışları incelenmiştir. Bu adımda gerçekleştirilen deneyler sonucunda tekstüre işlemi sonrasında konvansiyonel PET ipliklerin kauçuga yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiği gözlenmiştir. Birinci adımda olumlu sonuçlar elde edildiği için teknik alanlarda kullanılan poliester ipliklerinin kullanıldığı ikinci adıma geçilmiştir. İkinci adımda teknik poliester ipliklerin hava-jetli tekstüre işlemleri gerçekleştirildikten sonra bu ipliklerin kauçuga yapışma deneyleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar lif özellikleri ve iplik yapısı ile ilişkilendirilerek incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Poliester, hava-jetli tekstüre, lif takviyeli kauçuk kompozit, yapışma.

ABSTRACT

The aim of this study was to improve the adhesion behaviour of polyester yarns to rubber by air-jet texturing process. The study was performed in two steps. In the first step conventional poly(ethylene terephthalate) (PET) yarns were air-jet textured and their adhesion behaviour to rubber was investigated. As a result of these studies an improvement of the adhesion behaviour of conventional PET yarns to rubber was achieved. In the second step of the study, air-jet texturing of technical polyester yarns and their adhesion to rubber tests were carried out. The results of the adhesion tests were investigated by means of the fiber properties and the yarn structure.

Key Words: Polyester, air-jet texturing, fiber reinforced rubber composite, adhesion.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEZ ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
SİMGELER DİZİNİ	xii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1.Poliester Lifleri	3
2.2.Hava-jetli Tekstüre Yöntemi	11
2.3.Malzemelerin Yüzey Özellikleri	21
2.3.1.Malzemelere uygulanan yüzey modifikasyonları	25
2.3.2.Malzemelerin yapışma davranışları	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1.Materyal	29
3.1.1.Çalışmanın birinci adımında kullanılan materyaller	29
3.1.2.Çalışmanın ikinci adımında kullanılan materyaller	30
3.2.Yöntem	31
3.2.1.Fourier transform infrared spektrometresi analizleri	31
3.2.2.Diferansiyel taramalı kalorimetre analizleri	32
3.2.3.Çekme deneyleri	32
3.2.4.Hava-jetli tekstüre çalışmaları	33
3.2.5.Optik mikroskop deneyleri	37
3.2.6.Elektron tarama mikroskobu çalışmaları	37
3.2.7.Atomik kuvvet mikroskobu çalışmaları	38
3.2.8.Temas açısı ölçümleri ve dinamik adsorpsiyon analizleri	39
3.2.9.Çevresel elektron tarama mikroskobu çalışmaları	41
3.2.10.X-ışını çalışmaları	42

3.2.11.Kauçuğa yapışma deneyleri	42
3.2.12.Katı miktarı testi	44
4.ARAşTIRMA SONUÇLARI VE TARTIşMA	45
4.1.Çalışmanın Birinci Adımında Gerçekleştirilen Deneylerin Sonuçları	45
4.1.1.Çekme deneylerinin sonuçları	45
4.1.2.Optik mikroskop ve dinamik adsorpsiyon deneylerinin sonuçları	46
4.1.3.SEM, AKM ve dinamik temas açısı ölçümlerinin sonuçları	48
4.1.4.Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları	52
4.2.Çalışmanın ikinci adımında gerçekteştirilen deneylerin sonuçları	52
4.2.1.FTIR analizlerinin sonuçları	52
4.2.2.DSC analizlerinin sonuçları	54
4.2.3.Çekme deneylerinin sonuçları	55
4.2.3.1.Liflere uygulanan çekme deneylerinin sonuçları	55
4.2.3.2.İpliklere uygulanan çekme deneylerinin sonuçları	58
4.2.4.Optik mikroskop deneylerinin sonuçları	62
4.2.5.SEM, AKM ve ESEM çalışmalarının sonuçları	69
4.2.6.X-ışını deneylerinin sonuçları	81
4.2.7.Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları	86
5.SONUÇ	98
KAYNAKLAR	101
TEşEKKÜR	
ÖZGEÇMİş	

KISALTMALAR DİZİNİ

- AKM- Atomik kuvvet mikroskobu
DMT- Dimetil tereftalat
DSC- Diferansiyel taramalı kalorimetre
DSPET-Boyutsal kararlı polietilen tereftalat
EG-Etilen glikol
ESEM-Çevresel elektron tarama mikroskobu
FDY-Tam çekimli iplik
FTIR-Fourier transform infrared spektrometresi
HTPET- Yüksek dayanımlı polietilen tereftalat
PEN- Polietilen naftalat
PET-Polietilen tereftalat
LCP-Sıvı kristalin polimerler
POY-Ön/kısmen yönlenmiş iplik
RFL-Resorsinol-formaldehit-lateks
SEM- Elektron tarama mikroskobu
SSIMS-Statik ikincil iyon kütle spektroskopisi
STM-Taramalı tünelleme mikroskobu
TPA-Tereftalik asit
XPS- X-ışın fotoelektron spektroskopisi

ÇİZELGELER DİZİNİ**Sayfa**

Çizelge 2.1. Çekim oranına bağlı olarak filament ipliklerin isimlendirilmesi	5
Çizelge 2.2. 3200m/dk ve 5000m/dk sarım hızlarında üretilen PET filamentlerinin özellikleri	6
Çizelge 2.3. Konvansiyonel PET, HTPET ve DSPET ipliklerinin bazı özelliklerinin kıyaslanması	6
Çizelge 2.4. PEN ve Vectran liflerinin özellikleri	9
Çizelge 2.5. Tekstüre teknikleri, bu tekniklerle elde edilen ipliklerin özellikleri ve bu tekniklerin günümüzdeki kullanım durumu	13
Çizelge 2.6. Hava-jetli tekstüre ipliklerin özellikleri ve uygulama alanları	19
Çizelge 3.1. Çalışmanın birinci adımında kullanılan PET ipliğın özellikleri	29
Çizelge 3.2. Genel bir RFL banyo reçetesi	30
Çizelge 3.3. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklerin özellikleri	31
Çizelge 3.4. Çalışmanın birinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar	34
Çizelge 3.5. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar	36
Çizelge 4.1. Çalışmanın birinci adımında gerçekleştirilen çekme deneylerinin sonuçları	46
Çizelge 4.2. Dinamik adsorpsiyon deneylerinin sonuçları	47
Çizelge 4.3. Dinamik temas açısı ölçümlerinin sonuçları	50
Çizelge 4.4. Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları	52
Çizelge 4.5. DSC analizlerinin sonuçları	54
Çizelge 4.6. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan liflere ait çekme deneylerinin sonuçları	55
Çizelge 4.7. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere ait çekme deneylerinin sonuçları	58
Çizelge 4.8. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere ait yapışma ve katı alma deneylerinin sonuçları	86

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa**

Şekil 2.1. PET'in TPA ve EG monomerlerinden eldesi	4
Şekil 2.2. Eriyikten çekim tesisi	4
Şekil 2.3. PEN'in polimerizasyonu	7
Şekil 2.4. PEN ve PET'in aromatik halkalarının konformasyonları	8
Şekil 2.5. PEN ve PET'in halkalı yapılarının kıyaslanması	8
Şekil 2.6. Vectran lifinin kimyasal yapısı	9
Şekil 2.7. Liflerin moleküler zincir yapılarının şematik gösterimi	10
Şekil 2.8. Tekstüre ipliklerin idealleştirilmiş modelleri	12
Şekil 2.9. Hava-jetli tekstüre işleminin şematik gösterimi	14
Şekil 2.10. Hava- jeti ve besleme ipliğinin jet içindeki hareketlerinin şematik gösterimi	15
Şekil 2.11. a) Jet gövdesi, b) Jetler	16
Şekil 2.12. Tekstüre kutusu	16
Şekil 2.13. Bir gövde içerisine yerleştirilmiş silindirik tip bir hava-jeti	17
Şekil 2.14. Hava-jetinin içindeki hava akışının ve filament hareketinin şematik gösterimi	17
Şekil 2.15. Temas açısının gösterimi	23
Şekil 2.16. İki adımlı bir işleme prosesinin şematik gösterimi	28
Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hava-jetli tekstüre makinesinin şematik gösterimi	33
Şekil 3.2. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre makinesi	35
Şekil 3.3. Atomik kuvvet mikroskobu	38
Şekil 3.4. Numunenin sıvı içine girerken ve çıkarken yaptığı açıların şematik gösterimi	40
Şekil 3.5. Tensiyometre cihazı	41
Şekil 3.6. ASTM D4776 metoduna göre H yapışma test kalıbı ve numunenin hazırlanması	43
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan işleme makinesi	44
Şekil 4.1. Konvansiyonel PET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)4CR, b)C3EC, c)2C2ED, d) 4CC	47
Şekil 4.2. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında ipliklerden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC	48

Şekil 4.3. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında ipliklerden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC	49
Şekil 4.4. RFL ile işlem görmüş ipliklerin enine kesitlerine ait SEM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC	51
Şekil 4.5. Hava-jetli tekstüre ipliğe nüfuz eden RFL'in gösterimi	51
Şekil 4.6. FTIR analizlerinin sonuçları	53
Şekil 4.7. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan liflere ait gerilim-gerinim grafikleri	56
Şekil 4.8. FDY PET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri	59
Şekil 4.9. DSPET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri	59
Şekil 4.10. HTPET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri	60
Şekil 4.11. PEN ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri	60
Şekil 4.12. Vectran ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri	61
Şekil 4.13. FDY PET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20	63
Şekil 4.14. DSPET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)DSPET Ham, b) DSPET10, c) DSPET15, d) DSPET20	64
Şekil 4.15. HTPET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b) HTPET10, c) HTPET15, d) HTPET20	65
Şekil 4.16. PEN'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b) PEN10, c) PEN15	66
Şekil 4.16. (Devam) PEN'e ait optik mikroskop görüntüleri; d)PEN20	67
Şekil 4.17. Vectran'a ait optik mikroskop görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10	67
Şekil 4.17. (Devam) Vectran'a ait optik mikroskop görüntüleri; c)Vectran15, d)Vectran20	68
Şekil 4.18. Hava-jetli tekstüre işlemleri sonrasında oluşan ilmek tiplerinin sınıflandırılması	69
Şekil 4.19. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY20	70
Şekil 4.20. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20	71
Şekil 4.21. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20	72
Şekil 4.22. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET20	73

Şekil 4.23. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20	73
Şekil 4.24. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri;a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20	74
Şekil 4.25. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET20	75
Şekil 4.26. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri;a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20	75
Şekil 4.27. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri;a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20	76
Şekil 4.28. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN20	77
Şekil 4.29. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)PEN Ham, b) PEN10, c) PEN15, d) PEN20	77
Şekil 4.30. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20	78
Şekil 4.31. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran20	79
Şekil 4.32. Hava-jetli tekstüre işlemleri sonrasında Vectran liflerinin yüzeylerinde meydana gelen kırılma çizgileri ve fibriller	79
Şekil 4.33. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20	80
Şekil 4.34. Tekstüre işlemleri öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri;a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20	71
Şekil 4.35. FDY PET HAM ve FDY20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri	82
Şekil 4.36. DSPET HAM ve DSPET20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri	83
Şekil 4.37. HTPET HAM ve HTPET20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri	83
Şekil 4.38. PEN HAM ve PEN20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri	84
Şekil 4.39. Vectran Ham ve Vectran20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri	85

Şekil 4.40. İşlenmiş FDY PET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20	87
Şekil 4.41. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20	88
Şekil 4.42. İşlenmiş DSPET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20	89
Şekil 4.43. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri;a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20	90
Şekil 4.44. İşlenmiş HTPET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20	91
Şekil 4.45. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20	92
Şekil 4.46. İşlenmiş PEN ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20	93
Şekil 4.47. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20	94
Şekil 4.48. İşlenmiş Vectran ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20	95
Şekil 4.49. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20	96

SİMGELER DİZİNİ

E_r -Esneklik rijitliği

Q_a -İlerleyen temas açısı

Q_r -Gerileyen temas açısı

θ -Temas açısı

1.GİRİŞ

Poliester lifleri sahip oldukları yüksek mukavemet, düşük sürünme, uzamaya ve deformasyona karşı iyi dayanım, yüksek camsı geçiş sıcaklığı ve asitlere, yükseltgen maddelere karşı yüksek dayanım gibi olumlu özellikleri nedeniyle hem konvansiyonel hem de endüstriyel alanlarda tercih edilmektedir. Poliester lifleri hidrofob yapıya sahiptir. Sahip oldukları bu hidrofob yapı nedeniyle poliester lifleri düşük ıslanabilirlik ve boya alma davranışı sergilemekte, plastik ve kauçuğa karşı düşük yapışma göstermektedir, bu durum poliester liflerinin kullanımlarını sınırlamaktadır (Hsieh 2001).

Lif takviyeli kompozit yapıların mekanik özellikleri sadece liflerin ve matriksin özelliklerine değil ayrıca lifin yüzeyine ve ara yüzeyde liflerden matrikse yük transfer mekanizmasına da bağlıdır. Lif ile matriks arasındaki yük transferinin iyi olabilmesi için lif ve matriks arasında güçlü bir yapışma kuvvetinin olması gerekmektedir (Luo ve Ooij 2002). Yapışma davranışı malzemelerin en önemli yüzey özelliklerinden biridir ve birbirlerine bağlanmış maddeler sisteminin birbirlerinden ayrılmaya karşı gösterdikleri mekanik direnç olarak tanımlanabilir (Liston ve ark. 1994).

Kompozit yapılar içinde lif takviyeli kauçuk kompozitler en geniş uygulama alanına sahip olan gruptur. Lif takviyeli kauçuk kompozitler, otomotiv lastikleri, taşıma bantları, hortumlar, güç iletim kayışları gibi genellikle yüksek performans gerektiren uygulamalarda kullanılır. Bu nedenle kullanılan lifler ile kauçuk arasında güçlü bir yapışma kuvvetinin olması kompozitin performansı için büyük önem taşımaktadır. Liflerin polar yapıları ve yüksek modüle sahip olmaları, kauçuğun düşük modüllü ve polar olmayan yapısıyla kıyaslandığında büyük bir fark gösterir (Chawla 1994). Bu nedenle tekstil liflerinin kauçuğa yapışmasını sağlamak için dış yüzeylerinin resorsinol-formaldehit-lateks (RFL) çözeltisiyle kaplanması gerekmektedir. Ancak kullanılan klasik RFL prosesi, poliesterlerin kauçuğa yapışmalarını sağlamak için yeterli olmamaktadır. Günümüzde poliester ile kauçuk arasındaki yapışmayı geliştirebilmek amacıyla pek çok metot geliştirilmiştir. Ancak bunlar ya çok pahalı tekniklere dayanan ya da çevre dostu olmayan yöntemlerdir (Luo ve ark. 2000).

Hava-jetli tekstüre, konvansiyonel tekstil uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Tamamen mekanik bir işlem olması ve diğer yöntemlere göre hızlı oluşu ve aynı zamanda termoplastik olmayan pek çok farklı lifle çalışma imkanı sağlaması bu yöntemin avantajlarından bazılarıdır.

Bu çalışmada poliester ipliklerin hava-jetli tekstüre yöntemi ile kauçuğa yapışma davranışlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma iki temel adımda gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci adımında konvansiyonel polietilen tereftalat (PET) ipliklerinin hava-jetli tekstüre işlemleri gerçekleştirilmiş ve tekstüre işleminden sonra bu ipliklerin kauçuğa yapışma davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar hava-jetli tekstüre işleminin iplik yapısına ve lif yüzeyine etkisi, tekstüre iplik ile kauçuğun etkileşimi, kullanılan RFL ile ipliğin etkileşimi incelenerek yorumlanmıştır. Çalışmanın ikinci adımı, birinci adımda elde edilen bu sonuçlar göz önüne alınarak şekillendirilmiştir.

Çalışmanın ikinci adımında teknik alanlarda kullanılan dört farklı tipte poliester (yüksek dayanımlı PET (HTPET), boyutsal kararlı PET (DSPET), polietilen naftalat (PEN) ve sıvı kristalin polimer yapısında olan Vectran) kullanılmıştır. Bu ipliklerden elde edilen sonuçlar ile kıyaslama yapabilmek amacıyla çalışmanın bu adımına konvansiyonel PET (FDY PET) ipliği de dahil edilmiştir. Bu ipliklerin hava-jetli tekstüre işlemleri gerçekleştirildikten sonra kauçuğa yapışma analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar malzeme özellikleri ve iplik yapısı ile ilişkilendirilerek incelenmiştir.

Bu doktora tezinin kaynak araştırması kısmını oluşturan 2. bölümde, bu çalışmada kullanılan poliester lifleri, hava-jetli tekstüre işlemi ve liflerin yüzey özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

Tezin 3. bölümünde bu çalışmada kullanılan malzemeler, cihazlar ve metotlar belirtilmiştir. 4. bölümde ise bu çalışmada gerçekleştirilen deneylerin sonuçları verilmiş ve bu sonuçların yorumları yapılmıştır. Tezin son bölümü olan 5. bölümde ise elde edilen tüm sonuçlar birbirleriyle ilişkilendirilerek yorumlanmış ve gelecekte yapılması önerilen çalışmalar belirtilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

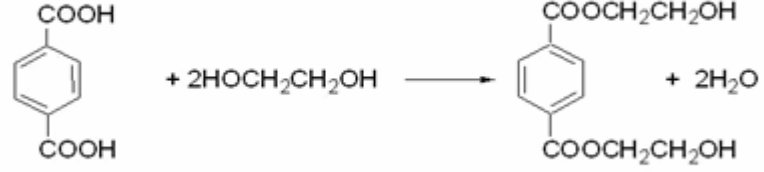
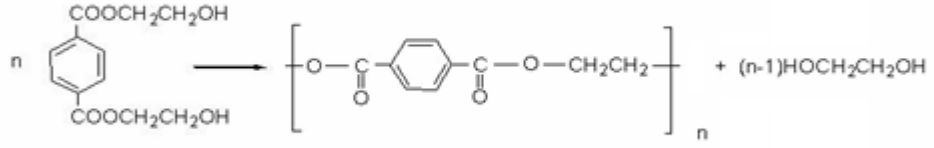
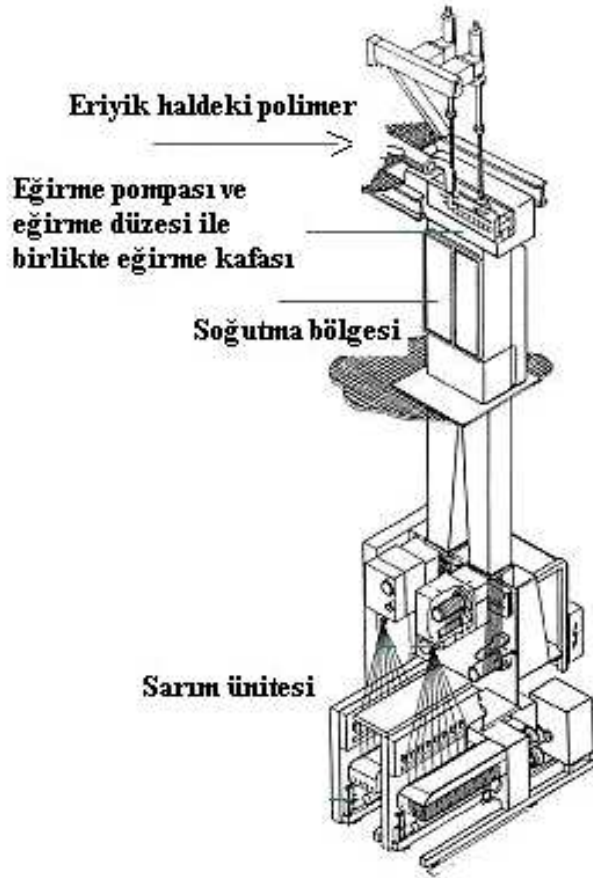
2.1. Poliester Lifleri

Günümüzde en çok kullanılan tekstil ham maddelerinden biri olan poliesterin patenti İngiliz bilim adamları J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından 1941 yılında alınmıştır. Daha sonra aynı yıl içinde ilk poliester lifi J.R. Whinfield ve J.T. Dickson tarafından, W.K. Birtwhistle ve C.G. Ritchie ile birlikte Imperial Chemical Industries'de (ICI) üretilmiştir (<http://www.whatispolyester.com/history.html>., 2008).

Poliester lifleri ana zincirlerinde ester bağları bulunduran sentetik liflerdir. Poliester lifleri pek çok olumlu özelliğe sahiptir. Bunlar yüksek mukavemet, düşük sürünme, uzamaya ve deformasyona karşı iyi dayanım, yüksek camsı geçiş sıcaklığı ve asitlere, yükseltgen maddelere karşı yüksek dayanım olarak özetlenebilir. Tüm bu olumlu özellikler nedeniyle poliester lifleri hem konvansiyonel hem de endüstriyel alanda tercih edilmektedir (Hsieh 2001).

Polietilen tereftalat (PET) tüm poliesterler içinde lif üretiminde en yaygın olarak kullanılan poliester çeşididir. PET, tereftalik asit (TPA) veya dimetil tereftalat (DMT) ile etilen glikolün (EG) polimerizasyonu sonucunda elde edilir. Polimerizasyon; esterleşme ve polikondenzasyon olmak üzere ve iki basamakta ilerler (Şekil 2.1).

PET lifi eriyikten çekim yöntemiyle elde edilir. Bu yöntemde polimer eriyik halde düzelerle sevk edilir. Düzelerin altında soğutma bölgesinde katılaşır, belirli bir oranda çekime maruz bırakıldıktan sonra bobinlere sarılır (Şekil 2.2). Uygulanan bu çekimin amacı, lifleri oluşturan molekül zincirlerinin lif eksenine doğrultusunda yönelmelerini sağlamaktır. Bu yönelme sayesinde molekül zincirleri daha düzgün bir şekilde konumlanır ve birbirlerine yaklaşır. Dolayısı ile molekül zincirleri arasında oluşan hidrojen ve Van der Waals bağları gibi ikincil bağların miktarı ve kuvveti artar. Bu durum da liflerin dayanımlarında bir artışa sebep olur.

1 Esterleşme**Tereftalik asit****Etilen glikol****2.Polikondenzasyon****PET****Şekil 2.1.** PET'in TPA ve EG monomerlerinden eldesiKAYNAK:http://nexant.ecnext.com/coms2/summary_0255-3042_ITM, 2008**Şekil 2.2.** Eriyikten çekim tesisiKAYNAK:<http://www.barmag.oerlikontextile.com>, 2008

Sentetik filament iplikler, üretim sırasında uygulanan çekim oranına bağlı olarak isimlendirilebilir. Bu isimlendirme lifi oluşturan molekül zincirlerinin yönlenme (oryantasyon) miktarları göz önüne alınarak yapılmıştır. Çekim elemanı içermeyen üretimlerde çekme sarım hızı ile gerçekleştirilir. Çizelge 2.1’de ipliklere uygulanan çekim miktarı sarım hızı ile ifade edilmiştir. Sentetik iplik üretiminde ipliklere genellikle bir miktar çekim uygulanır. Uygulanan çekim miktarı bu ipliklerin daha sonra maruz kalacakları işlemler (büküm, tekstüre vb.) göz önüne alınarak belirlenir (Wulfhorst 2003).

Çizelge 2.1. Çekim oranına bağlı olarak filament ipliklerin isimlendirilmesi

İsimlendirme		Sarım hızı (m/dk)
LOY (Low Oriented Yarn)	az yönlenmiş iplik	<1800
MOY (Medium Oriented Yarn)	orta derecede yönlenmiş iplik	1800-2800
POY (Pre/Partially Oriented Yarn)	ön/kısmen yönlenmiş iplik	2800-4200
HOY (Highly Oriented Yarn)	yüksek derecede yönlenmiş iplik	4000-6000
FOY (Fully Oriented Yarn) FDY (Fully Drawn Yarn)	tamamen yönlenmiş iplik tam çekimli iplik	>6000

KAYNAK:B. Wulfhorst, Tekstil Üretim Yöntemleri, 2003, s.57

PET’in yapısı fiziksel modifikasyon için çok uygundur. PET lifinin fiziksel yapısı, üretim sırasında uygulanan sıcaklık, germe oranları ve üretim hızı gibi parametrelere bağlı olarak tamamen amorf yapıdan çok kristalin yapıya kadar çok geniş bir aralıkta değiştirilebilir (Aizenshtein 2005). Çizelge 2.2’de sadece sarım hızında yapılan bir değişikliğin (sarım hızınının 3200 m/dk’dan 5000 m/dk’ya çıkartılmasının) bile lif özelliklerinde önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Çizelge 2.2. 3200m/dk ve 5000m/dk sarım hızlarında üretilen PET filamentlerinin özellikleri

Sarım hızı (m/dk)	Kopma uzaması (%)	Çift kırınım değeri	Kristalinite (%)
3200	117	0,05	10
5000	64	0,07	39

KAYNAK:http://www.polyester-technology.com/Publication/publication_08.htm, 2008

Üretim sürecinde yapılacak çeşitli değişiklikler ile değişik özelliklerde PET lifleri üretilmektedir. Yüksek dayanımlı PET (HTPET) ve boyutsal kararlı PET (DSPET) endüstriyel alanlarda kullanılmak için bu yöntemle üretilmiş PET lifleridir.

HTPET liflerinin üretimi iki temel işleme dayanır: PET'in molekül ağırlığını yükseltmek (yaklaşık olarak 20.000'den 30.000'e) ve PET'e pek çok adımda germe uygulamak (Geller 2001). DSPET lifleri ise temelde, yüksek sıcaklıkta uygulanan germe ile elde edilir (Aizenshtein 2005). HTPET liflerinin amorf bölge oryantasyonları DSPET liflerine göre daha yüksektir. Dayanım, modül ve ısıl kısalma gibi özellikler temelde amorf bölge oryantasyonu ile ilişkilidir ve amorf bölge oryantasyonundaki artış bu değerlerin de artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle HTPET lifleri DSPET liflerine göre daha yüksek dayanım, modül ve ısıl kısalma değerleri verir (Rim ve Nelson 1991). Çizelge 2.3'te konvansiyonel PET, HTPET ve DSPET ipliklerinin bazı özellikleri kıyaslama yapılabilmesi için verilmiştir.

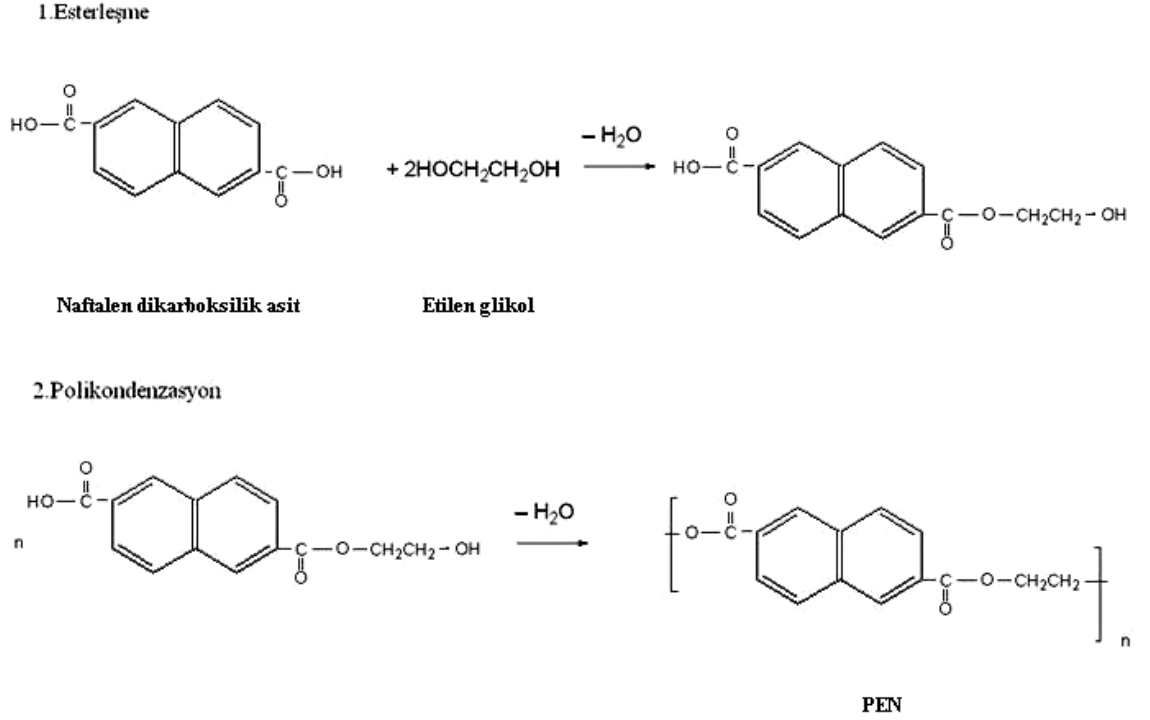
Çizelge 2.3. Konvansiyonel PET, HTPET ve DSPET ipliklerinin bazı özelliklerinin kıyaslanması

İplik tipi	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma uzaması (%)	Isıl kısalma (%)
Konvansiyonel PET	0,35-0,53	15,0-30,0	>11
DSPET	0,67-0,71	10,0-12,0	3,0-5,9 (ASTM D-4974)
HTPET	0,71-0,79	13,0-15,0	9,0-11,0 (ASTM D-4974)

KAYNAKLAR:<http://www.performancefibers.com>, 2008

A. Demir, Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri, 2006, 455 s.

PET'in yapısındaki diol yada disasitten birini değiştirerek de iyileştirilmiş fiziksel, kimyasal ve morfolojik özelliklere sahip poliesterler elde edilebilmektedir (Hsieh 2001). Polietilen naftalat (PEN) bu tipteki poliesterlere örnek olarak verilebilir. PEN, naftalen dikarboksilik asit ile etilen glikolün polikondenzasyonu sonucu elde edilir (Şekil 2.3).

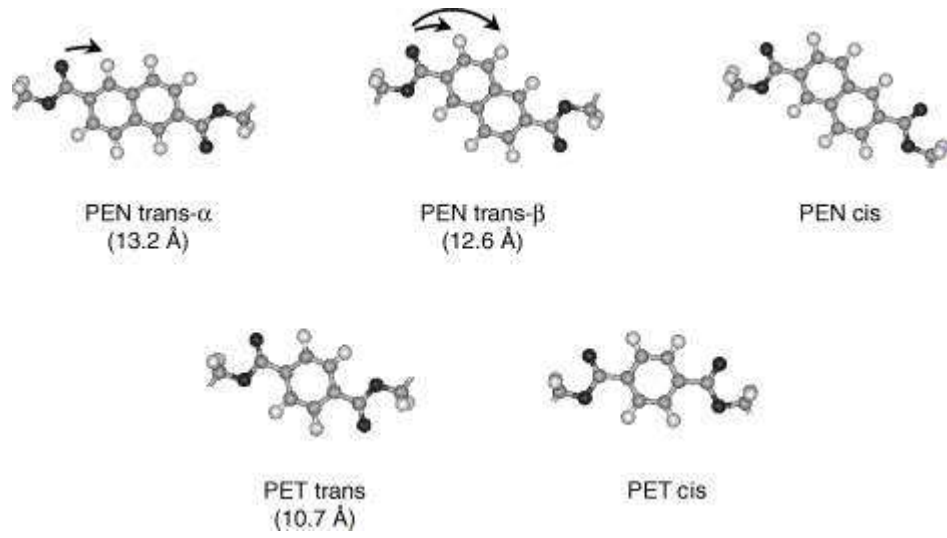


Şekil 2.3. PEN'in polimerizasyonu

KAYNAK: <http://faculty.northseattle.edu/tfurutani/che231/PEN.ppt>, 2008

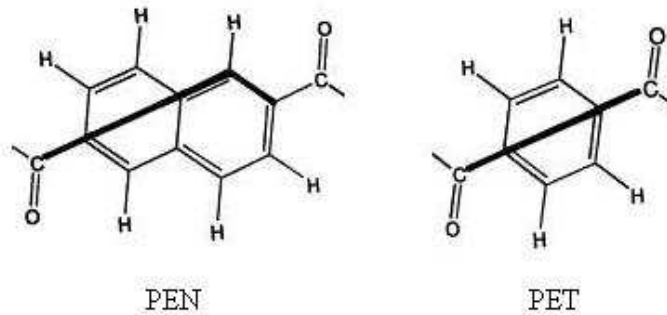
PEN'nin molekül yapısının karakteristik özellikleri; polimer zincirlerinin rijitliği ve α ve β olarak adlandırılan 2 trans konformasyona sahip olmasıdır (Heuvel ve Klop 2000). Bu konformasyonel yapı, halka sisteminin $\text{C}_{\text{alifatik}}-\text{C}_{\text{aromatik}}$ bağlarından geçen 2 katlı dönme ekseninin olmaması sonucunu doğurmaktadır. PET'te ise, böyle bir eksen olduğu için sadece bir trans konformasyonu bulunmaktadır. Bu dönme eksenini nedeniyle fenil grubu naftalat grubuna göre daha kolay hareket etmektedir (Tonelli 2002). PEN ve PET'in aromatik halkalarının konformasyonları Şekil 2.4'te, PEN ve PET'in halkalı yapıların kıyaslanması ise Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Bunların yanında aromatik grubun

PET'e göre daha büyük olması yarı kristalin PEN'deki esnek etilen grubu sayısını PET'e göre yaklaşık olarak %23 oranında azaltır. Dolayısıyla PEN, PET'e göre daha yüksek modül değeri vermektedir (Heuvel ve Klop 2000). PEN'in erime ve camlaşma sıcaklığı PET'e göre daha yüksektir (Jager ve ark. 1995). PEN lifi yüksek hammadde maliyeti nedeniyle günümüzde ticari önem kazanamamıştır ancak pek çok çevresel, performans, üretim ve hammadde eğilimi lastik takviyelendirmesi için PEN'i ticari olarak kullanma seçeneğini sağlamaktadır (Rim 1996). PEN lifinin bazı özellikleri Çizelge 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. PEN ve PET'in aromatik halkalarının konformasyonları

KAYNAK:HEUVEL, C. J. M. and E.A.KLOP. 2000. Relations Between Spinning, Molecular Structure and End-use Properties of Polyethylene Naphthalate Tyre Yarns. Polymer, 41:4249-4266.



Şekil 2.5. PEN ve PET'in halkalı yapılarının kıyaslanması

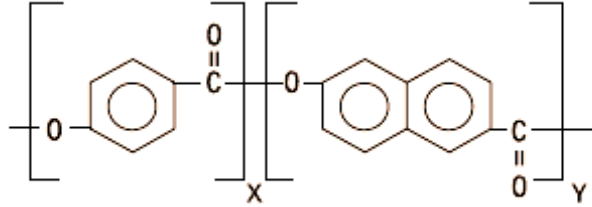
KAYNAK:TONELLI, A. E. 2002. PET Versus PEN: What Difference Can a Ring Make?. Polymer, 43:637-642.

Çizelge 2.4. PEN ve Vectran liflerinin özellikleri

	PEN	Vectran
Dayanım (N/tex)	0,80	2,03-2,47
Uzama (%)	6,0	≥3,3
İlk modül (N/tex)	22,07	46,35-61,80
Sıcak havada kısalması (177°C) (%)	5,5	≤0,5

KAYNAKLAR: <http://www.performancefibers.com/docs/PenTecFiber.pdf>, 2008, Beers ve ark., High Performance Fibers, 2001, p.93-101.

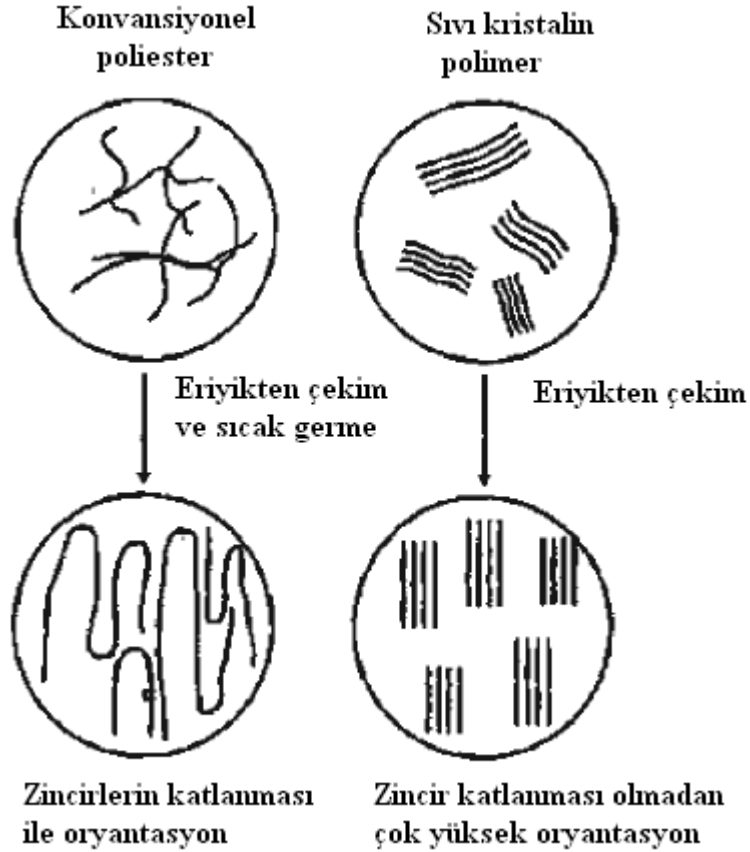
Vectran[®]; eriyikten çekimle elde edilen, tamamen halkalı yapıda bir çeşit poliesterdir (Şekil 2.6). Sıvı kristalin polimerler (LCP) sınıfına giren Vectran, endüstriyel uygulamalarda kullanılan yüksek performanslı bir liftir (Beers ve ark. 2001). Kuraray Firması tarafından üretilen Vectran, dünyada ticari olarak piyasada bulunan, eriyikten çekilmiş tek LCP'dir.

**Şekil 2.6.** Vectran lifinin kimyasal yapısı

KAYNAK: Beers ve ark., High Performance Fibers, 2001, p.93-101.

Sıvı kristal terimi, sıradan katı bir kristale benzer düzen gösteren organik polimerleri tanımlamakta kullanılır. Bu polimerler, kendilerini rast gele düzenlenmiş bölgelere konumlandırmış çok rijit, zincir benzeri moleküllerden oluşur. Bu bölgeler çok küçük deliklerin içinden geçirildiklerinde, akış ve buna eşlik eden kesme kuvvetleri bu bölgeleri akış yönünde, birbirlerine paralel bir şekilde düzenler (Şekil 2.7). Soğuduğunda elde edilen lif yüksek çekme mukavemetine ve modülüne sahip, yüksek

miktarda oryante bir yapıya sahip olur. Bu yüksek oryantasyon nedeniyle lif eğrildikten sonra life bir germe uygulanmasına gerek yoktur (Beers ve ark. 2001).



Şekil 2.7. Liflerin moleküler zincir yapılarının şematik gösterimi

KAYNAK:Beers ve ark., High Performance Fibers, 2001, p.93-101.

Vectran, Vectra sıvı kristalin polimerinden üretilir. Bu polimer ise p-hidroksibenzoik asit ve 6-hidroksi-2-naftoik'in polimerizasyonu sonucunda elde edilir (Beers ve ark. 2001).

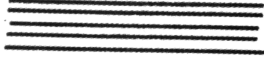

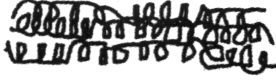







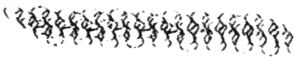





Vectran lifleri; ısıya, neme ve kimyasallara karşı yüksek dayanım gösterir ve aynı zamanda yüksek mukavemet ve modüle sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle halatlarda, kablolarda, elektronik uygulamalarda ve lif takviyeli kompozit yapılarda takviye elemanı olarak kullanılmaktadır (www.vectranfiber.com, 2008). Vectran liflerinin bazı özellikleri Çizelge 2.4'te belirtilmiştir.

2.2.Hava-jetli Tekstüre Yöntemi

Tekstüre işlemleri genel anlamda; düzenli bir yapıya sahip olan sentetik filamentlerin herhangi bir şekilde rast gele ve düzensiz bir yapıya sahip olması için yapılan dönüşüm işlemidir (Demir 2006). Bu işlemin amacı; tekstil ipliklerinde aranan sıcaklık hissi, tutum ve doğal görünüm gibi özellikleri bu özelliklere sahip olmayan sürekli sentetik filament ipliklere kazandırmaktır.

Tekstüre metotlarının çoğunluğu termoplastik sürekli filamentlerin mekanik deformasyonuna dayanır. Bu deformasyon filamentlerin yarı-plastik bir duruma ısıtılarak bu filamentlere kalıcı kıvrım ve açık bir yapı kazandırma suretiyle gerçekleştirilir (Acar 1984). Yalancı-büküm, yığma kutusu, bıçak sırtı, dişli çark ve örme-sökme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilen tekstüre işlemleri bu esasa dayanan termo-mekanik tekstüre teknikleridir. Bu yöntemler arasında yer alan yalancı büküm ile tekstüre tekniği tüm tekstüre teknikleri içinde %85'lik bir kısmı kapsamaktadır (Demir 2006).

Elde edilen iplik yapısı kullanılan tekstüre yöntemlerine göre değişiklik göstermektedir. Şekil 2.8'de tekstüre ipliklerin idealleştirilmiş modelleri görülmektedir. Tekstüre teknikleri, bu tekniklerle elde edilen ipliklerin özellikleri ve bu tekniklerin günümüzdeki kullanım durumları Çizelge 2.5'te özetlenmiştir.

İplik tipi	İdealize model	
	Tip 1.Orijinal	Tip 2.Modifiye edilmiş
Düz filament iplik		
Kesikli liflerden eğrilmiş		
Yalancı büküm ile tekstüre edilmiş		
Yığma kutusu ile tekstüre edilmiş		
Bıçak sırtı ile tekstüre edilmiş		
Dişli çarklar arasında tekstüre edilmiş		
Örme-sökme ile tekstüre edilmiş		
Hava-jeti ile tekstüre edilmiş		
Puntalanmış iplik		
Bikomponent tekstüre iplik		
Büzüşme farkı ile tekstüre edilmiş		

Şekil 2.8. Tekstüre ipliklerin idealleştirilmiş modelleri

KAYNAK:A. Demir, Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri, 2006, 455 s.

Çizelge 2.5. Tekstüre teknikleri, bu tekniklerle elde edilen ipliklerin özellikleri ve bu tekniklerin günümüzdeki kullanım durumu

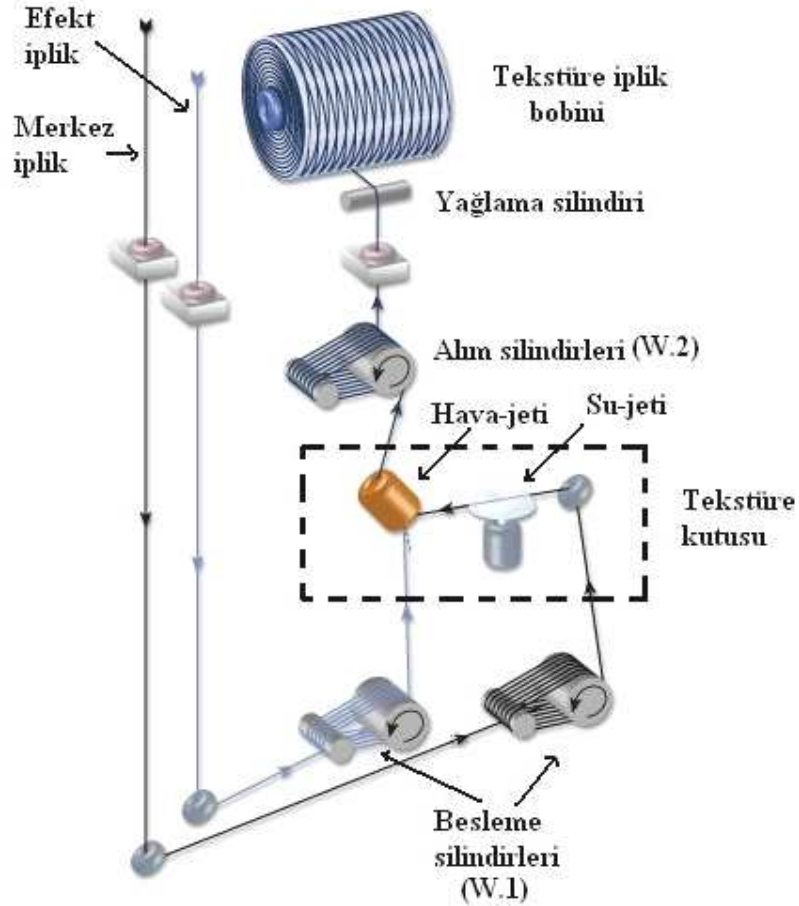
Termo-mekanik teknikler		
Metot	İplik yapısı	Günümüzdeki durumu
Tek ısıtıcı, yalancı büküm	Yüksek elastikiyet	Naylonun ana kullanım alanı
Modifiye edilmiş yalancı büküm	Yüksek hacimlilik, orta derecede elastikiyet	Naylon için artık bu teknik kullanılmamaktadır
Sabitlenmiş, iki ısıtıcı yalancı büküm	Yüksek hacimlilik, düşük elastikiyet	Poliesterin ana kullanım alanı
Yığma kutusu	Yüksek hacimlilik, orta derecede elastikiyet	Önemini yitirmiştir
Örme-sökme	Kıvrımlı iplik	Az kullanıma sahiptir
Bıçak sırtı	Yüksek hacimlilik, orta derecede elastikiyet	Önemini yitirmiştir
Mekanik teknikler		
Metot	İplik yapısı	Günümüzdeki durumu
Hava-jetli tekstüre	İlmekli yapı	Önemli kullanıma sahiptir
Diğer teknikler		
Metot	İplik yapısı	Günümüzdeki durumu
Bikomponent	Kıvrımlı lif yapısı	Yeniden ilgi görmeye başlamıştır.
Farklı büzüşme kabiliyeti ile tekstüre	Yüksek hacimlilik, düşük elastikiyet	Sadece kesikli liflerden elde edilmiş iplikler için kullanılır

KAYNAK:J. W. S. Hearle ve ark., Yarn Texturing Technology, 2001, 300p.

Diğer tekstüre metotlarından farklı olarak hava-jetli tekstüre yöntemi tamamen mekanik bir işlemdir. Bu yöntem; sentetik sürekli multi-filament ipliklerin düzenli yerleşimini değiştirerek ve bu iplikleri bu amaç için tasarlanmış bir tekstüre jetinden gelen supersonik hava akımı yardımıyla karıştırarak kesikli ipliğe benzer iplikler üretir (Acar ve ark. 2006). Bu işlem ısıl muamele gerektirmediği için termoplastik olmayan cam lifi gibi liflerin tekstüresine olanak verdiği gibi termoplastik olan ve olmayan malzemelerin karıştırılmasında da olanak verir (Acar 1984).

Hava-jetli tekstüre makinesi en basit haliyle, besleme ipliği, ilave bir çift besleme silindiri içeren iplik sevk sistemi ile donatılmış uygun bir sarım kafası ve hava-jetinden oluşur. Ancak hem beslenen hem de elde edilmek istenen iplik özelliklerine göre makine ilave tertibatlarla (ısıtılabilen besleme silindirleri, ısıl fiske fırını vb.)

donatılabilir (Hearle ve ark. 2001). Şekil 2.9’da hava-jetli tekstüre işlemi şematik olarak gösterilmektedir.

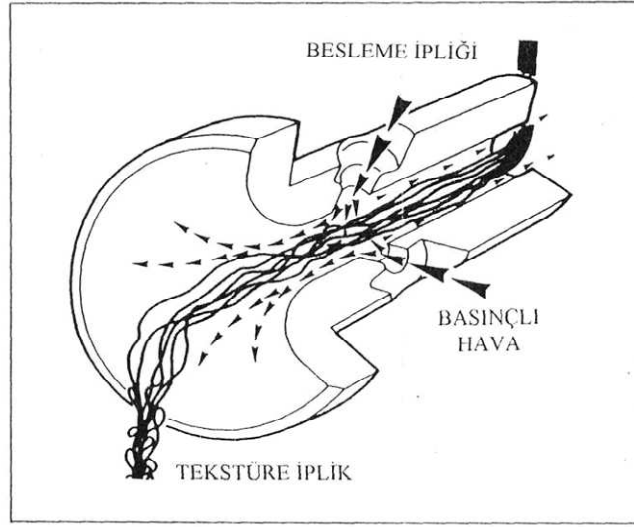


Şekil 2.9. Hava-jetli tekstüre işleminin şematik gösterimi

KAYNAK: <http://www.ssm.ch>, 2008

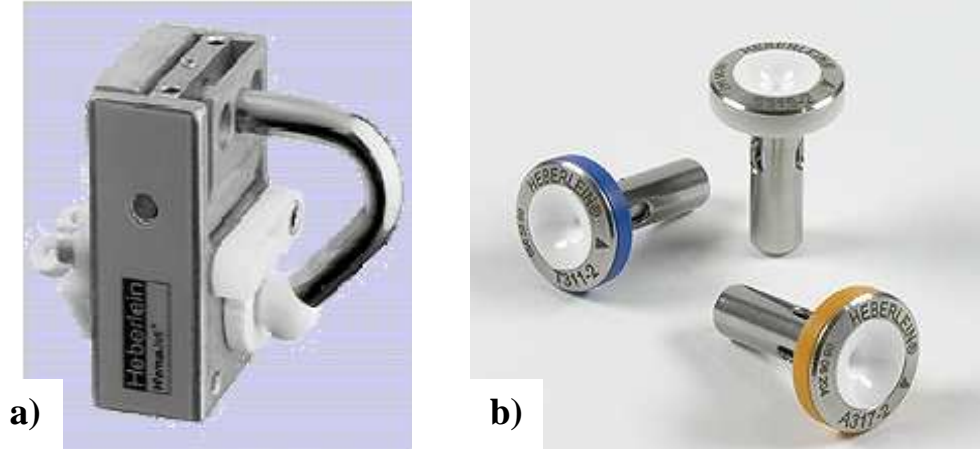
Hava-jetli tekstüre makinesine iplikler çalgık bölgesinden beslenir. Bu iplikler makineye tek olarak beslenebileceği gibi (tek-uç tekstüresi), iki ya da daha fazla sayıda aynı ya da farklı tipte iplik aynı besleme oranlarında (paralel tekstüre) ya da farklı besleme oranlarında (merkez-efekt (core-effect), fantazi tekstüre) da beslenebilir (Demir 2006). Değişik besleme tipleri kullanılarak farklı özelliklerde tekstüre iplikler elde edilebilir.

Hava-jetli tekstüre işleminde multifilament besleme ipliğinin jetin içine besleme hızının ipliğin jetten çıkış hızından daha yüksek olduğu “aşırı besleme” prensibini içermektedir. Bu aşırı beslemeyi gerçekleştirebilmek için iplik, besleme silindirlerinden (W.1), alım silindirlerine oranla (W.2) daha hızlı geçer (Şekil 2.9). Aşırı beslenmiş bu filamentler jet içerisine girdikleri zaman basınçlı hava kaynağından gelen soğuk hava akımı yardımıyla jetin içi boyunca taşınır ve jetin çıkışında dışarıya püskürtülür ve tekstüre iplik formuna dönüşür (Şekil 2.10) (Acar 1984).



Şekil 2.10. Hava- jeti ve besleme ipliğinin jet içindeki hareketlerinin şematik gösterimi
KAYNAK:M. ACAR, Basic Principles of Air-jet Texturing and Mingling/interlacing Processes, Air-Jet Texturing and Mingling/Interlacing, Second International Conference. Loughborough, 1989, p.15.

Hava-jetli tekstüre işleminin en önemli bölümü hava-jetidir. Jetler tasarımda ve detaylarda farklılık gösterebilmektedir ancak prensipte benzerdirler. Jetler metal bir jet gövdesine yerleştirildikten sonra hava-jetli tekstüre makinesinde kapalı bir bölüme yerleştirilir. Tekstüre işlemi sırasında beslenen ipliğin jete girmeden önce ıslatılmasını sağlayan su-jeti de bu bölümde bulunur. Bu kapalı bölüm sayesinde hava-jetinin gürültüsü azaltılmış ve aynı zamanda kullanılan su ve işlem sırasında ipliğin üzerinden uzaklaşan eğirme yağları da toplanmış olur. Besleme ipliğinin ıslatılması, tekstüre işlemini büyük oranda iyileştirerek tekstüre iplik kalitesini artırır (Acar 1984). Şekil 2.11’de jet gövdesi ve jetler, Şekil 2.12’de ise tekstüre kutusu görülmektedir.



Şekil 2.11. a) Jet gövdesi, b) Jetler

KAYNAKLAR:N. DANI, The Fundamentals of Air-jet Texturing, 2004, 266 p.
<http://www.components.oerlikontextile.com>, 2008

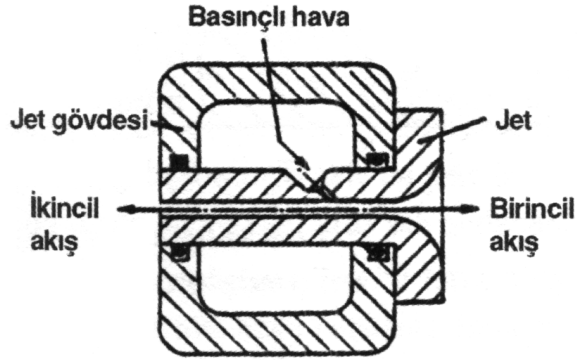


Şekil 2.12. Tekstüre kutusu

KAYNAK:<http://www.ssm.ch>, 2008

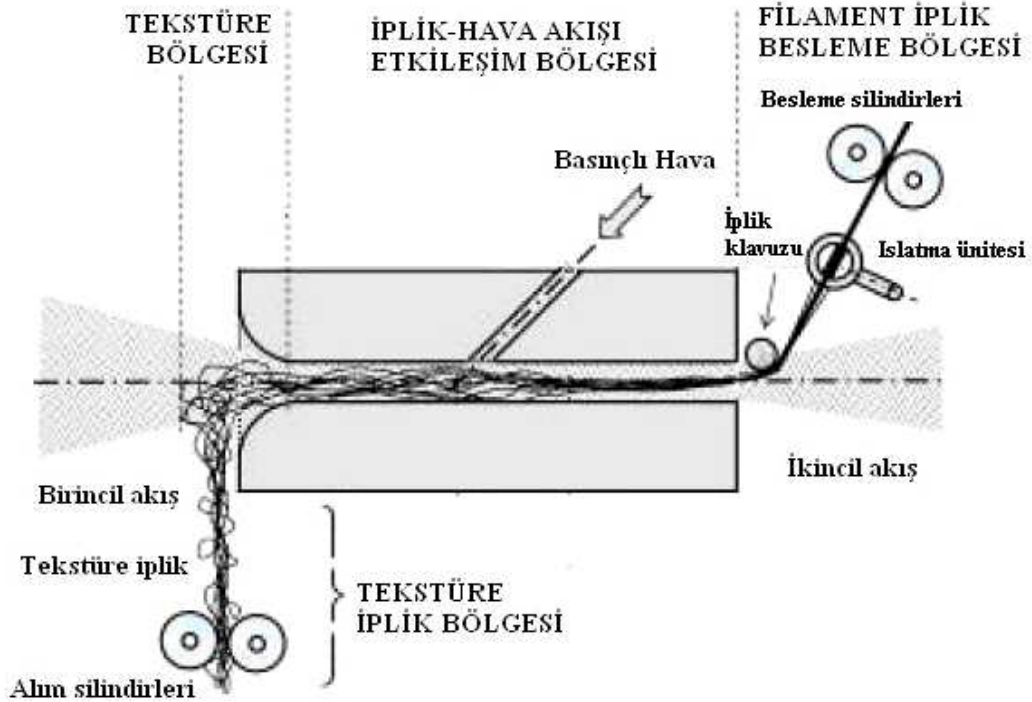
Şekil 2.13'te bir gövde içerisine yerleştirilmiş silindirik tip bir hava-jeti görülmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi basınçlı hava besleme kanallarından ana kanal içerisine beslenen hava, kanal içerisinde ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birincil akış hava besleme kanallarının eğimleri dolayısı ile en yüksek enerjiye sahiptir, iplik akış yönünde şiddetli bir biçimde akar ve kanal çıkışında supersonik, düzensiz dağılımlı,

turbülanslı bir hava-jeti oluşturur. Daha az bir enerjiye sahip olan ikincil akış ise birincil akışa zıt istikamette akar ve kanal çıkışında her zaman subsonik ve düzenli dağılımlı bir hava-jeti oluşturur (Demir 2006).



Şekil 2.13. Bir gövde içerisine yerleştirilmiş silindirik tip bir hava-jeti

KAYNAK:A. Demir, Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri, 2006, 455 s.



Şekil 2.14.Hava-jetinin içindeki hava akışının ve filament hareketinin şematik gösterimi
KAYNAK:ACAR, M., S. BILGIN, H.K. VERSTEEG, N. DANI, W. OENHAM. 2006. The Mechanism of the Air-jet Texturing:The Role of Wetting, Spin Finish and Friction in Forming and Fixing Loops, Textile Res. J., 76:116–125.

Şekil 2.14'te hava-jetinin içindeki hava akışı ve filament hareketi şematik olarak gösterilmiştir. Hava-jetli tekstüre makinesine beslenen ipliğin makine içindeki hareketinin analizi farklı özelliklerdeki dört bölge yardımıyla açıklanabilir:

1.Filament iplik besleme bölgesi:İslatma ünitesi ve tekstüre-jeti arasındaki iplik yolu. Su ile kaplanmış ve neredeyse tamamen ıslatılmış filament iplik, hava jetinin ikincil akışıyla karşılaşana kadar filamentlerin birbirlerini tuttuğu tek bir demet halinde bulunur. İkincil akış jetinin hızlı geri akışı ile karşılaştığında ipliği çevreleyen su ve eğirme yağlarının büyük bir bölümü iplik üzerinden uzaklaşır.

2.İplik-hava akışı etkileşim bölgesi (jetin içi):Ana kanala gelen hava akımı supersonik ve turbülanslı birincil akışa ve çok daha zayıf olan ikincil akışa ayrılır. İplik jete karşı akışta ikincil hava akımı ile girer. Filament ayırım noktası yani filamentlerin açılmaya başladığı yer, hava giriş deliğine yakın bir şekilde konumlanmıştır ve genellikle hafifçe ikincil akış tarafında bulunmaktadır. İplik jet içerisinde hareketine devam ederken, birincil akışın etkisi altına girer ve hem iplik hem de hava akımı aynı yönde hareket eder. Filamentler açılmaya başlar ve genellikle gelişigüzel dalgalı hareketler sergiler.

3.Tekstüre bölgesi: Filamentler karışık bir karakter gösterir. Dağılan filamentler karışır ve jeti terk etmeye başladıklarında yüksek oranda turbülanslı ve supersonik hava akımının akışkan kuvvetleriyle ve tekstüre iplik üzerine dik bir açıyla etki eden kuvvet tarafından ilmeklere dönüşür (Acar ve ark. 2006).

4.Tekstüre iplik bölgesi: İlmek oluşumu ve filamentlerin karışması tamamlanmıştır. Tekstüre edilmiş iplik, alım silindirleri tarafından hava akışına dik açı yaparak, birincil hava-jetinin etkisinin dışındaki bir bölgeye sevk edilir.

Hava-jetli tekstüre tekniğiyle üretilmiş iplikler hem görünüm hem de fiziksel özellikler bakımından kesikli liflerden üretilmiş ipliklere büyük benzerlik göstermektedirler. Bunun yanı sıra birbirlerine kilitlenmiş yapıdaki iplik merkezi ve ilmeklerden oluştuğu için hava-jetli tekstüre ipliklerin geometrik yapıları kullanım sırasında uygulanan kuvvetler nedeniyle bozulmaz. Ayrıca ilmekli yapısı eğrilmiş ipliklerin yüzeylerine çıkan lif uçları gibi havayı tutar ve bir yalıtım tabakası meydana getirir. Bütün bu olumlu özellikleri nedeniyle hava-jetli tekstüre iplikler hem konvansiyonel hem de teknik pek çok uygulamada tercih edilmektedirler. Bu kullanım

alanlarına üst giyim, döşemelikler, dikiş iplikleri, taşıma bantları, V-kayışlar gibi pek çok örnek verilebilir (Acar 1989). Bunlara ilave olarak hava-jetli tekstüre işlemi lif takviyeli kompozit yapılarda takviye elemanının matrikse yapışma davranışını geliştirmek amacıyla da kullanılabilir (Koç ve ark. 2008). Çizelge 2.6.'da hava-jetli tekstüre ipliklerin özellikleri ve uygulama alanları belirtilmiştir.

Çizelge 2.6. Hava-jetli tekstüre ipliklerin özellikleri ve uygulama alanları

Özellik	Kullanım alanı	Açıklamalar
Düşük sürtünme özelliği	Dikiş ipliği	Daha az ısınan iğne, daha düşük iğne sürtünmesi, iyi örtücülük
Kesikli liflerden oluşan iplik benzeri yapı	Spor kıyafetleri ve rahat giysiler	Çoğunlukla naylon ve poliester kullanılır
	Otomobil koltuk kaplaması	Poliester POY ipliklerden yapılır
	Otomobil iç döşemelikleri	Çoğunlukla polipropilen kullanılır
	Giysi üzerine giyilen palto pardösü gibi giyim eşyaları	Çoğunlukla naylon ve poliester kullanılır
Yüksek sürtünme özelliği	Kayak kıyafetleri, masa örtüleri Yatak örtüleri, kemer ve kayışlar, bavul, sırt çantası	Kaymaya karşı dayanıklı
Boyutsal kararlılık	Branda, kaplanmış kumaşlar, lastiğin topuk bölgesinde kullanılan kumaş, baskılı kablolar	
Karışım iplikler	Değişik lif malzemelerini, kalın ve ince filamentleri, değişik özellikteki iplikleri ve bunların karışımlarını içeren yapılar	
Yapısal etkiler	Perdeler, duvar kaplamaları	Çok değişik yapılarda olabilir, güç tutuşur ör.cam lifi
İşlevsel kıyafetler	Yağmurluk ve spor kıyafetleri, rahat giysiler, spor iç çamaşırları	Mikrofilamentler, çift katlı kumaşlar

KAYNAK:J. W. S. Hearle ve ark., Yarn Texturing Technology, 2001, 300p.

Hava-jetli tekstüre yöntemi kullanılarak değişik özelliklerde iplikler elde edilebilmektedir. İplik özellikleri hem besleme ipliğinin özelliklerinden hem de üretim parametrelerinden etkilenmektedir.

Besleme ipliğinin özellikleri; besleme ipliğinin materyalini, ipliğin inceliğini, filament inceliğini, filament sayısı ve filamentlerin enine kesit şekillerini kapsarken, üretim parametreleri ise aşırı besleme oranı, hava basıncı, üretim hızı, ıslak/kuru üretim, kullanılan jet tipi, çarpma elemanının kullanımını kapsar.

Yüksek aşırı besleme oranlarında ilmek oluşumu için yeterli ekstra uzunluklarda filamentler bulunduğu için oluşan ilmek sayısı ve ilmek büyüklüğü artar. Dolayısıyla aşırı besleme oranı arttıkça ipliğin kopma uzamasında ve kopma dayanımında azalma, iplik numarasında ve kararsızlığında bir artış görülür.

Hava basıncı dayanım ve kopma uzaması üzerinde aşırı beslemenin etkisine benzer etki yapmaktadır. Hava basıncı arttığında jet çıkışındaki hava hızı, hız dağılımındaki düzensizlik ve turbülans arttığı için filament dağılımı ve filamentlerin birbirlerine göre doğrusal yer değiştirme miktarları daha etkili hale gelecek, filamentler daha hızlı hareket edecek ve yerlerini daha hızlı değiştireceklerdir. Dolayısıyla daha iyi ilmek oluşumu ve tekstüre etkisi elde edilecektir. Bu da iplik dayanımında ve kopma uzamasında azalmalara sebep olacaktır.

Sabit aşırı besleme oranlarında hava basıncındaki artış iplik numarasında artışa neden olmaktadır. Hava basıncındaki artış iplik kararsızlığı üzerinde ufak bir artışa neden olmaktadır (Acar 1984).

Filamentler üzerine etkiyen net kuvvet ve torklar, filament hızı ve onu çevreleyen hava akımı hızı arasındaki farkın bir fonksiyonu olduğu için, daha düşük iplik hızlarında her bir filamentte etki eden net kuvvet ve torklar daha da artacaktır. Bu artan akışkan kuvvetleri, daha iyi bir filament dolaşıklığına ve daha sıkıca iplik gövdesine bağlanmış havaların oluşmasına yol açmaktadır (Demir 2006). Dolayısı ile düşük tekstüre hızlarında sıkıca paketlenmiş bir iplik yapısı elde edilir (Acar 1984).

Buna ilave olarak sabit aşırı besleme oranında tekstüre hızı arttırıldığında daha az ilmek oluşumu olacağı için oluşan tekstüre ipliğin doğrusal yoğunluğunda bir azalma gözlenir (Acar 1984).

Hava-jetli tekstüre işleminde suyun, ilmek oluşumu ve ilmeklerin sabitlenmesi olmak üzere iki ayrı adım üzerinde etkisi bulunmaktadır. Bunlardan ilki su, bir kayganlaştırıcı gibi davranarak ilmek oluşumu ve filamentlerin dolaşma adımlarından önce ve sırasında filamentlerin birbirleriyle ve temas ettikleri diğer yüzeylerle aralarındaki kinetik sürtünmeyi azaltır. İkinci olarak da filamentlerin yüzeylerindeki

bitim yağını uzaklaştırıcı bir etki yaparak tekstüre olmuş ipliği oluşturan filamentlerin arasındaki statik sürtünmenin artmasına neden olur (Acar ve ark. 2006).

Çarpma elemanının kullanımının tekstüre iplik özellikleri üzerinde az bir etkisi vardır ve bu etki özellikle yüksek aşırı besleme oranlarında meydana gelir (Acar 1984). Hava-jetli tekstüre işleminde çarpma elemanının kullanımının bir zorunluluk olmamasına rağmen makineye beslenen merkez ipliğin jete girmeden önce ıslatılması modern tekstüre uygulamaları için bir zorunluluktur (Demir 2006).

Kullanılan jet tipinin elde edilen tekstüre iplik yapısı üzerinde büyük bir etkisi vardır. Jet tipi, besleme ipliğinin özellikleri, elde edilmek istenilen tekstüre iplik özellikleri ve kullanılacak olan tekstüre parametreleri göz önüne alınarak belirlenmelidir. Jet üreticisi firmaların katalogları doğru jet seçiminde büyük fayda sağlamaktadır.

2.3.Malzemelerin Yüzey Özellikleri

Madde katı, sıvı ve gaz olmak üzere temelde üç fazda bulunur. *Yüzey*; maddenin bu üç fazından sadece birinin fiziksel sınırlarını belirlemek için kullanılan bir terimdir. Gerçekte her tek faz diğer bir faz ile temas halinde bulunduğu için (sıvı-hava, katı-hava vb.) vakum altında bulunan katılar dışındaki tüm durumlarda bir arayüzeyden bahsedilmektedir. Çoğu standart kitapta yazarlar hava ile vakum arasındaki küçük farklılıkları ihmal ettikleri için yüzey ve arayüzey kelimelerini birbirlerinin yerine kullanmaktadır (Erbil 2006).

Katılar için yüzey kelimesinin çeşitli yüzey analizi tekniklerine göre ne ifade ettiğini anlayabilmek büyük önem taşır. Bir tekniğe göre yüzey olarak tanımlanan bölge diğer bir tekniğe göre maddenin içi (bulk) olabilir. Bu nedenle yüzey analizi alanında yüzeyin en uygun tanımı, bir katının belirli bir teknik kullanılarak ölçülen numune derinliğidir (Chan 1994).

Bir katının *yüzey serbest enerjisi* yeni bir yüzey oluşturabilmek için gerekli olan enerji olarak tanımlanır. Bir polimerin teorik yüzey serbest enerjisi atomlar arası kuvvetlerden faydalanarak hesaplanabilir. Ancak polimerin gerçek yüzey serbest

enerjisi üretim ve ısıl işlemlerdeki değişimler nedeniyle teorik olarak hesaplanan değerle aynı olmayabilir. Buna ilave olarak polimerler dinamiktir ve yüzeydeki zincirlerin davranışları buldukları ortama göre değişiklik gösterebilir.

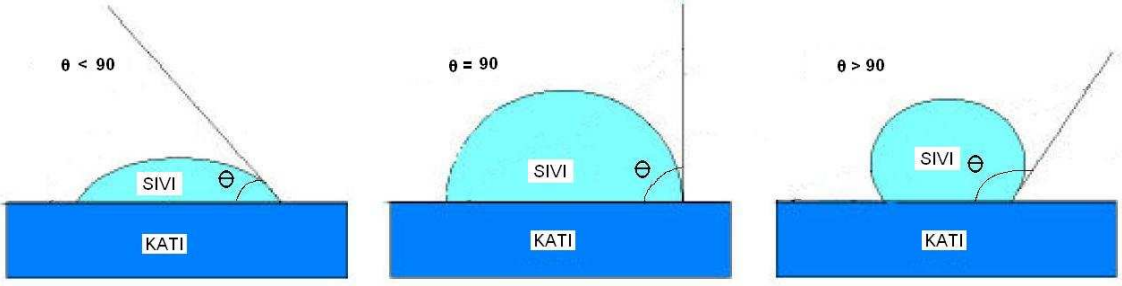
Katıların yüzey enerjileri, kimyasal reaktivite ve difüzyon, adsorpsiyon, desorpsiyon, ıslak prosesler (boyama ve bitim işlemleri vb.) ve yapışmayı kapsayan yüzey ve arayüzey ile ilgili olguları belirler (Hsieh 2001).

Günümüzde katıların yüzey enerjilerini belirleyebilmek için direk, güvenilir bir metot bulunmamaktadır. Ancak temas açısı ölçümlerine dayanan pek çok dolaylı ve yarı deneysel yöntem geliştirilmiştir (Garbassi ve ark. 1994).

Katıların ıslanabilirlik davranışları yüzey serbest enerjileri ile yakından ilgilidir. Islanabilirlik katı yüzeylerin en önemli özelliklerinden biridir. *Islanabilirlik* bir yüzeyin su ya da başka bir sıvı tarafından kaplanabilme yeteneğidir. Katıların ıslanabilirlik davranışları, başlangıçta bir gaz ya da başka bir sıvı ile temas eden katı yüzeyi bir sıvı ile temas ettirildiğinde gözlenebilir. Bu nedenle ıslanabilirlik temas açısı ölçümleri ile tespit edilebilir (Erbil 2006). Katı yüzeylerin ıslanabilirlikleri karakteristik bir malzeme özelliğidir ve hem yüzeyin kimyasal yapısından kaynaklanan yüzey enerjisine, hem de yüzey pürüzlülüğüne bağlıdır.

İdeal bir katı yüzeyi atomsal olarak düz bir yapıya sahiptir. Ancak gerçekte böyle bir ideal yüzey bulunmamaktadır. Tüm gerçek katı yüzeyleri değişik boyutlarda yüzey pürüzlülüklerine sahiptir. *Yüzey pürüzlülüğü* gerçek yüzey alanının ideal yüzey alanına oranı olarak tanımlanabilir. Yüzey pürüzlülüğü atomik kuvvet mikroskobu (AKM), elektron tarama mikroskobu (SEM) ve diğer spektroskopik yöntemlerin yanı sıra temas açısı ölçümleri kullanılarak da tayin edilebilir (Erbil 2006).

Temas açısı; katı bir yüzeyin bir sıvı tarafından ıslatılabilmesinin nicel ölçüsüdür. Sıvı, gaz ve katının kesiştiği üç fazlı sınırdaki, bir sıvı tarafından oluşturulan açı tarafından geometrik olarak tanımlanır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15. Temas açısının gösterimi

KAYNAK:<http://www.ksvltd.com/content/index/applicationnotes>, 2008

Şekil 2.15'te de görüldüğü gibi düşük temas açısı (θ) değerleri sıvının yayıldığını ya da yüzeyi iyi ıslattığını gösterirken, yüksek değerler zayıf ıslatmayı göstermektedir. Eğer θ açısı 90° 'den küçükse sıvının yüzeyi ıslattığı, büyükse ıslatmadığı söylenir. Sıfır temas açısı ise tamamen ıslatmayı ifade eder (<http://www.ksvltd.com/content/index/applicationnotes>, 2008).

Temas açısı ölçümleri çeşitli yüzey işlemleri sonucunda yüzeyde meydana gelen değişimleri incelemek için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Temas açısı ölçümleri statik ve dinamik olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilir. Bu çalışmanın ilk adımında gerçekleştirilen temas açısı ölçümleri tekstil lifleri için daha uygun bir yöntem olan dinamik temas açısı ölçüm yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Son yıllarda çevresel elektron tarama mikroskobu (ESEM) da temas açısı ölçümleri için kullanılmaktadır (Wei ve ark. 2002). Bu yöntemde %100 rutubet ortamında numunenin üzerinde su buharının yoğunlaşması sağlanmakta ve daha sonra numune üzerinde oluşan su damlalarının şekilleri incelenmektedir. Çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilen temas açısı ölçümleri ESEM kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Katı maddelerin *yüzey kimyaları* yüzey serbest enerjilerini, ıslanabilirlik davranışlarını ve yüzey temas açılarını belirler. Polimerik malzemelerin yüzeyleri ve içyapıları birbirlerinden çeşitli farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar, en basit polimer yapısı -saf, doğrusal, termoplastik bir homopolimer- göz önüne alınarak incelenebilir. Polimer zincirleri, tekrar ünitesinden fonksiyonel olarak oldukça farklı uç gruplara sahiptir. Zincirler molekül ağırlığı dağılımı ile karakterize edilir ve bazı polimerlerin yapılarında çok düşük molekül ağırlıklı oligomerler bulunabilir. Çoğu

polimerler yarı kristalin yapıdadır ve kristalin ve amorf bölgelerden oluşur. Uç gruplar kristalitlerden ayrı durma eğilimindedirler; hatta bu uç gruplar yüzey aktifliğini etkilemektedir. Bu nedenle homopolimer yüzeyi homopolimerin iç yapısından uç grup konsantrasyonu, molekül ağırlık dağılımı ve amorf/kristalin bölge oranı bakımından farklılıklar gösterir. Polimer zincirlerinin dallı yapıda olması ya da çapraz bağların bulunması olayı daha da karmaşıklaştırmakta ve yüzey, içyapı arasındaki farklılığı arttırmaktadır (Briggs 1998).

Özetle; bir katının yüzey serbest enerjisi, ıslanabilirlik davranışı ve temas açısı değerleri birbirleriyle ilişkili kavramlardır. İyi ıslanabilirlik gösteren, yüksek yüzey enerjisi ve düşük temas açısına sahip olan maddeler hidrofilik, düşük ıslanabilirlik, düşük yüzey enerjisi ve yüksek temas açısı değerlerine sahip olanlar ise hidrofobik karakter gösterirler.

En önemli polimerik malzemelerden biri olan tekstil liflerinin de yüzey yapıları, mikro ve makro yapıları gibi iyi anlaşılabilmiştir. Bunun temel nedeni yüzey inceleme metodlarının yeterli olmamasıdır. PET liflerinin yüzeyleri ile içyapılarının benzer olup olmadığı bu liflerinin yüzeylerindeki karbon/oksijen (C/O) oranı yardımıyla incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda PET liflerinin içyapıları ve yüzeylerinin farklılıklar gösterdiği görülmüştür. PET liflerinin yüzeylerindeki C/O oranı teorik olarak hesaplanan 1,875 veya 1,5 değerlerinden yüksek olarak 2,92 bulunmuştur. Bu değer PET'in iç kısmının 1,875 olan C/O oranından da oldukça yüksektir. Bu, ester bağlarındaki oksijen atomlarının ve polar uç grupların (-OH ve -COOH) lif yüzeyinde lifin iç kısmında olduğu gibi düzgün dağılmadığını ve hem polar uç grupların hem de zincirdeki ester bağlarının yüzeyden içe doğru yönlendiklerini göstermektedir. Yüzeyin bu oksijen eksik yapısı yüzey enerjisinin düşürülmesi ile uyumludur ve PET zincirinin dönmesi ve/veya katlanması ile sağlanabilir. Yüzeyin bu kimyasal yapısı, yüzeydeki zincirlerin yeteri kadar hareketli ve çoğunlukla kristalin olmayan yapıda olduğunu göstermektedir.

PET lifleri hidrofob yapıya sahiptir. Bu yapı, PET liflerin düşük ıslanabilirlik ve boya alma davranışı sergilemelerine, plastik ve kauçuğa karşı düşük yapışma göstermelerine ve statik elektriklenmeye eğilimli olmalarına neden olur.

PET'in molekül zincirleri üzerindeki ester bağları ve çok az miktardaki hidroksil ve karboksilik asit polar uç grupları, olefinler gibi alifatik hidrokarbonların yüksek

hidrofobik yapılarıyla karşılaştırıldığında PET'in biraz daha polar bir yapıya sahip olmasına neden olur. PET liflerinin su temas açıları 70-75° aralığında değişirken, bu değer polietilen ve polipropilende 90-98° aralığında, bu liflere göre yapılarındaki polar amid bağları nedeniyle daha hidrofil yapıda olan naylonlarda ise 61°'lerdedir (Hsieh 2001).

2.3.1.Malzemelere uygulanan yüzey modifikasyonları

Çoğu uygulamada, yüzey özelliklerinin (ıslanabilirlik, elektriksel özellikler, optik özellikler, sürtünme, kimyasal reaktivite, yapışma, geçirgenlik, kir tutuculuk, biyolojik uygunluk, biyolojik aktivite vb.) polimerik malzemelerin kullanım alanları ya da performansları üzerinde büyük etkisi bulunmaktadır (Briggs 1998, Hsieh 2001).

Malzemelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini bu malzemelerin içyapılarını etkilemeden iyileştirebilmek için pek çok yüzey modifikasyonu geliştirilmiştir. Yüzey modifikasyonlarının malzemelerin yüzeylerinde yaptığı değişiklikler aşağıda dokuz madde halinde özetlenmiştir:

- 1-Diğer fonksiyonel gruplarla belirli etkileşimler için yüzeyde özel fonksiyonel gruplar üretmek.
- 2-Yüzey enerjisini arttırmak.
- 3-Hidrofobluğu ya da hidrofiliği arttırmak.
- 4-Kimyasal inertliği geliştirmek.
- 5-Yüzeyde çapraz bağlanma yapmak.
- 6-Yüzeydeki zayıf katmanları ya da safsızlıkları uzaklaştırmak.
- 7-Yüzey morfolojisini yüzey kristalinitesini ya da pürüzlülüğünü arttırarak ya da azaltarak değiştirmek.
- 8-Yüzey elektrik iletkenliğini arttırmak.
- 9-Yüzey kayganlığını arttırmak (Chan 1994).

Günümüzde polimerik yapıların yüzey modifikasyonları için pek çok metot geliştirilmiştir. Bunlardan alkali hidrolizi, enzim hidrolizi, düşük sıcaklıkta plazma

uygulamaları ve yüzey aşılama tekstil endüstrisinde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

Malzemelerin yüzeylerini incelemek için pek çok değişik teknik kullanılabilir. Doğru analiz tekniğini seçebilmek için, cihazın inceleyebildiği numune derinliği, yüzey hakkında verdiği bilgiler, analiz ortamı ve numunenin tekniğe uygunluğu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin yüzeyin üç boyutlu, yüksek çözünürlüklü görüntülerine ihtiyaç duyuluyorsa atomik kuvvet mikroskobu (AKM), taramalı tünelleme mikroskobu (STM) ve elektron tarama mikroskobu (SEM) uygun tekniklerdir. Kimyasal analizlere ihtiyaç duyuluyorsa temas açısı ölçümleri ve statik ikincil iyon kütle spektroskopisi (SSIMS) iyi birer tercih olacaktır. Eğer yüzeydeki yapıların miktarları ve kimyasal durumları incelenmek isteniyorsa x-ışın fotoelektron spektroskopisi (XPS) uygun bir metot olacaktır (Chan 1994).

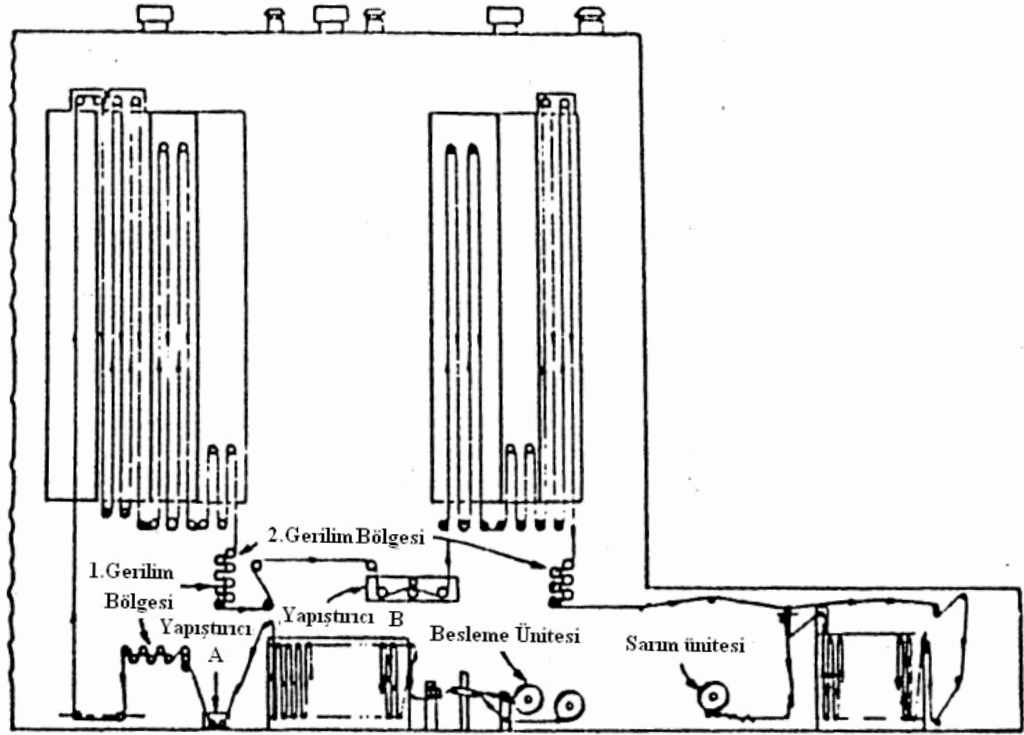
2.3.2.Malzemelerin yapışma davranışları

Yapışma, birbirlerine bağlanmış maddeler sisteminin birbirlerinden ayrılmaya karşı gösterdikleri mekanik direnç olarak tanımlanabilir (Liston ve ark. 1994). Yapışma davranışı malzemelerin en önemli yüzey özelliklerinden biridir ve pek çok uygulamada büyük önem taşır. Lif takviyeli kauçuk kompozitler bu uygulamaların en önemlilerinden biridir. Lif takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri sadece liflerin ve matriksin özelliklerine değil ayrıca lifin yüzeyine ve ara yüzeyde liflerden matrikse yük transfer mekanizmasına da bağlıdır (Luo ve Ooij 2002). Sentetik lifler kauçuk arasında hem kimyasal hem de mekanik özellikler bakımından çok önemli farklılıklar vardır. Liflerin polarlıkları ve yüksek modülleri kauçuğun nonpolar karakteri ve düşük modülünden çok farklıdır. Lif ve kauçuk arasındaki yapışma mekanik, kimyasal ve moleküler etkileşimler sonucunda oluşur. Mekanik bağlanma mekanik karışıklıkla elde edilir ve kauçuğun kesikli liflerle takviyeli edildiği durumlarda olduğu gibi, yüzey alanının yapışmayı destekleyici etkisinin olduğu durumlarda, büyük önem taşır. Kimyasal bağlanma yapıştırıcı, lif ve kauçuk arasındaki kimyasal etkileşim ile gerçekleşir. Bu nedenle iki taraflı molekül polarlık ve reaktiflik gösteren yapıştırıcıların kullanılması gerekmektedir. Molekül bağlanma ise yapıştırıcı ve ona yapışacak maddenin (lif ve

kauçuk) arasında oluşan molekülsel yayılma ile gerçekteşir. Yapışmanın gerçekteşmesi üzerinde genelde bu üç mekanizmanın bileşimi etkilidir (Chawla 1994).

1940'ların başında geliştirilen resorsinol-formaldehit-lateks (RFL) yapıştırıcı sistemi halen kauçuk sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kauçuk takviyesinde kullanılacak olan lifler iplik ya da bez formunda belirli gerilim altında RFL çözeltisinin bulunduğu banyodan geçirilerek RFL ile kaplanır. Bu sürece "işleme" (dipping) denilir. İşleme adımı tek ya da çift banyolu sistemlere dayanabilir. İşleme adımında iplik/bez belirli oranlarda gerilime ve ısıya da maruz bırakılır. Bunun amacı malzemelerin özellikleri iyileştirmek, boyutsal kararlılık sağlamak ve performansını arttırmaktır. Şekil 2.16'da işleme adımı şematik olarak gösterilmektedir.

RFL'deki lateks bileşeni yapıştırıcı tabakayı esnekleştirir ve kauçuk tabaka ile ikincil bağ yapar. RF bileşenleri naylonlarda bulunan -NH grupları gibi hidrojen bağ yapabilen gruplarla etkileşir. Poliester liflerinde hidrojen köprüleri oluşturabilecek fonksiyonel grup yetersiz olduğu için normal RFL uygulaması yeterli gelmemektedir. Bu nedenle poliester liflerinin kauçuğa yapışmalarını sağlamak için pek çok yöntem geliştirilmiştir. Bunların bazıları iki banyolu sistemlere dayanır. Bu sistemlerde birinci banyodaki kimyasallar (izosiyanat vb.) ile lif yüzeyi aktifleştirilir ve daha sonra ikinci banyodaki standart RFL ile muamele edilir. Ancak ekonomik nedenlerle tek adımlı sistemler gerekmektedir. Bu nedenle RFL ile halkalı katkı maddelerinin karışımından oluşan tek banyolu sistemler geliştirilmiştir.



Şekil 2.16. İki adımlı bir işleme prosesinin şematik gösterimi
KAYNAK:H.H.Yang, Kevlar Aramid Fiber, 1972, p.140-148

Bunlara ilave olarak poliester liflerinin yüzeylerini değiştirmek ve bu şekilde kauçuğa yapışma davranışlarını geliştirmek için pek çok çalışmada yapılmaktadır. Bunlardan en önemlileri aşılama ve plazma uygulamalarıdır. Ancak bu yöntemler günümüzde ticari bir önem kazanamamıştır (Chawla 1994).

3.MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma iki adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda konvansiyonel PET iplikler hava-jetli tekstüre işlemine tabii tutulmuş ve bu işlemin ardından ipliklerin kauçuğa yapışma davranışları incelenmiştir. Bu adımda gerçekleştirilen deneyler sonucunda tekstüre işlemi sonrasında konvansiyonel PET ipliklerin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiği gözlenmiştir. Birinci adımda elde edilen bu sonucun ışığında çalışmanın ikinci adımına geçilmiştir. İkinci adımda ise teknik alanlarda kullanılan dört adet değişik tipte poliester iplik kullanılmıştır. Bu ipliklerden elde edilen sonuçlar ile kıyaslama yapabilmek amacıyla çalışmanın bu adımına konvansiyonel PET ipliği de dahil edilmiştir. Hava-jetli tekstüre işlemine tabii tutulan bu ipliklerin daha sonra kauçuğa yapışma deneyleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar malzeme özellikleri ve iplik yapısı ile ilişkilendirilerek incelenmiştir. Çalışmanın bu bölümünde her iki adımda da kullanılan materyaller, cihazlar ve yöntemler ayrıntıyla belirtilmiştir.

3.1.Materyal

3.1.1.Çalışmanın birinci adımında kullanılan materyaller

Çalışmanın birinci adımında Korteks Firması'ndan temin edilen kısmen yönlenmiş (POY) konvansiyonel PET iplikler kullanılmış ve bu ipliklerin özellikleri Çizelge 3.1'de belirtilmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmanın birinci adımında kullanılan PET ipliğın özellikleri

İplik numarası (dtex)	Filament sayısı	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma uzaması (%)
551	72	0,218	214,15

Çizelgede üretici firmaya ait bilgiler verilmiştir.

H-yapışma testlerinde kullanılan RFL çözeltileri ve kauçuk karışımı Kordsa Firması'nda temin edilmiştir. Yapışma testlerinde kullanılan çözeltilerin içerikleri üründen beklenen özelliklere göre farklılıklar göstermektedir. Çizelge 3.2'de genel bir RFL banyo reçetesi verilmiştir. Yapışma deneylerinde kullanılan kauçuk karışımı ise Goodyear Firması'ndan alınan ve bu tip testler için üretilmiş standart bir karışımdır.

Çizelge 3.2. Genel bir RFL banyo reçetesi

Kullanılan kimyasallar	Bileşimdeki miktar (%)
Yumuşak su	47,0
Vinil piridin lateks	43,0
Amonyak	3,5
Formaldehit, %37	3,2
Resorsinol	2,1
Kostik (NaOH), %10	1,1
Köpük giderici+B4	0,1
TOPLAM	100

KAYNAK:A. Aytaç, Naylon 6.6/Poliester Melez Kordların Tasarım ve Özelliklerinin İncelenmesi, 2007, s.63.

3.1.2.Çalışmanın ikinci adımında kullanılan materyaller

Çalışmanın ikinci adımında; tam çekimli, düz konvansiyonel PET (FDY PET), yüksek dayanımlı PET (HTPET), boyutsal kararlı PET (DSPET), polietilen naftalat (PEN) ve sıvı kristalin polimer yapısında olan Vectran kullanılmıştır. İplik özellikleri ve bu ipliklere verilen kodlar Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklerin özellikleri

İplik çeşidi ve kimyasal yapısı	Üretici firma	İplik kodu	İplik numarası (tex)	Filament sayısı	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma uzaması (%)
Tam çekimli, düz polietilen tereftalat İplik	Korteks	FDY PET	33,50	72	0,33	32,90
Boyutsal kararlı polietilen tereftalat iplik	Performance Fibers	DSPET	110	300	0,69	10,00
Yüksek dayanımlı polietilen tereftalat iplik	Performance Fibers	HTPET	110	192	0,81	14,00
Polietilen naftalat iplik	Performance Fibers	PEN	110	200	0,74	11,00
Tamamen halkalı yapıda poliester (sıvı kristalin polimer) iplik	Kuraray	Vectran	110	200	2,03-2,30	3,30-3,90

Çizelgede üretici firmalara ait bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilen H yapışma testlerinde, çalışmanın birinci adımında kullanılan RFL çözeltisi ve kauçuk karışımı ile aynı özelliklere sahip materyaller kullanılmıştır.

3.2.Yöntem

3.2.1.Fourier transform infrared spektrometresi analizleri

Fourier transform infrared spektrometresi (FTIR) analizleri çalışma öncesinde kullanılacak olan materyallerin yapısal analizlerini yapabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Deneyle TÜBİTAK Bursa Analiz ve Test Laboratuvarları'nda (BUTAL) bulunan Perkin-Elmer marka Spectrum 2000 model bir FTIR cihazı kullanılarak yapılmıştır. FTIR analizleri sadece çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.Diferansiyel taramalı kalorimetre analizleri

Hava-jetli tekstüre çalışmalarında kullanılacak olan besleme silindirlerinin ve ısı fiske fırınının sıcaklıklarının belirlenebilmesi için ipliklerin ısı özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda ipliklerin camsı geçiş sıcaklıkları ve erime sıcaklıkları tespit edilmiştir. DSC analizleri BUTAL'da bulunan Perkin-Elmer marka Sapphire model bir DSC cihazında, 10°C/dk çalışma hızı kullanılarak yapılmıştır. DSC analizleri sadece çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere uygulanmıştır.

3.2.3.Çekme deneyleri

Çekme deneyleri malzemelerin mekanik özelliklerini belirleyebilmek için gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci adımında ve ikinci adımlarında çekme deneyleri ipliklere hava-jetli tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında uygulanmış ve tekstüre işlemine bağlı olarak ipliklerin mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bunlara ilave olarak deneylerde kullanılan malzemelerin özelliklerini daha iyi anlayabilmek amacıyla çalışmanın ikinci adımında iplikler içinden çıkartılan tek liflerin de çekme deneyleri yapılmıştır.

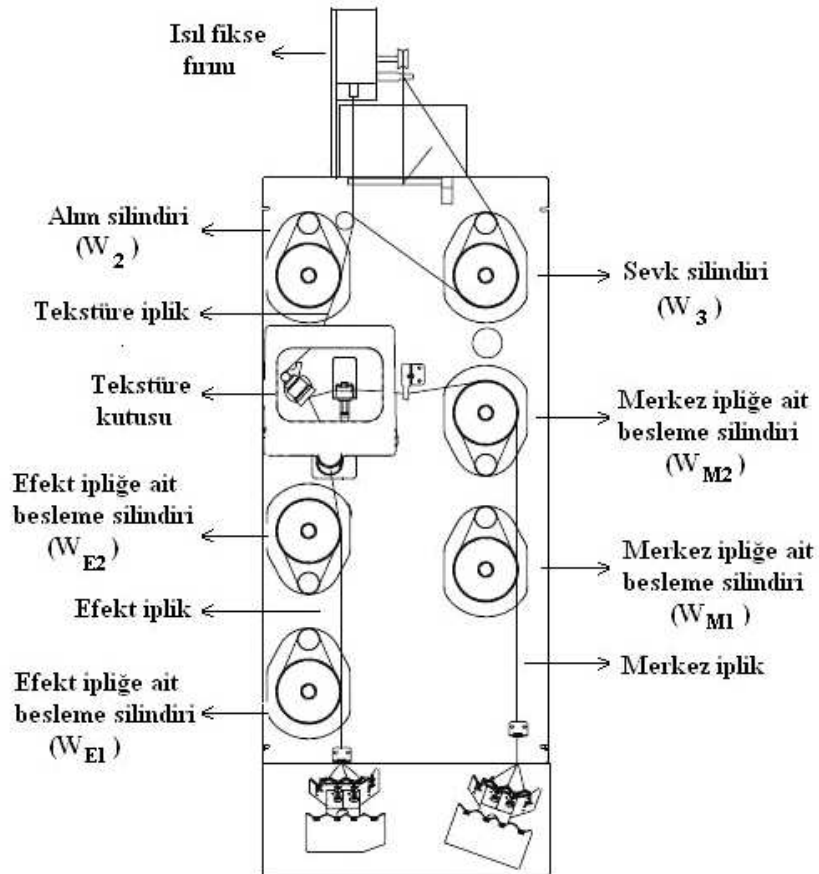
Çalışmanın birinci adımında gerçekleştirilen çekme deneyleri Korteks Firması'nın laboratuvarlarında bulunan Textechno Statimat ME marka çekme cihazında gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde numune boyu 500 mm ve çene hızı 300 mm/dk olarak alınmıştır.

Çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilen çekme deneyleri ise Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan 4301 model Instron çekme cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu deneylerde tek lifler için numune boyu 50 mm ve çene hızı 50 mm/dk olarak kullanılmıştır (Ward ve Wilding 1976). İpliklerin çekme deneylerinde ise birinci adımda gerçekleştirilen çekme deneylerinde olduğu gibi numune boyu 500 mm ve çene hızı 300 mm/dk olarak kullanılmıştır (ASTM D 2256). Ancak bu adımda kullanılan Vectran ve PEN iplikleri yüksek dayanıma sahip oldukları için bu ipliklerin çekme deneyleri için Uludağ

Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan Instron cihazı yeterli gelmemiştir. Bu nedenle bu iplikler Kordsa Firması'nın Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarları'nda bulunan 4502 model Instron çekme cihazında, diğer ipliklerle aynı deney parametreleri kullanılarak yapılmıştır.

3.2.4.Hava-jetli tekstüre çalışmaları

Çalışmanın birinci adımında gerçekleştirilen hava-jetli tekstüre çalışmaları Korteks Firmasının'da bulunan SSM Stähle RM3-T hava-jetli tekstüre makinesinde, 1,05 MPa hava-jeti basıncında, 500 m/dk üretim hızında, 200°C ısıfiske fırını sıcaklığında ve Hemajet T341 tipi hava-jeti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.1'de bu çalışmada kullanılan hava-jetli tekstüre makinesi şematik olarak görülmektedir.



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan hava-jetli tekstüre makinesinin şematik gösterimi
KAYNAK:SSM Stähle RM3-T Hava-jetli Tekstüre Makinesi Kullanım Kılavuzu, 2002, 216 s.

Bu adımda, temin edilmeleri ve tekstüre işlemleri teknik ipliklere göre daha kolay olduğu için konvansiyonel PET iplikler ile çalışılmıştır. Böylece hava-jetli tekstüre işleminin poliesterlerin kauçuğa yapışma özellikleri üzerinde etkili olup olmadığı incelenmiştir. Kullanılan konvansiyonel PET ipliklerinin iplik numaraları ikinci adımda kullanılması planlanan teknik poliester ipliklerinden daha düşük olduğu için bu adımda makineye dört adet iplik beslenmiştir. Değişik iplik yapıları elde edebilmek amacıyla da tekstüre işlemi merkez-efekt (core-effect) tipinde gerçekleştirilmiş ve her adımda makineye beslenen merkez ve efekt iplik sayıları değiştirilmiştir.

Besleme iplikleri POY formunda olduğu için iplikler makineye beslenirken ısıtılmış besleme silindirleri arasında ipliklere 2,15 oranında bir germe uygulanmıştır. Besleme silindirlerinin sıcaklıkları ise birinci besleme silindirlerinde 55°C, ikinci besleme silindirlerinde ise 75°C olarak kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. İplik kodları verilirken merkez ve efekt iplik sayısı dikkate alınmıştır. Örneğin C3ED kodlu iplik 1 merkez ve 3 efekt iplikten oluşmaktadır.

Çizelge 3.4. Çalışmanın birinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar

Numune kodu	İplik yapısı	Aşırı besleme oranları (%)		Besleme silindirleri arası germe oranı (%)	Besleme silindiri sıcaklıkları (°C)	
		Efekt	Merkez		1. silindir (W _{M1} , W _{E1})	2. silindir (W _{M2} , W _{E2})
4CR (referans iplik)	4 merkez iplik	-	-	2,15	55	75
C3ED	1 merkez + 3 efekt iplik	15	10			
2C2ED	2 merkez + 2 efekt iplik	15	10			
4CC	4 merkez iplik	-	10			

4CR kodlu iplik, hava jetine sokulmadan, diğer ipliklerle aynı üretim parametreleri kullanılarak, referans iplik olarak üretilmiştir. Çalışmanın birinci adımda kullanılan tekstüre parametreleri Korteks Firması ile yapılan görüşmeler sonucunda belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci adımı Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan SSM Stähle RM3-T hava-jetli tekstüre makinesinde, 0,8 MPa hava-jeti basıncında, 300 m/dk üretim hızında, 210°C ısıf fiske fırını sıcaklığında, %3 mekanik germe uygulanarak ve Hemajet T341 tipi hava-jeti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2'de bu adımda kullanılan hava-jetli tekstüre makinesi, Çizelge 3.5'te kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar görülmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmanın ikinci adımımda kullanılan hava-jetli tekstüre makinesi

Çizelge 3.5. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan hava-jetli tekstüre parametreleri ve ipliklere verilen kodlar

Beslenen iplik çeşidi	Numune kodu	İplik yapısı	Aşırı besleme oranı (%)	Besleme silindirleri arası germe oranı (%)	Besleme silindirlerinin sıcaklıkları (°C) (W_{M1} , W_{M2})
FDY PET	FDY10 FDY15 FDY20	3 merkez iplik	10 15 20	1,30	84
DSPET	DSPET10 DSPET15 DSPET20	1 merkez iplik	10 15 20	1,05	88
HTPET	HTPET10 HTPET15 HTPET20	1 merkez iplik	10 15 20	1,05	138
PEN	PEN10 PEN15 PEN20	1 merkez iplik	10 15 20	1,02	125
Vectran	Vectran10 Vectran15 Vectran20	1 merkez iplik	10 15 20	1	200*

*Vectran'ın camlaşma sıcaklığı tam olarak belirlenemediği için besleme silindirlerinin çalışabileceği yüksek bir sıcaklık değeri seçilmiştir.

Tekstüre işlemi sonucunda iplikte bir mukavemet kaybı olmaktadır. Bu mukavemet kaybını, özellikle teknik iplikler göz önüne alındığında, daha az tutabilmek için iplikler makineye beslenirken besleme silindirleri arasında ipliklere bir çekim uygulanmıştır. Bu çekim oranı, her iplik tipi için makinenin çalışabildiği maksimum çekim oranı olacak şekilde ayarlanmıştır. İpliklere uygulanan çekim sırasında bu silindirlerinin sıcaklıkları da önemlidir. Tüm ipliklerde aynı etkiyi sağlayabilmek için silindir sıcaklıkları ipliklerin camlaşma sıcaklıklarının 15°C üzerinde olacak şekilde belirlenmiştir. Fazla besleme oranı, bu parametrenin etkisini görebilmek için üç farklı değerde seçilmiştir; %10, %15, %20. Hava jetinin basıncı ise N. Dani, tarafından teknik ipliklerin hava-jetli tekstüreleri ile ilgili yapılmış olan doktora tezi göz önüne alınarak belirlenmiştir (Dani 2004). Üretim hızı (300 m/dk) ve mekanik germe oranı (%3) ise teknik iplikler ile yapılan bir dizi ön deneme sonucunda, en iyi iplik mukavemetini ve çalışma şartlarını sağlayacak şekilde seçilmiştir.

Sonuçlarının daha sağlıklı olabilmesi için tekstüre çalışmalarında kullanılan ipliklerin iplik numaralarının birbirlerine yakın olmasına özen gösterilmiştir. Teknik ipliklerin numaraları konvansiyonel poliester ipliklerden fazla olduğu için bu fark FDY PET ipliğini hava-jetli tekstüre makinesine 3 adet besleyerek giderilmiştir. Bu adımda teknik ipliklerin hava-jetli tekstürelere tek uç tekstüresi tipinde, FDY PET ipliğin tekstüresi ise paralel tekstüre tipinde gerçekleştirilmiştir.

3.2.5.Optik mikroskop deneyleri

Optik mikroskop deneyleri hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında filamentlerin iplik içindeki yerleşimlerini inceleyebilmek amacıyla Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda bulunan Olympus SZ6045 model bir optik mikroskop kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop deneyleri çalışmanın iki adımında da tekstüre işlemine tabii tutulmuş ipliklerin analizleri için kullanılmıştır. Buna ilave olarak çalışmanın ikinci adımında H-yapışma testlerine tabii tutulan ipliklerin uçları da yine aynı mikroskop kullanılarak incelenmiştir.

3.2.6.Elektron tarama mikroskobu çalışmaları

Elektron tarama mikroskobu (SEM) çalışmaları hava-jetli tekstüre işleminin tek lifin yüzeyine yaptığı etkiyi inceleyebilmek ve aynı zamanda RFL ile muamele edilmiş ipliklerin yapılarına ne kadar RFL'in nüfuz ettiğini görebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde (MAM) bulunan Jeol JSM-6335F model bir SEM kullanılmıştır. Tek lifin yüzeyini incelemek için yapılan SEM analizleri çalışmanın her iki adımında da, RFL'in nüfuz etme miktarını görmek için gerçekleştirilen analizler ise çalışmanın sadece birinci adımında gerçekleştirilmiştir.

3.2.7. Atomik kuvvet mikroskobu çalışmaları

1980'lerde bulunan atomik kuvvet mikroskobu (AKM), taramalı uç mikroskopları serisinin bir üyesidir (Binning ve ark. 1986). AKM sıvı ya da katı örneklerin yüzey topografisini nanometre seviyesinde görüntüleyebilen ve moleküller arası kuvvetleri ölçebilen bir sistemdir. Geliştirilen ilk taramalı uç mikroskobu olan taramalı tünelleme mikroskobuna (STM) kıyasla en büyük avantajı iletken olmayan malzemelerin de AKM ile incelenebilmesidir (http://yunus.hacettepe.edu.tr/~emrecan/stm/afm_ve_tar.htm, 2008). Bu nedenle AKM, tekstil malzemelerinin yüzeylerini herhangi bir kaplamaya gerek olmadan inceleyebilen faydalı bir yöntemdir.

Bu çalışmada AKM, hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında liflerin yüzeylerinde meydana gelen değişimleri inceleyebilmek amacıyla kullanılmıştır. Deneysel Çin'de, Jiangnan Üniversitesi Laboratuvarları'nda bulunan Benyuan CSPM4000 model bir AKM kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3.3'te bu çalışmada kullanılan AKM görülmektedir. AKM çalışmaları çalışmanın her iki adımında da gerçekleştirilmiştir.



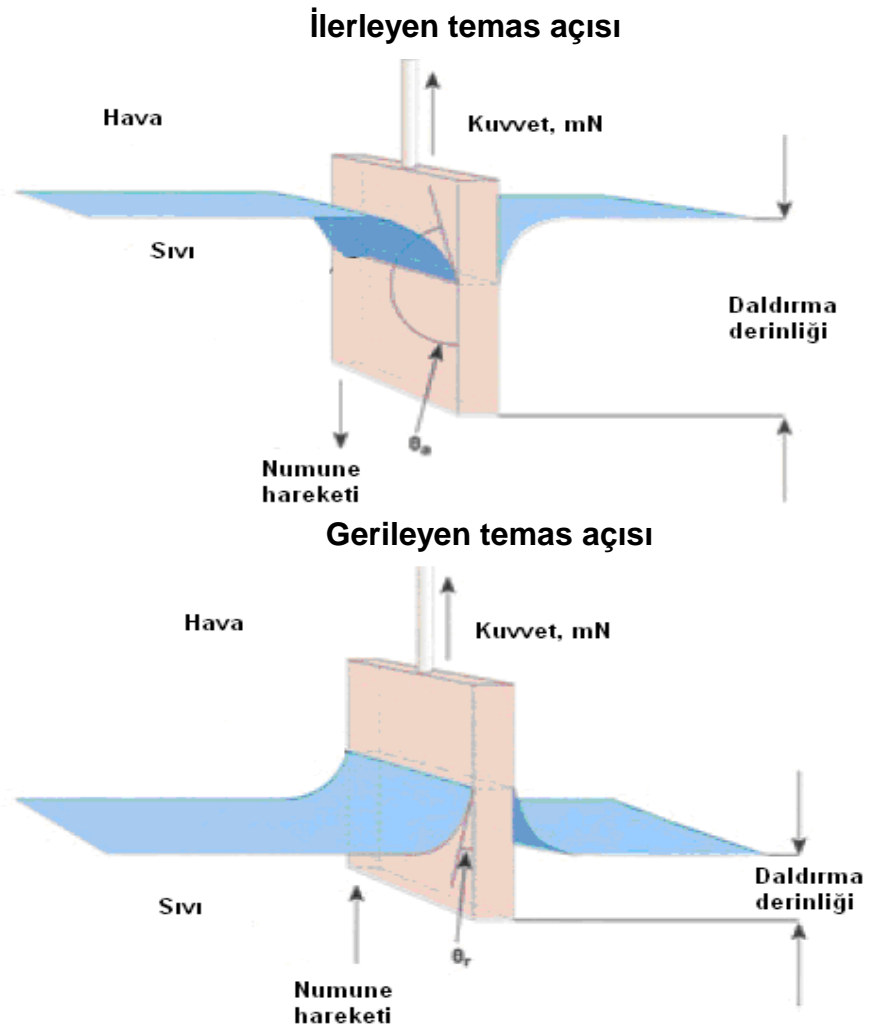
Şekil 3.3. Atomik kuvvet mikroskobu

3.2.8. Temas açısı ölçümleri ve dinamik adsorpsiyon analizleri

Temas açısı katı bir yüzeyin bir sıvı tarafından ıslatılabilmesinin nicel ölçüsüdür. Küçük çapa sahip liflerin temas açılarının ölçülmesi oldukça zordur ve ölçüm için yaygın olarak statik damla ve dinamik test olmak üzere iki metot kullanılır. Ancak statik damla metodu sadece statik temas açılarını verebildiği için pek çok dezavantaja sahiptir (Huang ve ark. 2006). Bu nedenle bu çalışmada Wilhelmy tekniğine dayanan dinamik test metodu kullanılmıştır. Wilhelmy metodu, lif bir test sıvısıyla temas ettiğinde oluşan kuvvetleri ölçer. Eğer etkileşim kuvvetleri, lifin geometrisi ve sıvının yüzey gerilimi biliniyorsa temas açısı hesaplanabilir. Wilhelmy metodu numune (bu çalışmada lif) sıvının içine girerken ve sıvının içinden çıkarken iki adet açı ölçer (Wei ve ark. 2007) (Şekil 3.4). Bunlardan lif sıvının içine girerken ölçülen “ilerleyen temas açısı”, “ θ_a ” daha çok lifin kimyasal özellikleriyle ilişkili iken, lif çıkarken ölçülen açı “gerileyen temas açısı”, “ θ_r ” daha çok lifin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkilidir (Huang ve ark. 2006). Bu çalışmada sıvı olarak saf su kullanılmış ve liflerin her iki açı değerleri de ölçülmüştür.

Liflerin temas açısı ölçümlerinin gerçekleştirildiği tensiyometre cihazında kullanılan program değiştirilerek aynı cihaz ipliklerin dinamik adsorpsiyon analizlerini gerçekleştirmek amacıyla kullanılabilir. Adsorpsiyon deneylerinde ipliğin yapısına, belirli bir zaman aralığında sıvı alışı hızı ve miktarı tespit edilir. Elde edilen bu veriler yardımıyla da ipliğin ıslanabilirlik davranışı hakkında bilgi edinilir.

Temas açısı ölçümleri ve dinamik adsorpsiyon analizleri Çin’de, Jiangnan Üniversitesi Laboratuvarları’nda bulunan ve Camtel Firması tarafından üretilmiş CDCA-100F model bir tensiyometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5’te bu çalışmada kullanılan tensiyometre cihazı görülmektedir. Bu analizler çalışmanın sadece birinci adımında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Numunenin sıvı içine girerken ve çıkarken yaptığı açıların şematik gösterimi
KAYNAK:<http://www.ksvltd.com/content/index>, 2008



Şekil 3.5. Tensiyometre cihazı

3.2.9.Çevresel elektron tarama mikroskobu çalışmaları

1980’li yılların ortalarında geliştirilen çevresel elektron tarama mikroskobunun (ESEM), SEM’e göre en temel avantajı değişik basınçlarda, sıcaklıklarda ve gaz karışımları ortamında numunelerin incelenmesine olanak sağlamasıdır. ESEM’de ıslak, yağlı, kirli, iletken olmayan numuneler doğal hallerinde, bir hazırlık işleme tabii tutulmadan incelenebilmektedir (<http://www.calce.umd.edu/general/Facilities/ESEM.pdf>, 2008). Bunun yanı sıra ESEM’de ıslak moda dinamik deneyler de gerçekleştirilebilmektedir. Bu deneylerden biri de %100 rutubet ortamında numunenin üzerinde su buharının yoğunlaşmasını sağlamaktır (http://www.itg.uiuc.edu/ms/equipment/microscopes/esem/how_it_works.htm, 2008). Bu metot kullanılarak tekstil liflerinin ıslanabilirlikleri ESEM kullanılarak incelenebilir (Wei ve ark. 2002).

Liflerin ıslanabilirlik davranışları çalışmanın birinci adımında Wilhelmy tekniği yardımıyla, liflerinin temas açıları ölçülerek incelenmiştir. Wilhelmy tekniğinde sağlıklı sonuçlar alabilmek için numunenin dik olarak test cihazına yerleştirilmesi

gerekmektedir. Ancak çalışmanın ikinci adımında tekstüre edilmiş ipliklerden çıkartılan liflerin tekstüre işleminin etkisiyle kıvrımlı bir yapı kazandıkları görülmüştür. Dolayısı ile bu ipliklerden bu metoda uygun numuneler hazırlanamamıştır. Bu nedenle çalışmanın ikinci adımında ESEM çalışmaları ile liflerin ıslanabilirlik davranışları incelenmiştir.

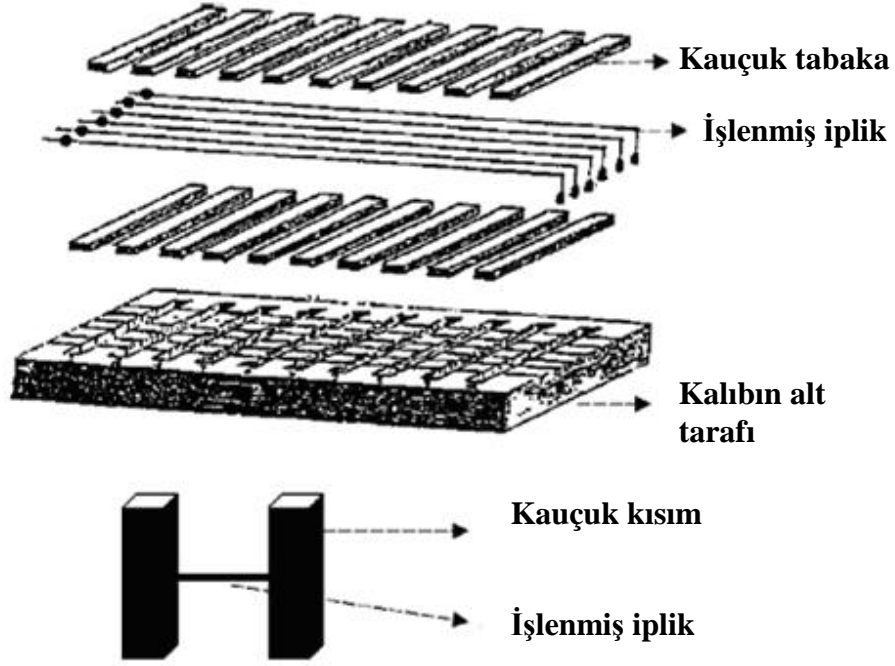
ESEM çalışmaları Illinois Üniversitesi (Amerika Birleşik Devletleri) Laboratuvarları'nda bulunan ve FEI Firması tarafından üretilmiş olan Philips XL30 ESEM-FEG model bir ESEM kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.10.X-ışını çalışmaları

X-ışını çalışmaları hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında ipliklerin içyapılarında değişim olup olmadığını gözlemlemek için yapılmıştır. Deneyler, TÜBİTAK MAM'da bulunan Shimadzu XRD –6000 X-ışınları difraktometre cihazında gerçekleştirilmiştir. X-ışını deneyleri çalışmanın sadece ikinci adımında gerçekleştirilmiştir.

3.2.11.Kauçuğa yapışma deneyleri

Poliester ipliklerin kauçuğa yapışma davranışları H yapışma deneyleri ile incelenmiştir. H yapışma deneylerinde, iplikler işleme adımında RFL çözeltisiyle muamele edildikten sonra bu test için özel olarak hazırlanmış kalıplarda kauçuk tabakaların arasına yerleştirilirler. Daha sonra bu kalıplar 153°C sıcaklıkta, 3,2 MPa basınç altında 25 dk süre ile hidrolik preste pişirilir. Bu şekilde iplik ile kauçuk arasında bağ oluşması sağlanmış olur. Presleme işleminden sonra kalıplardan örnekler çıkartılır ve soğumaya bırakılır. Daha sonra, soğumuş olan bu örnekler makasla kesilerek H şeklinde hazırlanır ve bir çekme cihazı kullanılarak numunelerin kauçuğa yapışma kuvvetleri ölçülür. Şekil 3.6'da ASTM D4776 metoduna göre H yapışma testinde kullanılan kalıp ve numune hazırlanması şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.6. ASTM D4776 metoduna göre H yapışma test kalıbı ve numunenin hazırlanması

KAYNAK:M. Jamshidi, F. Afshar, N. Mohammadi, S. Pourmahdian. 2005. Study on Cord/rubber Interface at Elevated Temperatures by H-pull Test Method. Appl. Surface Sci., 249:208-215.

Bu çalışmadaki H yapışma testleri ASTM D4776 metoduna göre Kordsa Firması'nın Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarları'nda gerçekleştirilmiştir. İplikler ilk önce Litzler marka işleme makinesinde RFL çözeltisi ile muamele edilmiştir (Şekil 3.7). İşleme adımı tek banyo kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bunun nedeni poliester ipliklerin işlenmesinde genellikle RFL banyosundan önceki bir banyoda kullanılan izosiyanatın yapışmayı artırıcı etkisini ortadan kaldırmak ve hava-jetli tekstüre işleminin poliesterin kauçuğa yapışma davranışı üzerindeki etkisini daha doğru bir şekilde gözlemleyebilmektir.

Çalışmada hidrolik pres olarak PHI marka bir pres kullanılmıştır. Hazırlanan numunelerin kauçuğa yapışma kuvvetleri de Instron 4502 çekme cihazında 300 mm/dk'lık çene hızı kullanılarak ölçülmüştür. H yapışma deneyleri bu çalışmanın her iki adımında da gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan işleme makinesi

3.2.12.Katı miktarı testi

İpliklerin işleme adımıında bünyelerine aldıkları RFL miktarı katı miktarı testi ile tespit edilir. Bu çalışmadaki katı miktarı testi eşit uzunluklardaki işlenmiş ve işlenmemiş ipliğin hassas terazide tartılması ve buradan aradaki ağırlık farkının bulunması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Katı miktarı testleri Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarları'nda yapılmış ve iplik uzunluğu olarak 10 m alınmıştır. Elde edilen değerler; “ $(\Delta m/m_1) \times 100$ ” formülünde yerine konularak ipliklerin bünyelerine aldıkları yüzde RFL miktarı hesaplanmıştır. Bu formülde Δm ; işlenmiş ve işlenmemiş ipliklerin arasındaki ağırlık farkı, m_1 ise işlenmemiş ipliğin ağırlığıdır.

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın birinci adımında konvansiyonel PET ipliklerinin hava-jetli tekstüre işlemleri gerçekleştirilmiş ve tekstüre işleminden sonra bu ipliklerin kauçuğa yapışma davranışları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, hava-jetli tekstüre işleminin iplik yapısına ve lif yüzeyine etkisi, tekstüre iplik ile kauçuğun etkileşimi, kullanılan RFL ile ipliğin etkileşimi incelenerek yorumlanmıştır. Teknik poliester ipliklerinin kullanıldığı çalışmanın ikinci adımı, birinci adımda elde edilen bu sonuçlar göz önüne alınarak şekillendirilmiştir.

4.1.Çalışmanın Birinci Adımında Gerçekleştirilen Deneylerin Sonuçları

4.1.1.Çekme deneylerinin sonuçları

Çalışmanın birinci adımında gerçekleştirilen çekme deneylerinin sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çekme deneylerinin sonuçları incelendiğinde hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında ipliklerin dayanımlarında bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Hava-jetli tekstüre işlemi sonucunda ipliği oluşturan liflerin iplik eksenine olan paralellikleri bozulmaktadır. Bu durum da tekstüre işlemi sonrasında iplik dayanımında azalmaya sebep olmaktadır.

İpliklerin uzama davranışları liflerin uzama davranışları ve iplik paketlenmesine bağlıdır. Tekstüre işlemi sonrasında liflerin konumlarının değişmesi ve yüzeyde iplik merkezine bağlı ilmeklerin oluşması ipliğin uzama davranışını etkilemektedir. Çekme deneyleri sonucunda elde edilen kopma uzaması değerleri incelendiğinde tekstüre işlemi sonrasında C3ED ve 2C2ED kodlu ipliklerin kopma uzaması değerlerinde artış, 4CC kodlu ipliğin kopma uzaması değerinde ise bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. C3ED ve 2C2ED kodlu ipliklerin kopma uzaması değerlerindeki artış tekstüre sonrasında oluşan ilmekli iplik yapısından kaynaklanabilir. 4CC kodlu iplik sadece dört adet merkez ipliğin tekstüresi ile oluşmuştur, dolayısı ile C3ED ve 2C2ED kodlu ipliklerde gözlenen ilmekli iplik yapısı bu iplik tipinde görülmemektedir (Şekil

4.1). Bu durum da 4CC kodlu ipliğin kopma uzaması değerinde bir azalmaya sebep olmaktadır.

Çekme deneylerinin sonuçları genel olarak göz önüne alındığında birinci adımda kullanılan efekt ve merkez ipliğin aşırı besleme oranları birbirlerine yakın değerlerde olduğu için ipliğin mekanik özellikleri üzerinde her iki iplik bileşeninin de etkili olduğu görülmektedir. Ancak yine de oluşan tekstüre ipliğin mekanik özelliklerinin temelde iplik yapısında daha baskın olan iplik bileşeni tarafından kontrol edildiği söylenebilir.

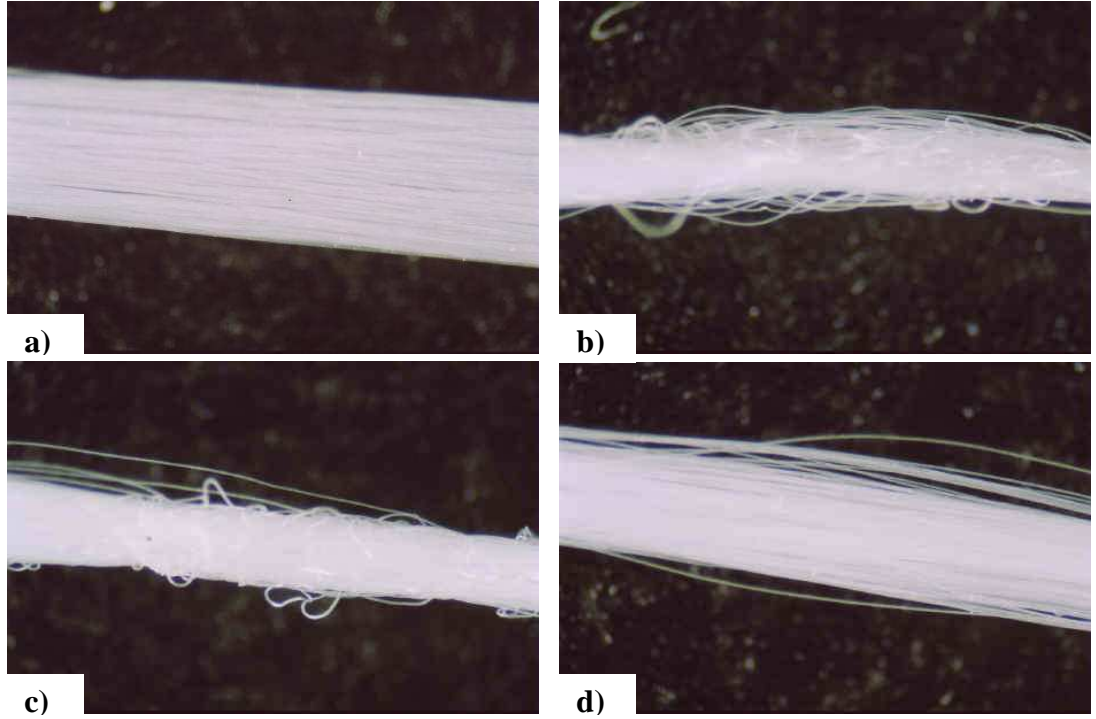
Çizelge 4.1. Çalışmanın birinci adımında gerçekleştirilen çekme deneylerinin sonuçları

İplik kodu	İplik numarası (tex)	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma uzaması (%)
4CR (<i>referans iplik</i>)	115,6	0,484	12,65
C3ED	125,0	0,309	13,75
2C2ED	122,7	0,332	13,29
4CC	117,2	0,374	12,25

4.1.2. Optik mikroskop ve dinamik adsorpsiyon deneylerinin sonuçları

İplik yapısının ipliğin yapışma davranışı üzerinde büyük bir etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle tekstüre ipliklerin yapılarını ve tekstüre işlemi sonrasında liflerin iplik içindeki yerleşimlerini inceleyebilmek amacıyla optik mikroskop deneyleri, ipliklerin ıslanabilirlik davranışlarını anlayabilmek amacıyla ise bazı dinamik adsorpsiyon testleri yapılmıştır.

Optik mikroskop deneyleri sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu görüntülerde hava-jetli tekstüre işleminden sonra liflerin iplik içerisindeki düzgün yerleşimlerinin bozulduğu ve liflerin ipliklerin yüzeyinde ilmekler oluşturduğu görülmektedir. Sadece dört merkez ipliğin hava-jetli tekstüresi ile elde edilen 4CC kodlu iplikte düşük aşırı besleme oranı nedeniyle tekstüre işleminin etkisi çok belirgin olmamıştır. Efekt iplik sayısının en yüksek olduğu C3ED kodlu iplikte ise en belirgin ilmek oluşumunun meydana geldiği görülmektedir.



Şekil 4.1. Konvansiyonel PET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d) 4CC

Dinamik adsorpsiyon deneylerinde ipliklerin bünyelerine aldıkları su miktarı Çizelge 4.2’de verilmiştir. Dinamik adsorpsiyon deneyleri sonucunda hava-jetli tekstüre işleminden sonra ipliklerin bünyelerine aldıkları su miktarının arttığı görülmektedir. Bu durum da hava-jetli tekstüre işleminin ipliğin adsorpsiyon davranışı ve dolayısı ile ıslanabilirliği üzerinde olumlu bir etkisinin olduğunu göstermektedir.

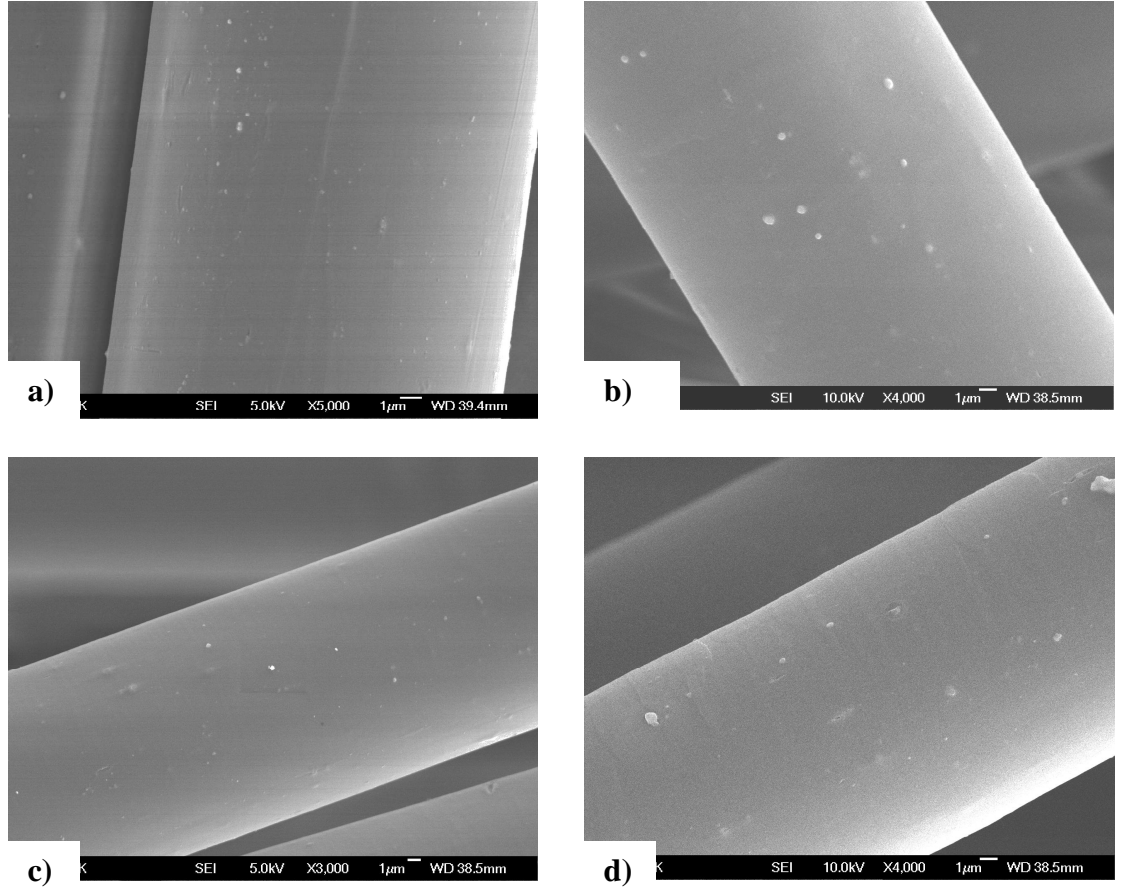
Çizelge 4.2. Dinamik adsorpsiyon deneylerinin sonuçları

İplik kodu	İpliğin bünyesine aldığı su miktarı (mg)
4CR	13,0
C3ED	16,5
2C2ED	17,0
4CC	19,0

4.1.3.SEM, AKM ve dinamik temas açısı ölçümlerinin sonuçları

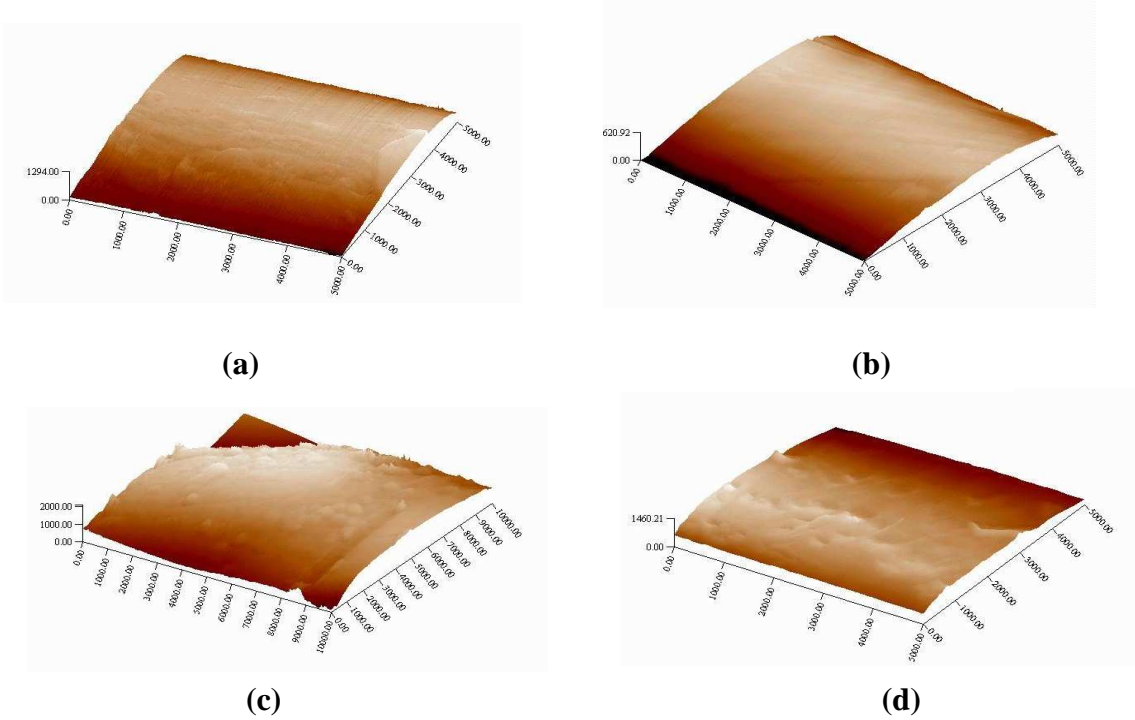
Hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında liflerin yüzeylerinde meydana gelen değişimler SEM, AKM ve dinamik temas açısı ölçümleri yardımıyla incelenmiştir.

SEM analizlerinden elde edilen görüntüler Şekil 4.2’de verilmiştir. Görüntüler incelendiğinde hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında liflerin yüzeylerinde belirgin bir değişimin olmadığı görülmektedir. Ancak bu çalışmada ipliklerin mekanik kayıplarını düşük tutabilmek amacıyla düşük aşırı besleme oranlarında çalışılmıştır. Dolayısı ile tekstüre işleminin liflerin yüzeyleri üzerindeki etkisi çok fazla olamamıştır. Yüzeyde çok ufak değişiklikler olmuş olsa bile bunlar da SEM çalışmalarında yapılan yüzey kaplamaları nedeniyle gözlenememiş olabilir. Bu nedenle liflerin yüzeylerini daha iyi inceleyebilmek amacıyla SEM çalışmalarına ilave olarak AKM analizleri de yapılmıştır. Şekil 4.3’te tekstüre öncesinde ve sonrasında ipliklerden alınan liflerin AKM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 4.2. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında ipliklerden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC

AKM görüntülerinde, SEM görüntülerinden farklı olarak bazı yüzey değişiklikleri gözlenmiştir. Ancak yüzey değişimleri ile tekstüre parametreleri arasında net bir ilişki kurulamamıştır. Bu nedenle bu liflere dinamik temas açısı ölçümleri de yapılmış ve sonuçlar AKM analizleri ile birlikte yorumlanmıştır.



Şekil 4.3. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında ipliklerden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC

Dinamik temas açısı ölçümlerinin sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. 4CC ve 2C2ED kodlu ipliklerden alınan liflerin dinamik temas açısı ölçümleri sonucunda bu liflerin ilerleyen temas açısı (Q_a) ve gerileyen temas açısı (Q_r) değerlerinde bir azalma olduğu görülmüştür. Bu, bu liflerin yüzey pürüzlülüklerinde bir değişim olduğunu işaret etmektedir. Bu sonuç da AKM analizlerinden elde edilen görüntülerle uyum sağlamaktadır. Ancak C3ED kodlu iplikten alınan lifin hem Q_a hem de Q_r değerlerinde bir artış görülmüştür. C3ED, bu iplik grubu içerisinde en fazla efekt iplik bileşenine sahiptir. Hava-jetli tekstüre işleminde lifler hava basıncı nedeniyle düze içerisinde rasgele hareket etmektedir. C3ED kodlu iplikte ipliğin efekt bileşenine ait lif sayısı en fazla olduğu için efekt bileşenindeki liflerin ayrı ayrı hareket etmekten ziyade lif topluluğu şeklinde hareket ettiği düşünülmektedir. Bu nedenle hava basıncının tek lifin

yüzeyindeki etkisi en az seviyede kalmış olabilir. Bu durum AKM görüntülerinde de gözlenmektedir.

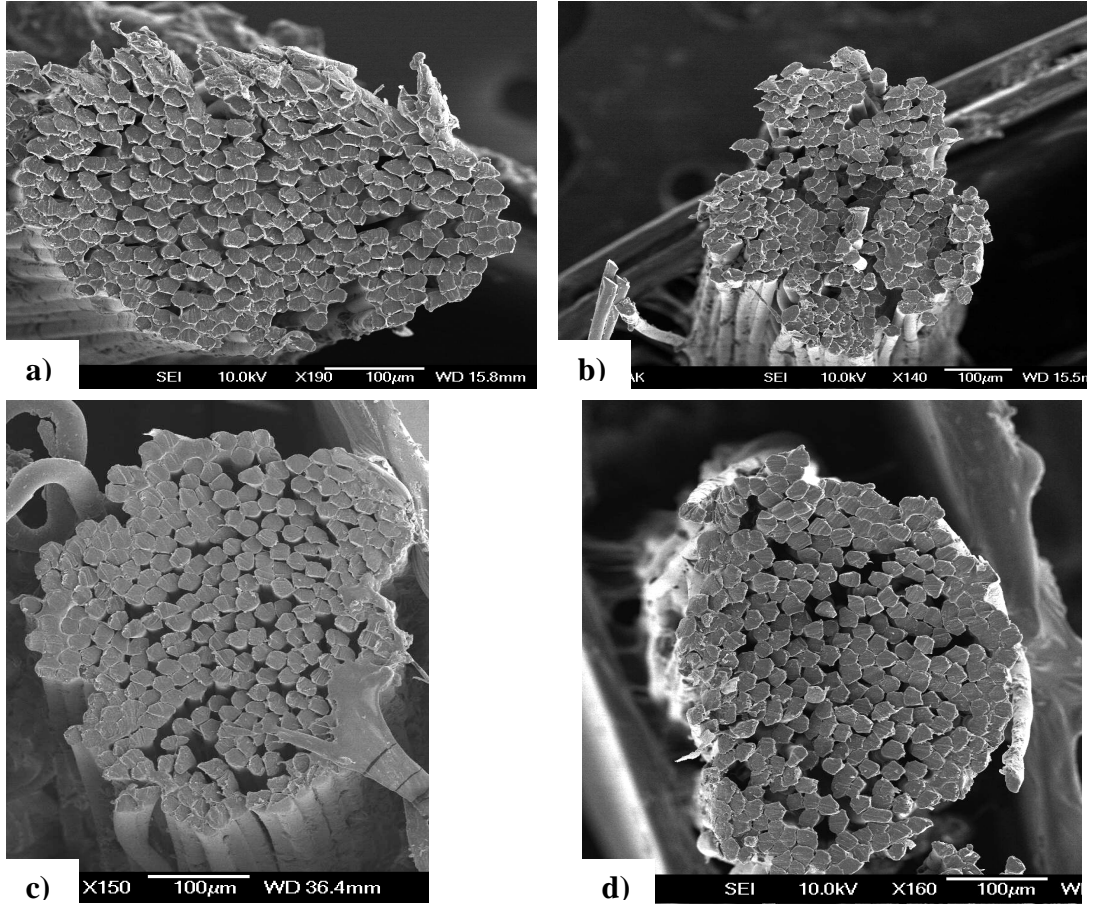
Hem AKM hem de dinamik temas açısı ölçümleri hava jetli tekstüre işleme sonucunda, liflerin yüzeylerinde bazı değişimlerin meydana geldiğini göstermektedir

Çizelge 4.3. Dinamik temas açısı ölçümlerinin sonuçları

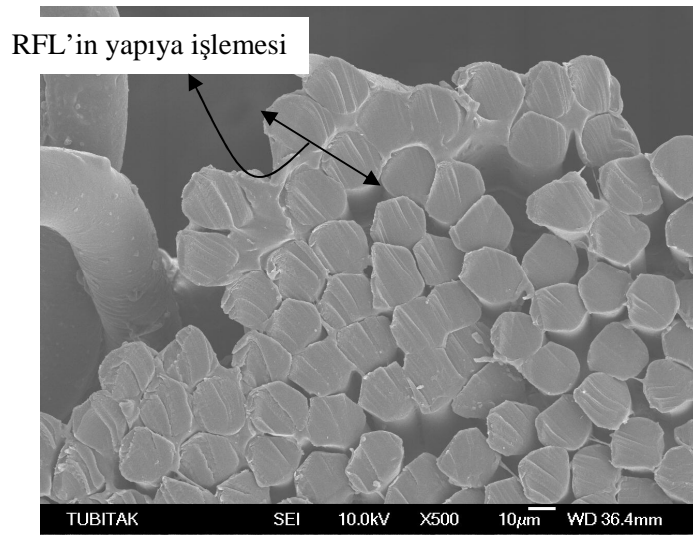
İplik kodu	İlerleyen temas açısı (°)	Gerileyen temas açısı (°)
4CR	85	50
C3ED	86	63
2C2ED	74	44
4CC	71	46

Bu çalışmalara ilave olarak işleme adımında RFL ile muamele edilen ipliklerin enine kesit şekillerini ve aynı zamanda ipliklerin yapılarına ne kadar RFL'in nüfuz ettiğini görebilmek amacıyla ipliklerin enine kesitleri SEM analizleri ile incelenmiştir. SEM analizlerinden elde edilen görüntüler Şekil 4.4'te verilmiştir.

SEM analizlerinde RFL'in ipliğin 2-4 filamentine kadar nüfuz ettiği görülmektedir (Şekil 4.5). Bu da hava-jetli tekstüre işleme sonucunda RFL penetrasyonunun çok değişmediği anlamına gelmektedir. Yapışma, ipliğin dış filamentleri ile kauçuk arasında gerçekleştiği için RFL'in penetrasyon miktarının yapışmanın geliştirilmesi üzerinde çok önemli bir etkisi olmamaktadır (Porter 1992). Ancak yapılan SEM analizlerinde ipliğin kauçuğa yapışma davranışında daha etkili olabilecek bir sonuçla karşılaşılmıştır. Hava jetli tekstüre işlemine bağlı olarak ipliğin enine kesitinde önemli bir değişim olduğu, tekstüre ipliğin enine kesitinin "loplu" bir yapı kazandığı gözlenmiştir. İpliğin enine kesitindeki bu değişim iplik ile RFL'in temas yüzeyini arttırmakta ve dolayısı ile ipliğin kauçuğa yapışma davranışını iyileştirmektedir.



Şekil 4.4. RFL ile işlem görmüş ipliklerin enine kesitlerine ait SEM görüntüleri; a)4CR, b)C3ED, c)2C2ED, d)4CC



Şekil 4.5. Hava-jetli tekstüre ipliğe nüfuz eden RFL'in gösterimi

4.1.4.Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları

Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde sadece merkez ipliklerden oluşan 4CC kodlu iplik dışındaki ipliklerin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiği görülmektedir. 4CC kodlu ipliğin yapışma değerinde ise tekstüre öncesine göre çok büyük bir değişimin olmadığı görülmektedir. 4CC kodlu ipliğin optik mikroskop görüntülerinde düşük aşırı besleme oranı nedeni ve yapıda ilmek oluşturacak efekt bileşeninin bulunmaması nedeniyle tekstüre işleminin etkisinin çok belirgin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.1). 4CC kodlu ipliğin düşük kauçuğa yapışma kuvvetine sahip olması bu nedenle açıklanabilir.

Çizelge 4.4. Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları

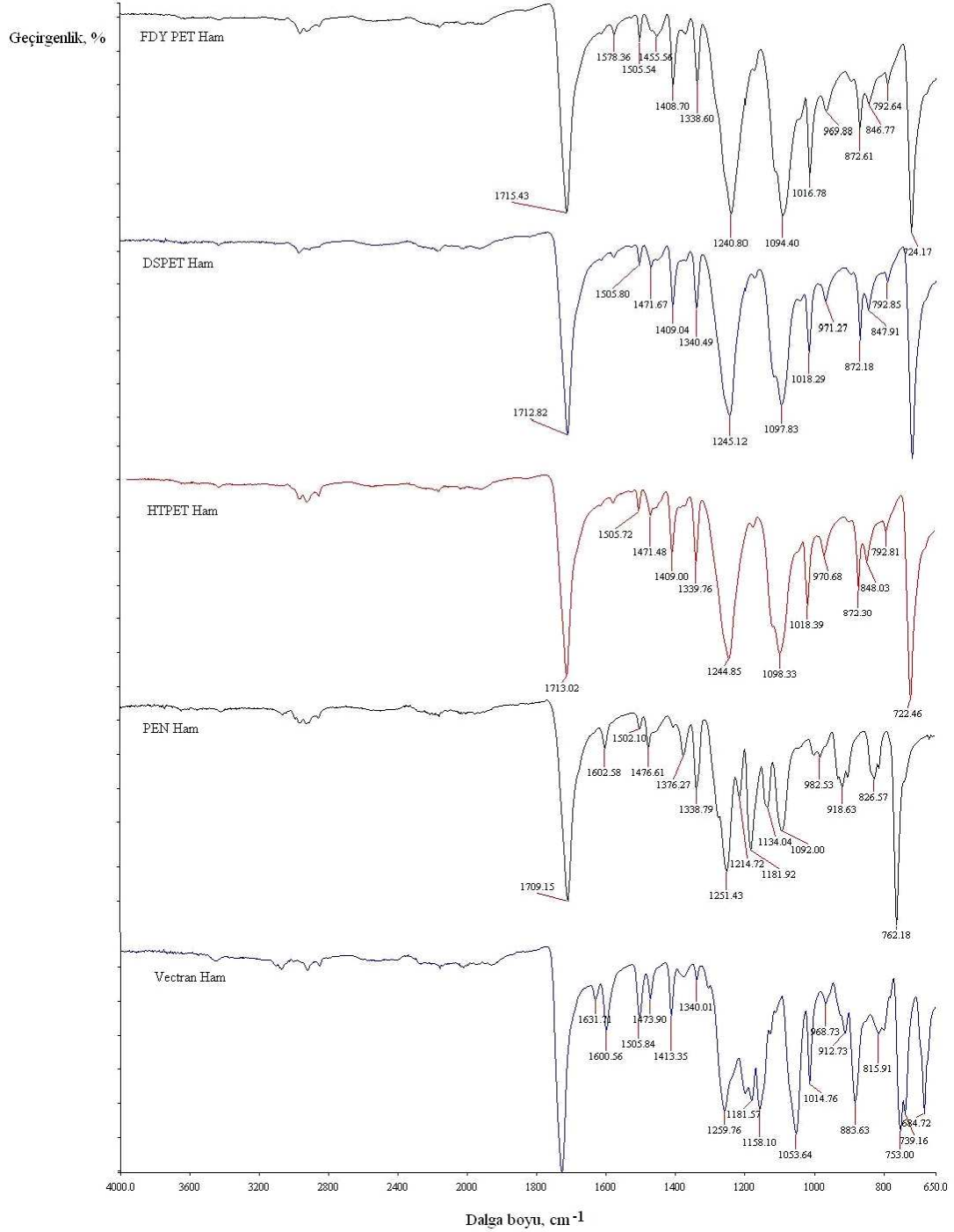
İplik kodu	Kauçuğa yapışma kuvveti (kg)
4CR	2,806
C3ED	4,346
2C2ED	4,469
4CC	2,789

4.2.Çalışmanın İkinci Adımında Gerçekleştirilen Deneylerin Sonuçları

4.2.1. FTIR analizlerinin sonuçları

FTIR analizleri, bu çalışmada kullanılan materyallerin yapısal analizlerini yapabilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen FTIR analizlerinin sonuçları Şekil 4.6'da verilmiştir. Elde edilen FTIR spektrumları incelendiğinde tüm iplik tiplerinde 1721 cm^{-1} (aromatik ester C=O gerilim titreşimi), 1245 cm^{-1} (aromatik ester C-C-O gerilim titreşimi) ve 1100 cm^{-1} 'de (aromatik ester O-C-C gerilim titreşimi) piklerinin olduğu görülmektedir. Bu 3 pik de poliesterlere ait karakteristik piklerdir. Dolayısıyla bu pikler tüm iplik çeşitlerinde görülmektedir (Smith 1998). Bunun yanı

sıra polietilen tereftalat esaslı olan FDY PET, DSPET ve HTPET ipliklerinin aynı spektrumu verdikleri görülmektedir.



Şekil 4.6. FTIR analizlerinin sonuçları

PEN ipliğine ait FTIR spektrumu incelendiğinde özellikle 1600-1090 cm^{-1} aralığında bir pik yoğunluğunun olduğu görülmektedir. Bunlardan 1134 cm^{-1} ve 1181 cm^{-1} 'de görülen pikler naftalat halkası titreşimlerine, 1502 cm^{-1} ve 1602 cm^{-1} 'de görülenler ise aromatik halka titreşimlerine ait piklerdir (Hakme ve ark. 2007).

Vectran'ın FTIR spektrumlarında da özellikle 1600-650 cm^{-1} aralığında bir pik yoğunluğu görülmektedir. Bu pik yoğunluğu yoğun halkalı yapıyı belirtmektedir. Vectran'ın FTIR spektrumu da literatürle uyumludur (Pegoretti ve ark. 2006).

4.2.2.DSC analizlerinin sonuçları

DSC analizlerinin sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde Vectran liflerinin en yüksek erime sıcaklığı değerini verdiği görülmektedir. Vectran liflerinin halkalı molekül ve sıvı kristalin yapıları yüksek erime sıcaklığı değerine sahip olmalarına neden olmaktadır. Ayrıca Vectran lifleri çok yüksek kristalinite değerine sahiptir. Bu nedenle amorf bölge ile ilgili olan camlaşma sıcaklığı değeri bu liflerde gözlenmemektedir.

Çizelge 4.5. DSC analizlerinin sonuçları

Numune Kodu	Camlaşma Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Erime Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
FDY PET	69	252,3
DSPET	73	254,1
HTPET	123	255,5
PEN	110	272,2
Vectran	-	323,5

Polietilen teraftalat esaslı olan FDY PET, DSPET ve HTPET liflerinin birbirlerine yakın erime sıcaklığı değerleri verdikleri görülmektedir. PEN, yapısındaki naftalat halkası nedeniyle PET esaslı liflere göre daha yüksek erime sıcaklığı değerine sahiptir. Buna ilave olarak yine yapısındaki naftalat halkası nedeniyle PEN liflerinin molekül zincirlerinin hareketleri PET esaslı liflerin molekül zincirlerinin hareketlerine göre daha zor olmaktadır. Bu durum da PEN liflerinin yüksek camlaşma sıcaklığı değeri vermesine neden olmaktadır.

DSC analizleri sonucunda HTPET liflerinin en yüksek camlaşma sıcaklığı değerini verdiği görülmektedir. Bu durum HTPET liflerinin yüksek amorf bölge oryantasyonuna sahip olmaları ile açıklanabilir. DSPET liflerinin de FDY PET liflerine göre daha yüksek camlaşma sıcaklığı değeri verdikleri görülmektedir. Bunun nedeni de DSPET liflerinin FDY PET liflerine göre daha kararlı içyapıya sahip olmalarıdır.

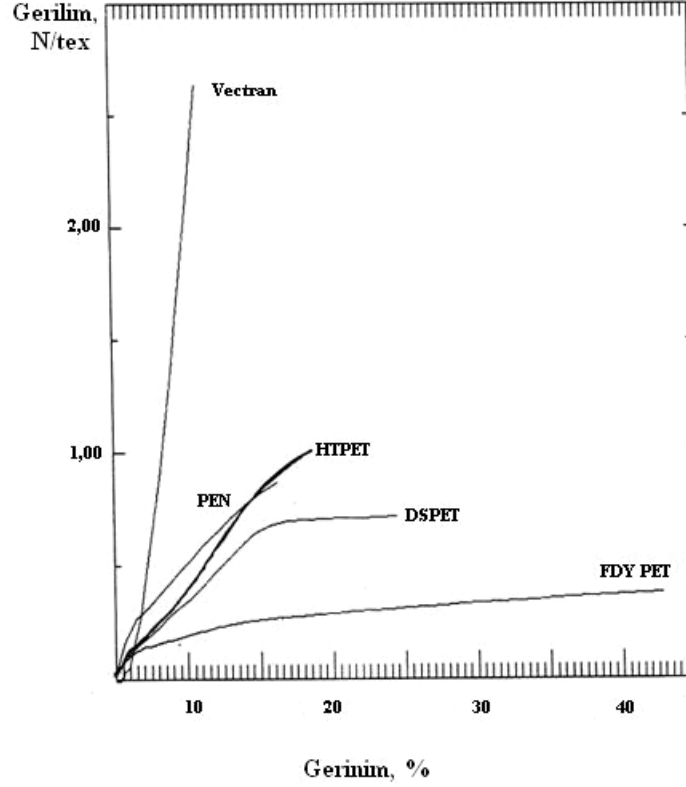
4.2.3.Çekme deneylerinin sonuçları

4.2.3.1.Liflere uygulanan çekme deneylerinin sonuçları

Çalışmanın ikinci adımında kullanılan liflere ait çekme deneylerinin sonuçları Çizelge 4.6'da, gerilim-gerinim grafikleri ise Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan liflere ait çekme deneylerinin sonuçları

Lif kodu	Lif numarası (tex)	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma uzaması (%)	Young modülü (N/tex)	Lif yoğunluğu (g/cm ³)	Esneklik Rijitliği x10 ⁻³ (Nmm ²)
FDY PET	0,4653	0,4210	39,84	5,929	1,380	0,07406
DSPET	0,3670	0,7258	19,25	7,4680	1,386	0,05778
HTPET	0,5730	1,0040	13,66	9,546	1,390	0,17952
PEN	0,5500	0,8639	10,70	17,64	1,355	0,31354
Vectran	0,5500	2,5930	4,477	79,60	1,400	1,36937



Şekil 4.7. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan liflere ait gerilim-gerinim grafikleri

Tekstil liflerinin modül değerleri üzerinde en etkili parametre sahip oldukları molekül zincirlerinin yapısıdır. Liflerin çekme deneylerinin sonuçları incelendiğinde Vectran liflerinin sahip olduğu halkalı molekül zinciri ve sıvı kristalin yapıları nedeniyle en yüksek, FDY PET liflerinin ise, kısmen rijit molekül zincirleri nedeniyle en düşük modül değerini verdiği görülmektedir. PEN liflerinin molekül zincirleri üzerinde bulunan naftalat halkası, bu liflerin molekül zincirlerinin rijit olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle PEN lifleri, Vectran liflerinden sonra ikinci yüksek modül değerini vermektedir. HTPET lifleri yüksek dayanım elde edilebilmesi için yüksek molekül ağırlığına sahip polimerlerden ve çok adımlı germe işlemleri uygulanarak üretilir. Bu nedenle bu lifler DSPET liflerine göre daha yüksek oryantasyon değerine sahiptir (Rim ve Nelson 1991). DSPET lifleri ise özellikle ısı kararlılık elde edebilmek amacıyla yüksek sıcaklıkta ve HTPET'e göre daha düşük germe oranlarında üretilmektedir. Bu nedenle DSPET lifleri, HTPET liflerinden daha düşük bir modül değeri vermektedir.

Liflerin kopma uzaması değerleri incelendiğinde ise rijit molekül zincirine sahip Vectran liflerinin en düşük kopma uzaması değerine, FDY PET liflerin ise en yüksek kopma uzaması değerine sahip oldukları görülmektedir. DSPET liflerinde amorf bölge oryantasyonu HTPET liflerine göre daha düşük olduğu için bu lifler HTPET liflerine göre daha yüksek kopma uzaması göstermektedir. PEN lifleri ise yapılarındaki naftalat halkası nedeniyle Vectran'dan sonra ikinci düşük kopma uzaması değerine sahiptir.

HTPET lifleri yüksek amorf bölge oryantasyonuna sahip oldukları için bu liflerin molekül zincirleri arasında maksimum bağ oluşmakta ve bu nedenle HTPET liflerinin kopma dayanımı bu liflere göre daha düşük amorf bölge oryantasyonuna sahip olan PEN liflerine göre daha yüksek olmaktadır.

Hava-jetli tekstüre işleminde lif veya lif tutamları ilmekler oluşturur. Bu ilmeklerin sayısı ve şekli oluşan tekstüre ipliğın yapısını belirler. Dolayısı ile hava-jetli tekstüre işleminde kullanılan lifin eğilebilirliği iplik yapısını belirler. Liflerin eğilebilirlikleri esneklik rijitlikleri ile ifade edilir. Esneklik rijitliği (E_r); herhangi bir lifi küçük bir eğri oluşturacak kadar bükme için gerekli olan kuvvettir ve aşağıdaki formülle ifade edilebilir:

$$E_r = (1/4\pi)(\eta ET^2/\rho) \quad (\text{Formül 4.1})$$

Burada η şekil faktörü, E çekme modülü, T doğrusal yoğunluk, ρ ise hacimsel yoğunluktur. Pratik uygulamalar için çekme modülü N/tex , doğrusal yoğunluk tex , hacimsel yoğunluk ise g/cm^3 birimlerinde alındığında formül aşağıdaki şekle dönüşür ve " E_r ", " $N\text{mm}^2$ " biriminde elde edilir (Morton ve Hearle 1975):

$$E_r = (1/4\pi)(\eta ET^2/\rho) \times 10^{-3} \quad (\text{Formül 4.2})$$

Bu çalışmada kullanılan liflerin esneklik rijitlikleri Formül 4.2 kullanılarak hesaplanmış ve bulunan değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Bu çalışmada kullanılan liflerin yoğunlukları ve incelikleri birbirlerine yakın değerlerdedir. Bu nedenle esneklik rijitliği üzerindeki en önemli etkiyi liflerin modül değerleri yapmaktadır. Dolayısı ile yüksek modül değerine sahip olan PEN ve Vectan liflerinin eğilmeye karşı oldukça

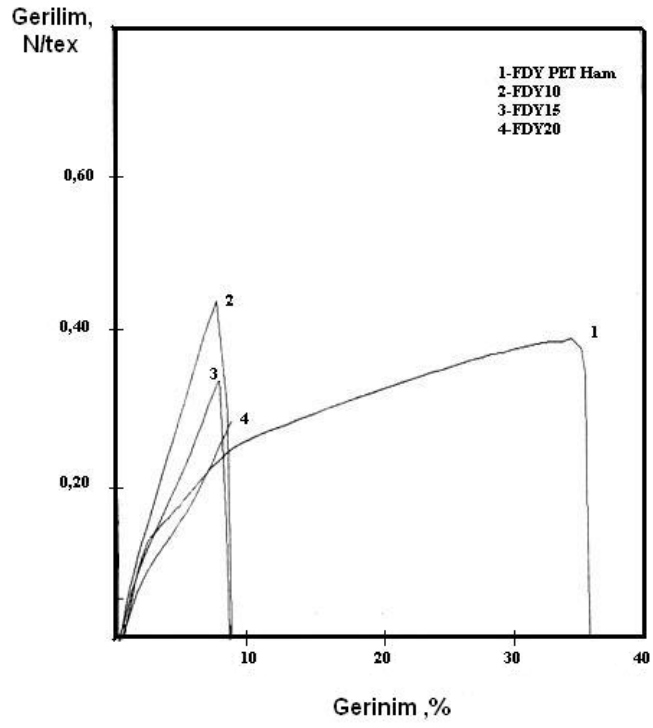
dirençli oldukları, en düşük modül ve dolayısı ile esneklik rijitliği değerlerine sahip olan FDY PET ve DSPET liflerinin ise eğilmeye karşı daha az dirençli oldukları söylenebilir.

4.2.3.2.İpliklere uygulanan çekme deneylerinin sonuçları

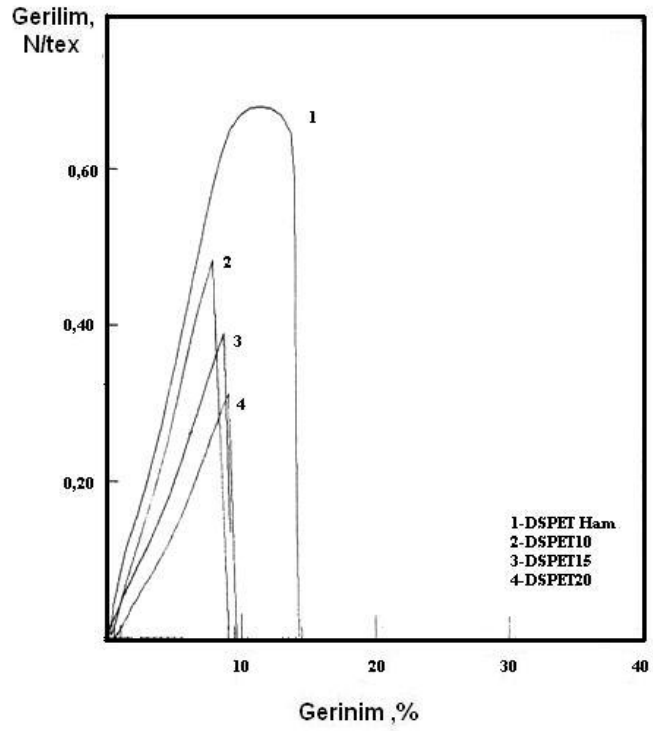
Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere ait çekme deneylerinin sonuçları Çizelge 4.7’de, gerilim-gerinim grafikleri ise Şekil 4.8-4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere ait çekme deneylerinin sonuçları

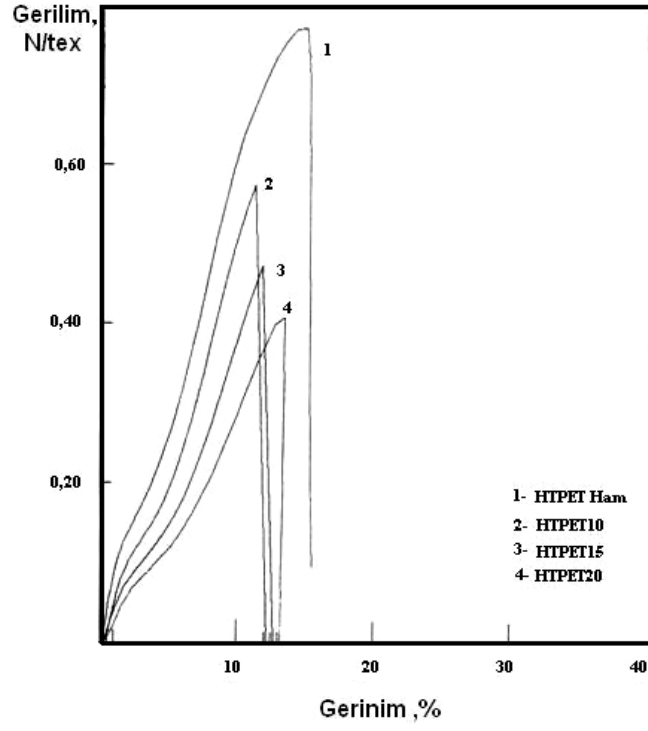
İplik kodu	İplik numarası (tex)	Kopma dayanımı (N/tex)	Kopma dayanımındaki değişim (%)	Kopma uzaması (%)
<i>FDY PET Ham</i>	33,50	0,3316	--	32,90
FDY10	83,28	0,4571	+37,85	8,220
FDY15	86,83	0,3536	+6,634	8,154
FDY20	89,95	0,2859	-13,78	8,369
<i>DSPET Ham</i>	110,00	0.5998	--	12,92
DSPET10	115,81	0.4054	-32,41	8,740
DSPET15	119,97	0.3987	-33,53	9,102
DSPET20	124,49	0.3246	-45,88	9,235
<i>HTPET Ham</i>	110,00	0,7112	--	13,830
HTPET10	115,54	0.5567	-21,72	11,39
HTPET15	121,34	0,4982	-29,95	12,53
HTPET20	121,83	0,4138	-41,82	12,47
<i>PEN Ham</i>	110,00	0,733	--	15,88
PEN10	124,34	0,4086	-44,26	14,98
PEN15	125,87	0,3244	-55,74	17,06
PEN20	128,28	0,3080	-57,98	20,99
<i>Vectran Ham</i>	110,00	2,239	--	6,188
Vectran10	116,47	0,9526	-57,45	6,877
Vectran15	119,42	0,8832	-60,55	11,171
Vectran20	122,05	0,8137	-63,66	13,589



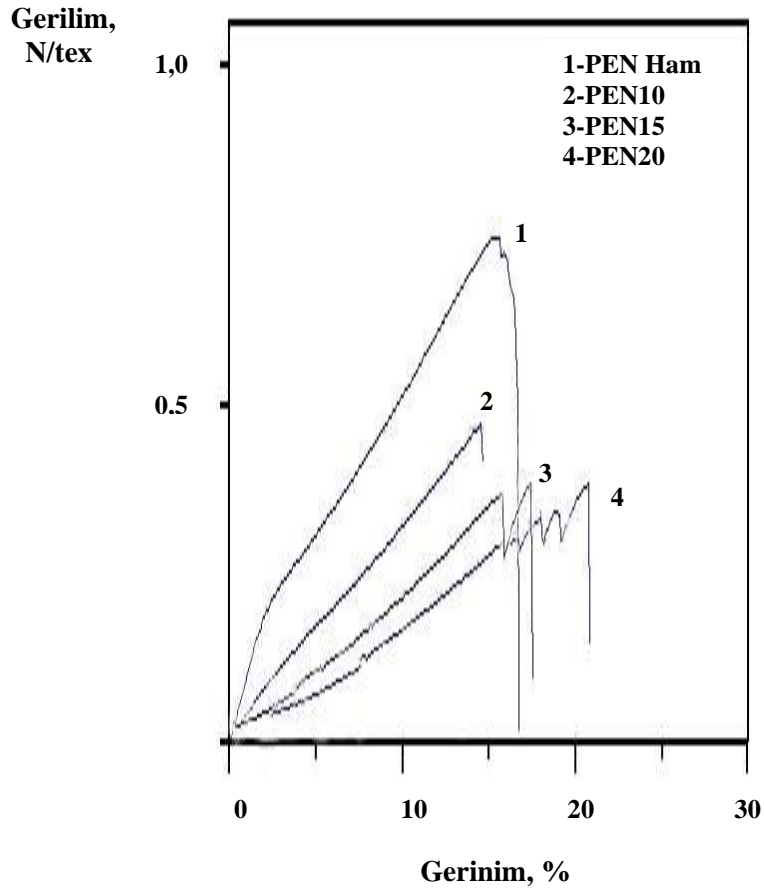
Şekil 4.8. FDY PET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri



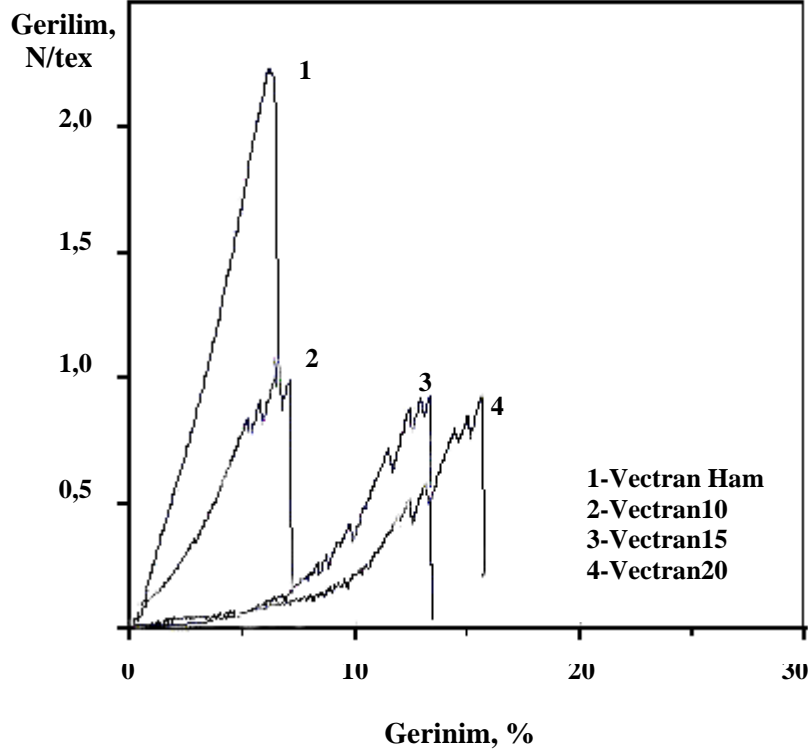
Şekil 4.9. DSPET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri



Şekil 4.10. HTPET ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri



Şekil 4.11. PEN ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri



Şekil 4.12. Vectran ipliklere ait gerilim-gerinim grafikleri

İpliklerin tekstüre sonrasındaki çekme davranışları incelendiğinde, tekstüre işlemleri sonrasında FDY PET dışındaki tüm iplik çeşitlerinin kopma dayanımlarında bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Bu azalmanın miktarı uygulanan aşırı besleme oranı ile artış göstermektedir.

Bu çalışmanın bir amacı da mekanik özelliklerdeki minimum kayıplarla ipliklerin hava-jetli tekstüre işlemlerini gerçekleştirebilmektir. Bu nedenle iplikler hava-jetli tekstüre makinesine beslenirken besleme silindirleri arasında tüm ipliklere belirli oranlarda bir germe uygulanmıştır. Bu germe, FDY PET ipliklerde daha etkili olmuş ve %10 ve %15 aşırı besleme oranlarında üretilmiş FDY PET ipliklerin dayanımlarında bir artış sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan tüm iplik tiplerinde %20 aşırı besleme oranında en fazla mukavemet kaybı görülmekte, mukavemet kayıpları genel olarak incelendiğinde ise en fazla kaybın Vectran ipliklerde olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7).

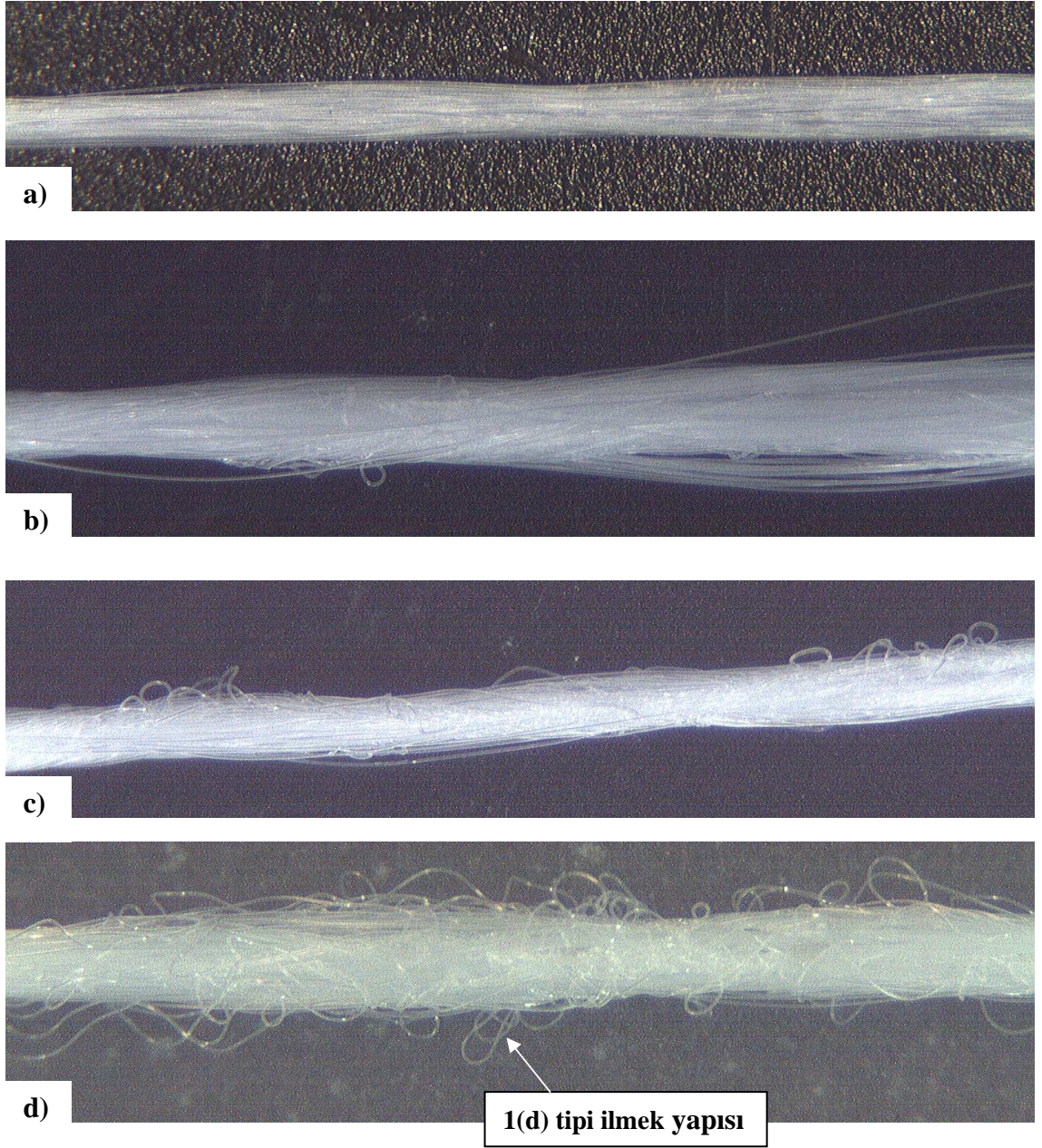
Tekstüre ipliklerin kopma uzamaları ham ipliklerin kopma uzaması değerleriyle kıyaslandığında tekstüre işlemleri sonrasında ipliklerin kopma uzaması değerlerinde bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Ancak tekstüre iplikler kendi aralarında

incelendiğinde tüm iplik tiplerinde aşırı besleme oranına bağlı olarak kopma uzaması değerlerinde bir artışın olduğu görülmektedir.

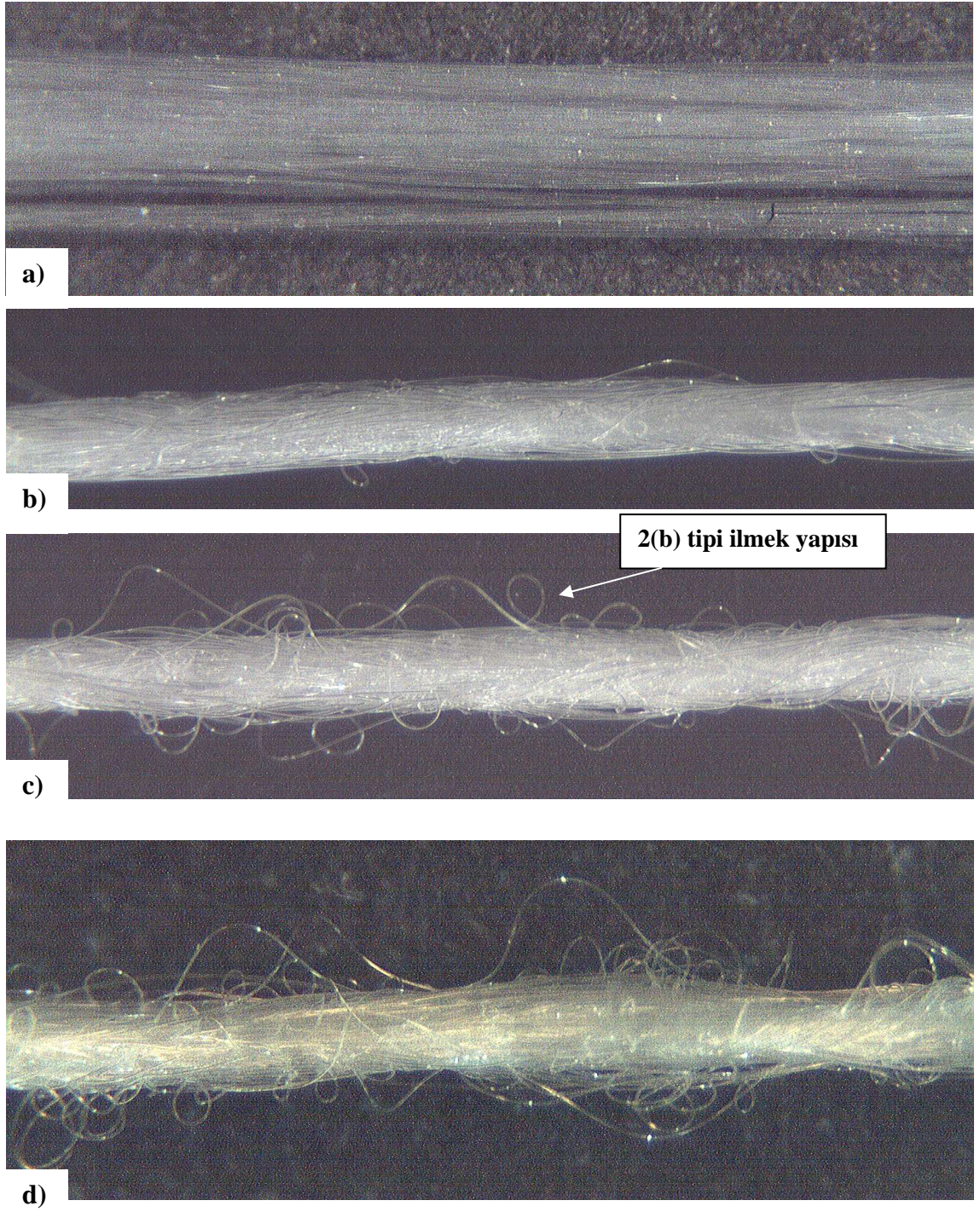
Eğri şekilleri incelendiğinde ise FDY PET dışındaki ipliklerde tekstüre sonrasında eğrilerin şekillerinde önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. FDY PET'in eğrisinde ise belirgin bir değişim gözlenmektedir. FDY PET dışındaki iplikler yüksek germe oranlarında üretildikleri için içyapıları oldukça kararlı bir hale gelmiştir. Dolayısı ile besleme silindirleri arasında uygulanan germe işleminin ipliğin içyapısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. FDY PET de üretim aşamasında germeye tabii tutulmuş olsa da bu ipliğin içyapısının tam olarak kararlı hale gelmediği görülmektedir. Bu nedenle besleme silindirleri arasında uygulanan germe, ipliğin içyapısı üzerinde etkili olmuştur, bu da gerilim-gerinim eğrilerinin şekillerinde farklılıkların oluşmasına neden olmuştur.

4.2.4. Optik mikroskop deneylerinin sonuçları

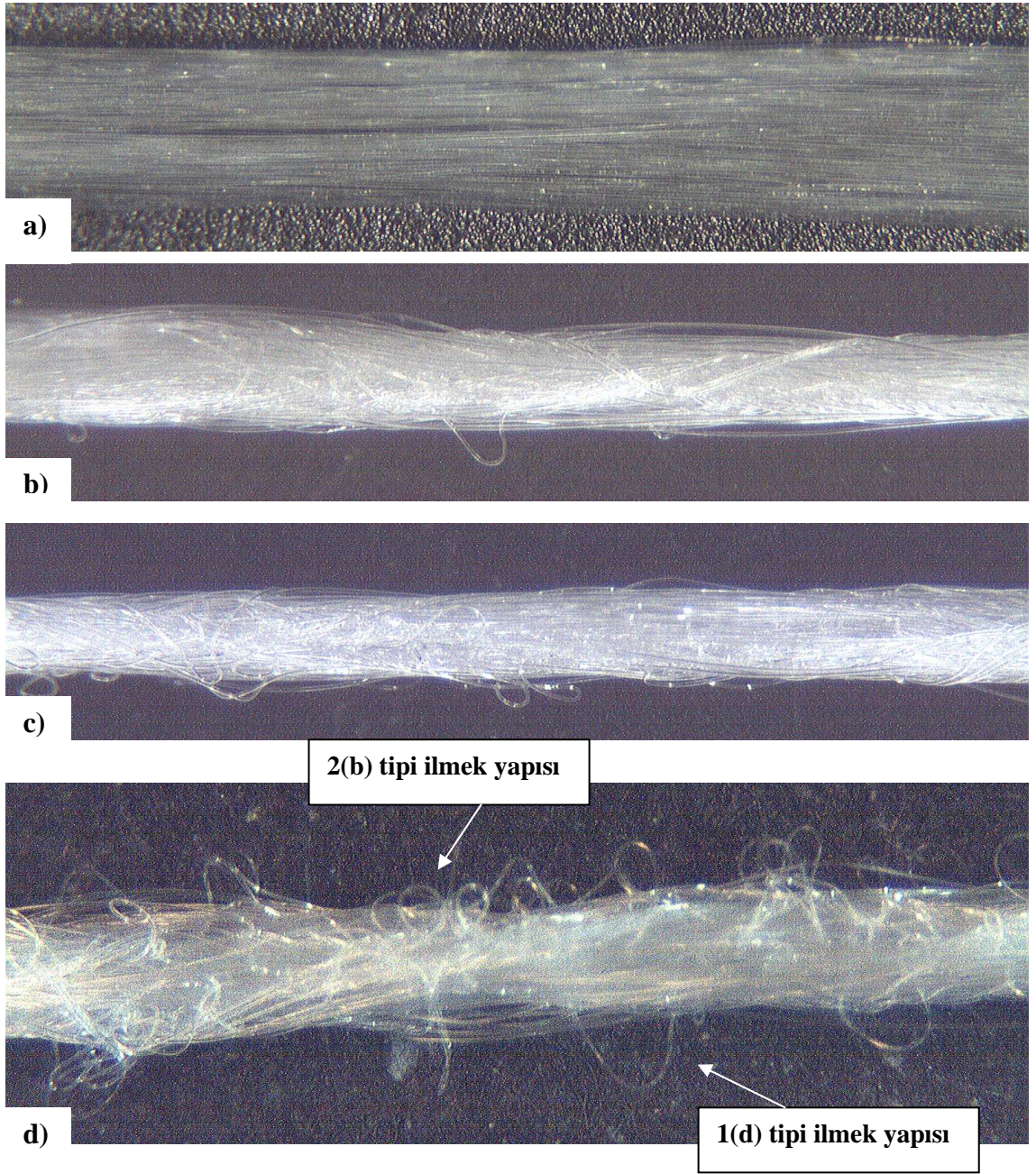
Optik mikroskop deneyleri hava-jetli tekstüre işleminde filamentlerin iplik içindeki yerleşimlerini inceleyebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Optik mikroskop deneyleri sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 4.13-4.17'de verilmiştir.



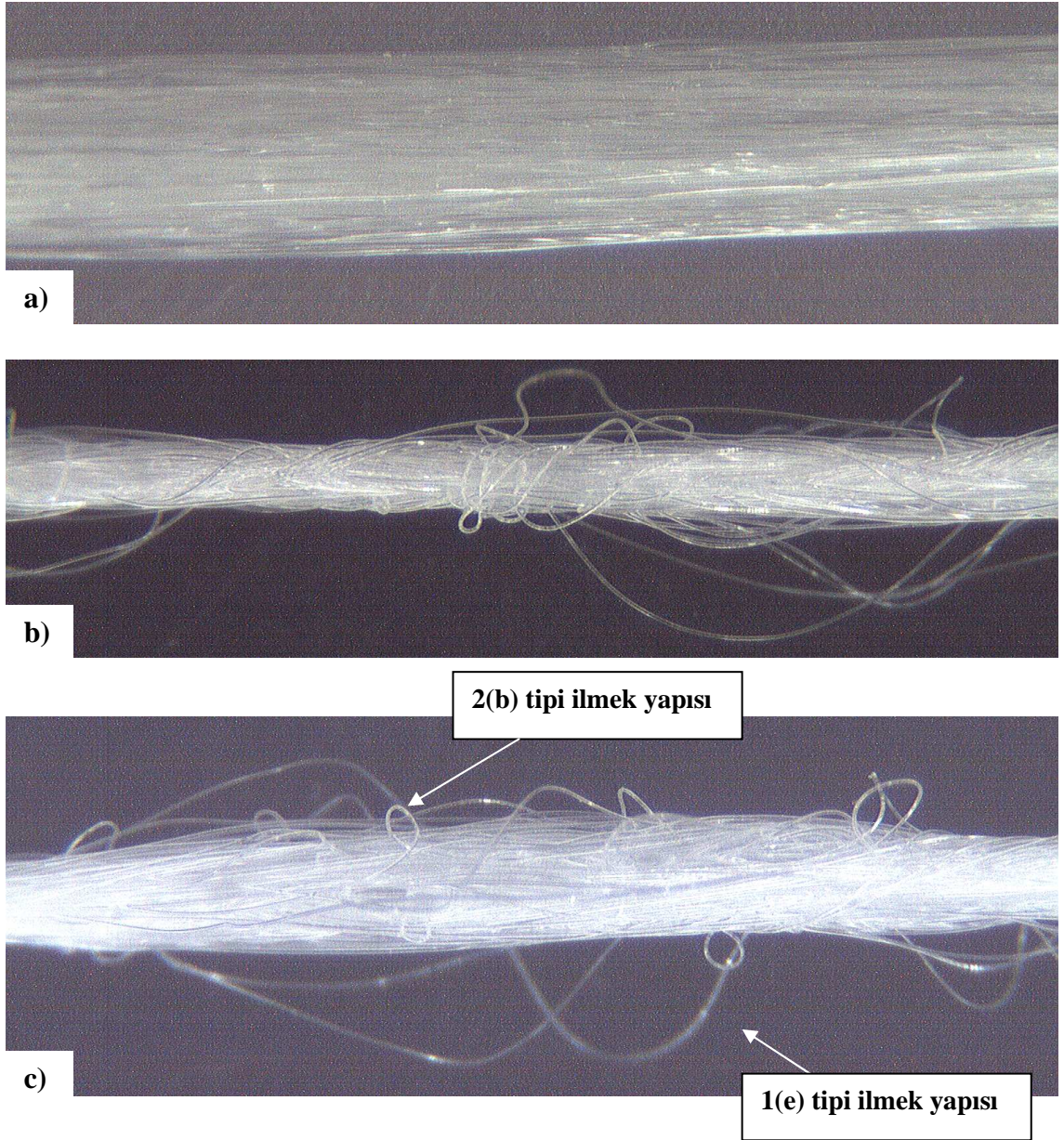
Şekil 4.13. FDY PET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20



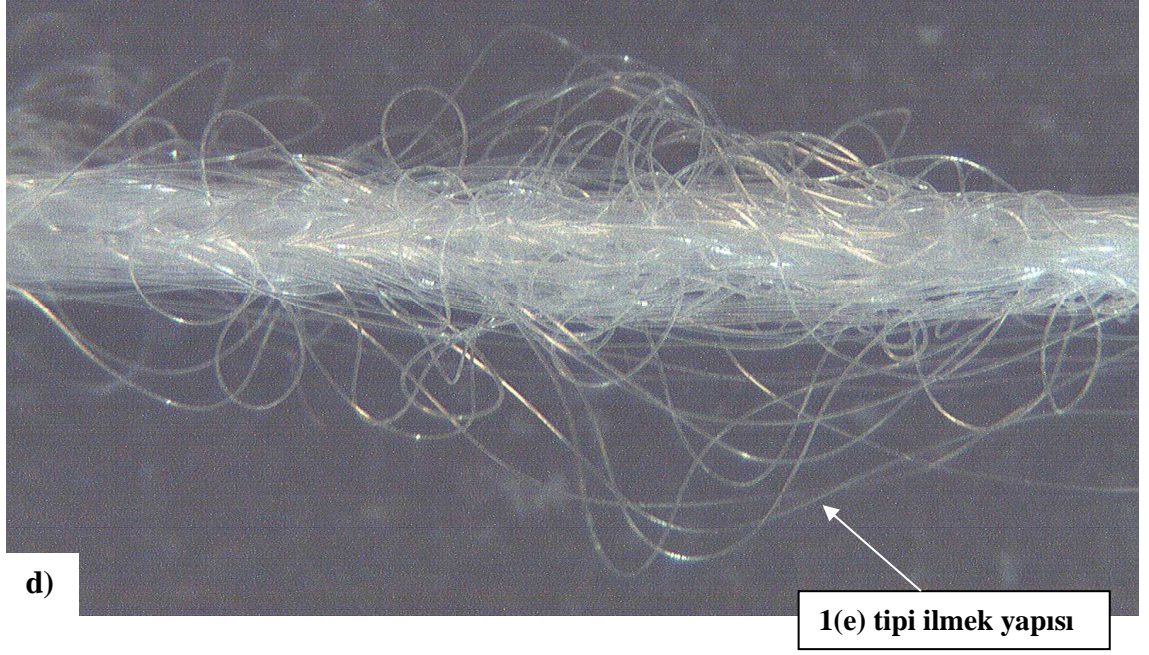
Şekil 4.14. DSPET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a) DSPET Ham, b) DSPET10, c) DSPET15, d) DSPET20



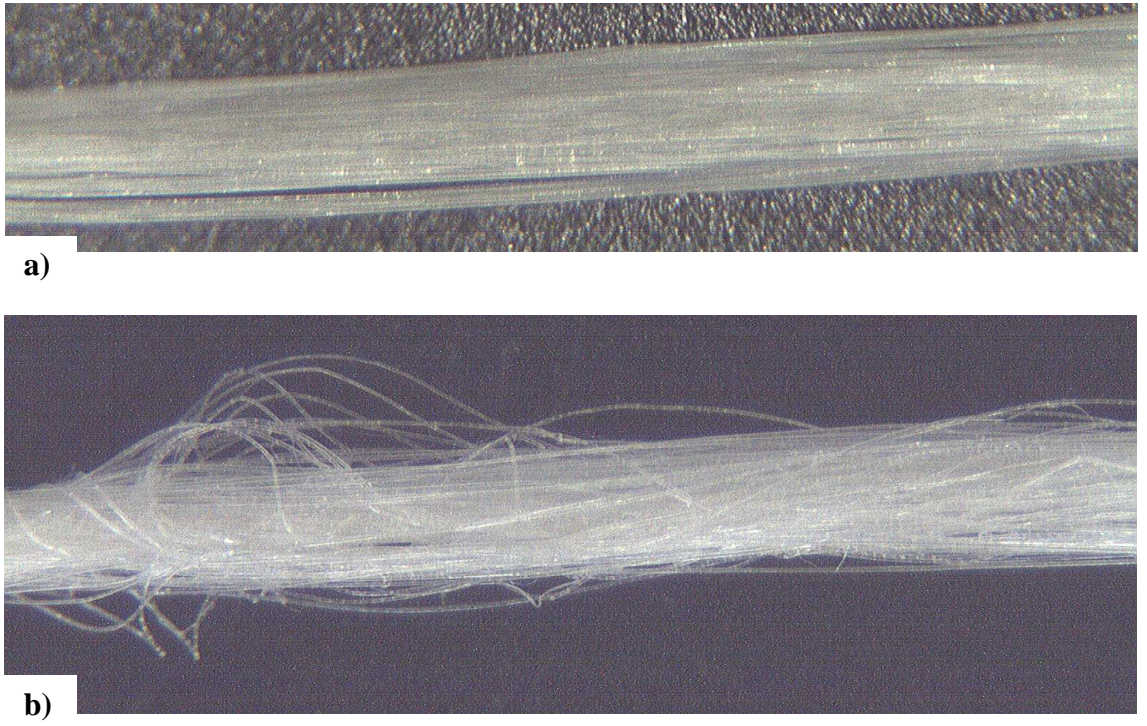
Şekil 4.15. HTPET'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b) HTPET10, c) HTPET15, d) HTPET20



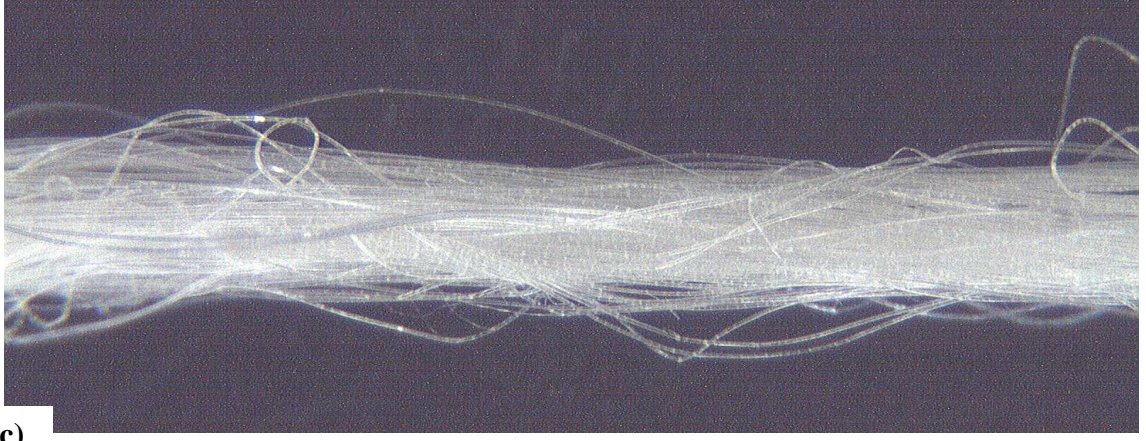
Şekil 4.16. PEN'e ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b) PEN10, c) PEN15



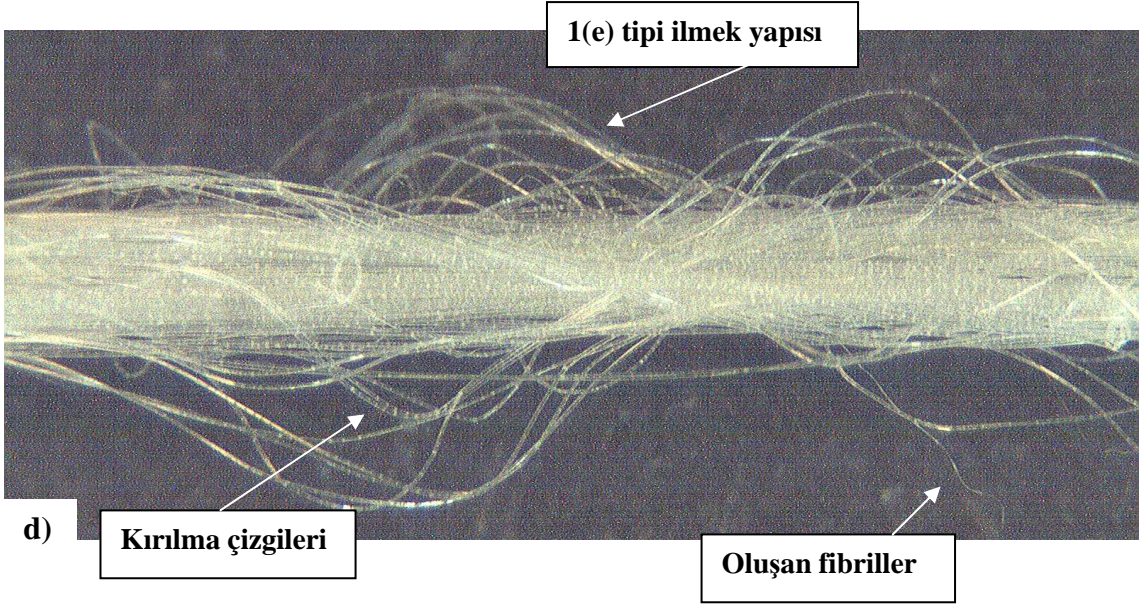
Şekil 4.16. (Devam) PEN'e ait optik mikroskop görüntüleri; d)PEN20



Şekil 4.17. Vectran'a ait optik mikroskop görüntüleri; a)Vectran Ham, b) Vectran10



c)



d)

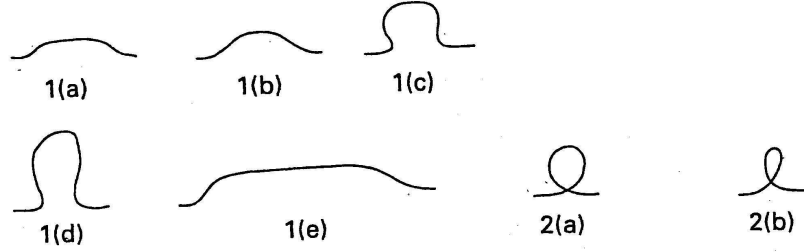
Kırılma çizgileri

Oluşan fibriller

Şekil 4.17. (Devam) Vectran'a ait optik mikroskop görüntüleri; c)Vectran15, d)Vectran20

Tekstüre işlemi sonrasında ipliklerin optik mikroskop fotoğrafları incelendiğinde, tüm iplik tiplerinde tekstüre öncesindeki filamentlerin iplik içerisindeki düzenli yerleşimlerinin bozulduğu, ipliklerin ilmekli bir yapı kazandığı görülmektedir. Ancak oluşan ilmekler incelendiğinde, ilmeklerin yapılarının iplik tipine göre farklılıklar gösterdikleri görülmektedir. Hava-jetli tekstüre işleminde ilmek oluşumu jetin çıkışında gerçekleşir ve oluşan ilmeklerin yapıları tekstüre parametrelerine ve kullanılan ipliğin özelliklerine göre farklılıklar gösterir. Hava-jetli ipliklerin yapıları incelenirken oluşan ilmek çeşitlerini sınıflandırmak analizde ve iplik yapısını anlamakta

büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Tekstüre işlemi sonrasında oluşan ilmek çeşitlerini Şekil 4.18’de gösterildiği gibi sınıflandırmıştır (Hearle ve ark. 2001).



Şekil 4.18. Hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında oluşan ilmek tiplerinin sınıflandırılması (J.W.S.Hearle ve ark., Yarn Texturing Technology, 2001, 300 p.)

Bu sınıflandırma göz önüne alındığında en yüksek eğilme rijitliği değerlerine sahip olan PEN ve Vectran’da tekstüre sonrasında ağırlıklı olarak “1(e)” tipinde ilmeklerin oluştuğu görülmektedir.

Vectran ipliklerin tekstüre işlemi sonrasındaki optik mikroskop fotoğraflarında dikkat çeken diğer bir nokta da liflerde görülen kırılma çizgileridir. Vectran sıvı kristalin polimer yapısına sahip olduğu için jet içindeki kuvvetler nedeniyle liflerde kırılma çizgileri meydana gelmiştir. Bunun yanında bazı liflerin yüzeylerinde fibrilleşme olduğu da gözlenmiştir.

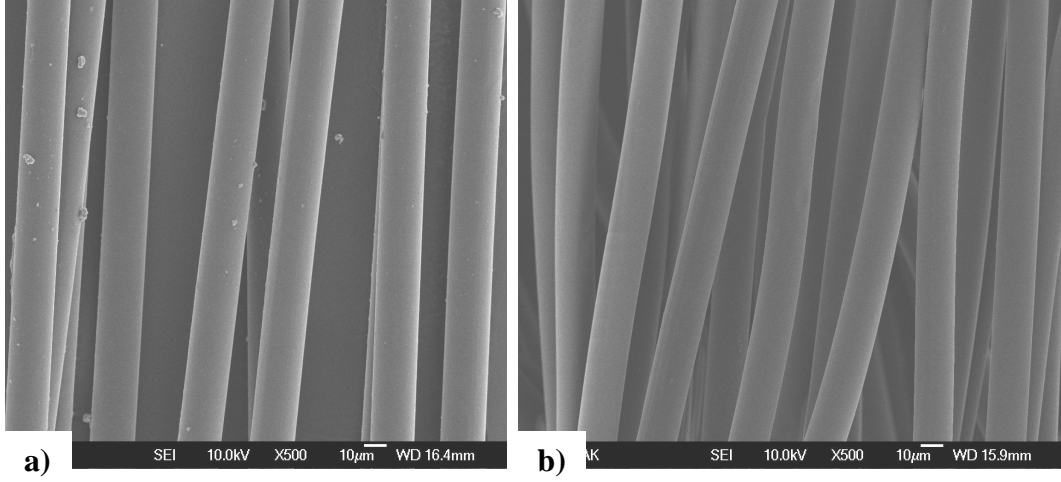
4.2.5.SEM, AKM ve ESEM çalışmalarının sonuçları

SEM ve AKM çalışmaları hava-jetli tekstüre işleminin liflerin topografisi üzerinde yaptığı etkiyi, ESEM çalışmaları ise liflerin hava-jetli tekstüre işlemi sonrasındaki ıslanabilirlik davranışını inceleyebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir.

ESEM çalışmalarında, %100 rutubet ortamında su buharının yoğunlaşarak liflerin yüzeylerinde su damlaları oluşturması sağlanmıştır. Daha sonra yüzeyde oluşan bu damlaların şekilleri ve sayıları incelenerek liflerin ıslanabilirlikleri subjektif olarak değerlendirilmiştir.

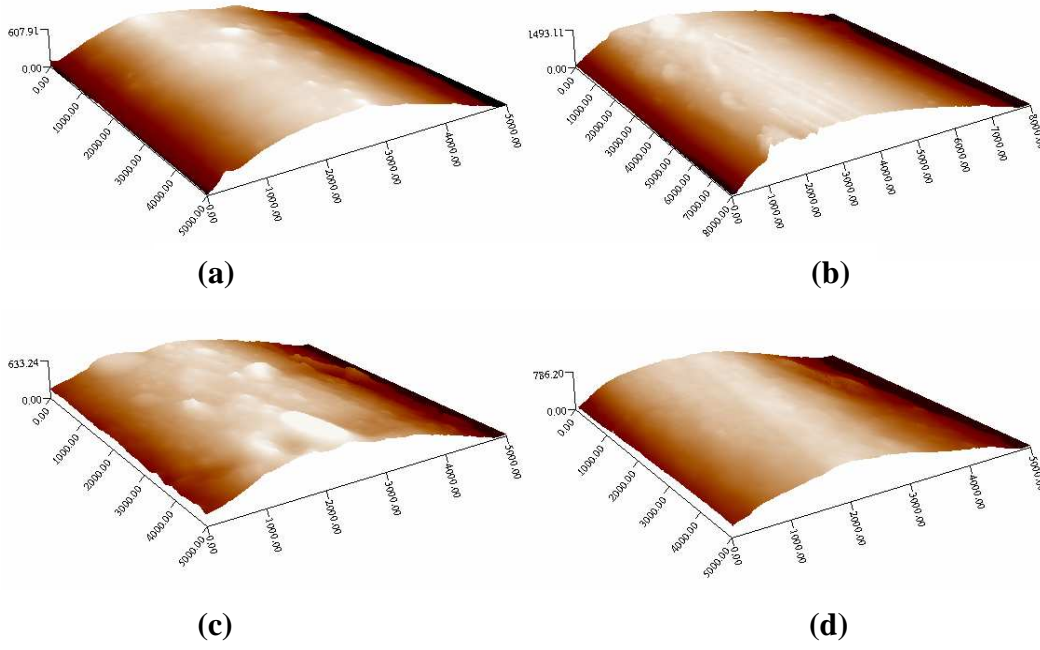
FDY PET liflerinin tekstüre öncesindeki SEM görüntülerinde genel olarak düzgün bir yüzeye sahip oldukları ancak yüzeylerinde yer yer bitim yağlarının ve bazı

safsızlıkların olduğu görülmektedir. Tekstüre işlemi sonrasında da yüzeyde büyük bir farklılık görülmemekte ancak bitim yağlarının ve safsızlıkların tamamen uzaklaştığı gözlenmektedir (Şekil 4.19).



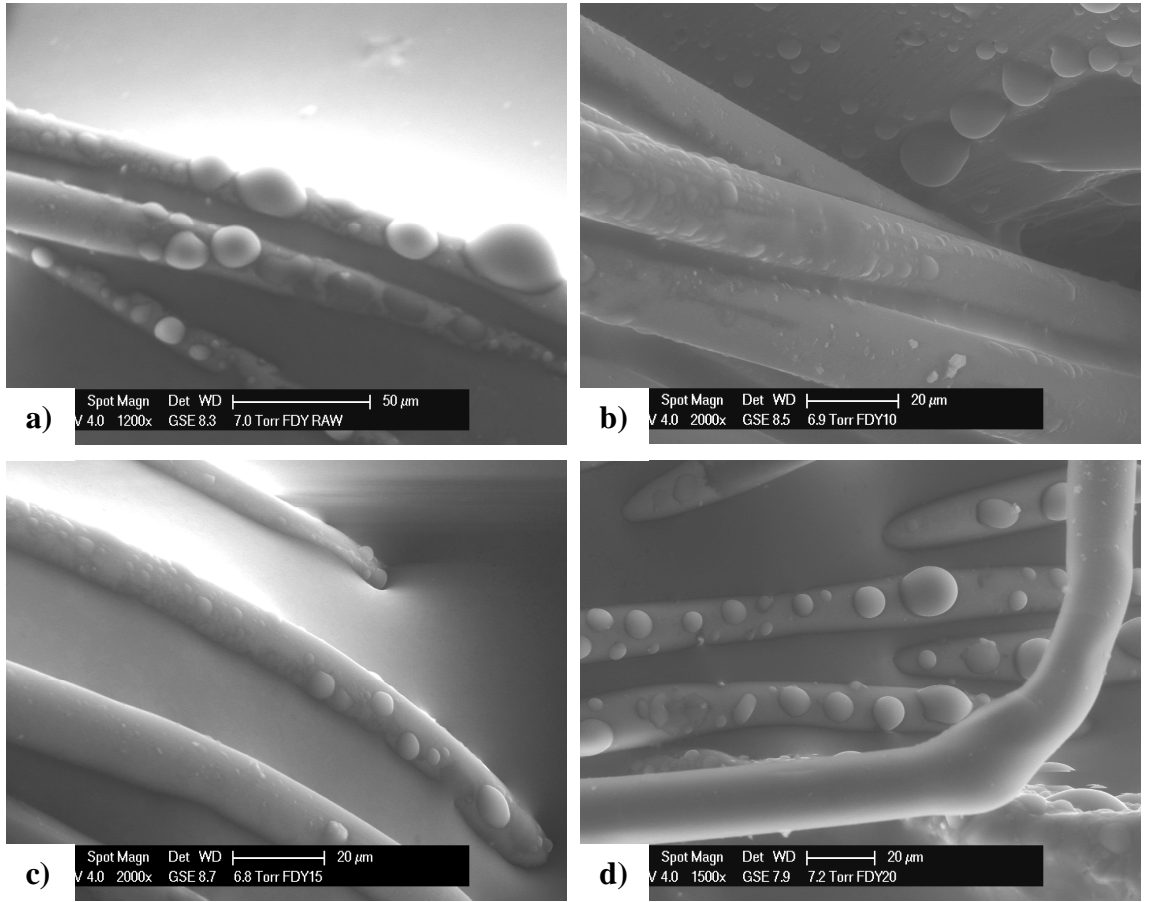
Şekil 4.19. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY20

FDY PET liflerinin tekstüre öncesi AKM görüntülerinde de SEM görüntülerinde olduğu gibi pürüzsüz, yer yer bitim yağı kalıntılarının olduğu bir yüzey görülmektedir. Tekstüre sonrasındaki görüntüler incelendiğinde ise %15 aşırı besleme oranında yüzeyde en belirgin değişikliğin olduğu, %20 aşırı besleme oranında ise pürüzsüz bir yüzeyin elde edildiği görülmektedir (Şekil 4.20).



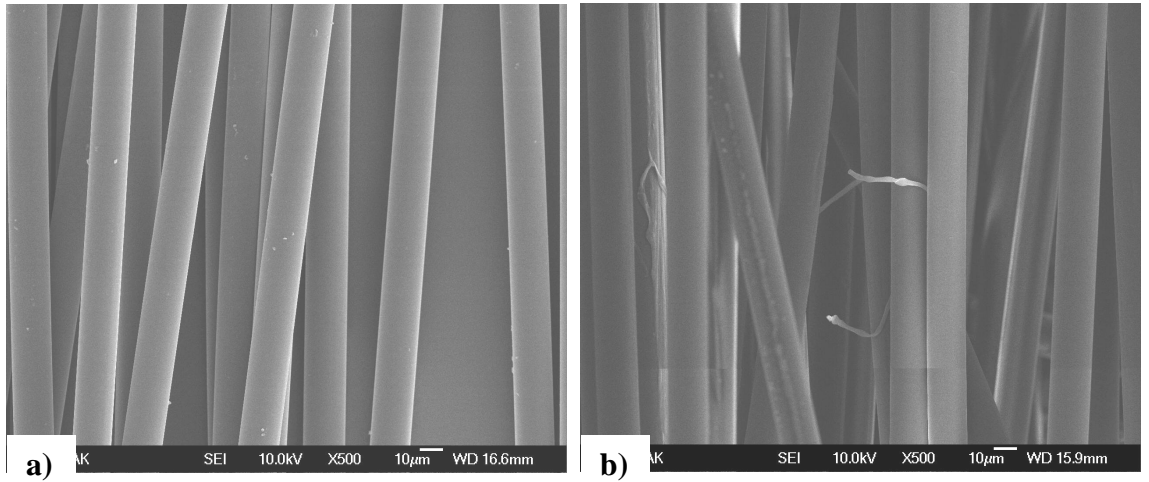
Şekil 4.20. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20

FDY PET liflerinin ESEM görüntüleri incelendiğinde tekstüre olmamış FDY PET liflerinin yüzeylerinde küre şeklinde, yüzeyi tam olarak ıslatmayan damlaların olduğu görülmektedir. Tekstüre işleminden sonra ise genelde damlaların yassılaştığı ve yüzeyi daha iyi kapladığı gözlenmektedir. Damlaların şekillerindeki bu değişim en çok %10 ve %15 aşırı besleme oranlarında belirgindir (Şekil 4.21).



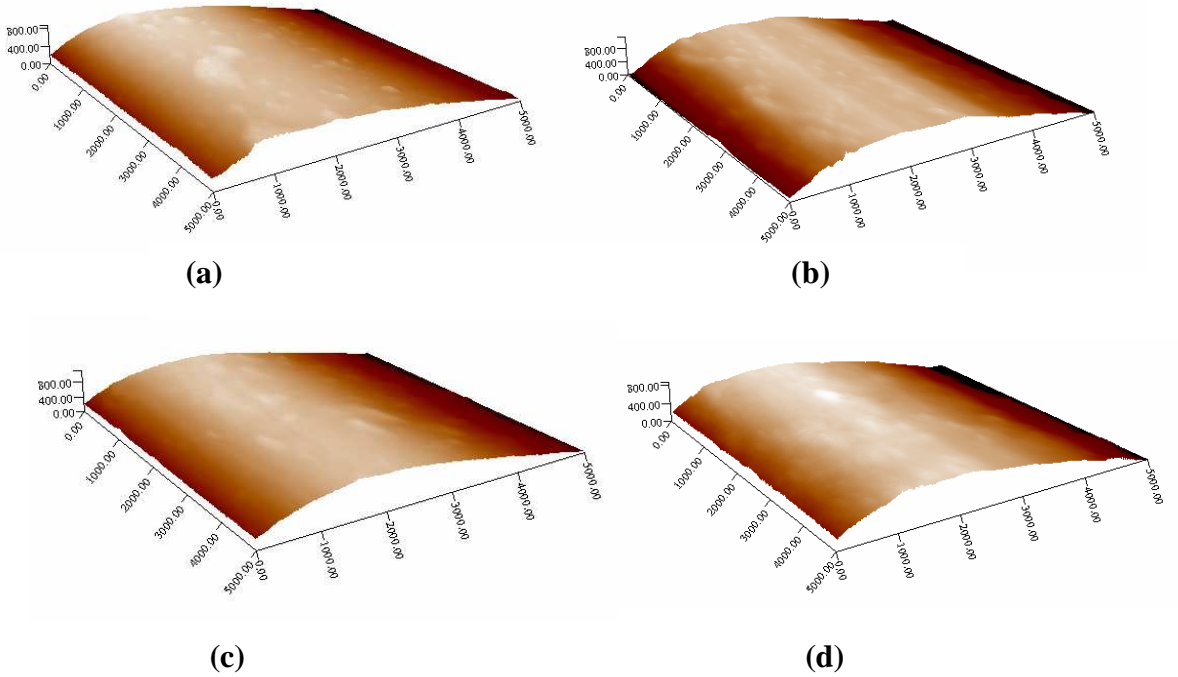
Şekil 4.21. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında FDY PET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20

DSPET liflerinin tekstüre öncesi SEM görüntüleri incelendiğinde genelde pürüzsüz, yer yer safsızlıkların ve bitim yağlarının bulunduğu bir yüzeye sahip oldukları görülmektedir. Tekstüre işleminden sonra ise liflerin yüzeylerinde tekstüre işlemine bağlı olarak bazı soyulmaların ve fibrilleşmelerin olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.22).

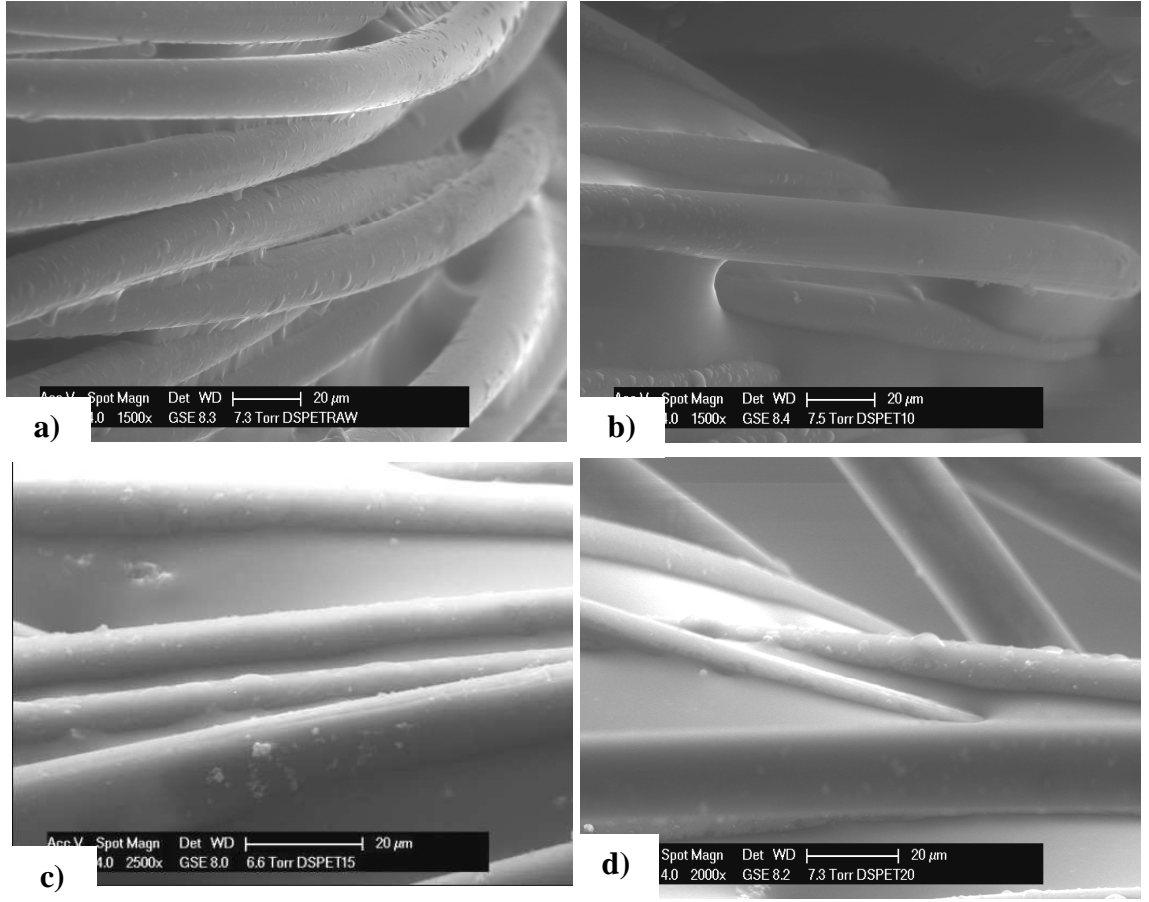


Şekil 4.22. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET20

SEM görüntülerinde DSPET liflerinin yüzeylerinde gözlenen safsızlıklar AKM görüntülerinde de görülmektedir. Hava-jetli tekstüre işleminin neden olduğu yüzey soyulması ise %10 aşırı besleme oranında tekstüre edilmiş DSPET liflerinin AKM görüntüsünde belirgin bir şekilde görülmektedir (Şekil 4.23).



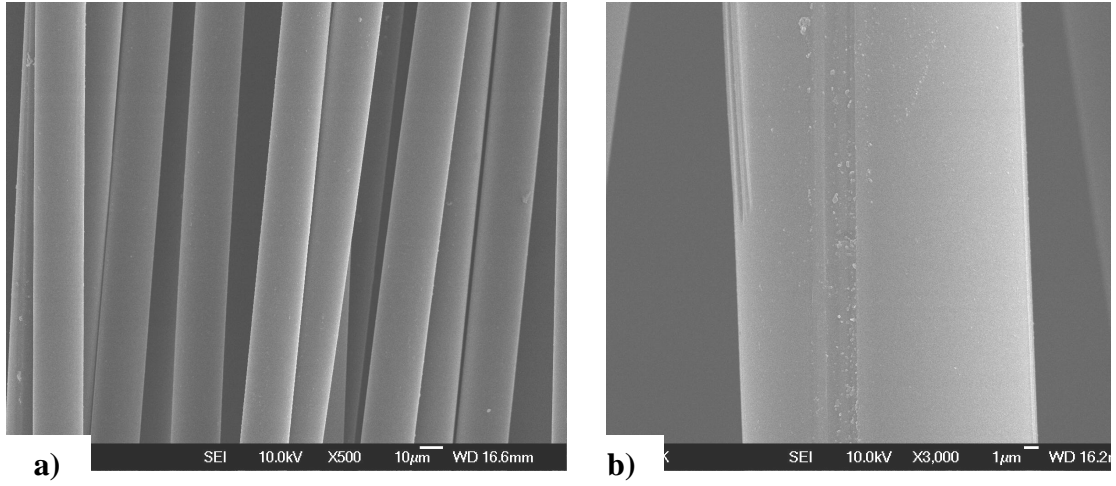
Şekil 4.23. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)DSPET Ham, b) DSPET10, c) DSPET15, d) DSPET20



Şekil 4.24. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında DSPET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20

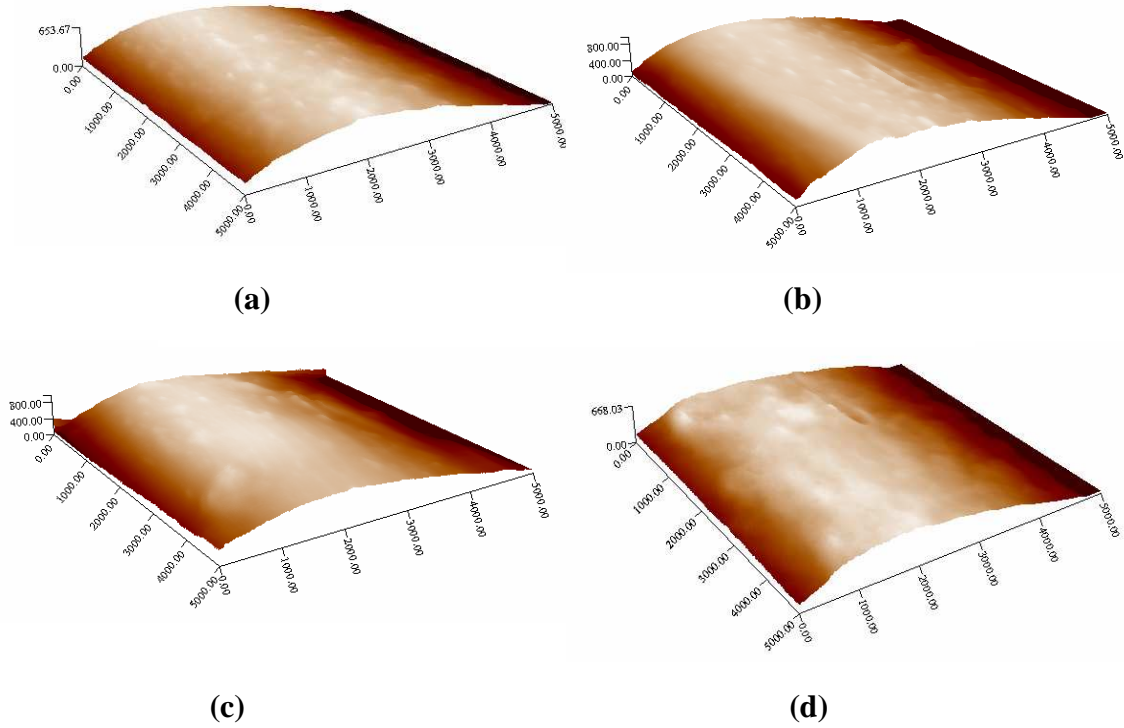
DSPET liflerine ait ESEM görüntüleri incelendiğinde tekstüre olmamış lif yüzeylerinde çok sayıda yassı, küçük damlanın olduğu, tekstüre sonrasında da damlaların şekillerinde çok belirgin bir değişimin olmadığı ancak damla sayısının oldukça azaldığı gözlenmektedir (Şekil 4.24).

HTPET liflerinin tekstüre öncesi SEM görüntüleri incelendiğinde, liflerin düzgün ve pürüzsüz bir yüzeye sahip oldukları görülmektedir. Tekstüre işleminden sonra ise liflerin yüzeylerinde bazı soyulmaların meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.25).



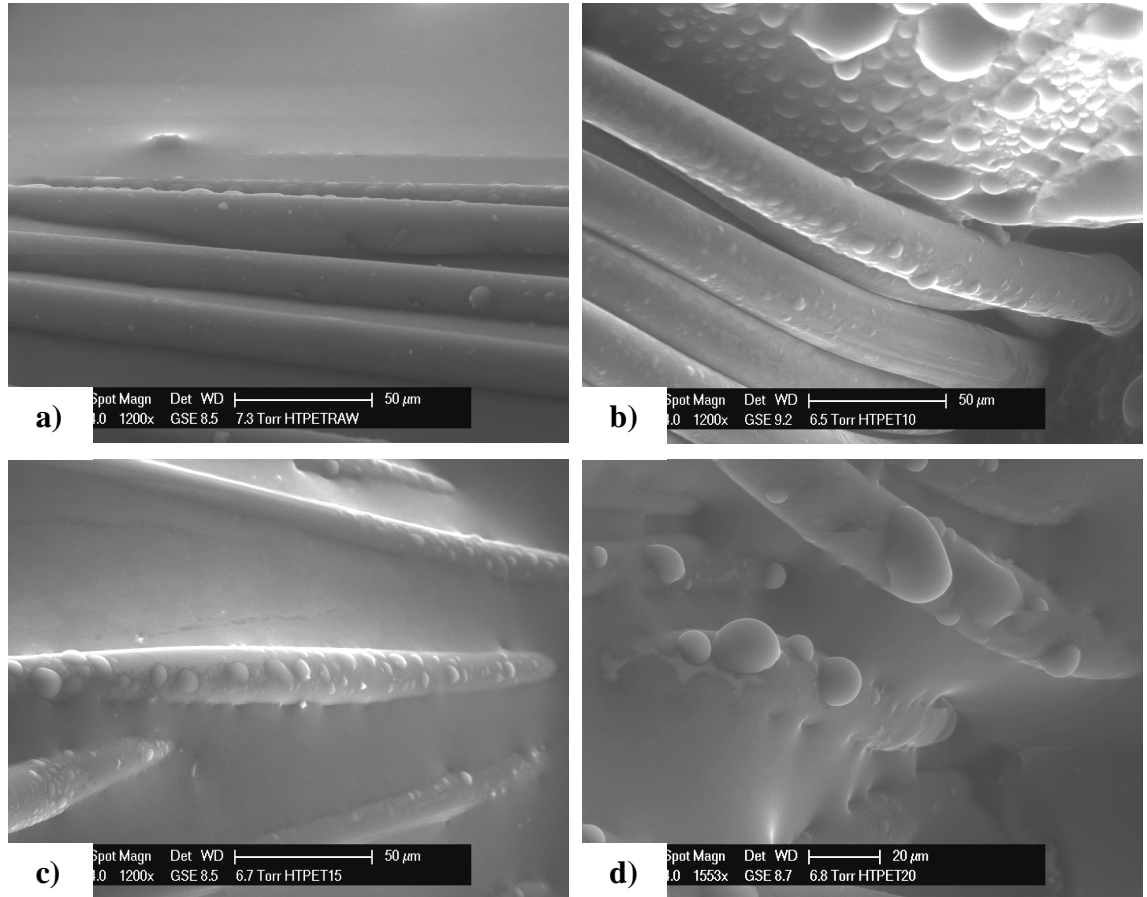
Şekil 4.25. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET20

HTPET liflerinin AKM görüntülerinde liflerin yüzeylerinde yer yer bitim yağı olduğu görülmektedir. Tekstüre işlemi sonrası yüzeyde meydana gelen soyulmalar özellikle %10 ve %20 aşırı besleme oranlarında belirgin olarak gözlenmektedir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a)HTPET Ham, b) HTPET10, c) HTPET15, d) HTPET20

HTPET liflerine ait ESEM görüntülerinde tekstüre olmamış lif yüzeylerinde belirgin damla oluşumunun gerçekleşmediği, ancak tekstüre işleminden sonra lif yüzeylerinde çok sayıda damlanın oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 4.27).

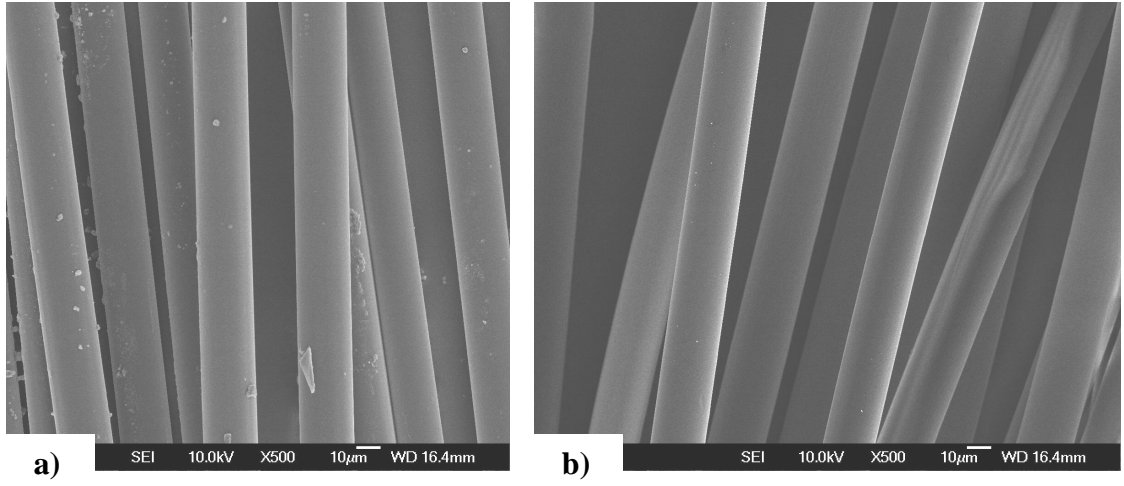


Şekil 4.27. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında HTPET ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20

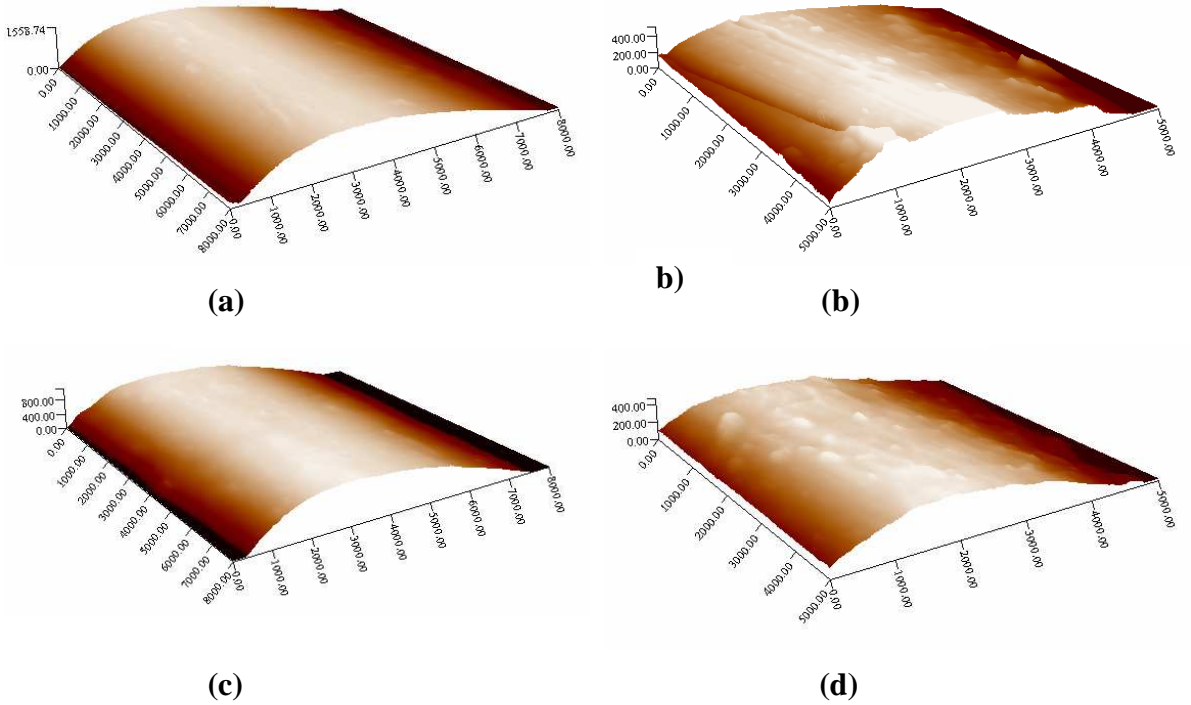
PEN liflerinin tekstüre öncesindeki yüzeyleri incelendiğinde; liflerin yüzeylerinde yer yer bitim yağı ve bazı safsızlıkların olduğu, ancak genel olarak liflerin pürüzsüz bir yüzeye sahip oldukları görülmektedir. Tekstüre sonrasında ise yer yer görülen bu safsızlıkların yapıdan büyük oranda uzaklaştığı görülmektedir (Şekil 4.28).

AKM görüntülerinde de liflerin tekstüre öncesinde oldukça düzgün bir yüzeye sahip oldukları görülmektedir. Ancak safsızlıklar yer yer bu görüntülerde de gözlenmektedir. Hava-jetli tekstüre işleminden sonra ise PEN liflerinin yüzeylerinde

bazı pürüzlülüklerin oluştuğu ve oluşan bu pürüzlülüklerin %20 aşırı besleme oranında en belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 4.29).

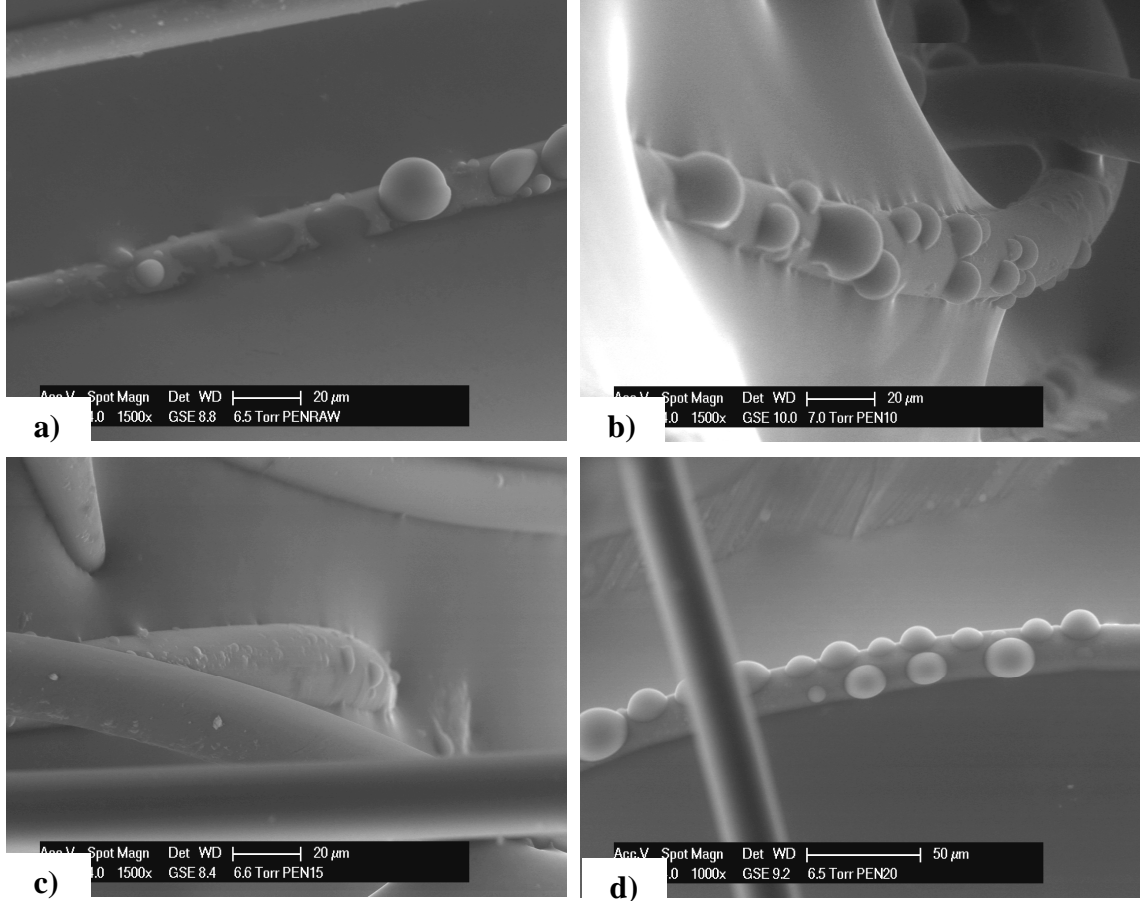


Şekil 4.28. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN20



Şekil 4.29. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait AFM görüntüleri; a)PEN Ham, b) PEN10, c) PEN15, d) PEN20

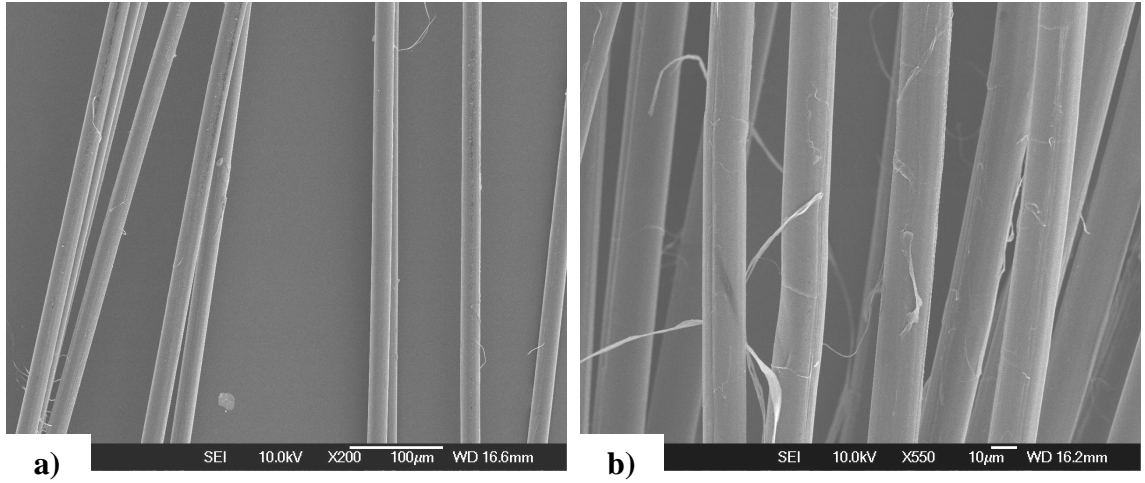
PEN liflerinin ESEM görüntüleri incelendiğinde, tekstüre olmamış PEN liflerinin yüzeylerinde büyük, küresel damlaların olduğu görülmektedir. Tekstüre işlemi sonrasında ise en belirgin değişimin %15 aşırı besleme oranında tekstüre edilmiş PEN liflerinin yüzeylerinde olduğu, bu liflerin yüzeylerinde oluşan damlaların belirgin bir şekilde küçüldüğü ve yassılaştığı görülmektedir (Şekil 4.30).



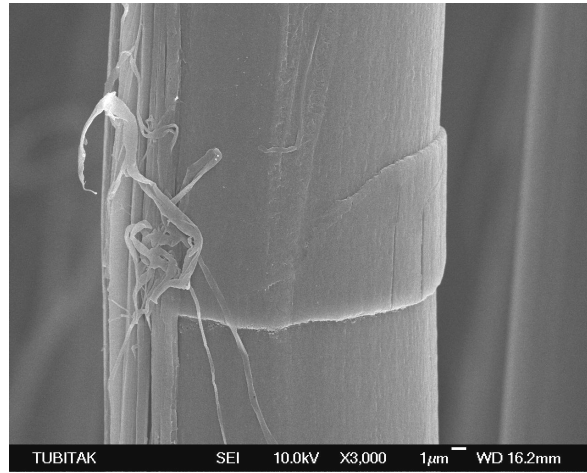
Şekil 4.30. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında PEN ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20

Vectran liflerinin tekstüre öncesindeki SEM görüntüleri incelendiğinde liflerin yüzeylerinde üretim sırasında oluşan fibriller ve yüzey hataları görülmektedir (Şekil 4.31). Vectran liflerinin yüzeylerinde gözlenen bu hatalar bu liflerin yüksek modüle sahip olmaları ve anizotropik yapıları ile ilişkilendirilebilir. Tekstüre işleminden sonra Vectran liflerinin yüzeylerinde görülen fibrilleşmenin yoğun bir şekilde arttığı

gözlenmektedir. Buna ilave olarak liflerin yüzeylerinde Vectran'ın kırılğan yapısı nedeniyle kırılma çizgilerinin de oluştuğu gözlenmektedir (Şekil 4.32).

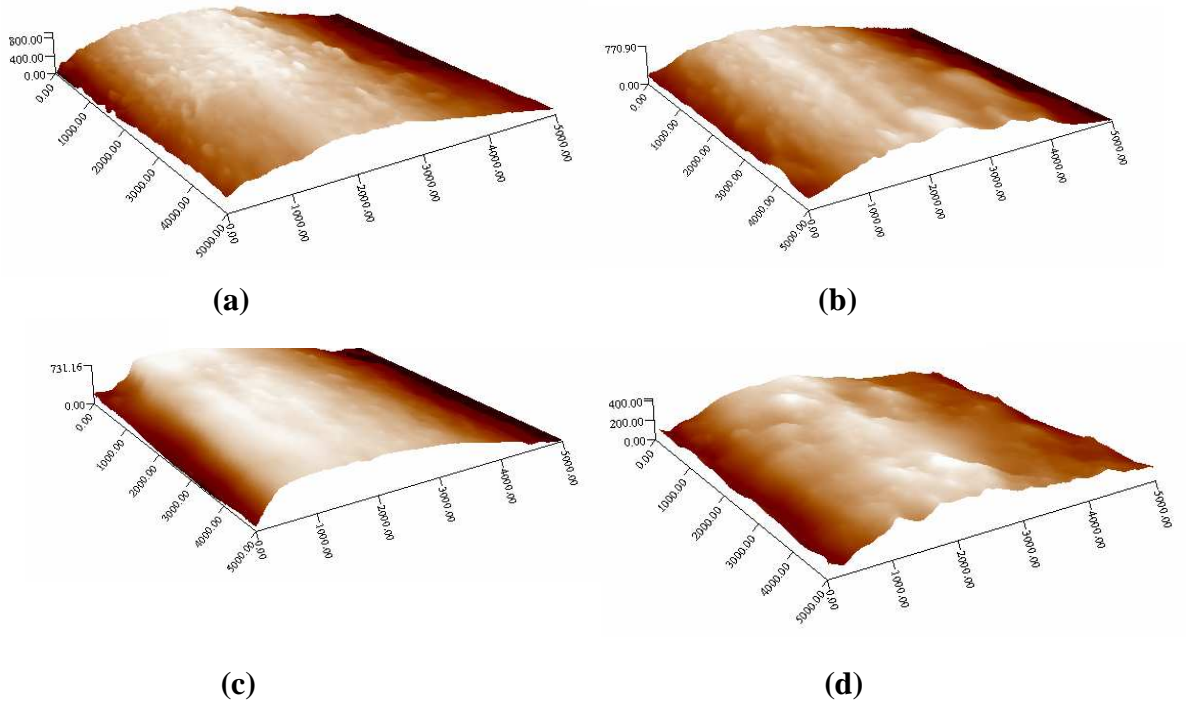


Şekil 4.31. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait SEM görüntüleri; a) Vectran Ham, b) Vectran20



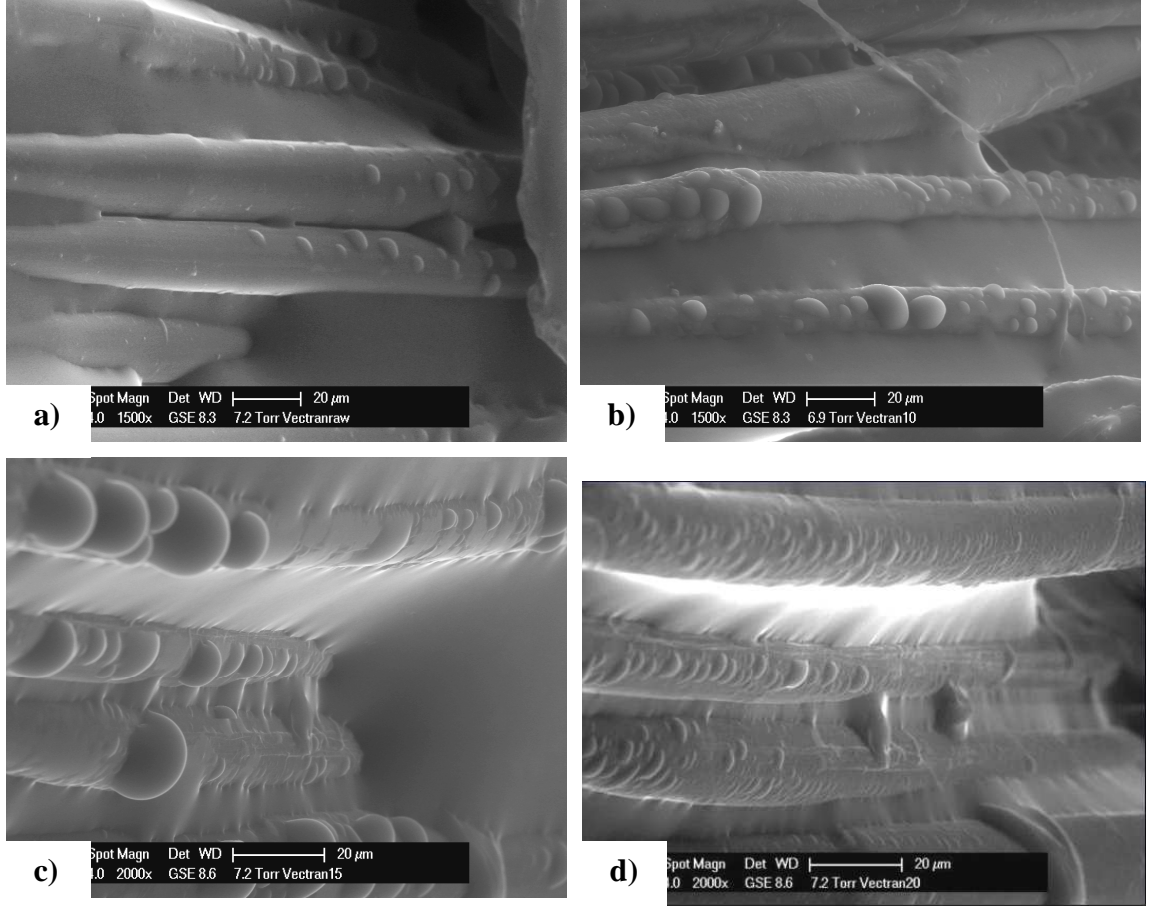
Şekil 4.32. Hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında Vectran liflerinin yüzeylerinde meydana gelen kırılma çizgileri ve fibriller

AKM görüntüleri de Vectran liflerinin yüzeylerinde SEM ile görülen bu yapıları daha detaylı olarak göstermektedir. AKM görüntülerinde %20 aşırı besleme oranında tekstüre edilmiş Vectran liflerinin yüzeylerindeki kırılma çizgileri net olarak görülmektedir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait AKM görüntüleri; a) Vectran Ham, b) Vectran10, c) Vectran15, d) Vectran20

ESEM görüntülerinde tekstüre öncesinde Vectran liflerinin yüzeylerinde yayılmış şekilde duran damla sayısının az olduğu görülmektedir. Bunun temel nedeninin Vectran liflerinin yüzeylerinde bulunan yoğun bitim yağı olduğu düşünülmektedir. Vectran liflerinin tekstüre sonrasındaki görüntülerinde tekstüre parametrelerine bakılmaksızın çok sayıda farklı büyüklükte kısmen yaygın duran damlalar görülmektedir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Tekstüre işlemi öncesinde ve sonrasında Vectran ipliklerinden alınan liflere ait ESEM görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20

4.2.6. X-ışını deneylerinin sonuçları

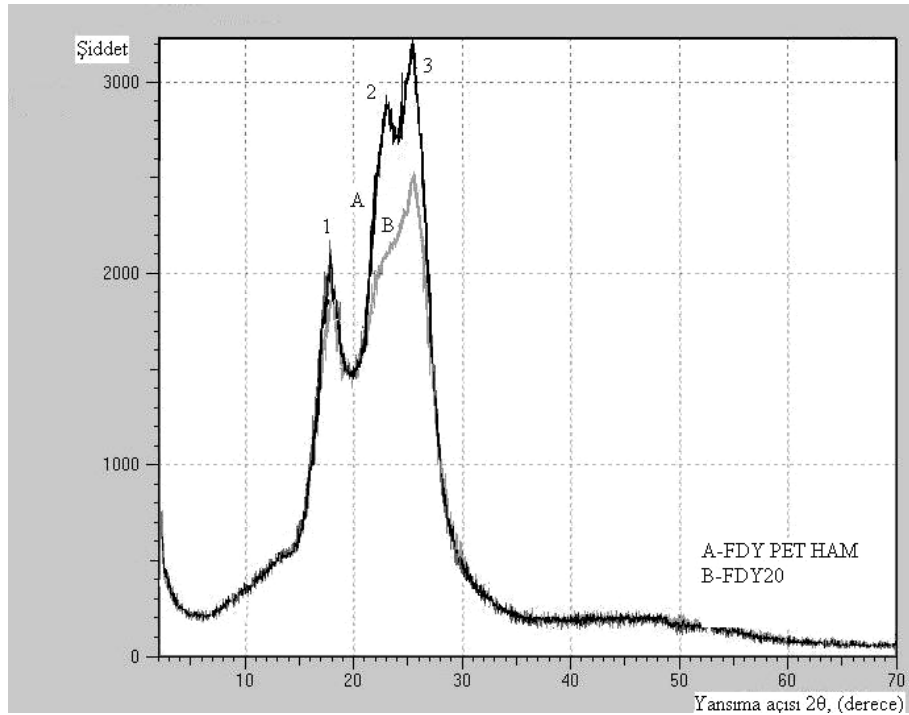
X-ışını deneylerinin sonuçları Şekil 4.35-4.39'da verilmiştir.

PET lifleri triklinik yapıda kristallenmektedir. Tekstüre işlemine tabii tutulmamış FDY PET, DSPET ve HTPET liflerinin x-ışını kırınım desenleri incelendiğinde 3 adet belirgin kristalin bölge pikinin olduğu görülmektedir. Bu pikler (010), (1 $\bar{1}$ 0) ve (100) düzlemlerine aittir ve FDY PET, DSPET ve HTPET liflerinin tümünde görülmektedir (Karacan 2006).

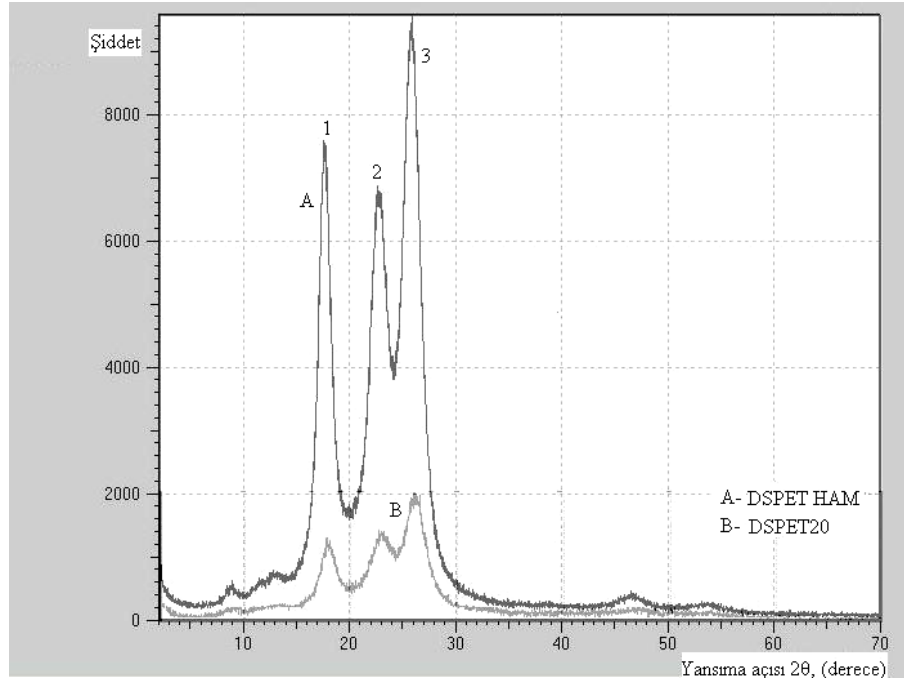
Hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında FDY PET liflerinin x-ışını kırınım desenlerinde 1 numaralı pikin aynı kaldığı ancak 2 ve 3 numaralı piklerin birleşerek

daha geniş bir pik oluşturduğu görülmektedir. Bu durum, yani pikin ekvatorial olarak genişlemesi, malzemelerin kristal bölgelerinde bazı hataların meydana geldiğini göstermektedir (Morton ve Hearle 1975, Kang ve ark. 2005). Dolayısı ile FDY PET için, hava-jetli tekstüre işleme sırasında ipliklere uygulanan germe ve jet içindeki hava basıncının etkisi ile kristal bölgelerde bazı hataların oluştuğu söylenebilir.

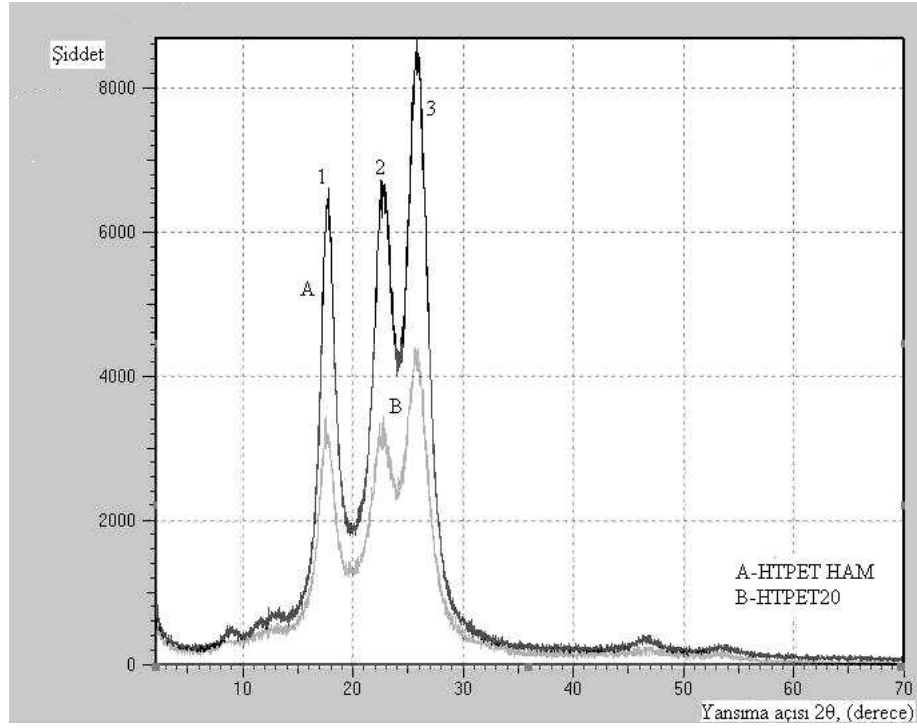
DSPET ve HTPET liflerinin hava-jetli tekstüre işleme sonrasındaki x-ışını kırınım desenleri incelendiğinde ise tekstüre işleme öncesinde görülen 3 pikin aynı kaldığı görülmektedir. Dolayısı ile tekstüre işleme sonrasında bu liflerin kristalin yapılarında belirgin bir değişimin meydana gelmediği söylenebilir.



Şekil 4.35. FDY PET Ham ve FDY20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri



Şekil 4.36. DSPET Ham ve DSPET20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri

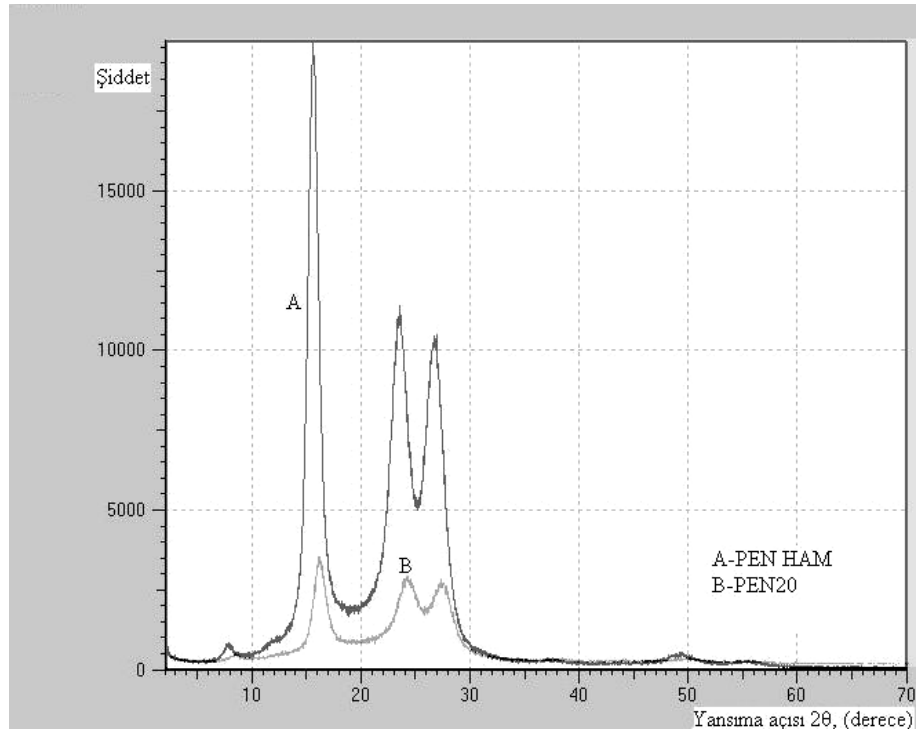


Şekil 4.37. HTPET Ham ve HTPET20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri

FDY PET, DSPET ve HTPET liflerinin tümünde hava-jetli tekstüre işleminden sonra piklerin şiddetlerinde bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun numune hazırlanması ile ilgili olduğu düşünülmektedir (<http://www.geosci.ipfw.edu/XRD/techniqueinformation.html>, 2008).

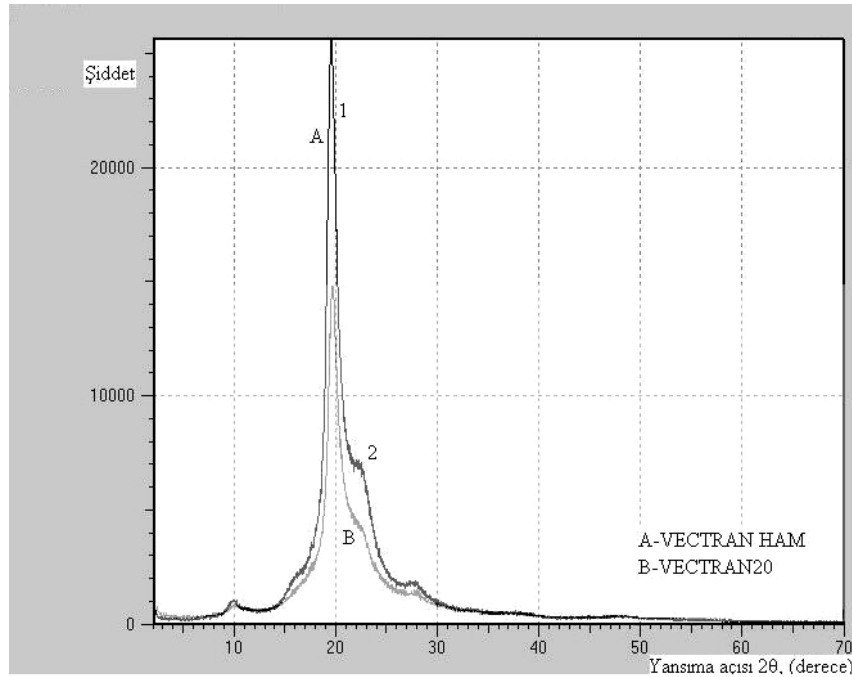
PEN'in iki tane kristalin formu olduğu bilinmektedir. α -krisal formunda her bir kafeste tek bir molekül zinciri bulunmaktadır. İkinci kristal formu olan β -kristal formunda her bir kafeste dört adet zincir bulunmaktadır. α -kristal formda molekül zincirleri tamamen gerilmiş, β -kristal formda ise daha az gerilmiş durumda bulunmaktadır. PEN liflerinin x-ışını kırınım deseninde 3 adet kristalin pik görülmektedir. Bunlar; (010), (100) ve ($1\bar{1}0$) düzlemlerine ait piklerdir ve bu pikler α -kristal forma aittir.

Hava-jetli tekstüre işlemi sonucunda PEN'de görülen piklerin değişmediği ancak şiddetlerinde bir azalmanın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.38. PEN Ham ve PEN20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri

Hava-jetli tekstüre işleme tabii tutulmamış Vectran liflerine ait x-ışını kırınımı desenleri incelendiğinde Vectran liflerinin oryante kristalin olmayan ve kristalin bölgelerden oluştuğu görülmektedir. Oryante kristalin olmayan bölgelerde çok fazlı yapılar, kristalin bölgelerde polimorfik oluşumlar görülmektedir. Belirgin olan 1. pik (110) düzlemine aittir. 2. pik ise 1. pike göre daha geniştir ve bu pik oryante kristalin olmayan bölgelerdeki paketlenmeyi gösterir (Karacan 2006). Hava-jetli tekstüre işleminin sonrasında tüm pikler net bir şekilde görülmektedir, ancak piklerin şiddetlerinde bir azalmanın meydana geldiği görülmektedir. Bu durum hacimli ipliklerin difraktometreye yerleştirilmesinden kaynaklanmaktadır (<http://www.geosci.ipfw.edu/XRD/techniqueinformation.html>, 2008). Sonuç olarak hava-jetli tekstüre işleminin Vectran liflerinin kristal yapısında bir değişime neden olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.39. Vectran Ham ve Vectran20 kodlu ipliklere ait x-ışını kırınım desenleri

4.2.7.Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları

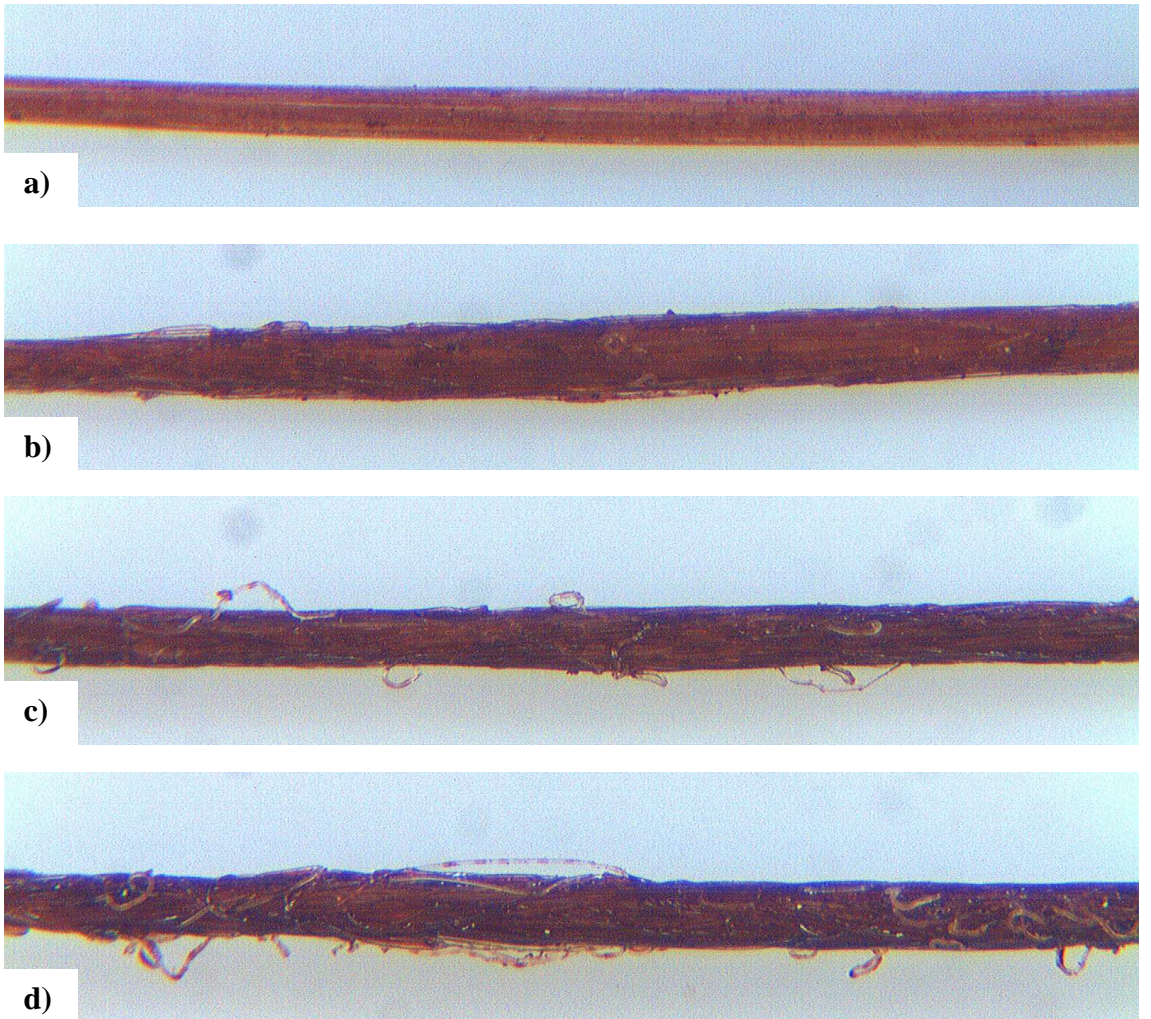
Çalışmanın ikinci adımında ipliklere uygulanan kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları Çizelge 4.8’de verilmiştir. Kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları, ipliklerin işleme adımında yapılarına aldıkları %RFL miktarı (katı miktarı testlerinin sonuçları), işlenmiş ipliklerin ve H yapışma deneylerinde kauçuğun içinden çıkan iplik uçlarının optik mikroskop görüntüleri de göz önüne alınarak yorumlanmıştır.

Çizelge 4.8. Çalışmanın ikinci adımında kullanılan ipliklere ait yapışma ve katı alma deneylerinin sonuçları

İplik kodu	Kauçuğa yapışma kuvveti (kg)	Katı miktarı (%)
<i>FDY PET Ham</i>	2,724	1,49
FDY10	2,655	10,52
FDY15	4,061	14,13
FDY20	3,700	16,57
<i>DSPET Ham</i>	3,305	11,75
DSPET10	3,54	10,03
DSPET15	11,385	16,17
DSPET20	10,342	16,45
<i>HTPET Ham</i>	9,782	13,33
HTPET10	2,888	11,84
HTPET15	3,496	11,89
HTPET20	3,678	18,24
<i>PEN Ham</i>	1,555	15,88
PEN10	2,941	13,16
PEN15	3,663	13,64
PEN20	3,600	10,48
<i>Vectran Ham</i>	2,945	17,14
Vectran10	2,225	17,36
Vectran15	4,616	13,28
Vectran20	4,215	13,69

FDY PET ipliklerine ait kauçuğa yapışma deneylerinin sonuçları incelendiğinde %15 ve %20 aşırı besleme oranlarında tekstüre edilen FDY PET ipliklerin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşme olduğu, %10 aşırı besleme oranında tekstüre edilmiş FDY10 ipliğinin kauçuğa yapışma değerinin ise hemen hemen aynı kaldığı görülmektedir (Çizelge 4.8).

İşlenmiş FDY PET ipliklerinin optik mikroskop görüntüleri incelendiğinde işleme prosesi nedeniyle FDY PET ipliklerin yüzeylerinde bulunan ilmeklerin biraz küçülmüş olduğu ancak yine de ilmekli yapının korunduğu görülmektedir (Şekil 4.40).



Şekil 4.40. İşlenmiş FDY PET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20

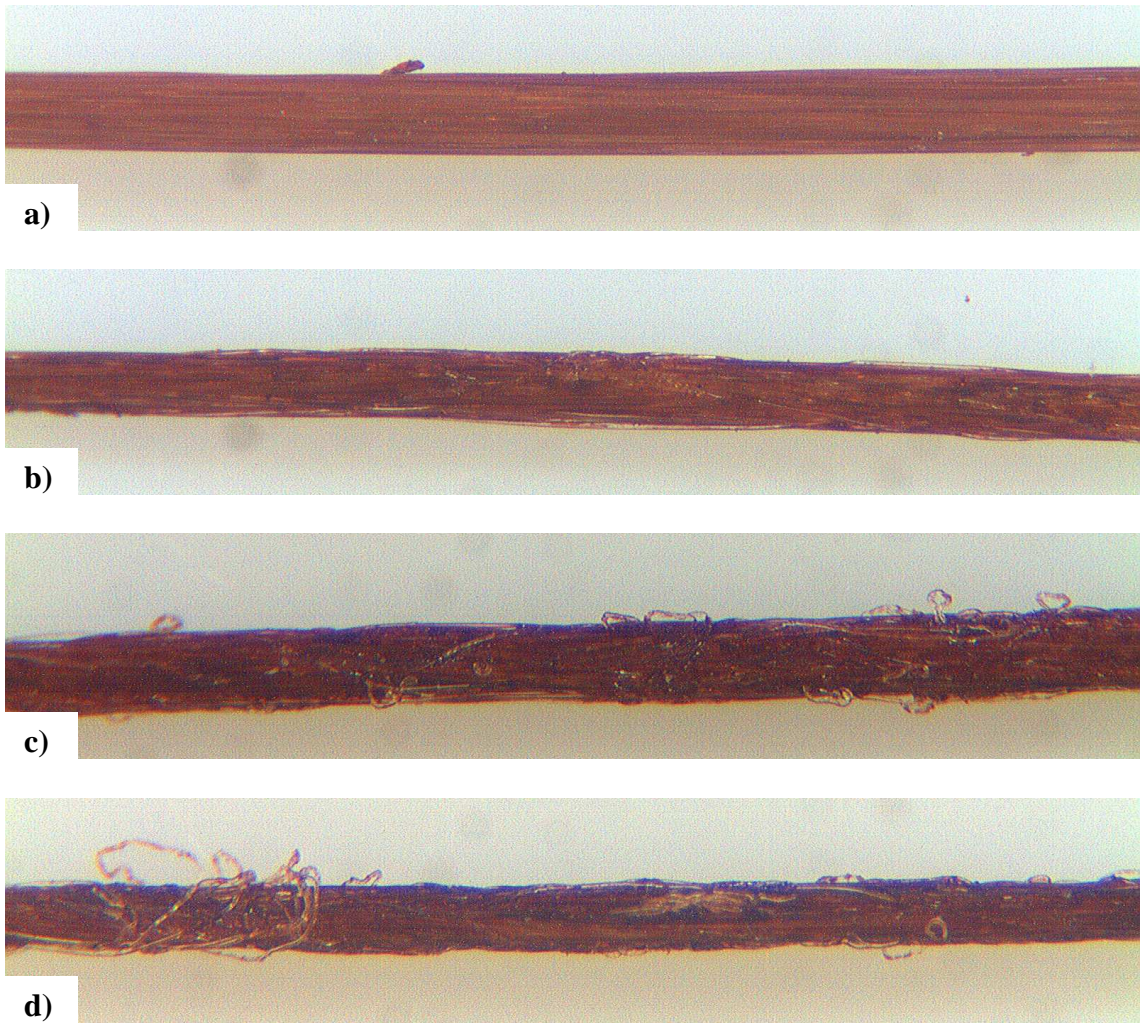
H yapışma testlerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarının optik mikroskop görüntülerinde tekstüre olmamış FDY PET ipliğin yüzeyinde çok fazla kauçuk kalıntısının bulunmadığı, ancak tekstüre olmuş FDY PET iplik uçlarının çok iyi bir şekilde kauçukla kaplanmış olduğu, en iyi kaplanmanın da %15 aşırı besleme oranı ile tekstüre edilmiş FDY PET iplik ucunda meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)FDY PET Ham, b)FDY10, c)FDY15, d)FDY20

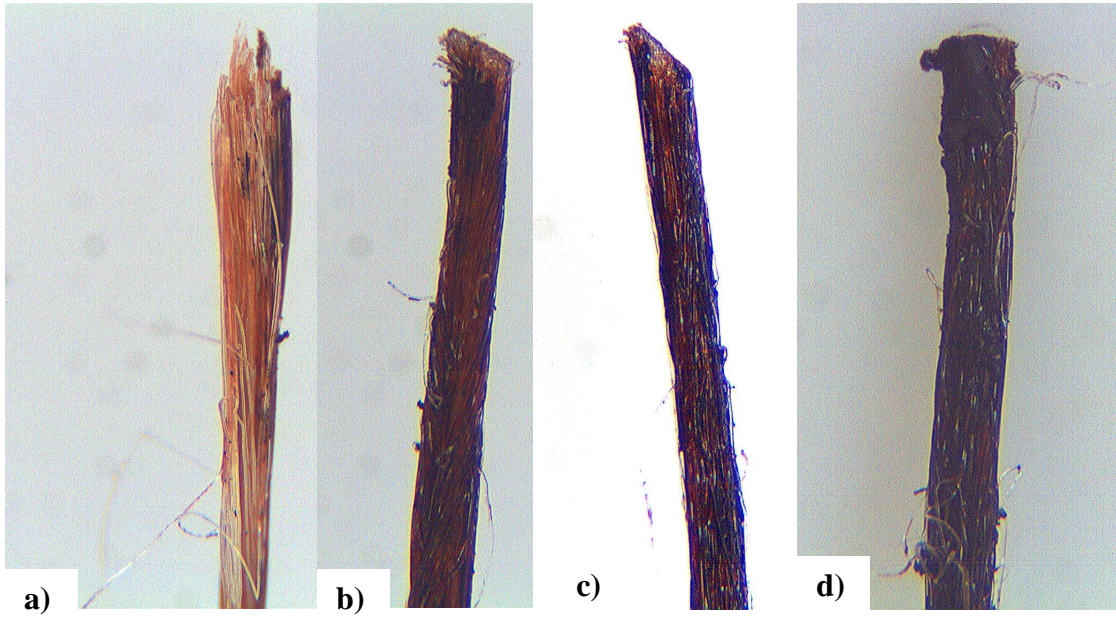
Bu çalışmada kullanılan iplikler içerisinde hava-jetli tekstüre işlemi sonucunda kauçuğa yapışma davranışında en büyük iyileşme DSPET iplik tipinde gözlenmiş ve en yüksek yapışma değerini veren %15 aşırı besleme oranında tekstüre edilen DSPET ipliğinin kauçuğa yapışma kuvvetinde yaklaşık olarak %344'lük bir artış elde edilmiştir.

İşlenmiş ipliklerin optik mikroskop görüntülerinde hava-jetli tektüre işlemiyle oluşan ilmekli yapıda bazı değişimler meydana gelmiş olsa da ilmekli yapının korunduğu görülmektedir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42. İşlenmiş DSPET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20

H yapışma testleri sonucunda kauçuk içinden çıkan iplik uçları incelendiğinde ise tekstüre olmamış DSPET ipliğin yüzeyinde hiç kauçuk kalıntısının kalmadığı ve liflerin birbirlerinden ayrıldığı gözlenmektedir. Tekstüre sonrasındaki iplik uçlarının görüntülerinde ise iplik yapısının kapalı kaldığı ve yüzeyde kauçuk kalıntılarının kaldığı görülmektedir (Şekil 4.43). Bu görüntülerden DSPET ipliklerin kararlı lif yapısını tekstüre işlemi sonrasında da devam ettiği ve bu durumun DSPET ipliklerin kauçuğa yapışma davranışı üzerinde olumlu etkisinin olduğu söylenebilir.



Şekil 4.43. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)DSPET Ham, b)DSPET10, c)DSPET15, d)DSPET20

Bu çalışmada kullanılan iplikler içerisinde hava-jetli tekstüre işlemi sonucunda kauçuğa yapışma davranışında azalmanın görüldüğü tek iplik tipi HTPET olmuştur.

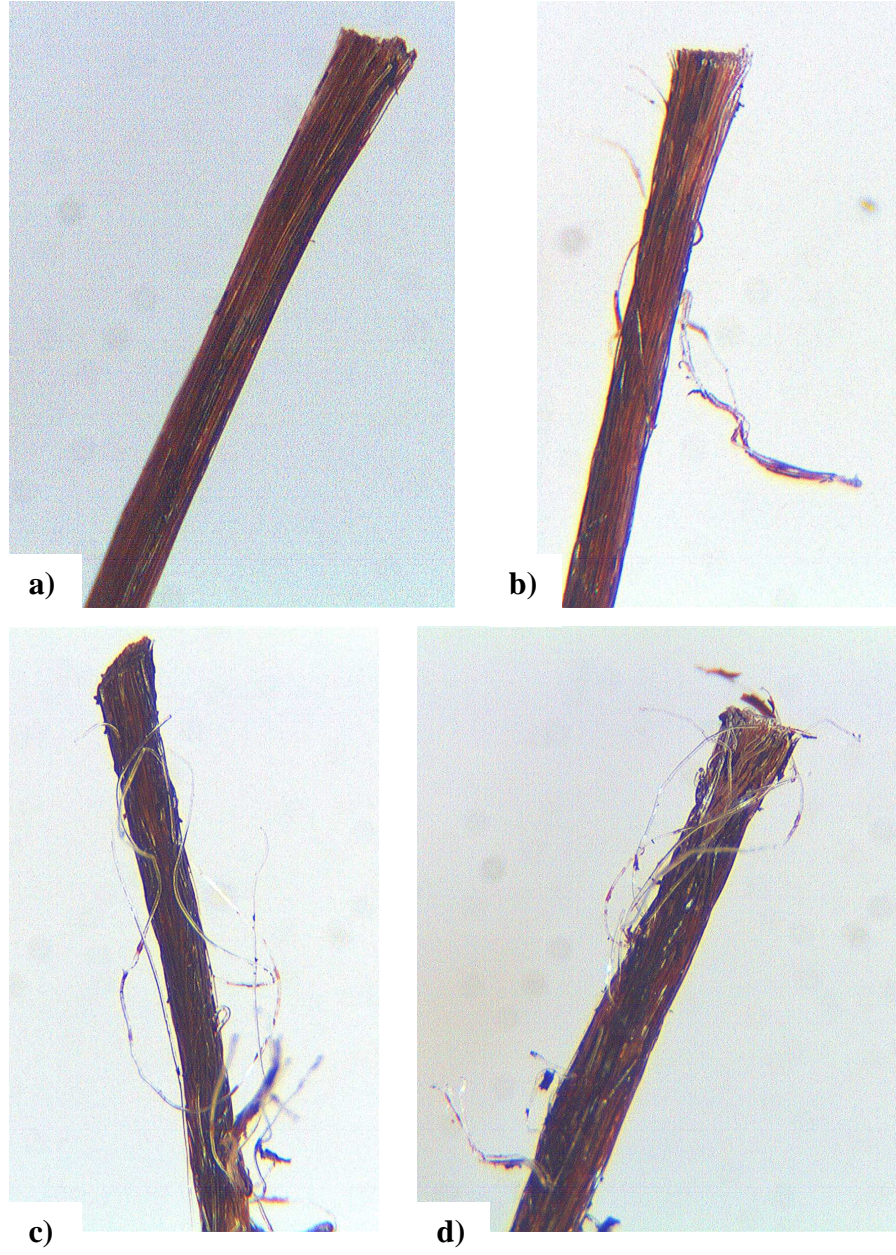
HTPET ipliklerinde de RFL ile muamele işlemi sonrasında ilmekli yapının biraz bozulmuş olsa da kaybolmadığı görülmektedir (Şekil 4.44). H yapışma testleri sonucunda kauçuk içinden çıkan iplik uçları incelendiğinde ipliklerin kompakt olarak kalmadığı, liflerin iplik yapısını bozarak saçıldığı görülmektedir (Şekil 4.45). Çok yüksek germe miktarlarıyla üretilen HTPET liflerde ısıl kısalma değerleri yüksektir. Bu nedenle kauçukla kompozit formunda çalışıldığında problem oluşturduğu

bilinmektedir (Kordsa¹). HTPET iplikler tekstüre işlemine tabii tutulmadan kullanıldıkları zaman işleme adımında uygulanan ısıl işlemlerle bu sorun kısmen giderilse de hava-jetli tekstüre ipliklerde lifin bu davranışının kauçuğa yapışmayı olumsuz etkilediği görülmektedir.



Şekil 4.44. İşlenmiş HTPET ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20

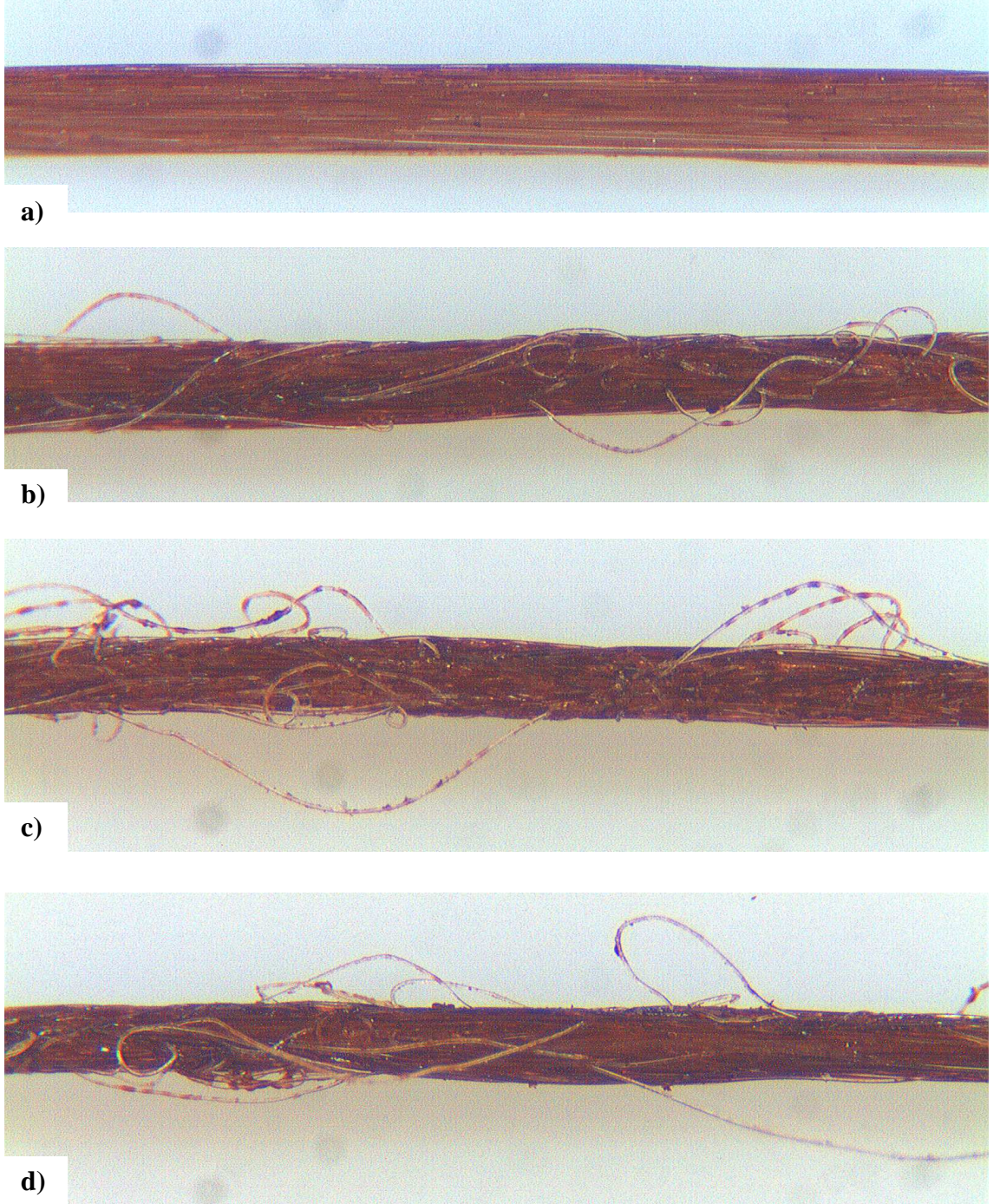
¹ Kordsa Global End. İplik ve Kord Bezi San. ve Tic. A.Ş ile sözlü görüşmeler.



Şekil 4.45. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)HTPET Ham, b)HTPET10, c)HTPET15, d)HTPET20

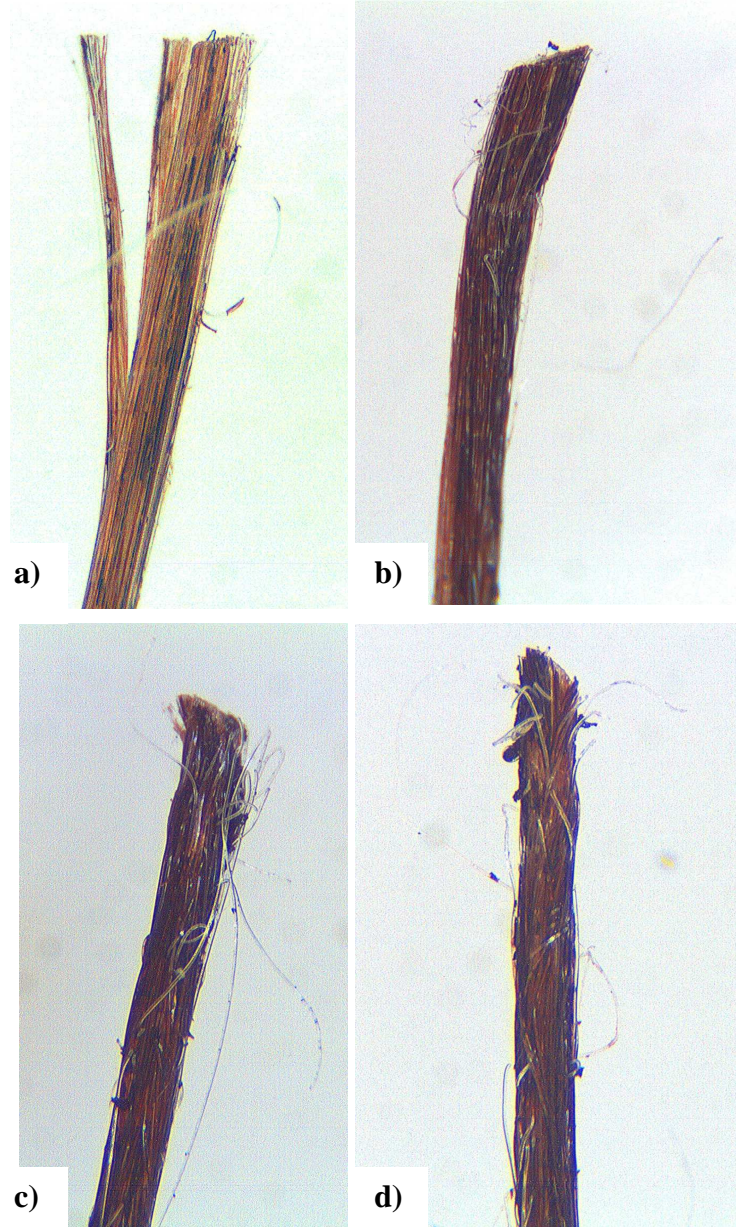
PEN ipliklerine ait yapışma deneylerinin sonuçları incelendiğinde, PEN ipliklerin hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin olduğu görülmektedir.

İşlenmiş iplik yapısını incelemek için yapılan optik mikroskop çalışmalarında hava-jetli tekstüre sonucunda oluşan ilmekli iplik yapısının işleme adımında bozulmadığı, ilmeklerin yüzeyde net bir şekilde durduğu görülmektedir (Şekil 4.46).



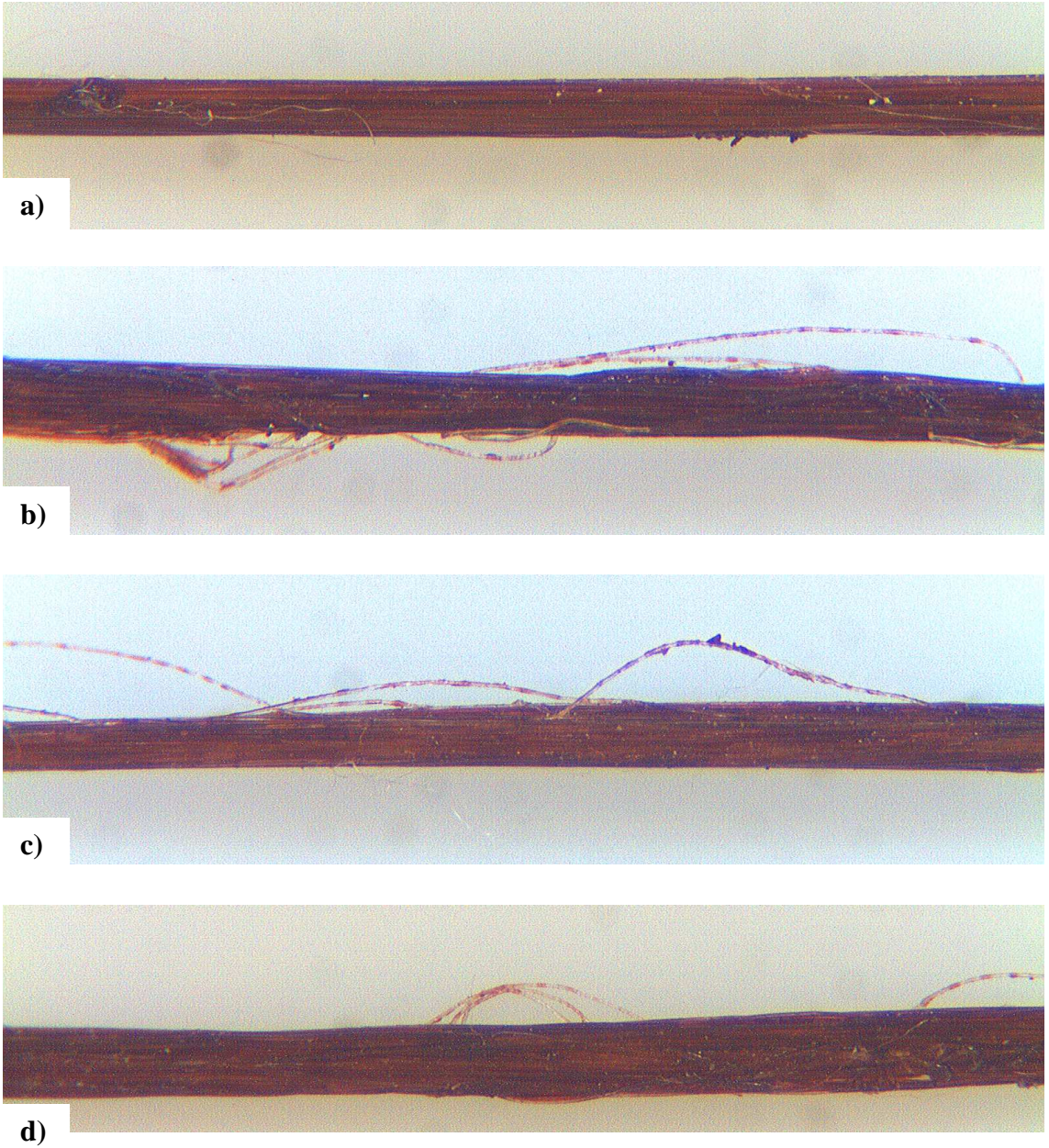
Şekil 4.46. İşlenmiş PEN ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20

Tekstüre olmamış PEN ipliklerinin H yapışma testleri sonucunda kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına bakıldığında liflerin tek tek görüldüğü, yüzeyde hiç kauçuk kalıntısının kalmadığı görülmektedir. Tekstüre sonrası uçlar incelendiğinde ise iplik yüzeyindeki ilmeklerin kısmen durduğu ve ipliklerin yüzeylerinde kauçuk kalıntılarının bulunduğu görülmektedir. (Şekil 4.47).



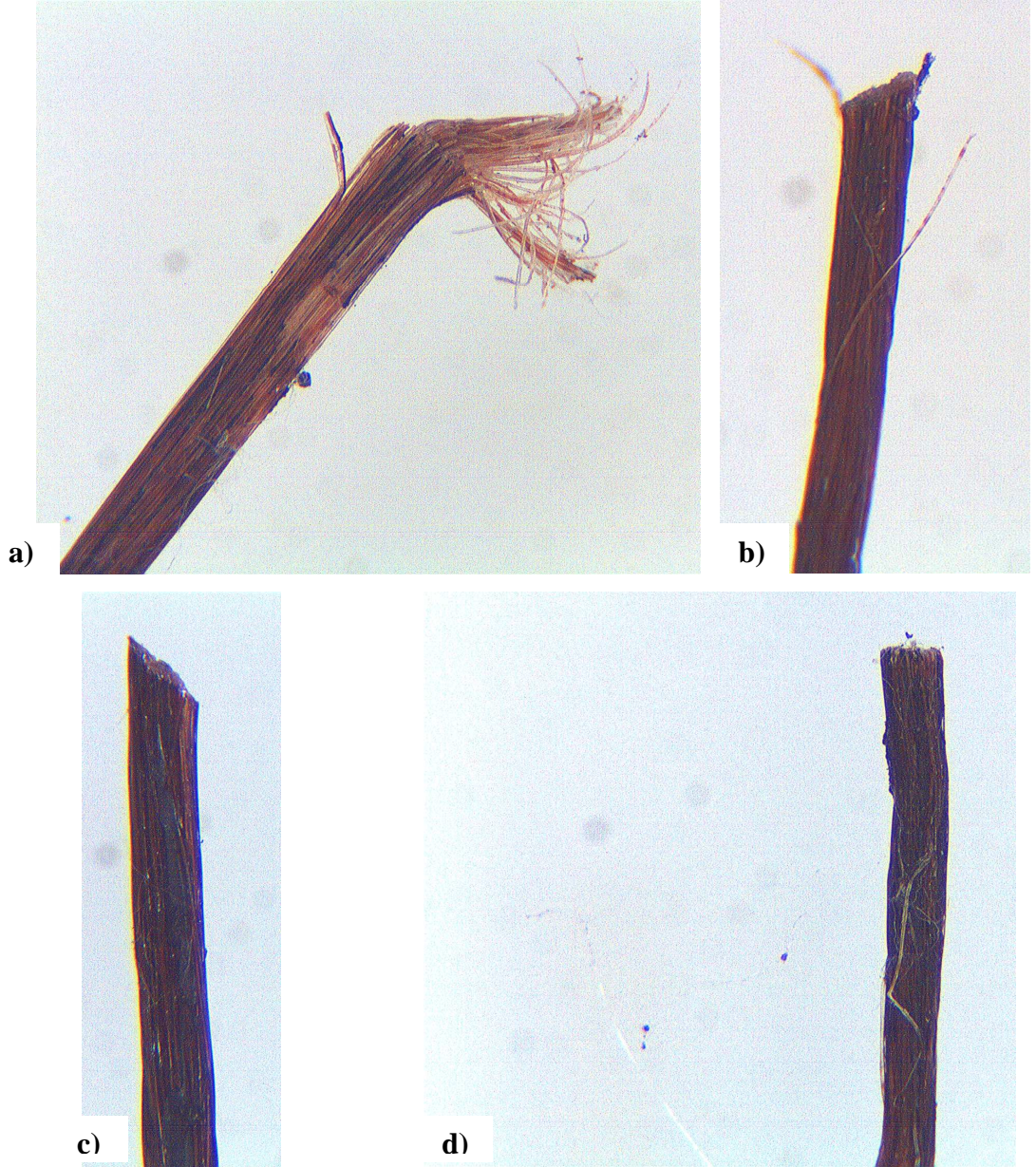
Şekil 4.47. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)PEN Ham, b)PEN10, c)PEN15, d)PEN20

Vectran ipliklerde hava-jetli tekstüre işleminde %15 ve %20 aşırı besleme oranlarında tekstüre edilmiş ipliklerin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiği görülmektedir. Vectran liflerinin rijit ve kırılkan yapısı nedeniyle iplik yüzeyinde oluşan “1e” ilmek tipi işleme adımında RFL ile muameleden sonra bile görülmektedir. İşlenmiş ipliğin bu ilmekli yapısı nedeniyle iplik ile kauçuk arasındaki yüzey alanının arttığı söylenebilir (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. İşlenmiş Vectran ipliklere ait optik mikroskop görüntüleri; a) Vectran Ham, b) Vectran10, c) Vectran15, d) Vectran20

H yapışma sonrasında kauçuk içinden çıkan iplik uçları incelendiğinde tekstüre olmuş ipliklerin kapalı yapısı ve iplik yüzeylerindeki kauçuk kalıntıları net bir şekilde görülmektedir. Vectran liflerinin yüksek modüllü ve anizotropik yapısı nedeniyle tekstüre işlemi sonucunda oluşan fibriller de yapışmayı artırıcı bir etki sağlamaktadır (Şekil 4.49).



Şekil 4.49. H yapışma deneylerinde kauçuk içinden çıkan iplik uçlarına ait optik mikroskop görüntüleri; a)Vectran Ham, b)Vectran10, c)Vectran15, d)Vectran20

Bu çalışmadaki katı miktarı testleri ipliklerin işleme adımımda bünyelerine aldıkları RFL miktarını tespit etmek amacıyla, eşit uzunluktaki işlenmiş ve işlenmemiş ipliklerin hassas terazide tartılması yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ipliklerin bünyelerine aldıkları %RFL miktarı ile ipliklere uygulanan hava-jetli tekstüre işleme arasında doğrusal bir ilişki görülememiştir (Çizelge 4.8). İşleme adımımda ipliklerin özelliklerini iyileştirmek, boyutsal kararlılık sağlamak ve performanslarını arttırmak için iplikler belirli oranlarda gerilime ve ısıya maruz bırakılmaktadır. İpliklere uygulanan bu gerilim ve ısının iplik numaraları üzerinde etkili olabileceği ve dolayısı ile gerçekleştirilen test sonuçlarını etkileyebileceği düşünülmektedir. Hassasiyet gerektiren uygulamalarda katı alma testi kimyasal yöntemle tayin edilir (ASTM 885-06). Bu yöntemde işlenmiş iplikler belirli çözücülerde tamamen çözülür ve bu şekilde banyo sırasında üzerilerine aldıkları katı madde yüzdesi tayin edilir (Aytaç 2007). Bu çalışmada numune sayısı fazla olduğu için uzun zaman alan kimyasal metot kullanılamamıştır. Bundan sonraki çalışmalarda tartım yönteminden ziyade kimyasal metodun kullanılmasının daha sağlıklı olacağı düşünülmektedir.

5.SONUÇ

Bu çalışma iki temel adımda gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda konvansiyonel PET ipliklere hava-jetli tekstüre işlemi uygulanmış ve tekstüre işlemi sonrasında bu ipliklerin kauçuğa yapışma davranışları incelenmiştir. Genel olarak tekstüre işlemi sonucunda konvansiyonel poliester ipliklerinin kauçuğa yapışma davranışlarında bir iyileşmenin meydana geldiği gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci adımında gerçekleştirilen hava-jetli tekstüre çalışmaları sonucunda FDY PET dışındaki tüm iplik tiplerinde bir mukavemet kaybının olduğu görülmüştür. İpliklerin mekanik özelliklerindeki kayıpları minimum seviyede tutabilmek amacıyla, iplikler hava-jetli tekstüre makinesine beslenirken besleme silindirleri arasında tüm ipliklere uygulanan germe işlemi FDY PET ipliklerde daha etkili olmuş ve %10 ve %15 aşırı besleme oranlarında üretilmiş olan FDY PET ipliklerin dayanımlarında bir artış sağlanmıştır.

Hava-jetli tekstüre işlemi sonucunda ipliği oluşturan filamentlerin iplik eksenine olan paralellikleri bozulmaktadır. Bu durum, tekstüre işlemi sonrasında ipliklerin dayanım değerlerinde bir azalmaya sebep olmaktadır. Ancak Vectran liflerinin sahip olduğu yüksek eğilme rijitliği, liflerin ilmek oluşumuna karşı koyması ve kırılğan yapıları nedeniyle hava-jetli tekstüre işlemi sırasında Vectran'da lif zedelenmesi de meydana gelmektedir. Bu nedenle en yüksek mukavemet kayıpları Vectran'da görülmüştür. Vectran liflerinin yüzeylerinde oluşan kırılma çizgileri ve fibrilleşme de mukavemet kayıplarını arttırmıştır.

Hava-jetli tekstüre işlemi sonrasında gerçekleştirilen AKM çalışmalarında liflerin yüzeylerinde SEM ile görüntülenemeyen bazı değişikliklerin olduğu gözlenmiştir. Ancak lif yüzeyinde gözlenen bu değişimlerin ipliklerin aşırı besleme oranlarındaki artış ile doğrusal bir değişim göstermediği görülmüştür. Örneğin bazı durumlarda %15 aşırı besleme oranında lif yüzeyinde görülen pürüzlü yapının %20 aşırı besleme oranında ortadan kalktığı ve pürüzsüz bir yüzeyin oluştuğu görülmüştür. Bu nedenle lif yüzeyinin yapısı ve lifin eğilme davranışı gibi özelliklerin hava-jetli tekstüre işleminin lif yüzeyine olan etkisi üzerinde önemli birer parametre olduğu söylenebilir.

Bazı durumlarda, DSPET liflerinde olduğu gibi, düşük aşırı besleme oranlarında görülen yüzey değişimleri, daha yüksek aşırı besleme oranlarında görülmemektedir. PEN ve Vectran lifleri gibi kırılğan ve eğilmeye karşı dirençli liflerde ise hava-jetli tekstüre işleminin lif yüzeyine olan etkisi aşırı besleme oranı arttıkça artmaktadır.

ESEM çalışmaları genel olarak hava-jetli tekstüre işleminin etkisiyle lif yüzeyinin daha ıslanabilir hale geldiğini göstermektedir.

Yapışma deneyleri sonucunda, hava-jetli tekstüre işleminin genel olarak poliesterlerin kauçuğa yapışma davranışlarını iyileştirdiği, en büyük iyileşmenin ise DSPET liflerinde meydana geldiği görülmektedir. DSPET liflerinin kararlı içyapısının bu durum üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Hava-jetli tekstüre işleminden sonra DSPET liflerinin ESEM görüntüleri bu liflerin ıslanabilirliklerinin arttığını göstermektedir. Ayrıca AKM analizlerinde DSPET liflerinin yüzeylerinde büyük hasarlar olmadan pürüzlülük oluştuğu görülmektedir. Yapışma deneyleri sonucunda kauçuk içinden çıkan iplik uçlarının da hala kapalı iplik yapısında olduğu ve üstlerinde kauçuk kalıntılarının bulunduğu görülmektedir.

Hava-jetli tekstüre işleminin teknik iplikler üzerine olan etkisi aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1-Hava-jetli tekstüre işleminin sonucunda liflerin yüzeylerinde bazı değişimler meydana gelmiştir. Lif yüzeyinde lif yapısına bağlı olarak bazı pürüzler, girinti ve çıkıntılar, kırılma çizgileri, soyulmalar ve fibrilleşmeler olmuştur. Böylece lif yüzey alanı artarak yapışma yüzeyi artmıştır. Ayrıca yüzey gerilimindeki değişim nedeniyle ıslanabilirlik de artmıştır.

2-Hava-jetli tekstüre işleminin ile lif yapısına bağlı olarak ilmek oluşumu gerçekleşmiş ve oluşan bu ilmekler yapışmayı etkilemiştir. Kolay eğilebilen lifler tam ilmek oluştururken, kırılğan ve rijit molekül zincirli yapılarda geniş ilmekler oluşmuştur. Oluşan bu geniş ilmekler yapışma yüzeyini arttırmış ve Vectran'da olduğu gibi yapışmayı iyileştirmiştir.

3-Hava-jetli tekstüre işleminin iplik hacimliliğinin artmasında sebep olmuştur. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda artan hacimliliğin RFL'in iplik içine nüfuz etme miktarı üzerinde çok etkili olmadığı görülmüştür. Buna ilave olarak iplik içine nüfuz eden RFL miktarının yapışmanın iyileşmesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı daha önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir (Porter 1992).

4-Hava-jetli tekstüre işlemleri sonucunda iplik geometrisi değişmiştir. Yapılan kesit çalışmalarında tekstüre olmuş ipliğın loblu bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu nedenle ipliğın yapışma yüzeyi artmıştır.

5-Hava-jetli tekstüre işlemleri nedeniyle tüm ipliklerde kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerleri değişmiştir. FDY PET dışındaki tüm iplikler mukavemet kaybına uğramıştır. Daha önce de açıklandığı gibi bozulan iplik oryantasyonu ve liflerin zarar görmesi, mukavemet kayıplarına neden olurken tekstüre öncesi ipliklere uygulanan germe işlemleri FDY PET ipliklerin mekanik özelliklerini iyileştirmiştir.

Bu çalışma sonunda teknik poliesterlerin hava-jetli tekstüre işlemleri ile kauçuga yapışma davranışlarının iyileştiği görülmüştür. Özellikle teknik uygulamalarda ve mekanik kayıpların çok önemli olmadığı alanlarda teknik poliesterlerin hava-jetli tekstüre edilerek kullanılması önerilir. Özellikle DSPET lifleri için hava-jetli tekstüre işlemleri bu liflerin kauçuga yapışma davranışlarını iyileştirmek için önerilebilir.

Bu çalışmayı zenginleştirmek için gelecekte daha detaylı yüzey çalışmaları yapılarak liflerde meydana gelen yüzey değişimleri açıklanabilir. Lif yüzeyi için dinamik temas açısı ölçümleri yapılabilir. Ayrıca özellikle DSPET liflerinin taşıma bantlarında kullanılmaları ile ilgili uygulamalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

- ACAR, M. 1987. An Analysis of The Air-jet Yarn Texturing Process and the Development of Improved Nozzles. Ph.D. Thesis. Loughborough University of Technology, 207p.
- ACAR, M., 1989. Trends in Air-jet Texturing. Proceedings of Air-jet Texturing and Mingling/Interlacing, Second International Conference. Loughborough, September 1989. p.217-226.
- ACAR, M., S. BILGIN, H.K. VERSTEEG, N. DANI, W. OENHAM. 2006. The Mechanism of the Air-jet Texturing: The Role of Wetting, Spin Finish and Friction in Forming and Fixing Loops, Textile Res. J., 76:116–125.
- AIZENSHEIN, E.M. 2005. Physical and Chemical Modification of Polyester Fibres and Filaments to Improve the Consumer Properties of The Finished Articles. Fibre Chem., 37(6):37-42.
- AYTAÇ, A. 2007. Naylon 6.6/Poliester Melez Kordların Tasarım ve Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 170 s.
- BEERS, D., R.J. YOUNG, C.L. SO, D.J. SIKKEMA, K.E.PEREPELKIN, G. WEEDON. 2001. Other High Modulus-High Tenacity (HM-HT) Fibres From Linear Polymers. In: J.S.W. Hearle (Editor), High Performance Fibers, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, p.93-101.
- BINNIG, G., C.F. QUATE, Ch. GERBER. 1986. Atomic Force Microscope. Physical Review Letters, 56(9):930-933.
- BRIGGS, D. 1997. Surface Analysis of Polymers by XPS and Static SIMS. Cambridge University Press, Cambridge, p.1-9.
- CHAN, C. 1994. Polymer Surface Modification and Characterization. Hanser Publishers, New York, 281p.
- CHAWLA, S. K. 1994. Rubber Composites. In: H. Brody (Editor), Synthetic Fibre Materials, Longman Scientific and Technical, Essex, England, p.203-237.
- DANI, N. 2004. Fundamentals of Air-jet Texturing. Ph.D. Thesis, North Carolina University, 153 p.
- DEMİR, A. 2006. Sentetik Filament İplik Üretim ve Tekstüre Teknolojileri. İstanbul, 455s.
- ERBİL, H.Y. 2006. Surface Chemistry of Solid and Liquid Interfaces, Blackwell Publishing, India, 352 p.

GARBASSI, F., M.MORRA, E.OCCHIELLO. 1994. Polymer Surfaces, John Wiley&Sons, UK. p.89

GELLER, V.E. 2001. Technological Aspects of Orientational Strengthening of Pol(ethylene terephthalate). Modern Schemes for Production of High-strength Polyester Fibres. *Fibre Chem.*, 33(5):20-28.

HAKME, C., I. STEVENSON, A. VOICE, G. LESPINASSE, G. SEYTRE, L. DAVID. 2007. Orientation of Uniaxially Stretched Poly(ethylene naphthalene 2,6-dicarboxylate) Films by Polarized Infrared Spectroscopy. *Journal of Polymer Science: Part B: Polymer Physics*, 45: 1950–1958.

HEARLE, J.W.S., L.HOLLICK, D.K.WILSON. 2001. Yarn Texturing Technology. Woodhead Publishing Limited. England, 300p.

HEUVEL, C. J. M. and E.A.KLOP. 2000. Relations Between Spinning, Molecular Structure and End-use Properties of Polyethylene Naphthalate Tyre Yarns. *Polymer*, 41:4249-4266.

HSIEH, Y. 2001. Surface Characteristics of Polyester Fibers. In: C. M. Pastore and P. Kiekens (Editors), *Surface Characteristics of Fibers and Textiles*, Markel Dekker Inc., USA, p.33-57

<http://www.calce.umd.edu/general/Facilities/ESEM.pdf>., Erişim Tarihi:12.07.2008. Konu:ESEM

<http://www.geosci.ipfw.edu/XRD/techniqueinformation.html>, Erişim Tarihi:01.09.2008. Konu:X-ray Diffraction.

http://www.itg.uiuc.edu/ms/equipment/microscopes/esem/how_it_works.htm, Erişim Tarihi:12.07.2008. Konu:ESEM.

<http://www.ksvltd.com/content/index/applicationnotes>, Erişim Tarihi:01.08.2008. Konu:Contact Angle Measurement.

<http://www.whatispolyester.com/history.html>., Erişim Tarihi:15.09.2008. Konu:History of Polyester

www.vectranfiber.com, Erişim Tarihi:22.09.2008. Konu:Vectran

http://yunus.hacettepe.edu.tr/~emrecan/stm/afm_ve_tar.htm, Erişim Tarihi:01.08.2008. Konu:AFM.

HUANG, F., Q.F. WEI, X.WANG, W.XU. 2006. Dynamic Contact Angles and Morphology of PP Fibres Treated with Plasma. *Polymer Testing*, 25:22–27.

JAGER, J., J.A. JUIJUN, C.J.M. HEUVEL, R.A. HUIJTS. 1995. Poly(ethylene-2,6-naphthalenedicarboxylate) Fiber for Industrial Applications. *J. Applied Polymer Science*, 57:1429-1440.

JAMSHIDI M., F. AFSHAR, N. MOHAMMADI, S. POURMAHDIAN. 2005. Study on Cord/rubber Interface at Elevated Temperatures by H-pull Test Method. *Appl. Surface Sci.*, 249:208-215.

KANG, Y. A., K.H.KIM, H. H. CHO, T.KIKUTANI. 2005. Effect of Low-Temperature Annealing on Dimensional Stability of Poly(ethylene 2,6-naphthalene dicarboxylate) Fibers Melt-Spun at High Speed. *Journal of Applied Polymer Science*, 95:212–218.

KARACAN, I. 2006. A Comparative Study of Structure–Property Relationships in Highly Oriented Thermoplastic and Thermotropic Polyesters with Different Chemical Structures. *Journal of Applied Polymer Science*, 100:142–160.

KOC, S.K., A.S.HOCKENBERGER, Q.WEI. 2008. Effect of Air-jet Texturing on Adhesion Behaviour of Polyester Yarns to Rubber. *Applied Surface Science*, 254:7049–7055.

LISTON, E.M., L.MARTINU, M.R.WERTHEIMER. 1994. Plasma Surface Modification of Polymers for Improved Adhesion:A Critical Review. In:M. Strobel, C.S.Lyons, K.L. Mittal (Editors), *Plasma Surface Modification of Polymers:Relevance to Adhesion*, VSP, Netherlands, p.3-42.

LUO, S., W.J.OOIJ, E.MAYER, K.MAI. 2000. Surface Modification of Textile Tire Cords by Plasma Polymerization for Improvement of Rubber Adhesion. *Rubber Chemistry and Technology*, 73(1):121-137.

LUO, S., W.J.OOIJ. 2002. Surface Modification of Textile Fibers for Improvement of Adhesion to Polymeric Matrices:A Review. *J. Adhesion Sci. Technol*, 16(13):1715-1735.

MORTON, W. E., J.S.W. HEARLE.1975. *Physical Properties of Textile Fibres*. The Textile Institute, Manchester. 660p.

PEGORETTI, A., A. ZANOLLI, C. MIGLIARESI. 2006. Flexural and interlaminar mechanical properties of unidirectional liquid crystalline single-polymer composites. *Composites Science and Technology*, 66,(13):1953-1962.

PORTER, N.K. 1992. RFL Dip Technology. *Journal of Industrial Textiles*, 21:230–239.

RIM, P.B. and C.J. NELSON. 1991. Properties of PET Fibers with High Modulus and Low Shrinkage (HMLS), I. Yarn Properties and Morphology. *J. Applied Polymer Science*, 42:1807-1813.

RIM, P.B. 1996. Potential of PEN for Tire Reinforcement: Ability to Replace PET, Rayon and Even Steel. *Chemical Fibers International*, 46: 204-209.

SMITH, B. 1998. *Infrared Spectral Interpretation*. CRC Press. p.183

TONELLI, A. E. 2002. PET Versus PEN: what Difference Can a Ring Make?. *Polymer*, 43:637-642.

WARD, I. M., WILDING M. A. 1976. The Mechanical Properties and Structure of Poly(m-methylene Terephthalate) Fibers. *J. Polym. Sci.*, 14:263-274.

WEI, Q.F., R.R.MATHER, A.F.FOTHERINGHAM, R.D.YANG. 2002. Observation of Wetting Behavior of Polypropylene Microfibers by Environmental Scanning Electron Microscope. *Aerosol Science*, 33:1589–1593.

WEI, Q.F., Y. LIU, D. HOU, F. HUANG. 2007. Dynamic Wetting Behavior of Plasma Treated PET Fibers. *J. Mater. Process. Technol*, 194: 89–92.

WULFHORST, B. 2003. A. Demir ve A.R. Torun (Tercüme), *Tekstil Üretim Yöntemleri*, İstanbul, s.57.

TEŞEKKÜR

Akademik hayatım boyunca üzerimde çok büyük emekleri bulunan, bu doktora tezinde de tez izleme komitesinde yer alarak bu teze önemli katkılarda bulunan değerli hocam Prof. Dr. Halil Rifat ALPAY'a

Lisans ve lisansüstü çalışmalarım sırasında her konuda gösterdiği büyük ilgi ve destek için, üzerimde çok büyük emeği bulunan değerli danışman hocam Prof. Dr. Aslı HOCKENBERGER'e,

Lisans eğitimimden günümüze kadar üzerimde büyük emekleri bulunan Uludağ Üniversitesi Tekstil Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Şükriye ÜLKÜ başta olmak üzere tüm bölüm hocalarıma,

Çalışmalarımdaki değerli katkı ve yönlendirmelerinden dolayı Dr. Memiş ACAR'a,

Bu tezin bazı bölümlerinin KORTEKS'te gerçekleştirilebilmesini sağlamanın yanı sıra hammadde, laboratuvar ve bilgi desteği sağlayan, Korteks Genel Müdürü Nejat ALTIN ve Korteks Ar-Ge Müdürü Mutlu SEZEN'e,

Korteks'te yaptığım çalışmalar sırasında bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan ve hava-jetli tekstüre çalışmalarım konusunda büyük destek olan Hüseyin GÜLENC ve Doğan AĞCI başta olmak üzere tüm Korteks çalışanlarına,

Yüksek lisans çalışmalarımın yanı sıra her türlü hammadde, laboratuvar ve bilgi desteğini sağlayan ve bu teze çok büyük katkıları bulunan KORDSA GLOBAL END. İPLİK VE KORD BEZİ SAN. VE TİC. A.Ş.'ye,

Bu çalışmanın Kordsa'da gerçekleştirilmesini sağlayan, bilgi birikimlerini bizimle paylaşan ve her konuda destek olan Dr. Ali VATANSEVER, Nuri DÜZGÖREN, Dr. Berrin YILMAZ ve Dr. Nurçin JAVAHERIAN'a

Kordsa'daki laboratuvar çalışmalarım sırasında büyük yardımları bulunan Arif Doğan TALAY, Yaşar GÜRAY ve Mümin DOKUMAZ, başta olmak üzere Kordsa laboratuvarlarındaki tüm çalışanlarına,

Hava-jetli tekstüre çalışmalarında kullanılan bobinleri temin eden SONOCO AMBALAJ SANAYİ VE TİC. A.Ş.'ye,

Bu doktora tezini destekleyen TÜBİTAK'a,

Destek ve yardımları için Araş. Gör. Duygu YILMAZER, Araş. Gör. Şebnem DÜZYER ve Araş. Gör. Mehmet ORHAN başta olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma,

Eğitim hayatım boyunca gösterdikleri ilgi, yardım, destek ve sabırları için sevgili annem, babam ve ablama,

Tüm sıkıntılarımı kolaylaştıran, beni sabır ve sevgiyle destekleyen sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Eskişehir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir’de tamamladı. 1996 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü’nde lisans öğrenimine başladı. 2000 yılındaki mezuniyetinin ardından aynı yıl Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2001 yılında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı’nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2003 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak doktora öğrenimine başladı. Halen aynı üniversitede araştırma görevlisi olarak görevine devam etmektedir.