İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKRİLİK MİKROLİFLERİN UZUN LİF EĞİRME SİSTEMİNDE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

100829

DOKTORA TEZİ

Y. Müh. Yeşim İRİDAĞ
503940033012

100829

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 3 Mayıs 2000
Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Temmuz 2000

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Bülent Özipek
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Bayram Yüksel (İ.T.Ü.)
Prof. Dr. Yalçın Bozkurt (9 E.Ü)
Prof. Dr. Halil Rıfat Alpay (U.Ü)
Doç. Dr. Fatma Kalaoğlu (İ.T.Ü.)

TEMMUZ 2000

ÖNSÖZ

Günümüzün dünyası sürekli bir yenilik arayışı içindedir. Tekstil endüstrisinin de bu akımın dışında kalması beklenemez. Sürekli olarak yeni ürünler arzedilmekte, tekstilin her alanında yenilikler hızla birbirini takip etmektedir. Mikrolifler de bu gelişimin bir sonucu olarak ortaya çıkmış ve insanoğlu ilk kez tabiatta bulunanlardan daha ince lifler üretme başarısını göstermiştir. Mikrolif üretimi ve tüketimi 1990'ların başında altın çağını yaşamış ancak birtakım proses zorlukları nedeniyle kullanımı belli alanlarda sınırlı kalmış, ticari rekabet şartları nedeniyle bu konudaki araştırmalar gizli tutulmuş, mevcut potansiyelin tümü değerlendirilememiştir. Bu tez, mikroliflerin uzun lif eğirme prosesi boyunca davranışları ile proses ve nihai ürün özellikleri üzerinde yoğunlaşmakta olup bu konudaki mevcut literatür boşluğunun giderilmesine katkıda bulunmanın yanı sıra mikrolifler için yeni kullanım alanları açılarak potansiyelin değerlendirilmesine yönelik çabalar ile lif ve proses özelliklerinin geliştirilmesi konusunda yapılabilecek ileri çalışmalar için bir kaynak oluşturulması hedeflenerek planlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

Tez konusunun seçimi ve çalışmaların sürdürülmesindeki çok değerli yardımlarından dolayı danışmanım Sayın Prof. Dr. Bülent ÖZİPEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Endüstriyel şartlarda gerçekleştirilen bu çalışmada mensubu olduğum üniversitenin yanı sıra çok sayıdaki firma ve çalışanlarının maddi ve manevi katkıları bulunmaktadır. Öncelikle tez konusunun belirlenmesindeki değerleri katkılarından dolayı Sayın Prof. Dr. William Oxenham'a ve bana pek az araştırmacının sahip olabileceği "gerçek işletme şartlarında çalışma" olanağını sağlayan Akal A.Ş. Genel Müdürü Sayın Dr. Merih Ergin ile Akal-1 Fabrika Müdürü Sayın Murat İnceoğlu ve tüm Akal çalışanlarına; değerli bilgilerinden yararlandığım Akal-4 Fabrika Müdürü Sayın Orhan Çalışkan ve Aktops Fabrika Müdürü Sayın Celal Özel'e; bana pilot tesislerini açarak ve eğitim seminerlerine katılmama izin vererek tezime son derece büyük katkılarda bulunan Nicola Schlumberger & Cie. (NSC-Fransa) NSC Türkiye sorumlusu Sayın Yannick Trottein ve derin bilgi birikimi ile çalışmalarıma ışık tutan teknik mühendis Sayın Hubert Souris ile yine uzun lif eğirme sistemleri konusundaki bilgilerinden yararlandığım Sayın Yves Bauer ve tüm NSC Tekstil Denemeleri Merkezi çalışanları ile NSC Türkiye mümessili Samoteks Firmasının sahibi Sayın Milyo Sabuncu ve Sayın Oktay Candan'a; çalışmalarımda kullandığım towları temin eden ve laboratuvarlarında lif özellikleri ile ilgili testleri gerçekleştirdiğim Aksa A.Ş.'nin Genel Müdürü Sayın Selçuk Ergin ile Ar-Ge Müdürü Sayın Celal Arıkan'a ve tüm laboratuvar çalışanlarına; Bielefeld-Almanya'daki tesislerinde koparma makinaları ve konvertörler konusundaki temel bilgileri edinmemde büyük yardımları olan Seydel Maschinenfabrik GmbH. Firması Yönetim Kurulu üyesi Sayın Winfried Reher ve Teknik Müdürü Sayın Dr. Konrad Gilhaus ile bu firmanın Türkiye mümessili İkiler Mümessillik Firması yöneticilerine; SEM analizlerinin gerçekleştirilmesindeki yardımlarından dolayı İ.T.Ü. Makina Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Nilüfer Eğrican'a ve bu testlerin gerçekleştirildiği Arçelik A.Ş.'nin

bu tarihteki Ar-Ge Müdürü Sayın Refik Üreyen ve teknisyen Sayın Turgut Gönül'e; kimyasal testleri gerçekleştirdiğim Akkim A.Ş.'nin araştırma uzmanı Sayın Özlem Günsür ve tüm laboratuvar çalışanlarına; X-ışını difraksiyon testlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Hyosung (Kore) firmasının Ar-Ge Müdürü Dr Choi ve Genel Müdürü Dr. Seo'ya; Fransa'daki çalışmalarım için maddi destek sağlayan Sayın Ali Kalaoğlu ile çalışmalarımın ilk gününden bu yana desteklerini esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Saygılarımla,

Mayıs 2000

Yeşim İRİDAĞ

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR vi
TABLO LİSTESİ vii
ŞEKİL LİSTESİ ix
SEMBOL LİSTESİ xi
ÖZET xii
SUMMARY xvii

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR 6
2.1. Akrilik lifi ve üretimi 6
2.1.1. Polimerizasyon 7
2.1.2. Lif çekimi 9
2.1.2.1. Yaş çekme metodu 10
2.1.2.2. Kuru çekme metodu 15
2.1.3. Akrilik liflerin yapısı 17
2.1.4. Akrilik liflerin tekstilde kullanımı 22
2.2. Mikrolifler 31
2.2.1. Mikrolif üretimi 31
2.2.2. Mikrolif üretimi ile konvansiyonel liflerin üretimi arasındaki farklar 35
2.2.3. Mikroliflerin özellikleri 37
2.2.4. Mikroliflerden iplik üretimi 39
2.2.5. Mikroliflerden kumaş üretimi 45
2.3. Neps oluşumu 47

3. KULLANILAN MALZEMELER VE METOT 51
3.1. Malzeme 51
3.2. Üretim hatları 51
3.3. Numunelerin üretimi 52
3.4. Yapılan testler 57

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER 61

4.1. Alışılagelmiş lif inceliklerine uygun makina ayarları ile gerçekleştirilen ön çalışmalar 62
4.2. Hazırlık işlemlerinde performans ve ürün özellikleri ile ilgili sonuçlar 66
4.3. Tov numarasının etkisi 89
4.4. Lif inceliğinin etkisi 90
4.5. Lif üretim tipinin etkisi 92
4.6. Çeşitli üretim parametrelerinin iplik hazırlama prosesi boyunca neps oluşumuna etkileri 93

4.7. Lif özelliklerinin değişimi 95
4.8. İplik sonuçları 99
4.8.1. Ham ve boyanmış ipliklerin SEM analizi sonuçları 109
4.9. Örme kumaş sonuçları 112
4.9.1. Örme kumaşların SEM analizi sonuçları 115

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 116
5.1. Sonuçlar 116
5.2. Öneriler 118

KAYNAKLAR 120

EK A 128

ÖZGEÇMİŞ 144

KISALTMALAR

POY : Partially Oriented Yarn
FOY : Fully Oriented Yarn
PES : Poliester
PA : Poliamid
DMF : Dimetilformamid
SEM : Scanning Electron Microscopy
TEM : Transmission Electron Microscopy
IR : Infrared
MA : Metilakrilat
PAN : Poliakrilnitril
CSR : Continuous Sliver Relaxer
MJS : Murata Jet Spinning
FDY : Fully Drawn Yarn
DTY : Drawn Textured Yarn
RX : Relax
UR : Unrelax
ASTM: American Society for Testing and Materials
ISO : International Standards Organisation
BS : British Standards

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Polimerler ve mikrolif tipleri....3
Tablo 2.1. Bazı ticari akrilik liflerin fiziksel özellikleri....6
Tablo 2.2. Akrilik liflerin polimer kompozisyonları....8
Tablo 3.1. Kullanılan tovların özellikleri....50
Tablo 3.2. Temel üretim hatları....50
Tablo 3.3. Penyöz ve ikinci koparıcı (rebreaker) makinaları ile pasaj sayısının etkilerininaraştırılması amacıyla kullanılan hatlar....51
Tablo 3.4. Tovlar ve kullanıldıkları üretim hatları....51
Tablo 3.5. Konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayarları ile gerçekleştirilen ön çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları....52
Tablo 3.6. T1 ve T2 tovları ile L1 ve L1a hatlarında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları....53
Tablo 3.7. T1, T2, T3 ve T4 tovları ile L1 hattında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları....54
Tablo 3.8. T5 tovu ile L2 ve L2a hatlarında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları....55
Tablo 3.9. T6 tovu ile L2 hattında 2. pasajda 7 ve 8 iğne/cm'lik baretler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları....56
Tablo 4.1. T1 tovu kullanılarak L1 ve L1a hatlarında konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayarları ile gerçekleştirilen ön çalışmaların sonuçları....63
Tablo 4.2. Tovlardan alınan liflerin mukavemet, uzama, çap ve preperasyon yağı miktarı değerleri....67
Tablo 4.3. L1 hattında T1 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları....70
Tablo 4.4. L1 ve L1a hatlarında T2 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları....77
Tablo 4.5. L1 hattında T3 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları....82
Tablo 4.6. L1 hattında T4 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları....84
Tablo 4.7. L2 ve L2a hatlarında T4 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları....85
Tablo 4.8. L2 hattında T6 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları....87
Tablo 4.9. L1 hattında T2 tovu ile gerçekleştirilen çalışmada pasajlarda farklı parametrelerin neps ve lif kümesi oluşumuna etkileri....93

Tablo 4.10 L2 hattında T6 tovu ile gerçekleştirilen çalışmada pasajlarda farklı parametrelerin neps ve lif kümesi oluşumuna etkileri.....94
Tablo 4.11 Tovlardan ve koparma makinası çıkışı şeritlerden alınan liflerin X-ışını difraksiyon testi sonuçları.....96
Tablo 4.12. Lif çatlakları (%).....98
Tablo 4.13. Ring eğirme makinası çıkışı iplik sonuçları.....100
Tablo 4.14. İplik üzeri preperasyon yağı miktarları (%).....105
Tablo 4.15. L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen ipliklerin boyama sonrası sonuçları.....106
Tablo 4.16. L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen ipliklerden örülen kumaş numunelerine ait sonuçları.....112

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Akrilik lifin yapısal modeli....11
Şekil 2.2. Yaş çekim akrilik liflerin kesitleri....15
Şekil 2.3. Koparma makinalarının gelişimi....24
Şekil 2.4. Seydel 671 S koparma makinası....25
Şekil 2.5. Kamgarn sisteminde kullanılan çekme makinaları....29
Şekil 2.6. Farklı mikrolif tipleri....33
Şekil 2.7. Isıl şok prosesi....35
Şekil 2.8. Tek lifin inceliğine bağlı fiziksel özellikleri....38
Şekil 4.1. Kesitteki lif sayısının lif inceliğiyle değişimi....62
Şekil 4.2. N1 ve N2 numunelerinde gözlenen neps, balık ve ezik lifler....64
Şekil 4.3. Tovlara göre lif mukavemeti ve uzaması değişimi....67
Şekil 4.4. Tovlarda tespit edilen lif hasarları....68
Şekil 4.5. N3 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....71
Şekil 4.6. N3 numunesine ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları....73
Şekil 4.7. T1 tovundan üretilen N3 ve N4 numunelerinde neps ve lif kümesi sayısı değişimi....75
Şekil 4.8. N4 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....76
Şekil 4.9. T1 ve T2 tovlarından üretilen numunelerin proses boyunca neps sayısı değişimi....78
Şekil 4.10. N6 numunesine ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları....79
Şekil 4.11. N6 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....79
Şekil 4.12. N5 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....80
Şekil 4.13. N7 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....81
Şekil 4.14. İğneli silindirli çekme makinası....81
Şekil 4.15. N8/N9 numunelerine ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları....83
Şekil 4.16. N11 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....86
Şekil 4.17. N12 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi....86
Şekil 4.18. N13-N14-N15 numunelerinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi..88
Şekil 4.19. N17-N18-N19 numunelerinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi..88
Şekil 4.20. Aynı incelikteki liflerden oluşan farklı numaradaki tovlarla gerçekleştirilen çalışmalarda proses boyunca neps sayısının değişimi....89
Şekil 4.21. Farklı incelikteki liflerle L1 hattında gerçekleştirilen çalışmalarda proses boyunca neps sayısının değişimi....91
Şekil 4.22. Farklı incelikteki liflerle L2 hattında gerçekleştirilen çalışmalarda proses boyunca neps ve lif kümesi sayısının değişimi....92

Şekil 4.23. Yaş çekimle üretilmiş T3 ve T6 ile kuru çekimle üretilmiş T5 tovları kullanılarak yapılan çalışmalarda proses boyunca neps ve lif kümesi sayısının değişimi.....92
Şekil 4.24. Liflerin mukavemet ve uzama değerlerinin değişimi.....95
Şekil 4.25. Kristal büyüklüğü ve lif mukavemetinin değişimi.....97
Şekil 4.26. Lif çatlakları.....99
Şekil 4.27. Ring makinası çıkışı ipliklerin mukavemet ve uzama değerleri.....101
Şekil 4.28. Lif inceliğine göre ring makinası çıkışı ipliklerin düzgünsüzlük, ince/kalın yer, neps, mukavemet ve uzama değişimi.....102
Şekil 4.29. Şişirme işlemiyle lif uzunluğu ve yerleşiminin değişimi.....106
Şekil 4.30. Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde düzgünsüzlük CV'si değişimi.....106
Şekil 4.31. Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde kalın yer sayısı değişimi.....107
Şekil 4.32. Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde neps sayısı değişimi.....108
Şekil 4.33. Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde mukavemet değişimi.....108
Şekil 4.34. Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde uzama değişimi.....109
Şekil 4.35. İpliklerde tespit edilen lif hasarları.....110
Şekil 4.36. Boncuklanma öncesi ve sonrası kumaş numuneleri.....114
Şekil 4.37. SEM analizi sonucunda örgü kumaşlarda tespit edilen hasarlar.....115
Şekil A.1. X-ışını difraksiyon şeması (T1).....128
Şekil A.2. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 UR).....129
Şekil A.3. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 RX).....130
Şekil A.4. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 RX-gevşetme öncesi-).....131
Şekil A.5. X-ışını difraksiyon şeması (T2).....132
Şekil A.6. X-ışını difraksiyon şeması (N7-T2L1 UR).....133
Şekil A.7. X-ışını difraksiyon şeması (N7-T2L1 RX).....134
Şekil A.8. X-ışını difraksiyon şeması (T3).....135
Şekil A.9. X-ışını difraksiyon şeması (N8 ve N9-T3L1 UR).....136
Şekil A.10. X-ışını difraksiyon şeması (N8 ve N9-T3L1 RX).....137
Şekil A.11. X-ışını difraksiyon şeması (T5).....138
Şekil A.12. X-ışını difraksiyon şeması (N 11 ve N12-T5L2 UR).....139
Şekil A.13. X-ışını difraksiyon şeması (N11 ve N12-T5L2 RX).....140
Şekil A.14. X-ışını difraksiyon şeması (T6).....141
Şekil A.15. X-ışını difraksiyon şeması (N13/N20-T6L2 UR).....142
Şekil A.16. X-ışını difraksiyon şeması (N13/N20-T6L2 RX).....143

SEMBOL LİSTESİ

BS : Eğilme direnci
F : Eğilme kuvveti
h : Eğilme yüksekliği
E : Elastiklik modülü
T_d : Lif inceliği
L : Eğilme uzunluğu
ρ : Lif yoğunluğu
T1,... : Tow kodları
L1,... : Üretim hattı kodları
N1,... : Numune kodları
E1,... : Koparma makinasındaki kısmi gerginlikler
l_0, l_1 : Şerit ve iplik uzunlukları
P_1,P_2 : Tartım değerleri
C.S. : Kristal büyüklüğü
K : Scherrer sabiti
λ : Cu Kα X-ışınının dalga boyu
B : FWHM (Yarı maksimumdaki tam genişlik)
Θ : Bragg açısı
Ç : Çekim
B : Besleme
G : Gerginlik

AKRİLİK MİKROLİFLERİN UZUN LİF EĞİRME SİSTEMİNDE İŞLENEBİLİRLİĞİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Akrilik mikroliflerle ilgili çok az sayıda ve genellikle bu liflerin üstün özelliklerini tanımlar nitelikte, proses hakkında çok az bilgi içeren ticari amaçlı makaleler bulunduğu görülmektedir. Bu liflerin iplik haline dönüştürülmesi ile ilgili az sayıdaki literatür ise kontinü filament iplik üretimi veya kısa lif eğirme sistemine yönelik sınırlı bilgiler içermekte olup genellikle lif üreticisi firmaların raporlarıyla sınırlıdır. Mikroliflerin koparma makinasında kesikli hale dönüştürülerek uzun elyaf eğirme sisteminde eğrilmesi konusunda ise lif üreticisi bir firma tarafından yayımlanmış ve ayrıntı içermeyen tek bir makaleye rastlanmıştır. Oysa bu tip prosese yönelmek suretiyle mikroliflerle çalışıldığında son derece problemli olan taraklama işlemi ortadan kaldırılmış olacak ve akrilik mikrolifler için yeni bir kullanım alanı temin edilebilecektir. Bu deneysel doktora çalışması literatürdeki söz konusu eksiğin giderilmesine katkı sağlamak amacıyla ve sentetik lif sektöründe bazı liflerdeki talep fazlası üretimden kaynaklanan problemlerin çözümüne yönelik olarak önerilen yeni kullanım alan ve şekilleri geliştirilmesi fikri doğrultusunda;

- Akrilik mikroliflerin uzun lif eğirme sisteminde işlenebilirliğinin araştırılması ve modifiye edilmesi,
- Liflerin üretim prosesleri boyunca davranışlarının belirlenmesi ve lif özelliklerine bağlı olarak açıklanması,
- Üretim makinaları ve prosesleri ile mikrolif özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimin incelenerek performans ve kalite yönünden geliştirilmesi,
- Mikroliflerden imal edilen iplik ve örme kumaş özelliklerinin alışılagelmiş diğer liflerden imal edilmiş iplik ve kumaşlarla karşılaştırmalı olarak açıklanması,

hedef alınarak gerçekleştirilmiş, ağırlıklı olarak mikroliflerin işlenmesindeki en büyük problem olan neps oluşumu üzerinde durulmuş ve çalışmaların büyük bir kısmı işletme ortamında gerçekleştirilerek elde edilen sonuçların tamamen pratiğe uygun olması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında 6 farklı tov ve 5 üretim hattı kullanılmıştır. İşletme ortamındaki standart L1, tarama makinası içeren L1a ve keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) içeren L1b hatlarındaki tüm üretim çalışmaları tamamen endüstriyel şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Standart L2 ve fazladan bir pasaj içeren L2a hatları ise yine endüstriyel boyuttaki makinalardan oluşmakla birlikte makina üretici bir firmanın pilot tesisinde bulunduğundan bu hatlardaki çalışmaların daha kontrollü laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiş olduğu kabul edilebilir.

Akrilik mikroliflerin "tovdan ipliğe (tow-to-yarn)" sisteminde eğrilebilirliğinin araştırılması ve modifiye edilmesine yönelik olarak deneysel çalışmanın ilk aşamasında konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayar ve hızlarının mikrolifler üzerindeki etkisini saptamak ve daha sonraki çalışmalar için zemin hazırlamak amacıyla 0,9 dtex inceliğindeki 98 ktex'lik tov (T1) ile ön çalışma olarak işletme içindeki L1 standart üretim hattında N1 ve aynı hatta tarama makinası ve ek pasajlar kullanılarak taranmış N2 numuneleri üretilmiş, proses boyunca karşılaşılan problemler gözlenerek olası sebepleri araştırılmıştır.

Kullanılacak liflerin mukavemet, uzama, çap ve preperasyon yağı miktarları ölçüldükten sonra ön çalışmaların sonuçlarından hareketle tezin amacına yönelik olarak lif inceliğinin etkisi başta olmak üzere farklı tov numaraları, lif üretim yöntemleri ve makina konstrüksiyonlarının etkilerini gözlemek ve mikroliflerin uzun lif sisteminde işlenebilirliğini geliştirmek amacıyla;

- T1 (98 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L1 standart üretim hattında N3 ve N4,
- T2 (81 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L1 hattında keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) kullanılarak (L2a) N5, L1 standart üretim hattında N6 ve N7,
- T3 (82 ktex, 1.7 dtex, yaş çekim) tovundan L1 standart üretim hattında N8 ve N9,
- T4 (98 ktex, 3.3 dtex, yaş çekim) tovundan L1 standart üretim hattında N10,
- T5 (63 ktex, 1.3 dtex, kuru çekim) tovundan L2 standart üretim hattında bir pasaj fazla kullanılarak (L2a) N11 ve L2 standart hattı kullanılarak N12,
- T6 (108 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L2 standart hattında 2. pasajda 7 iğne/cm'lik baretler kullanılarak N13-N16 ve 8 iğne/cm'lik baretler kullanılarak ise N17-N20 numuneleri üretilmiştir.

N3 numunesi üretilirken koparma makinasında koparma bölgesi ekartmanları daha kısa lif boyu elde edilecek şekilde daraltılmış, E1xE2 gerginliği 1. ve 2. bölgelerdeki erken kopuşların önlenmesi amacıyla N1 ve N2 numunelerindekine oranla azaltılmış, pasajlardaki beslemeler de %50 oranında düşürülmüştür.

N5 ve N6 numunelerinde N3 numunesi ile aynı ayarlar kullanılmış olmakla birlikte koparma makinasındaki E1 dolayısıyla da E1xE2 gerginliği N3 numunesine oranla yükseltilmiştir.

N4, N7, N8, N9 ve N10 numunelerinin üretiminde kullanılan makina ayarları olanaklar ölçüsünde eşit tutulmaya çalışılmıştır. Bu numuneler için koparma makinasında kullanılan E1xE2 gerginliği N3'ünkinden yüksek olmakla birlikte N1 ve N2 numunelerindekine oranla azaltılmış, ütü tablası sıcaklığı ise arttırılmıştır. Diğer ayarlar N3 ve N6 numuneleri için kullanılanlar ile aynı olmakla birlikte keçe açıcı ve pasajlardaki besleme ve hız üretimi piyasa şartları ve standart koşullara yaklaştırabilmek amacıyla yükseltilmiştir. Farklı incelikteki liflerle çalışılırken pasajlardaki besleme miktarları kesitteki lif sayıları birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmaya çalışılmıştır.

Makina konstrüksiyonları farklı olan L2 hattında üretilen N11/N12 ve N13-N20 numuneleri için kullanılan üretim parametreleri de L1'dekilerden tamamen farklıdır. Koparma makinasında uygulanan gerginlikler daha düşük, pasajlardaki besleme ve hızlar yüksektir.

N7 ve N13 numunelerinin üretimleri esnasında pasajlarda çekim, besleme, gerginlik ve hız denemeleri de gerçekleştirilmiştir.

İncelenenler içinde proses ve ürün kalitesi üzerinde en etkili parametrenin tezin amacına da uygun olarak lif inceliği olduğu belirlenmiştir. Lifler inceldikçe rijitliklerinin azalması ve kesitteki lif sayısı ile sürtünmenin artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü, statik elektrik ve hava akımları gibi dış etkilere karşı hassasiyetin son derece arttığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda liflerin ve dolayısıyla prosesin kontrolü zorlaşmakta, üretim kesintiye uğramakta ve özellikle neps oluşumu artmaktadır. Ancak bu durumun hammadde kalitesinden başlayarak üretimin her aşamasının ayrı ayrı optimizasyonu yoluyla hafifletilebileceği görülmüştür.

Makinaların kapasite sınırları içinde kalındığı ve tov kalitesi iyi olduğu sürece bu çalışma kapsamında incelenen aralık için (108-63 ktex) tov numarasının çok önemli bir parametre olmadığı belirlenmiştir.

T1 ve T2 tovları ile L1 hattında yapılan çalışmalar koparma makinasından kısmi gerginliklerin, özellikle 1. ve 2. bölge gerginliklerinin neps oluşumu üzerinde etkili olduğunu, bu etkinin ütü bölgesi sıcaklığı ile daha belirgin hale geldiğini göstermiştir. Sıcaklık arttırıldıkça, gerginlik belli bir kritik değerin altında kalmak kaydıyla neps oluşumu azalmaktadır. Bu durum, liflerde sıcaklık ve gerilme etkisiyle meydana gelen elastik ve plastik şekil değişimlerinin bir sonucu olarak açıklanmıştır. Ayrıca akrilik liflerin büzülme özelliğinin ütü sıcaklığı ve/veya ütü bölgesi gerginliğiyle arttığı bu çalışmada da gözlenmiştir.

Koparma işlemi sonucunda yine sıcaklık ve gerilme etkisiyle liflerde meydana gelen elastik/plastik şekil değişimi ve moleküler oryantasyondaki artışın bir sonucu olarak genellikle UR liflerin çapları azalırken mukavemetlerinin arttığı, RX lifler de ise soğuk germe uygulanması ve gevşetme işlemi ile bağlantılı olarak çap ve mukavemette anlamlı bir değişme meydana gelmediği tespit edilmiştir. Her iki tip lifte de uzamada azalma meydana gelmekte ancak UR liflerin uzama azalması daha belirgin olmaktadır.

X-ışını difraksiyon analizleri koparma işlemi sonucunda liflerin kristal büyüklüklerinde azalma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Akrilnitril polimer ve liflerinin yapıları hakkındaki bilgilerin çok net olmayışı ve kristal yapının tam olarak açıklanamayışına bağlı olarak X-ışını difraksiyonu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesinde zorluk çekilmiş ve çok detaylı bilgi sağlanamamıştır. Liflerde koparma işlemi öncesi ve sonrası moleküler oryantasyonun değişimi çift kırılma indisleri ölçümü ile araştırılmaya çalışılmış ancak liflerin eksenel ve enine polarizasyonları arasındaki farkın çok küçük oluşu ve büyük olasılıkla porozitenin de etkisiyle anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Dolayısıyla sonuçlar tez kapsamında verilmemiştir. Lif yapısında koparma işlemi sonucunda meydana gelen değişikliklerin proses boyunca liflerin davranışları üzerinde bir etkisi gözlenmemiştir.

L1 ve L2 hatlarındaki sonuçlar karşılaştırıldığında farklı makina konstrüksiyonlarının neps oluşumu ve düzgünsüzlük üzerinde etkili olduğu görülmektedir. Ancak daha iyi sonuçlar elde edilen L2 hattının gerçek işletme ortamı olmaması veya koparma sonrası lif uzunluklarının diğer hatlardakine göre daha düşük oluşu sonuçları etkilemiş olabilir.

Ön çalışmada tarama makinasının mevcut nepsleri temizleyici yönde etkisi olduğu belirlenmiş ancak bu etkinin beklenebileceği kadar büyük olmadığı ve literaturde de belirtildiği üzere bu makinanın kendisinin de neps oluşturma potansiyelinin bulunduğu gözlenmiştir.

Keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) kullanımının neps oluşumu açısından belirgin bir etkisi olmamıştır. Ancak kullanılan ikinci koparıcı (rebreaker) makinasının kondisyonunun çok iyi olmayışı veya konstrüksiyonu sebebiyle mikroliflerle çalışma sırasında sarım problemleri yaşanması sonucu etkilemiş olabilir. İkinci koparıcıda (rebreaker) liflerin keçe açıcıya göre daha çok sayıda rebreaking bölgesinden geçmesi neticesinde lif uzunluğunun daha düşük, düzgünsüzlüğün ise daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

İğneli silindirli çekme makinalarında mikroliflerle ve özellikle düşük beslemelerde çalışıldığında büyük olasılıkla lifler baretli çekmelerdeki gibi sürekli kontrol altında bulunmadığından neps oluşumunun arttığı gözlenmiştir.

Neps sayısının keçe açıcı ve pasajlarda genel olarak hız ve besleme ile arttığı, çekim ve gerginlik arttırıldığında ise azaldığı, baretlerdeki iğne sıklığının ise gerginlikle bağlantılı olarak neps sayısı üzerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Ancak hız dışındaki parametreler için kritik değerlerin varlığına işaret eden sonuçlar elde edilmiştir.

Kuru çekim liflerin proses boyunca daha iyi neps performansı gösterdikleri görülmektedir. Ancak bu çalışmada lif üreticisi firmaların (uzun lif eğirme sisteminde kullanım amacıyla üretilmemiş) mevcut tovları kullanılmak durumunda kalınmış ve hammadde temininindeki bu zorluk nedeniyle lif üretim tipinin etkisi, lif inceliği, tov numarası ve makina konstrüksiyonlarından bağımsız olarak incelenemediği için netlik kazanmamıştır.

İplik üretim çalışmalarının tamamlanmasından sonra ring makinası çıkışı ipliklerde preperasyon yağı miktarı, numara, büküm, mukavemet, uzama, tüylülük ve düzgünsüzlük testleri gerçekleştirilmiştir. Akrilik mikrolifler kullanılarak uzun lif sisteminde iyi kalite değerlerine sahip iplikler üretilebildiği görülmüş, mikroliflerden imal edilen ipliklerin lif inceliğindeki azalmaya bağlı olarak kesitteki lif sayısı ve lif/lif sürtünmesinin artması nedeniyle mukavemet, uzama, düzgünsüzlük ve tüylülük açısından kalın liflerden üretilenlere göre daha üstün oldukları tespit edilmiştir. Yine kesitteki lif sayısının artışı sayesinde bu lifler kullanılarak Nm75 ve Nm100 gibi ince ipliklerin elde edilebildiği görülmüştür. Neps ve kalın yer tipi hataların iplik kalınlaştıkça yapı içerisinde gizlenmelerinin kolaylaştığın gözlenmiştir. Ring makinasına çift fitil beslenerek üretilen ipliklerin düzgünsüzlüklerinin katlamanın etkisiyle tek fitil beslenerek üretilenlerden daha iyi olduğu belirlenmiştir. İplik üretim prosesi boyunca lif üzeri preperasyon yağı miktarında belirgin bir değişiklik meydana gelmediği tespit edilmiştir.

T1, T2, T3 ve T4 tovlarıyla üretilen numuneler bobinleme ve muf sarma işlemlerini takiben muf halinde boyanmış ve daha sonra tekrar bobinlenerek numara, büküm, mukavemet, uzama ve düzgünsüzlük testleri yapılmıştır. Şişirme işlemi ile iplik numarası ve bükümü artışı açısından değişik incelikteki lifler arasında belirgin bir fark meydana gelmemiştir. Şişirme işlemi sonucunda bazı iplik hatalarının iplik yapısı içinde gizlendiği veya daha belirgin hale gelebildiği görülmüştür.

Akrilik mikroliflerden uzun lif sisteminde eğrilen ipliklerle çorap üretiminde yaygın olarak kullanılan ayarlarda örülen süprem kumaşların liflerin artan spesifik yüzey alanlarına bağlı olarak daha parlak, düşük rijitlikleri nedeniyle de daha doğal görünümlü ve yumuşak oldukları, ancak eğilip dolaşmaya daha meyilli oluşları nedeniyle kalın liflerden fazla boncuklaştıkları tespit edilmiştir.

Farklı lif inceliklerindeki örme kumaş numuneleri arasında aşınma devirleri açısından anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. 3,3 dtex inceliğindeki liflerden üretilen numunenin beklenenin aksine en hızlı aşınması ise daha gevşek bir yapıda olmasının yanı sıra ipliğin yüksek numara ve büküm değişim katsayısı ile kendini gösteren yapı bozukluğuyla bağlantılı olabilir. Ancak mikroliflerden oluşan örme kumaşlarda aşınmanın yüksek lif/lif sürtünmesi ve liflerin ince oluşlarından dolayı daha kolay hasar görmelerinin bir sonucu olarak lif kaybı yerine liflerin kopmaları ile meydana gelmesinden dolayı kalın liflerden üretilenlerden daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Patlama mukavemetinin iplik mukavemetiyle ilişkili olduğu ve buna bağlı olarak kalın liflerden üretilenlere göre daha yüksek mukavemete sahip olan mikroliflerden imal edilen ipliklerle örülen kumaşların patlama mukavemetlerinin de diğerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan SEM analizleri koparma makinası çıkışında liflerde sürtünme ve eksenel gerilmeden kaynaklanan hasarlar olduğunu ve RX liflerde UR liflere oranla daha fazla lif hasarı meydana geldiğini göstermiştir. Liflerin uzama ve mukavemet ölçüm sonuçları bu bulguyu destekler nitelikte olmakla birlikte SEM'de analiz edilen numune miktarı kesin bir yargıda bulunmak için yetersizdir. İplik numunelerinin analizi ise üretim prosesi boyunca liflerde sürtünme, bi-eksenel rotasyon veya eksenel gerilmeden kaynaklanan aşınma, incelme, burulma ve kopma tipi hasarlar oluştuğunu ve bunların neps olarak nitelenen kısımlarda yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Söz konusu hasarların özellikle pasajlardaki baret/lif etkileşimi ve finisördeki ovalama işlemi sırasında meydana geldiği düşünülmektedir. Incelemelerde koparma makinasında zorlanmış ancak kopmamış liflerin de bulunduğu gözlenmiştir. Örme kumaşlarda ise keskin olmayan bir cisimle kuvvet uygulandığında meydana gelen hasarlara benzer oluşumlar tespit edilmiştir.

IMPROVEMENT OF PROCESSING ACRYLIC MICROFIBRES IN LONG-STAPLE SPINNING SYSTEM

SUMMARY

There are only a few papers published on acrylic microfibres and these are generally the commercial ones which are expressing the exclusive properties of microfibres and giving only limited knowledge about their processing. The published studies on the yarn making process of microfibres are limited by the reports of the fibre producers and usually consider the microfilament yarns or the short staple spinning process. There has been found only one article, which gives no details, on convertion of acrylic tow into staple fibres via stretch breaking and then processing through long-staple spinning system. But, using this type of process can eliminate carding, which is very problematic with microfibres, and new applications can be found for microfibres. This experimental study is prepared to make a contribution to the literature on processing of microfibres in long-staple spinning system and to supply data for a new application area for microfibres. To achieve these;

- Investigating and improving the processability of acrylic microfibres in long staple spinning system,
- Determining the behaviour of the fibres through the process and explaining it in accordance with the fibre properties,
- Investigating the interactions between production machines, processes and the properties of microfibres and improving them in terms of quality and performance,
- Explaining the properties of microfibre yarns and knitted fabrics in comparison with the ones that are made of conventional fibres,

were aimed and neps formation which is the major problem occurs during microfibre processing, was the main interest. Most of the studies were carried out under the industrial environment so that the results could be applicable in practice.

6 different tows and 5 different production lines were used. The trials in standard line L1, line L1a including a combing machine and line L1b including a rebreaking machine instead of the defelter were realised under the industrial conditions. Since the standard line L2 and L2a including an extra chain gill were the lines in the trial room of the textile machinery producer, the trials done in these lines can be considered as they were performed under laboratory conditions.

At the first stage of the research, to determine the effects of the settings used for the conventional fibres on microfibre processing and to prepare a base for the further studies, preparatory samples N1 and N2 were produced by using the tow T1 (98 ktex, 0.9 dtex) in the lines L1 and L1a, respectively. The problems arose during processing were defined and the possible causes were investigated.

After measuring the strength, elongation, diameter and finishing agent amount of fibres, in the light of the data obtained out of the preparatory study and in accordance with the aim of the thesis, to observe and determine the effects of fibre fineness, tow count, fibre production type and machine construction;

- In line L1, samples N3 and N4 were produced with tow T1,
- In line L1b including rebreaking machine, sample N5 and in standard line L1 samples N6 and N7 were produced with tow T2
- In line L1, samples N8 and N9 were produced with tow T3,
- In line L1, sample N10 was produced with tow T4,
- In line L2b including an extra chain gill machine, sample N11 and in standard line L2 sample N12 were produced with tow T5
- In line L2, samples N13-N20 were produced with tow T6 by employing fallers with 7 and 8 pins/cm in the 2nd chain gill.

During production of sample N3, gauges in the breaking and rebreaking zones in stretch breaking machine were readjusted to shorten the mean fibre length. E1xE2 tension was reduced to avoid early fibre breakage in the 1st and 2nd zones. Feedings in the following machines were also reduced by %50.

Samples N5 and N6 were produced with the same settings used for sample N3. The only difference was that tension E1, and in relation E1xE2, was higher.

The setting were tried to be kept constant for production of the samples N4, N7, N8, N9 and N10. E1xE2 tension employed for these samples was lower than the one used for N1 and N2, while being lower than the one used for N3. The temperature of the heater plates also was %9 higher than the other samples. Other settings were the same with the ones used for N3 and N6. Since it was targeted to approximate the settings to commercial production conditions, feedings and machine speeds were increased in the following stages. While working with fibres in different finenesses, number of fibres in the cross section was tried to be kept close to each other.

During the works in line L2, different settings were used since this line was composed of machines in different constructions than the ones in line L1. Partial tensions in stretch breaking machine were lower, while feedings and speeds of the following machines were increased.

As samples N7 and N13 were produced, draft, feed amount, tension, gauge and speed trials were also carried out.

Within the parameters investigated, fibre fineness appeared to be the most important one, in accordance with the main purpose of the thesis. Fibres became very sensitive to outer effects such as surface smoothness, static electricity and air drags as they became finer, due to reduction in their rigidity. So, their processing became harder, machine downs occurred and neps production increased significantly. But, it was shown that the conditions could be improved by optimising the parameters in every single step of the production process, starting from the quality of the raw material.

For the range employed in this study, the tow count didn't seem to be an imported parameter, in terms of neps formation. As long as the capacity limit of the stretch-

breaking machine was not exceeded, tow count did not affect the quality of the final product.

The studies carried out with the tow T1 indicated that the partial tensions in stretch breaking machine, especially E1 and E2, have a significant effect on neps formation and this effect became stronger with the temperature of the heater plates. As long as partial tensions in the 1st and 2nd zones were lower than a critical point, neps formation decreased as the temperature increased. This effect was explained with the elastic and plastic deformation taken place in fibres with the influence of heat and tension. It was also observed that the shrinkage of acrylic fibres increased with the increase in heater plate temperature and/or tension E1.

After the stretch breaking process, again as a result of the elastic/plastic deformation and increased molecular orientation of fibres due to the influence of the tension and heat applied, strength of UR fibres increased as their diameter decreased while RX fibres kept their diameter but lost strength. Although elongation of both fibres reduced after being stretch-broken, the elongation loses in UR fibres was more than RX ones. Structural changes taken place in fibres after stretch breaking process seemed to have no effect on the behaviour of the fibres in the following stages.

X-ray diffraction analysis showed that the crystallite sizes in fibres were decreased when the fibres were stretch-broken. Due to the poorly defined crystal structure of PAN, difficulties occurred during evaluation of the x-ray diffraction data and limited information could be obtained. Changes in molecular orientation as a result of stretch-breaking was attempt to be indicated by birefringence measurements. Owing to the small difference in axial and transverse polarizabilities and the porosity of the fibres, the results obtained were not accurate. So, they are not given in the text.

The comparison of the results obtained in lines L1 and L2 indicated that machine construction had an effect on neps formation and evenness. On the other hand, the shorter fibre length could partially be responsible of the better results obtained in L2.

In the preparatory study, it was observed that the combing machine diminished the number of neps, but, this effect was not as significant as expected and the combing machine itself also had a neps formation potential as mentioned in literature.

No significant change, in terms of neps, was created when rebreaking machine was used instead of defelter. But, poor condition of the rebreaking machine used can have an effect on this result. On the other hand, the mean length of fibres out of the rebreaker is shorter than the ones processed on defelter, owing to the increased number of rebreaking sections in the rebreaking machine. Evenness of the sliver produced in rebreaker was also appeared to be higher than the other.

It was seen that, in defelter and chain gills, nep formation generally increased with an increas in speed or feedings, and decreased as draft or tension was reduced. But, it was also observed that, for the parameters apart from speed, there were critical points in terms of nep formation.

The results obtained suggested that the dry-spun acrylic fibres exhibited less tendency to nep formation through the processing steps. But, in this work, it was not possible to investigate and evaluate the effect of fibre production methods

independent from fibre fineness, tow count or machine construction, owing to the difficulties in raw material supply.

Following the ring spinning process, the count, twist, strength, elongation, evenness and hairiness of the yarns produced were measured. The fibre finishing agent on yarns were also determined. The results showed that, yarns made of microfibres exhibited better values in all tests, excluding the number of neps in 1000 m. Neps amount in yarns increased as the fibres became finer. It was also observed that microfibre usage could allow very fine yarns as Nm75 or Nm100 to be produced. The results also suggested that nep or thick place type of defects could be hidden in the yarn structure as the yarn became courser. Feeding double rovings into the ring frame gave better evenness results in yarns owing to the doubling effect. No significant change in the fibre finish amount was observed through the production processes.

The samples made out of tows T1, T2, T3 and T4 were dyed in the hank form to produce high-bulk yarns. High-bulking treatment caused yarns to become courser, bulkier but weaker. On the other hand, the twist multiplier and elongation of yarns increased. Between the yarns made of finer and courser fibres, no significant difference was found in strength and elongation change occurred after high-bulking process.

Abrasion cycles of the yarns of different fibre finenesses were very close to each other. In contrary to the general expectation, the fabric sample made of 3.3 dtex fibres was the first sample abraded. It was thought to be caused by the loose structure of the fabric in conjunction with its low yarn quality characterised by the high count and twist variations. It was also seen that the weight loses in microfibre fabrics were less than the ones made of courser fibres, owing to the fact that microfibres were better positioned in the yarn structure and were more sensitive, so abrasion of such fabrics realised as fibre breakage rather than fibres falling out of the structure.

It is observed that bursting strength of fabrics was related to the yarn strength. Since, the yarns produced with microfibres had higher strength values, their bursting strength was also higher.

SEM analysis showed that there were damages in fibres, and they seemed like caused by friction or axial tension. The number of damages observed in RX fibres was more than the ones in UR fibres. Although the strength and elongation values of fibres supported this finding, the investigated sample size thought to be not large enough for a definite conclusion to be drawn. Analysis of yarn samples confirmed that, along the yarn production process, fibre damages such as abrasion, twisting, fibrillation and breakage occurred due to friction, bi-axial rotation or tensional fatigue. These damages were concentrated in neps sections. The damages thought to be caused by faller pins/fibre interactions in the gill heads or the rubbing action in the rubbing frames.

1. GİRİŞ

Sentetik polimerik malzeme esaslı lifler 50 yılı aşkın bir süredir kullanılmakta olup 1995 yılındaki 23,9 milyon ton'luk tüketimden de açık olarak anlaşılacağı üzere bu süre içerisinde çok büyük aşama kat etmişlerdir.

1995-2000 yılları arasında lif talebinin yılda ortalama %2,5'luk bir artış göstereceği hesaplanmaktadır. Bu kabul ile 2000 yılındaki dünya lif talebi 46,8 milyon ton olarak gerçekleşecek ve sentetik lif üretimi yıllık %4,1'lik bir artış göstererek 2000 yılında 22,6 milyon ton ile toplam lif üretiminin %48'ini oluşturacaktır. Dünya sentetik lif kapasitesinin ise 2000 yılında 31,5 milyon ton'a ulaşması beklenmektedir [1].

Sentetik liflerin öncüsü 1938'de piyasaya sunulan naylondur. O tarihten bu yana meydana gelen gelişmeler naylon, poliester, poliakrilonitril ve polihidrokarbon esaslı 4 jenerik tip üzerinde yoğunlaşmıştır. Naylon, poliester ve polipropilen lifler eriyikten lif çekme metodu ile üretilirken akrilonitril'in erimeden önce bozunması akrilik liflerin bu metod ile imaline olanak vermemiştir. İlk kez 1893'te Fransız kimyacı Moureau tarafından hazırlanan akrilonitril ancak 1920'lerin sonu ve 30'ların başında Alman kimyacılar tarafından lastik üretiminde kullanılmaya başlanmıştır. Ucuz oluşunun yanı sıra plastik ve lastik gibi malzemelerde sergilediği üstün özellikleri sayesinde lif üreticilerinin dikkatini çeken akrilonitril'den lif imal edebilmek için bir çözücü bulmaya yönelik pek çok araştırma gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalardan birinin ürünü olan "Orlon" Du Pont firması tarafından 1950'de piyasaya sunulmuştur. Bunu Dynel (Union Cardide), Acrilan (Monsanto), Creslan (American Cyanamid), Zefran (Dow Chemical), Verel (Tennessee Eastman) ve Darvan (Goodrich) izlemiştir. Naylon ve polyester gibi liflerden farklı olarak akrilik bir çok firma tarafından bağımsız olarak geliştirilmiş olduğundan hem polimerin elde edilmesi hem de lif çekimine yönelik birbirinden farklı metotlar bulunmaktadır [2].

Günümüzde akrilik lif imalatı yaş ve kuru eğirme metotlarına göre yapılmakta ancak dünyadaki akrilik lif üretiminin %85'i yaş çekim metodu ile gerçekleştirilmektedir.

Üretilmekte olan akrilik liflerin gruplar halinde ifade edilmesi mümkündür. Genellikle aynı gruptan olan lifler aynı lisanslı ürünü imal etmektedirler [3]:

A. Yaş çekim akrilik lif grupları;

1. Akrilan grubu (orijin Monsanto/ABD)

Acrilan, Dralon "L", Leacril, Aksacryl, Vonnel, Townflower, Taekwang, Jilin

2. Velicren grubu (orijin Snia Viscosa/İtalya)

Crumeron, Yalova, Finacril, Polyacryl Iran, Nitron "D", Pasupati, Burgas

3. Courtelle grubu (Coutaulds/İngiltere)

Nitron "S", Langsu, Acrilana, Sasol, Malon

4. Cashmilon grubu (Asashi/Japonya)

Cashmilon, Hanil, Comacsa, Fisisa, IPCL

5. Creslan grubu (Cyanamid ABD, bugünkü Sterling)

Creslan, Exlan, Courtelle Barcelona, Thai Acryl, Dajing+Anjing, CFCL, Jinshanwei, Vardhman

B. Kuru çekim akrilik lif grupları;

1. Orlon grubu (Du Pont/ABD)

IAL Indian Acrylics, Mavilon, Zibo, Maoming, Fushun, Qinhuangdao, Ningbo, Polyacryl, IPCL

2. Dralon grubu (Bayer/Almanya)

Dralon "X", Dralon, Dolan

Sınıflandırılamayan orijinal veya karma teknoloji ürünü akrilik lifler de bulunmaktadır. Bunlar Crylor, Crisel, Kaneboacryl, Toraylon, Teijin, Melana, CFS, Bulana'dır.

1997 yılında akrilik lifi imalatı dünya çapında %4 artarak 2,7 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Dünya çapındaki kapasitenin 1999 yılı sonuna kadar küçük bir artış ile 3,2 milyon tondan 3,3 milyon ton'a çıkacağı hesaplanmaktadır. Çin, İran, Hindistan, Pakistan, Meksika, Brezilya ve Türkiye'de yeni üretim tesisleri kurulması planlanmaktadır [4].

Akrilik lifler kesikli lif, tov ve kontinü filament halinde, ham veya boyanmış, mono- veya bikomponent olarak 1 denier'in altından 50 denier'e kadar değişen inceliklerde imal edilebilmektedirler.

İnceliği 1 denye'nin altında olan lifler "mikrolif" olarak tanımlanmaktadır. Mikrofilamentler naylon ve polyesteri tek bir filamentte bikomponent halinde kullanan Japonlar tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir. Bikomponent lif imalatı kökeni 1960'lara kadar uzanan oldukça eski bir teknoloji olmakla birlikte mikrolif üretimi 1970'lerde özel amaçlara yönelik olarak başlamıştır. Mikrolif üretim metototları 3 gruba ayrılabilir [5-11]:

1. Bikomponent yöntem. Bu yöntem bikomponent liflerin ayrılması için kullanılan metoda göre ikiye ayrılabilir:
    a) Mekanik ayrıştırma
    b) Çözücü ile ayrıştırma
2. Lif dış yüzeyinin soyulması
3. Doğrudan doğruya eriyikten lif çekimi

Her üç metot da üniform mikrolif imaline yöneliktir. Bunların dışında üniform olmayan mikrolif imalinde kullanılan eriterek püskürtme (meltblown) gibi metotlar da bulunmaktadır .

Mikrolifler yaygın şekilde poliester olmakla birlikte naylon, rayon, polipropilen ve akrilik mikrolifler de imal edilmektedir (Tablo 1.1) [12].

Tablo 1.1 Polimerler ve Mikrolif Tipleri

Polimer	Filament	Kesikli	POY	FOY	Tekstüre
Poliester	X	X	X	X	X
Naylon	X	-	X	X	X
Akrilik	-	X	-	-	-
Polipropilen	-	X	-	-	-
Rayon	X	X	-	-	-

Avrupa'da üretilen mikroliflerin kayda değer satışları 1986'da başlamıştır. Bu liflerden imal edilen iplikler genellikle yüksek yoğunluktaki, özellikle de spor giyim pazarına yönelik kumaşların imalatında kullanılmaktadırlar. Mikroliflerin

konfeksiyon sanayinin diğer dallarında da kullanılmaya başlaması 1988 yılında gerçekleşmiştir. 1990'ların başından bu yana ise mikrolifler içgiyimden döşemeliğe kadar hemen her alanda kullanılmaktadır. 1990-91 periyodunda mikrolif imali doruğa çıkmıştır. Bu süre zarfında mikrolifler Avrupa'da büyük ilgi görmüş ve bunun sonucunda özellikle poliester mikrolifler alanında aşırı üretim gerçekleşmiştir. Endüstride henüz ortak bir "mikrolif" tanımı yapılmamış olması ve aşırı üretim fiyatlarda ürkütücü bir karışıklığa sebep olmuştur.

1990'da 10000 ton olan PES mikrolif tüketimi yılda yaklaşık %4 azalma ile 1995'te 8000 ton'a düşmüştür. Bu liflerin tüketimi 1992/93 yıllarında 16000 ton ile doruğa ulaşmıştır. 0,8-0,9 dtex inceliğindeki filamentler hala pazarın %60'ını oluşturmaktadır. PES mikrofilamentlerin ana kullanım alanı dokumadır. Ancak mikrofilamentlerden imal edilen ipliklerin kullanımında düşme gözlenmektedir.

PA mikroliflerin imalinde ise 1990-95 arasında yılda yaklaşık %18'lik artış gerçekleşmiştir. 1-1,2 dtex aralığındaki PA mikrolifleri halen pazarın %90'ına hakim durumdadır. 1990'dan sonra imal edilmeye başlanan 1 dtex'den ince mikroliflerin en parlak dönemi de yine 1992-93 yılları olmuştur. PA mikroliflerin %90'ı spor giysileri imalatına yönelik dokuma kumaşların üretiminde kullanılmaktadır. Bu liflerin çorap sektöründe kullanımı canlanma sağlamıştır. Örme sektörü %50'lik bir pazar payı ile PA mikroliflerin en yaygın kullanım alanını teşkil etmektedir [13].

Ancak Bölüm 2'de görüleceği üzere mikroliflerle, özellikle de akrilik mikroliflerle ilgili olarak yayımlanmış akademik çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Firmalarca gerçekleştirilen araştırmaların sonuçları ise ticari rekabetten kaynaklanan nedenlerle yayımlanmamaktadır. Bu deneysel doktora çalışması literatürdeki söz konusu eksiğin giderilmesine katkı sağlamak amacıyla ve sentetik lif sektöründe bazı liflerdeki talep fazlası üretimden kaynaklanan problemlerin çözümüne yönelik olarak önerilen yeni kullanım alan ve şekilleri geliştirilmesi fikri doğrultusunda;

- Akrilik mikroliflerin uzun lif eğirme sisteminde eğrilebilirliğinin araştırılması ve modifiye edilmesi,
- Liflerin üretim prosesleri boyunca davranışlarının belirlenmesi ve mikrolif özellikleriyle bağlantılı olarak açıklanması,

- Üretim makinaları ve prosesleri ile mikrolif özellikleri arasındaki karşılıklı etkileşimin incelenerek performans ve kalite yönünden geliştirilmesi,

- Mikroliflerden imal edilen iplik ve örme kumaş özelliklerinin alışılagelmiş diğer liflerden imal edilmiş iplik ve örme kumaşlarla karşılaştırmalı olarak açıklanması, hedef alınarak gerçekleştirilmiştir.

Üretim çalışmaları ve testler işletme ortamında gerçek endüstriyel şartlar altında standart üretim hatları ve malzemeler kullanılarak yapılmış ve ağırlıklı olarak mikroliflerin işlenmesindeki en büyük problem olan neps oluşumu üzerinde durulmuştur.

2. LİTERATÜR

2.1. Akrilik Lifi ve Üretimi

Akrilik lifler A.B.D. Federal Ticaret Komisyonu tarafından ağırlığının en az %85'i oranında akrilnitril üniteleri (—CH_2—CH(CN)—) içeren lifler olarak tanımlanmıştır. Modakrilik lifler ise %35'ten az %85'den fazla olmamak kaydıyla akrilnitril üniteleri içermektedirler [2,14,15].

Tablo 2.1: Bazı Ticari Akrilik Liflerin Fiziksel Özellikleri

	Acrilan B-16	Orlon 42	Euroacril	Courtelle	DowType500	Acrilan B-96	Zefran 253A
Üretici	Monsanto	Du Pont	ANCI	Courtaulds	Dow Badische	Monsanto	Dow Badische
Lin. Yoğunluk							
(tex)	0,13	0,38	0,34	0,50	0,67	1,67	1,67
(den)	1,2	1,2	3,1	4,5	6,0	15,0	15,0
Mukavemet							
(N/tex)	0,32	0,26	0,24	0,22	0,32	0,19	0,20
(gf/den)	3,6	3,0	2,7	2,5	3,5	2,2	2,3
Uzama (%)	42	33	35	64	33	56	62
İzafi düğüm muk. (%)	90	82	91	93		80	82
Başlangıç							
modülü (N/tex)	3,9	4,0	3,6	3,3		1,9	1,8
(gf/den)	44	45	41	37		21	20
Kaynar suda çekim (%)	1,0	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	1,0

Akrilik, Naylon 6,6 ve poliester gibi diğer liflerden farklı olarak tek bir üretici tarafından değil, farklı firmalar tarafından bağımsız olarak geliştirilmiştir. Bunun sonucu olarak hem esas polimerin eldesi ve hem de bu polimerin life dönüştürülmesine yönelik çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Buna bağlı olarak geliştirilmiş olan ürünlerin özellikleri arasında da çeşitli farklılıklar mevcuttur [14,16,17]. Bazı ticari akrilik liflerin fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de verilmiştir.

Akrilik liflerin standart, yüksek çekimli, asitle boyanabilir, yüksek mukavemetli, güç tutuşur ve bikomponent tipleri mevcuttur. Parlak, yarı mat ve mat olarak ve değişik kesit şekillerinde imal edilebilmektedirler [18].

Akrilik lif imali, akrilnitrilin polimerize edilmesi ile başlar. Polimerizasyonu lif çekim çözeltisinin hazırlanması, bunun düselerden püskürtülerek filament halinde çekilmesi ve life uygulanan terbiye işlemleri izler. Terbiye işlemleri yıkama, çekme, ısıl işlemler, kurutma, kıvrım verme, preperasyon yağı ile muamele, kesme ve balyalamadır. Çeşitli imalat tiplerine göre bu işlem sırası değişebilir [19-22].

2.1.1. Polimerizasyon

Polimer küçük, tek kimyasal ünitelerin tekrarı ile oluşan büyük bir molekül olarak tanımlanmaktadır. Polimerin tekrar ünitesi monomere eş veya hemen hemen eşittir. Polimer zincirinin uzunluğu zincirdeki tekrar ünitelerinin sayısı ile belirlenir ve buna polimerleşme derecesi denir [23].

Molekül ağırlığı ve molekül ağırlıklarının dağılımı temel polimer özellikleridir. Tekstil uygulamalarına yönelik tipik ticari akrilik polimerlerin ağırlığa göre ortalama moleküler ağırlığı 90,000 ile 170,000 arasındadır. Lif mukavemeti veya modülünün önemli olduğu durumlarda daha yüksek molekül ağırlığına sahip polimerler tercih edilebilir [2].

Akrilik polimerleri %100 akrilnitrilden de imal edilebilirler. Ancak tekstil akrilik lifleri, kimyasal ve fiziksel zorlanmalara karşı yüksek dayanıklılığın gerekli olduğu durumlar haricinde, ticari uygulamaların çoğunda genellikle lifin fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi ve liflerdeki amorf bölgelerin arttırılması yoluyla boyanma hızının geliştirilmesi amacıyla bir veya daha fazla nötral komonomer ile birlikte kullanılmaktadır. Katyonik boyalarla boyama sözkonusu olduğunda asit komonomerler de devreye girmektedir. Nötral ve asit komonomer birimleri çözücü ve koagülasyon maddesi ile etkileşime girip difüzyon ve faz ayrım hızını değiştirerek lif yapısını önemli ölçüde etkilemektedirler. Ticari akrilik lif imaline yönelik akrilik polimer kompozisyonları Tablo 2.2'de verilmiştir [2].

Tablo 2.2. Akrilik Liflerin Polimer Kompozisyonları

Akrilnitril	Nötral Komonomer	Asit komonomer
%90-94	%6-9	%0-1
	Metil akrilat	Sodyum stiren sülfonat
	Vinil asetat	Sodyum metalil sülfonat
	Metil metakrilat	Sodyum sülfofenil metalil
		Eter
		Itokonik asit

Lif çekim çözücüsündeki akrilik kopolimerlerinin çözünürlüğünün ve akrilik lif morfolojisinin iyileştirilmesi, boyaların akrilik lifin içine difüzyon hızının arttırılması amacıyla nötral komonomerler kullanılmakta, hidrofilikliğin arttırılması istendiğinde sülfonat grupları içeren iyonik komonomerler de eklenebilmektedir. Tutuşmazlık özelliğinin arttırılması için ise halojenleştirilmiş komonomerler kullanılmakta olup tutuşmazlık özelliğine sahip modakrilikler % 35-50 oranında halojenleştirilmiş komonomerler içermektedirler.

Akrilnitril ve komonomerleri iyi bilinen serbest-radikal metotlardan herhangi biri ile polimerize edilebilirler [4]:

a) *Bulk polimerizasyon:* En temel polimerizasyon olmakla birlikte otokatalitik tabiatı nedeniyle ticari olarak kullanımı sınırlıdır [2].

b) *Süspansiyon Polimerizasyonu:* Ticari olarak en yaygın kullanılan metottur. Çözünmüş veya küçük katı kürecikler halindeki monomerler uygun sıcaklıkta sulu bir katalizör çözeltide çalkalanarak dağılmaktadırlar. En çok kullanılan katalizörler suda çözünebilen hidrojen peroksit, amonyum veya alkali metal peroksidisülfatlar gibi peroksi tuzları ve redoks katalizörleridir. Sulu reaksiyon ortamında çözunmeyen polimerin oluşumu için monomer ve katalizör içeren süspansiyon polimerizasyon sıcaklığında tutulur (genellikle 30-70°C). Elde edilen polimer sulu çözelti ortamından filtre edilir ve safsızlıkların uzaklaştırılması amacıyla yıkanır [2,14,15].

c) Çözelti polimerizasyonu: Ticari olarak en yaygın şekilde kullanılan ikinci metottur. En önemli avantajı ayrı ayrı gerçekleştirilen polimer ayrıştırma, kurutma ve çözelti

hazırlama işlemlerini ortadan kaldırması ve polimerizasyonun doğrudan doğruya eğirme çözeltisi içinde gerçekleştirilebilmesini sağlamasıdır. Ancak, katyonik boya bağlama grupları ile birleşmesi genellikle zordur, vinilasetat ve vinil klorid gibi komonomerler ile birleşemezler, reaksiyon hızları düşüktür ve polimer rengi kötüdür.

d) Emülsiyon polimerizasyonu: Esas olarak modakrilik kompozisyonlarında yüksek oranda suda çözünmeyen monomer kullanıldığında veya monomer karışımının daha yavaş tepkidiği durumlarda kullanılmaktadır. Avantajı, radikalleri monomer miseller içinde hapsederek birbirlerinden ayırmasıdır. Böylece daha yüksek molekül ağırlıkları ve polimerizasyon hızları elde etmek mümkün olmaktadır.

Bu tip polimerizasyonun kullanıldığı en bilinen örnek tutuşmayan modakriliklerin imalatıdır.

2.1.2. Lif Çekimi

Poliakrilnitril'den çözeltiden lif çekimi metodu ile lif imali iki ana prosese ayrılabilir [2,14-16]:

a) Yaş çekme

b) Kuru çekme

Kuru çekimde lif çekim hızı sınırı daha yüksek ve aynı incelikteki lif için düse çıkışı lif üretimi daha fazladır. Ayrıca kuru çekimde solvent gereksinimi de yaş çekime oranla az olup solventin bir kısmı geri kazanılabilmektedir. Ancak bugün dünyadaki imalatçıların çoğu yaş çekim metodu ile akrilik lif imaline yönelmişlerdir. Yaş çekim akrilik lif üretim metodu kontrol edilmesi gereken çok sayıda değişken içeren karmaşık bir metot olmakla birlikte yine aynı değişkenler sayesinde çok çeşitli lif türlerinin imalatını mümkün kılmaktadır. Yatırım maliyeti kuru çekim sistemine oranla daha düşüktür. Çok çeşitli çözücülerin kullanılabildiği yaş çekme üretim alanı başına daha yüksek üretim kapasitesi ve işçilerin çözücülere daha az maruz kalmaları ile de karakterize edilmektedir. Aynı zamanda daha yüksek prodüktivite, daha kalın lif imali, daha yüksek boyama hızları ve daha kolay "in-line" boyama olanakları sağlayan ekonomik bir kontinü prosestir. Yaş çekim metodundaki üretim kayıpları kuru çekme ve eriyikten lif çekimi metodlarına göre daha düşüktür. Kuru çekim sisteminde toplam

lif inceliğindeki azalma düse deliklerinin sayıları arttırılarak giderilemezken yaş çekimde bu yapılabilmektedir. Ayrıca bu metot ile çok çeşitli lif kesitlerine, yüzey yapılarına, parlaklığa ve fiziksel özelliklere sahip lifler üretilebilmektedir. Genellikle kontinü lif üretimi için kuru, kesikli lif üretimi için yaş çekimin daha uygun olduğu ifade edilmektedir [2,24].

2.1.2.1 Yaş Çekme Metodu

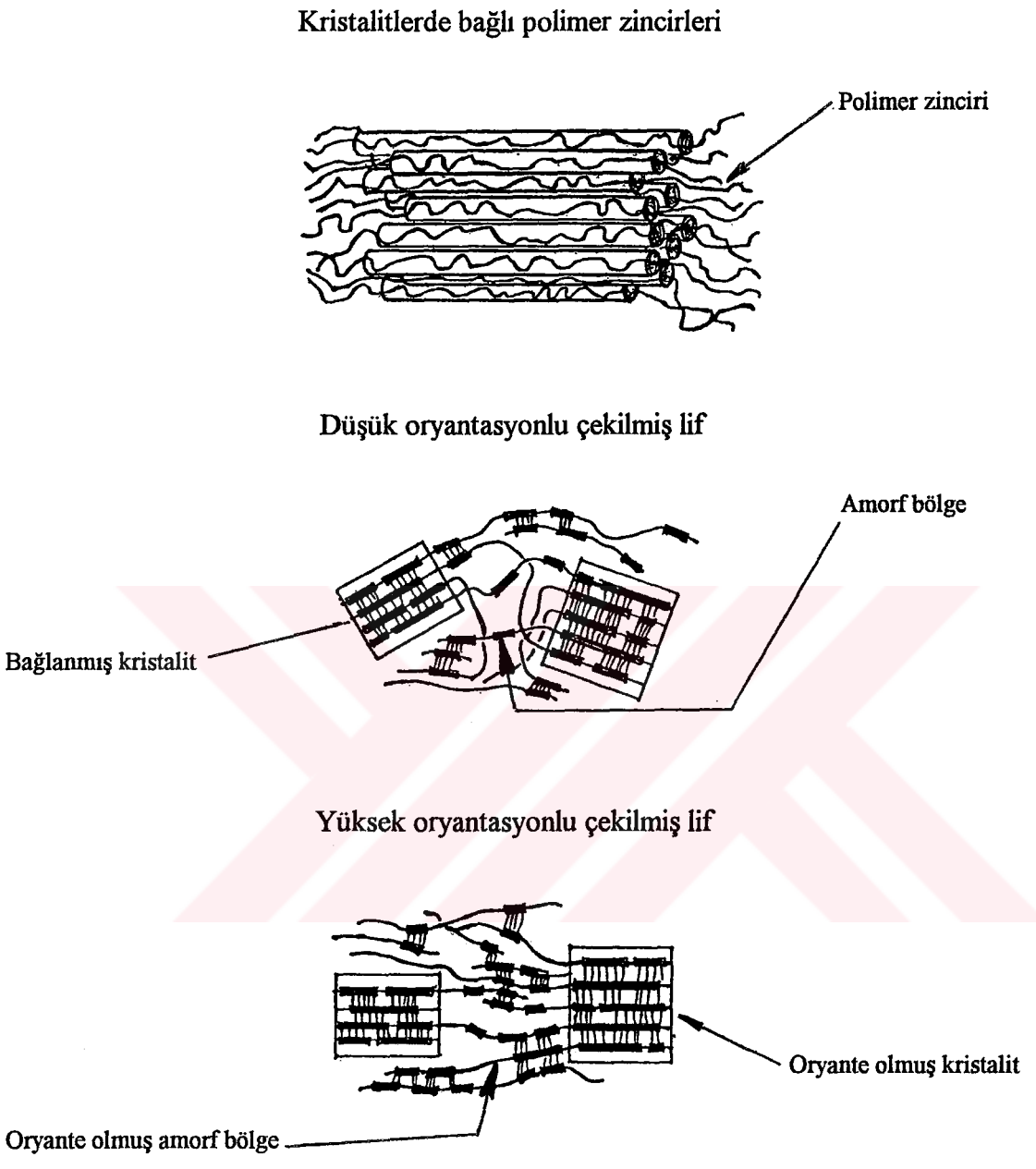
Akrilik polimerler için tipik bir yaş çekim sistemi bir çözücü ve çözücü olmayan maddeden oluşan çözelti içine daldırılmış bulunan bir düseden oluşur. Lif çekim çözeltisindeki çözücü olmayan madde yani su düseyi çepeçevre kuşatmakta, faz ayrımını ve çekilen liflerin koagülasyonunu sağlamaktadır. Düse yüzeyinin çok küçük olan mesafesinin katedildiği o çok kısa süre içerisinde ısı transferi, kütle transferi, akışkanlar mekaniği ve çözelti termodinamiği lif çekim çözeltisinin akışı üzerinde etkili olmakta ve ilk lif oluşumunu gerçekleştirmektedir. Filamentin lif çekim ortamında bulunduğu bu birkaç saniye son derece kritiktir.

Yaş çekilmiş akrilik lif genellikle çok sayıda kapilar içeren düselerden düşük doğrusal hızda üretilir. Lif yapısı, çözücünün polimer çözeltisinden çözelti düse deliklerinden çıktıkça difüsyonu ve çözücü olmayan maddenin polimer solüsyonuna karşı-difüzyonu ile kontrol edilir.

Şekillendirilmiş ürünler imal etmeye yönelik tüm fizikotermik proseslerde olduğu gibi akrilik lif imalinde de polimer içeriğinin, akış hızının ve sıcaklığın hassas şekilde kontrol edilmesi son derece önemlidir. Yaş ve kuru çekilmiş akrilik lifler arasındaki karakteristik farklar doğrudan doğruya bu ilk adımdaki farklılığın bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadırlar.

Lif çekme banyosunun kompozisyonu genellikle lif çekim çözeltisi ve sudan oluşmaktadır. Çözücü polimer çözeltisinden dışarı çıkarken katı polimer ve bir miktar su şeklinde bir faz değişikliğine sebep olarak dağılır. Polietilen glikol gibi nüfuz etmeyen bir banyo sıvısı kullanıldığında sadece dış difüzyon meydana gelir ve yaş çekmede jelleşme ortaya çıkabilir. Sabit konsantrasyonunun sağlanması amacıyla lif çekme banyosunda sürekli olarak çözücü olmayan madde veya koagülasyon maddesi

ölçülür. Elde edilen filamentler banyodan çıkar ve daha ileri muamelelere tabi tutulurlar.



Şekil 2.1 Akrilik Lifin Yapısal Modeli [3]

Koagülasyon banyosundaki yapı polimer çözeltisinin polimer ağırlıklı ve çözücü ağırlıklı fazlara ayrılmasıyla oluşan, gözenekler tarafından ayrılan birbirine bağlı jel halindeki polimer fibrilleri ağı şeklindedir. Çözücü/çözücü olmayan madde/polimer arasındaki etkileşim ve değişimlerin meydana gelme hızı fibriler yapıyı ve lif özelliklerini belirler. Şekil 2.1'de fibriler ağa ait bir model görülmektedir. Polimer zincirleri yuvarlak çubuklar şeklinde gösterilmişlerdir. Kristalitler, diğer bağlı

kristalitlerle interkonnekte köprüler oluşturan polimer zincirleri ile yanyana bağlanmışlardır. Koagülasyon banyosu çıkışında koagüle olmuş liflerde lif ekseni boyunca oryantasyon düşüktür. Bağlanmış yapılar dışına uzanan karışık haldeki polimer zincirleri organik boyalar gibi jel katkı maddelerini kolayca kabul eden amorf bölgeleri oluştururlar.

Polimer zincirleri, uzatılmış polimer zincirleri ile birbirine bağlı fibriller oluşturmak amacıyla molekül içi kuvvetler tarafından bağlanmışlardır. Gözenek büyüklüğü difüzyon ve faz ayrım hızları tarafından belirlenir. Çözücünün uzaklaştırılması bir kütle transferi olayı olup yıkama sıcaklığı ve hızına bağlıdır. Banyo sıcaklığı arttıkça banyo çözeltisinin çözücü konsantrasyonu azalır (yüksek yıkama hızı), çözücü difüzyon hızı artar. Çözücü difüzyon hızının artması jel halindeki lifin şişmesine ve gözenek büyüklüğünün artmasına sebep olur. Gözenek büyüklüğü arttıkça gözenek sayısı düşer, imal edilen akrilik lifin final mukavemet değerleri kötüleşir. Gözenek sayısı ve büyüklüğü lifin fiziksel özelliklerini ve daha sonra uygulanacak kurutma, çöktürme ve çektirme işlemlerinin tipini etkiler. Yaş çekim bir akrilik lifindeki gözenek büyüklüğü 0.3 mikron ya da daha fazladır. Yaklaşık 0.3 mikron boyutundaki normal gözeneklerle birlikte 10 mikron civarında boyutlara sahip makrogözenekler de bulunabilirler. Daha küçük boyutlarda gözeneklere sahip akrilik lifler diğerlerine göre daha yumuşak şartlarda kurutulabilir, çöktürülebilir ve çektirilebilir. Yaş çekme poliakrilnitril polimerleri için polimer ağının gözenek büyüklüğü kuru çekme mekanizması ile elde edilene göre daha büyüktür. Bu, çözücü olmayan maddeler kullanan ve karşı-difüzyon mekanizmasına sahip daha hızlı faz ayrımının sonucudur. Kuru çekilmiş akrilik liflerde gözenek büyüklüğü 0.1 mikrondur.

Yaş eğirme metoduna göre imal edilen bir lifin yapısı aşağıda verilen aşamalar sonucunda nihai şeklini almaktadır [25]:

1) Yeni koagüle olmuş lif, henüz oryante olmamış, sıvı ve gazları geçiren, alan oranı 2.0 veya daha yüksek ve yüzey alanı tipik olarak 100 m^2/g'dır.
2) Çekilmiş, tam olarak pıhtılaşmamış lif fibriler ağ yapısında olup sıvı ve gazları geçiren, alan oranı 2.0 veya daha yüksek, yüzey alanı en az 50 m^2/gr (çekimle artar) ve hacim yoğunluğu oryante olmamış liften daha yüksektir.

3) Kurutulmuş pıhtılaşmış lif boşluklar olmaksızın fibriler yapıdadır ve alan oranı 1.0'dir.

Tüm çözeltiden lif çekme metotlarında ilk lif çekim işlemini takiben yıkama ve oryantasyon prosesleri uygulanır. Bu proseslerde daha yüksek mukavemet sağlanması amacıyla iç lif morfolojisi iyileştirilir. Yaş çekim metodunda yıkama ve oryantasyon adımları lif çekim sisteminin devamında uygulanan kontinü kısımlar olarak yer almaktadırlar.

Yıkama: İlk lif oluşum aşaması ile birlikte lifin yıkanması da sıcaklık ve yıkama sıvısı konsantrasyonuna bağlı difüzyonel bir prosestir. Prosesin bu aşamasında fibriler ağ poroz bir yapı şeklindedir. Boya gibi jel halindeki katkı maddeleri lifin çekilmesi veya gerilmesinden önce eklenebilir.

Jet çekmenin lif yapısı üzerindeki etkisi lif parlaklığı ve kurutma,/çöktürme/çektirme proseslerinde kendini gösterir. Düşük jet çekme şartlarında daha küçük gözenekler oluşur ve lif daha şeffaf ve parlak görünür [26].

Oryantasyon: Oryantasyon ya da çekme işlemi lif yapısını ve buna bağlı olarak lif özelliklerini değiştirdiği için son derece önemlidir. Lifin sıcaklığı yaş camsı geçiş noktasının üzerine çıkar ve ısıtma ortamı olarak kullanılan su ile lif silindirler arasında 3-12 kat çekilir [2]. Bu çekme işlemi esnasında lif çekme banyosunda oluşan fibriler ağın oryantasyonu ve lif mukavemeti artar, mekanik özellikleri iyileşir. Bu aşamada polimer zincirleri ve kristaller lif ekseni boyunca oryante olmuşlardır. Çekim oranı veya zincir oryantasyonu arttıkça kopma mukavemeti ve young modülü artar, kopma uzaması düşer [27].

Preperasyon: Yıkamadan önceki bir aşamada liflere kimyasal bir muamele uygulanır. Kimyasal madde ya da "preperasyon maddesi" normalde sulu bir çözelti veya emülsiyondur ve her iki durumda da daha sonraki safhalarda lif-lif ve lif-metal sürtünmesi ile elektrostatik oluşumunu azaltacak, lifin sürtünme sebebiyle aşırı ısınmasını önlemek suretiyle prosese yardımcı olacak yağlayıcılar ve antistatik maddeler içermektedir. Genel olarak preperasyon yağı 40-60 kısım yağlayıcı, 5-20 kısım antistatik ve 30-50 kısım yumuşatıcı içerir. Preperasyon maddesinin tipi ve

miktarı daha sonraki prosesler ve lif performansı açısından kritiktir. Son kullanım amacına bağlı olarak lif üzerindeki preperasyon maddesi miktarı %0,1-0,7 olabilir [2].

Kurutma, çöktürme, gevşetme: Kurutma, çöktürme, gevşetme safhaları değişik şekillerde ve farklı sıralarda yapılabilmektedir. Proses sıralaması genellikle lif çekme banyosunda elde edilen ilk lif yapısına bağlı olarak belirlenir. Gözenek büyüklüğü 0,3 mikron'dan fazla olan açık jel yapısı oluşturan proseslerde kurutma/çöktürme prosesi liflerin ısıtılmış bir bölge veya sıcak silindirler üzerinden geçirilmesi ile gerçekleştirilir. Prosesin kurutma kısmı lif üzerinde yıkama ve oryantasyon aşamalarından kalan suyun uzaklaştırılmasıdır. Lifin içindeki suyun fibriler ağdan çıkması ile lifte çökme meydana gelir. Lif çökmesi lif çekme banyosunda oluşan oryante olmuş açık gözenek yapısının kapanmasıdır. Eğer çökme tamamlanmazsa lif kırılgan olur ve çökmüş ve çökmemiş kısımlarda parlaklık farkları meydana gelir. Çöktürülen lif daha sonra kıvrımlandırılır ve çektirilir.

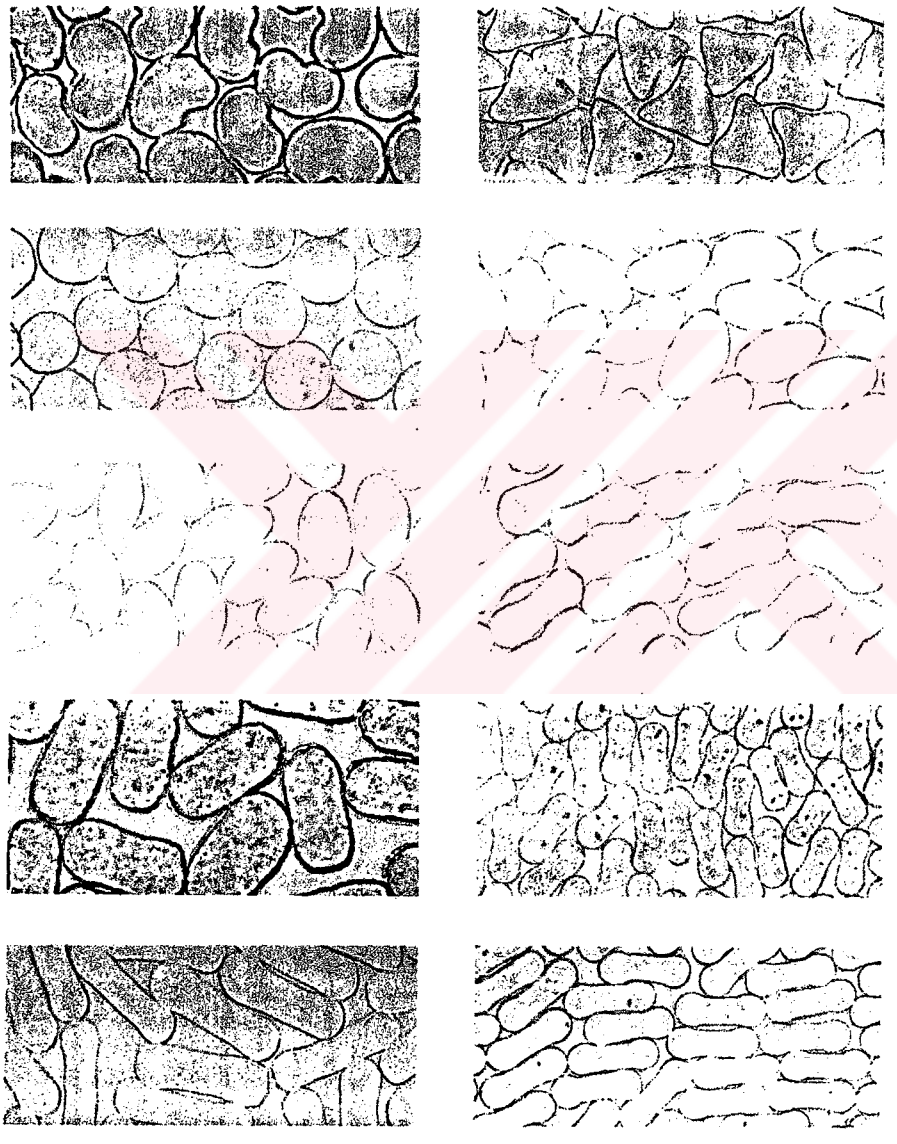
Kıvırcıklandırma: Kıvırcıklandırma, mekanik bir işlemdir ve amacı çok sayıda lif içeren lif demetine kohezyon ve hacim kazandırmaktır. Genellikle kıvırcıklandırma kutusu ile gerçekleştirilir. Kesikli haldeki liflerin kıvrım miktarları bunların iplik üretimi esnasındaki performanslarını etkilemektedir. Bu işlem de en az preperasyon yağı uygulaması kadar önemlidir. Zaten her iki proses arasında etkileşim bulunmaktadır.

Yaş çekim işlemi ile çok çeşitli kesitlere sahip lifler üretilebilmektedir. Verilen bir polimer/çözücü/çözücü olmayan madde için koagülasyon şartları değiştirilerek lif kesidini ayarlamak mümkündür. Kemik, elips ve diğer şekillerdeki lifler de şekillendirilmiş düseler ve uygun seçilen koagülasyon şartları ile elde edilmektedirler. Şekil 2.2'de yaş çekim akrilik liflerin kesitleri görülmektedir.

Genellikle yuvarlak delikli düseler ile farklı fasulye ve yuvarlak şekilde lifler imal edilmektedir. Fasulye kesitli lifler koagülasyon sırasında zayıf dış yüzeyli lifler imal edilip daha sonraki çözücü difüzyonu sonucu meydana gelen hacim küçülmesi neticesinde bu zayıf dış yüzeyin içeri doğru çekilmesi ile oluşmaktadır. Yuvarlak kesitli lifler;

a) koagülasyon hızının arttırılması ve difüzyon prosesi boyunca da bozulmadan kalabilen lif dış yüzeyi oluşturulması,

b) koagülasyon hızının azaltılması ve lifin iç kısmıyla üniform bir şekilde koagüle olan ince bir lif dış yüzeyi oluşturulması ile elde edilmektedirler.



Şekil 2.2. Yaş çekim akrilik liflerin kesitleri [2]

2.1.2.2. Kuru Çekme Metodu

Kuru çekme metodunda polimer bir organik çözücü içinde çözünür. Bu şekilde elde edilen çözelti filtreden geçirilir ve düselerden içinde ısıtılmış asal gaz veya hava akışı olan kulelere püskürtülerek içerdiği çözücünün buharlaşması sağlanır. Çözücünün çabuk buharlaşmasını temin etmek için kullanılan gazın sıcaklığı çözücünün normal kaynama noktasının üzerinde tutulmaktadır. Buharlaşan çözücü gaz ile sistemden uzaklaştırılır ve geri kazanılır. Çözücünün uzaklaştırılması ile birlikte düşey lif çekim tübündeki lif katılaşır.

Kuru çekme metodundaki çekim (çıkıştaki hızın düse çıkışındaki teorik hıza oranı) 1-20 arasındadır ve genellikle çekilen malzeme ve nihai ürünün özellikleri üzerinde pek fazla etkisi yoktur.

Kuru çekme işleminin başarılı olabilmesi için polimerin;

a) Çözücünün kaynama sıcaklığında uygun stabilitede olması,

b) Çözünmüş polimer ile reaksiyona girmemek ve düşük kaynama noktasına sahip olmak gibi iyi çözünme özellikleri göstermesi,

c) Buharlaşma sıcaklığının çok yüksek olmaması, yeterli ısıl dirence sahip bulunması, toksik düseyinin düşük olması, düşük statik yüklenme eğilimi göstermesi, patlama riskinin düşük ve geri kazanımının kolay olması gerekmektedir.

Çözelti polimerizasyonu göreceli olarak daha düşük düseyde polimer içerdiğinden kuru çekme metoduna uygun değildir. Bu nedenle kuru çekme metodunda kontinü süspansiyon metodu uygulanmaktadır.

Difüzyon ve buharlaşma aşamalarında filamentteki radyal homojenite azalır. Dış kısımlar iç kısımlardan önce sertleşerek öz-kabuk şeklinde bir yapının oluşmasına neden olur. Özden kabuğa doğru daha fazla çözücü difüzyonu neticesinde özdeki madde miktarı azalır ve çökme meydana gelir. Buharlaşma hızı arttıkça kesidin dairesellikten uzaklaşma eğilimi artar.

Kesit şeklini etkileyen diğer iki parametre dimetilformamit'in buharlaşma hızı ve lif çekim tübündeki filamentlerin şişme süreleridir.

Lif çekim banyosu çıkışında kuru olarak eğrilmiş lif kendine özgü fibriler yapıya sahip değildir, alan oranı düşük ve genellikle 1,5'tan azdır. İç yüzeysel alanı ölçülemez.

Elde edilen lifler yaş çekme metodunda olduğu gibi artık çözücülerin uzaklaştırılması amacıyla yıkanır. Yıkamayı genellikle çekme takip eder. Bu işlem buhar veya kaynar suda yüksek sıcaklıkta gerçekleştirilir.

Çekilen poliakrilnitril tovu gerginlik olmaksızın kuruması için yeterli sıcaklığa kadar ısıtılırsa büzülür. Bu durumda amorf bölgelerdeki moleküler zincirde ve çubuksu topluluklardaki oryantasyonda bozulmalar meydana gelir. Bu bölgelerin yapısı aynı zamanda büzülme derecesini de belirlemektedir. Tov camsı geçiş noktasının üzerine kadar ısıtıldığında büzülme derecesi artar. Poliakrilnitril tovu genellikle 120-170°C sıcaklıkta ve 100-150 m/dakika'lık geçiş hızı ile kurutulmaktadır.

Kuru çekme metodu ile daha düşük eğilme modülü veya rijitliğe sahip olan köpek kemiği şeklinde lifler imal edilebilmektedir. Bu nedenle aynı incelikteki yaş ve kuru çekim akrilik liflerden imal edilmiş ürünlerden kuru çekim lif içerenin daha yumuşak olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca "köpek kemiği" kesitli lifler kesit şekilleri nedeniyle iplik kesidinde çok sıkı paketlenemediğinden iplikte daha hacimli bir yapı elde edilmesini de sağlamaktadırlar. Yine bu liflerin kullanıldığı ipliklerde lifler arasında daha fazla boşluk kaldığından bunlardan imal edilen giysilerin vücuttan nem ve su uzaklaştırma kapasitelerinin de daha iyi olduğu ifade edilmektedir [2].

2.1.3. Akrilik Liflerin Yapısı

Akrilik liflerin tipik yapısı koagüle olmuş tanecikler ve fibrillerden oluşmaktadır. Kuru ve yaş çekilmiş lifler arasındaki farklar oryante olmamış kuru çekim lifler çekme işlemine tabi tutulduğu zaman azalır, çünkü yaş çekim liflerden ayırt edilemeyen oryante olmuş bir fibriler yapı ortaya çıkar. Lif morfolojisindeki bu değişiklik yoğunlukta bir azalma ve ölçülebilir yüzeysel bölgenin teşekkülü ile birlikte gelişir. Kaba bir fibriler yapının varlığı bükülerek koparılmış veya özel sıyırma tekniklerine maruz bırakılmış liflerin elektron mikroskobunda incelenmesi sonucu açık biçimde gösterilmiştir. Fibriler yapı ve koagülasyon işleminin niteliği sonucu gözenekli bir yapı ortaya çıkar. Özgül yüzey, gözenek miktarı, iç hacim dağılımı ve gözeneklerin şekli

liflerin difüzyon, kimyasal maddelerle karışabilme, şişme, kirlenme ve mekanik özelliklerini önemli şekilde etkiler [14]. Ticari olarak kullanılan liflerin uzunlukları boyunca yapılan mikroskobik incelemelerde iç çatlakların bir sınıflandırması yapılmıştır. İç çatlakların dağılımının 0,03-2,3 çatlak/mm arasında değişen bir Poisson tipi dağılıma yakın olduğu bulunmuştur. Akrilik liflerin yaş çekim metodu ile imalinde oryantasyonun ve lif gözenekliliğinin çekim oranı ve kurutma işlemine bağlı olduğu iddia edilmektedir [22].

Minami [28] poliakrilnitril kopolimerlerinin dinamik viskoelastisitesi ve amorf PAN'ın ısıl karakteristiklerini araştırmış, çeşitli şartlarda üretilen akrilik lifleri elektron mikroskobunda incelenmiş ve deformasyon mekanizmalarını morfolojik olarak ele almıştır. Sonuçlar mukavemet ve uzama gibi mekanik özelliklerin malzemenin mikroyapısına bağlı olduğunu desteklemektedir. Lif üretiminin çekim, çöktürme ve kurutma aşamaları sonrasında lifte net bir gözenek yapısı gözlenemediğinden çökmüş haldeki akrilik lifin mekanik özelliklerinin fibriler yapı tarafından belirlendiği ifade edilmektedir. Deformasyon prosesinde ilk akma noktasından sonra çatlaklar oluşmaya başladığı tespit edilmiştir. Doymuş buharla gevşetme işlemine tabi tutulan liflerde daha yüksek uzama görülmesinin gevşetme işlemi ile yapıdaki fibrillerin deforme olabilirliğinin artması ve fibrillerin birbirleri üzerindeki sinterleme etkisi olduğu belirtilmektedir. Düşük çekim oranlarında üretilen akrilik liflerin fibriller arasındaki zayıf bağlantılar ve bağlayıcı fibrillerin moleküler oryantasyon kuvvetlerine dayanacak düseyde olmaması nedeniyle uzama ve mukavemetlerinin düşük olduğu, yüksek mukavemet ve uzamaya sahip liflerin elde edilebilmesi için çekilmemiş filamentlerin düşük moleküler oryantasyon ve tam gelişmiş fibriler yapıya sahip olmaları gerektiği ifade edilmektedir.

Sotton ve diğerleri [29] iç yapılarda görülebilir sülfit birikimi elde etmek üzere lifleri muameleye tabi tutmuş ve daha sonra bu lifleri elektron mikroskobunda inceleyerek radyal çatlakların ve mikro gözeneklerin varlığını açıkça göstermişlerdir. Bu inceleme neticesinde yaş eğrilmiş, kuru eğrilmiş ve iki terkipli (bikomponent) lifler arasında önemli farklar olduğu görülmüştür. Genel olarak gözenekli kısım radyal bir çatlak oluşturmaktadır. Zaman zaman buna ek olarak çevresel bir dağılım gösteren mikro-gözenekler de olabilmektedir. Bu radyal çatlakların eğirme işlemi sırasında polimer

çözeltisinden çözücünün geri alınma mekanizması ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmalarda iki önemli gözlem yapılmıştır. Birincisi, özellikle yaş çekim liflerde yüzeye yakın radyal kanalların birçok yerde zarı veya kütikuliyi (diğer bir değişle eğirme banyosu ve polimer çözeltisi arasındaki ara yüzey üzerinde koagüle olan ilk kısımlar) çatlatmaktadır. İkincisi, radyal kanallar daima mikro-topaklardan veya hatalardan doğmaktadır. Bunlar yüzeyde görülebilir haldedirler ve muhtemelen düse içindeki küçük hatalardan kaynaklanmaktadırlar. Yine Sotton ve arkadaşları sabit uzunlukta tespit edilmiş veya serbest (relax) konumda bulunan liflerin nitrojen gazı altında kuru olarak ısıtma ve doymuş buhar içinde tutma muameleleri sonucunda gözenek yapısında çok küçük değişmeler meydana geldiğini belirlemişlerdir. 140°C'de doymuş buharla muamele edilen liflerde başlangıçtaki gözenekler elimine olmuş ancak liflerin çevresel kısımlarında birçok mikro-gözenek ortaya çıkmıştır. Bu yapı "zar etkisi" olarak adlandırılmaktadır. Gözenek ve mikro-gözenek bölgelerine su girişi ısıl işlemler sürecinde liflerin sertleşmesini önleyerek bütün yapıyı korumaktadır. Su bir yumuşatıcı gibi davranır ve zincir veya fibriler elementlerin bireysel hareketlerini kolaylaştırır. Isıl işlem sonucunda lif yapısı homojenleşir ve orijinal gözenekli yapı ortadan kalkar. Daha küçük gözenekli bir yapı oluşur ve hemen hemen lif çeyresi boyunca bir halka şeklinde bulunur.

Catoire ve diğerleri [30] DMF içinde çözünmüş poliakrilnitril terpolimer lif çekim çözeltisi alarak ilk koagülasyon aşamasında oluşan protolif yapısını, prosesin değişik aşamalarından numuneler alıp SEM, TEM ve IR kullanarak incelemek suretiyle araştırmışlardır. Sonuçlar koagülasyon aşamasında dondurarak kurutulmuş (freeze-dried) ve MA içeren numunelerde polimerin filament formunda ilk çöküşü esnasında protoliflerin oluştuğunu göstermiştir. Bunlar çubuksu elementler şeklindedirler. Az çok zayıf çubuksu element toplulukları koagülasyon sıvısıyla dolu büyük gözeneklerle çevrilmiş durumdadırlar. Çubuksu elementlerin herbirinin birbirine yapışık küreciklerden oluştuğu ve polimer ve koagülasyon sıvısıyla dolu bölgeler ile yüksek polimer içeriğine sahip daha yoğun bölgeler içerdikleri görülmektedir. 20°C'de koagüle edilmiş protolifler çevresinde birbirine yapışık ve lif ekseni boyunca oryante olmuş çubuksu elementlerden oluşan ince ve yoğun bir zar bulunduğu tespit edilmiştir. Bunun yoğunluğu daha alt kısımlara inildikçe azalmaktadır. Lifin en iç kısmında ise çubuksu elementler tamamen izole durumda olup geniş gözeneklerle

çevrilmişlerdir. Çubuksu elementlerin çaplarının diğer şartlar sabit olmak koşuluyla her eğirme banyosu sıcaklığında homojen değerler verdiği de belirlenmiştir. Bu durumun lif çekim çözeltisi içinde polimer oryantasyonu başlangıcı olabileceğine işaret ettiği düşünülmüştür. Eğirme banyosu sıcaklığının arttırılması çubuksu element yoğunluğunu arttırmakta ve gözenek boyutlarını genişletmekte, sıcaklığın azaltılması ise tam tersi bir etki yapmaktadır. Çekme işleminin bir makromoleküler oryantasyon oluşturmadan önce geri döndürülemez mekanik bir deformasyon meydana getirdiği de belirtilmektedir.

Akrilnitril polimerleri ve liflerindeki düsenlenme tipi ve derecesi kapsamlı biçimde incelenmiştir. Hem polimer, hem de liflerde bir molekül zincirden diğerine yanal olarak uzanan bir tür kristal düseninin mevcut olduğu ancak zincir ekseni boyunca bu tip bir düsenin çok az görüldüğü ya da hiç bulunmadığı belirlenmiştir. Yapının iki fazlı (quasi-crystalline ve amorf) mı yoksa tek fazlı (parakristal) mı olduğunun netlik kazanmadığı ifade edilmektedir [31]. PAN lifleri sürekli bir üç boyutlu kafes oluşturmadıklarından kristalin olmayan malzeme kabul edilebilirler. Ancak birçok durumda bu lifler yarı-kristalin malzeme gibi davranmaktadırlar. Bu durum "düsenli bölgeler"in varlığı ile açıklanmaktadır. X-ışını difraksiyonu sonuçlarına bakılarak düsenli bölgelerin sürekli 2-boyutlu hekzagonal kafes oluşturan düsensiz helisel yapılı zincirlerden oluştuğu iddia edilmektedir. Bu şekilde PAN lifleri, kristallerin yerini 2-boyutlu düsenli bölgelerin aldığı 2-fazlı yapılar olarak açıklanabilmektedir. Bunun yanı sıra parakristalin model ve sınırlandırılmış 2-fazlı model de bulunmaktadır. Hu ve arkadaşları ise PAN liflerindeki düsenli bölgelerin tabiatını incelemişler ve bu bölgelerin "düsensiz şekildeki kristaller" olarak kabul edilmesi gerektiğini iddia etmişlerdir [32]. Genel olarak akrilik liflerin "sıvı benzeri kristal yapı"da (liquid-like crystaline structure) oldukları ifade edilmektedir [33].

Daha önceki bir çalışmalarında aynı tovdan hazırlanan çektirilmiş ve çektirilmemiş liflerin bir dimetilformamid/su karışımındaki diferansiyel çözünürlükleri arasında önemli farklar bulunduğunu tespit eden Maillo ve arkadaşları [34] farklı orijine sahip üç ticari akrilik lifinden değişik çektirilmiş/çektirilmemiş lif karışımı oranlarına sahip numuneler hazırlamışlar ve diferansiyel çözünürlük tekniğini kullanarak bunların karışım kompozisyonlarını belirlemişlerdir. Araştırmacıların bulgularına göre hassas

şartlar altında her bir lif tipi için çektirilmiş lif yüzdesi ile diferansiyel çözünürlük arasında çok belirgin bir lineer negatif korelasyon bulunmaktadır. Gacén ve diğerleri [35], bu çalışmayı devam ettirerek aynı numuneleri değişik şişirme işlemlerine tabi tutmak suretiyle şişirilmiş iplik imal ettikten sonra bunların mikromorfolojisini araştırmışlardır. Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre gevşetilmiş ve gevşetilmemiş lifler arasında başlangıçta var olan çözünebilirlik farkı kaynar suda şişirme işlemi uygulandıktan sonra büyük ölçüde azalmaktadır. Kuru sıcak hava ile uygulanan şişirme işleminin ise gevşetilmiş ve gevşetilmemiş liflerin diferansiyel çözünürlükleri üzerinde büyük bir değişiklik yaratmadığı gözlenmiştir. Bu işlem neticesinde diferansiyel çözünürlükte meydana gelen çok küçük düşüşün de lifte meydana gelen iç çatlaklar nedeniyle çözücü karışımın lif içine kadar nüfuz etmesinden kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Law ve Mukhopadhyay [36] henüz oluşmuş yaş çekim akrilik liflerde çekim kaynaklı oryantasyon ve yapısal çökmenin takip eden jel boyama karakteristikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Yaş çekim akrilik liflerinin buharlanarak çekilip gerilmesi sonucunda moleküler ve mikro yapının oryantasyonunun yanı sıra yapısal çökme de meydana geldiği görülmüştür. Bu durumun lif boyundaki değişmeden çok buhar veya sıcak su ile muamelenin bir sonucu olduğu ifade edilmektedir. Artan yapısal çökmenin jel boyama hızında düşüşe sebep olduğu da belirlenmiştir. Yüksek çekim oranlarında buharlama tünelinde kalış süresi kısalmakta, buna bağlı olarak daha az çökme ve daha yüksek boyama hızları ortaya çıkmaktadır.

Akrilik lifler üzerinde yapılan X-ışını difraksiyon ve gerilme/uzama analizleri [37] 90, 110 ve 145 °C'lik lif geçiş noktalarındaki hareket mekanizmalarından polimerin düsenli bölgelerindeki moleküllerin sorumlu olduğunu ortaya koymuştur. Mekanik ve ısıl işlemlerin etkisi de araştırılmış, çekme ve eğilmenin mikro-hataları arttırdığı, bunun ise difüzyon katsayısında artışa, yoğunlukta azalmaya neden olduğu belirtilmektedir. Isıl fiksaj esnasında birbiriyle rekabet halindeki iki proses görülmektedir: Lif yapısının yoğunlaşması ve polimerin bozunması. Courtelle, Orlon ve Acrilan lifleri ile gerçekleştirilen çalışmalar çekme kopuşlarında karakteristik granüler bir kırılma yüzeyi oluştuğunu göstermektedir. Bu ise yapıdaki fibriler birimlerin ayrı ayrı koptuklarına işaret etmektedir. Çekme yorulmasındaki temel özellik liflerin eksenel fibrilleşmesidir.

Yorulma dayanımı için yükleme şartlarının sabit yüklemedekinden nisbeten daha iyi olduğu, diğer bazı lifler için var olan minimum yük kriterinin akrilik liflerin yorulma dayanımı için mevcut olmadığı ifade edilmektedir. Tekrarlanan uzama şeklinde yorulmaya maruz kalan liflerde gözenekli bölgelerde uzaysal yeniden dağılım meydana gelmekte ve yerleşim düseni iyileşmektedir. Lif yapısının ısıl işlemler esnasındaki değişmeler ve lif özellikleri üzerindeki etkisi açısından da araştırılmış ve ön muameleye tabi tutulmuş akrilik liflerin yapısındaki farklılıkların molekül ağırlığı, koagülasyon banyosu bileşimi ve sıcaklığı ile lif çekim çözeltisi konsantrasyonundaki varyasyonlara bağlı olarak ortaya çıktığı belirtilmiştir. Ancak bu parametrelerin lifin ısıl işlemden sonraki moleküler oryantasyon, mükemmellik ve boyanabilirlik durumunu etkilemediği de açıklanmaktadır. Porozite oranı çok yüksek lifler de üretilmiş ve bu tip liflerin fiziksel özellikleri incelenmiştir. Alışılagelmiş akrilik liflere çok benzeyen bu tip liflerde yüksek düseyde porozite yaratılması lif yoğunluğu ve çapında büyük değişmeler meydana getirmektedir.

Çekme ve ısıl muamele sonucunda lif yapısında meydana gelen değişimlerin X-ışını difraksiyon metodu ile incelenmesi neticesinde çekim uygulanarak tavlamadan sonra liflerin kristal büyüklüğünün, toplam kristalinitenin ve porozitenin arttığı, maksimum kopma mukavemetinin çekme ve kurutma şartlarından etkilendiği gözlenmiştir [7]. İnterkristalin bölgelerin ısıl olarak gevşetilmesi oryantasyonda bozulmaya ve porozitede artışa sebep olmaktadır. Kopma noktasına yakın, kristal büyüklüğünde düşüş meydana gelmektedir [12].

PAN liflerin parakristalin bölge camsı geçiş noktası 82°C, amorf bölge için camsı geçiş noktası 140°C olarak tespit edilmiştir. Amorf bölge camsı geçiş noktasının kristalin bölgeden fazla olması nitril grupları arasındaki çok güçlü ikiz kutup çekimi nedeniyle amorf bölgelerin gelişigüzel ancak daha rijit bir düsende bulunmaları ile açıklanmaktadır [38].

Pfeifer ve Hurley [39] akrilik liflerde kıvrım stabilitesini etkileyen çeşitli faktörleri araştırmışlar, belli bir akrilik tipi için kıvrım stabilitesinin kıvrım verme ve sabitleme sırasındaki zaman-sıcaklık durumu, kıvrım eğrisinin açısı, kıvrım eğrisi çapı ve ortamda su ya da buharın varlığı ile arttığını belirlemişlerdir.

2.1.4. Akrilik Liflerin Tekstilde Kullanımı

Akrilik lifler üç ana formda satışa sunulmaktadırlar [2]:

1. Tov: 470000 ve üzeri liften oluşan paralel kontinü filament demetidir.
2. Uzun-kesikli lif: Yünlü ve kamgarn sisteminde kullanılan 3 ile 6 inç arasında değişen uzunluklardaki liflerdir.
3. Kısa-kesikli lif: Pamuklu sistem veya modifiye Amerikan sisteminde ring ve rotor iplik imalinde kullanılan genellikle 1 ile 3 inç arasında değişen uzunluklardaki liflerdir.

Tov halindeki lifler kesme veya koparma makinalarında kesikli lif haline dönüştürülmektedirler. Değişik firmalar tarafından üretilen farklı kesme ve koparma makinaları bulunmakla birlikte bunların çalışma prensipleri hemen hemen aynıdır.

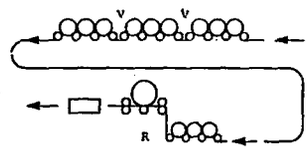
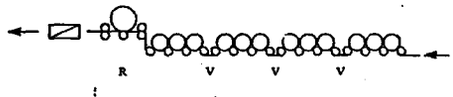
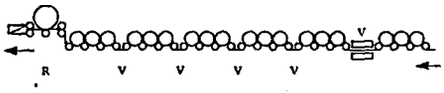
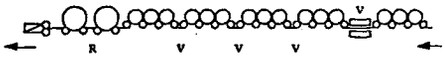
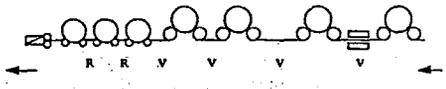
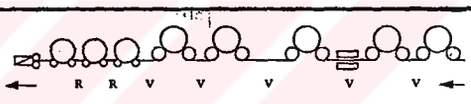
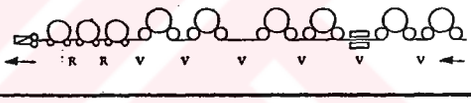
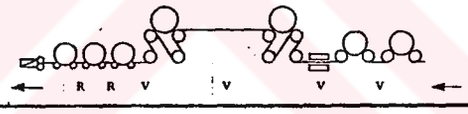
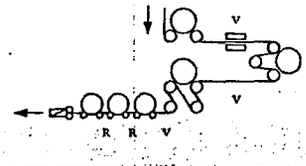
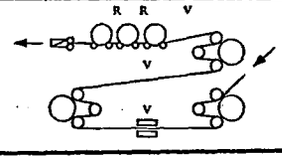
Keserek Kesikli Lif Haline Dönüştürme:

Bu amaçla kullanılan makinalarda kontinü filament halindeki liflerden oluşan tovlar önce bir miktar gerilir ve düzleştirilirler. Daha sonra kullanılacakları alana uygun olarak 3-180 mm arasında kesilirler. Lif özelliklerinde değişme meydana gelmez. Oldukça düz, hemen hemen dikdörtgen görünümünde bir lif diyagramı elde edilir [40,41].

Kopartarak Kesikli Lif Haline Dönüştürme:

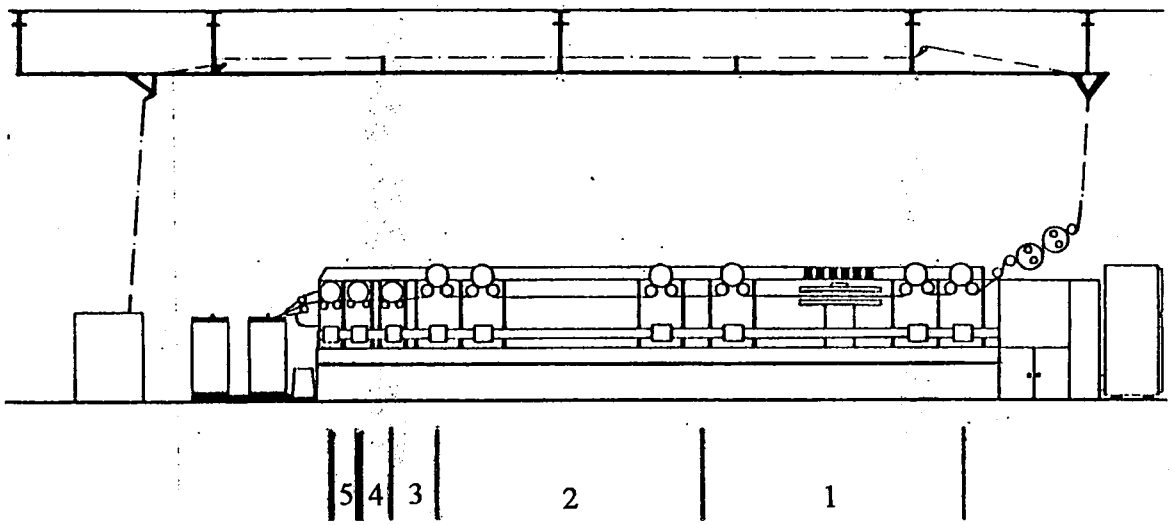
Koparma işleminde kullanılan makinalarda tov makinaya girişinden itibaren artan bir gerilimle çekilmekte ve bu işlem kablonun kopuşuna kadar devam etmektedir [40].

İlk koparma makinası patenti 1929'da alınmış, ilk ticari makina olan Turbo Stapler 1950'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Şekil 2.3'de koparma makinalarının gelişim aşamalarında görüldüğü üzere lifleri koparmak amacıyla çok sayıda çekme bölgesi içeren bugünkü anlamda gerçek koparma makinaları 1970 ve 80'li yıllarda piyasaya sunulmuştur. Bu makinalarda lifler istenen uzunlukta kopana kadar gittikçe kısalan bölgelerde çekilmektedirler [42].

GELİŞİM AŞAMALARI		YIL	SEYDEL MODEL	DİYAGRAM
BAŞLANGIÇ	2-adımlı proses	1935	Halle-Seydel	
1. AŞAMA	Entegre proses	1950	50/4	
		1954	54/6 stl	
		1957	57/6 stl	
		1959	540 stl	
			570/6 stl	
2. AŞAMA	Omega triolar	1963	633	
3. AŞAMA	Tek çıkış	1967	670	
		1971	671	
		1972	671S	
		1975	673	
4. AŞAMA	Kuadrolar	1977	677	
		1979	679	
		1982	682	
5. AŞAMA	2 seviyeli	1984	840	
		1987	860	
		1991	850	
		1991	870	
6. AŞAMA	3 seviyeli	1995	880	

Şekil 2.3 Koparma makinalarının gelişimi [42]

Koparma makinaları üzerine yapılmış çalışmaların sayısı son derece azdır. Hiramatsu ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen bir dizi çalışma neticesinde koparma prosesi analitik olarak incelenmiş ve koparma işlemi esnasında meydana gelen değişikliklerin karakterleri aralarındaki ilişkinin belirlenmesine yönelik birçok temel formül çıkartılmıştır [43-47].



Şekil 2.4 Seydel 671 S Koparma Makinası [2]

Çok sayıda bölgeden oluşuyor gibi görünmekle birlikte tüm koparma makinalarının 5 ana bölgeden oluştuğu kabul edilebilir (Şekil 2.4) [48]:

I. Bölge (çekme ve ısıtma bölgesi): Bu bölgede lifler erken lif kopuşlarını önlemek amacıyla çekim oranı kopma uzamasının altındaki bir değerde tutulmak kaydıyla çekilirler. Eğer lifin boyutsal çekme özelliği arttırılmak isteniyorsa bu bölgedeki ütü tablaları kullanılarak lif ısıtılır (100-150°C). Uygulanan çekim oranı sabit tutulduğunda sıcaklık arttıkça suda çekim artar. Sıcaklık sabit iken ise çekim oranı arttırıldıkça suda çekme yüzdesi artmaktadır.

II. Bölge (1. Koparma bölgesi): Bu bölgede liflerdeki ilk kopmalar meydana gelir. Ortalama lif boyu 1m civarındadır. Bu bölgedeki çekim oranının arttırılmasının neps miktarında artışa neden olduğu yolunda bulgular mevcuttur [3,49].

III. Bölge (2. Koparma bölgesi): Koparma silindirleri arasındaki mesafe kısaltılarak koparma işlemine devam edilmekte ve ortalama lif boyu kısaltılmaktadır.

IV. Bölge (3. Koparma bölgesi): Pratik olarak son koparma bölgesidir. Lif uzunluğu varyasyonlarının azaltılması için bu bölgede nispeten daha geniş ekartman ve daha yüksek çekim kullanılması önerilmektedir [50].

V. Bölge (yeniden koparma –rebreaking- bölgesi): Bu bölgede gereğinden uzun kopartılmış olan lifler yeniden kopartılarak elimine edilir. Genellikle 3. koparma bölgesinin ekartmanı 160 mm 'de sabit tutulduğunda yeniden koparma bölgesinin ekartmanı nihai lif diyagramındaki ortalama lif boyunu belirler. Bu bölgede gerginliğin bir miktar arttırılması ile lif boyu CV değeri bir miktar iyileştirilebilir [3,48,49].

Koparma makinalarından elde edilen elyaf diyagramı yün topslarına benzer ancak kısa elyaf içeriği biraz daha fazladır. Tovdaki rutubet koparma işlemi sırasında problem yaratabilir.

Lif tipleri ve koparma makinalarındaki çeşitlilik nedeniyle tüm lif ve koparma makinaları için sabit makina ayarları önerilmesi mümkün değildir. Birçok lif üreticisi kendi imalatı olan lifler için temel bir takım ayarlar önermekle birlikte birçok durumda bunların özel gereksinimlere uygun olarak yeniden düsenlenmesi gerekmektedir [51].

Koparma işlemine tabi tutulacak tovda aranan birtakım özellikler mevcuttur [48]:

- Tov kuru olmalıdır
- Makinaya düzgün, bükümsüz ve geometrik açıdan uygun şekilde yerleştirilmelidir.
- Tovda fiziksel hasarlar bulunmamalıdır
- Az kıvırcıklandırılmış olmalıdır
- Filamentler demetler halinde değil, birbirlerinden bağımsız halde bulunmalıdır
- Preperasyon maddesi uygun tip ve miktarda, iyi dağılmış ve nüfuz etmiş olmalıdır
- Tovda uzunluk boyunca görülen fiziksel ve kimyasal özellikler düzgün dağılmış olmalıdır

Koparma makinasında muamele edilecek tovun preperasyon maddesinin [48,52]:

- Dinamik lif-metal sürtünme katsayısının yüksek olması
- Lif-lif sürtünmesinin daha düşük olması
- Tam olarak kuru olması ve yeterli derecede antistatik madde içermesi

- Preperasyon maddesi miktarının (katı madde/lif ağırlığı oranının) kesme makinalarındakinden daha düşük olması istenir.

Akrilik tovlar nispeten düşük olan çekme mukavemetleri sayesinde koparma makinalarında poliester ve poliamidden daha yüksek hızlarda muamele edilebilmektedirler.

Koparma makinasında kesikli hale dönüştürülen liflerin özelliklerinde değişmeler meydana gelmektedir [40]:

- Lifte incelme
- Uzamada düşüş
- Kopma mukavemetinde artış
- Büzülme yeteneğinde artış
- Boya alma yeteneğinde azalma

Çubuksu parakristalin yapıları sayesinde akrilik liflerden büzülme özelliğine sahip lifler imal edilebilmektedir. Büzülme özelliğine sahip lif üretimi için iki metot bulunmaktadır:

- Kesikli liflerin uygun çekme ve takip eden işlem şartlarının seçimi ile büzülebilen lif haline getirilmesi
- Tovların koparma makinasında muamele edilmesi ile büzülebilen lifler elde edilmesi

Büzülme özelliğine sahip liflerin önemli bir kısmı koparma makinasında üretilmektedirler. Düşük büzülme özelliğine sahip lifler çekilmiş haldeki yüksek büzülme özelliğine sahip liflerin buharlanması ile elde edilirler. Büzülme özelliğine sahip lifler ile büzülmeyen (gevşetilmemiş) liflerin karıştırılmasıyla imal edilen iplik veya kumaşların daha sonra yaş ısıl işleme tabi tutulmaları sonucunda büzülme özelliğine sahip lifler relakse olmakta (gevşeyerek büzülmekte) ipliğin iç kısımlarına doğru hareket etmekte, bu esnada düşük büzülme özelliğine sahip liflerin boyunda bir kısalma meydana gelmediğinden bunlar da eğilmekte ve iplik yüzeyinde ilmekler oluşturmaktadırlar [53]. Şişirme (High-bulk) adı verilen bu işlem sayesinde iplik

ağırlığı ve iplik çapı büyümekte, iplik veya kumaşın hacim, yumuşaklık ve örtücülüğü artmaktadır. Koparma makinasından elde edilen lifler genel olarak %15-24 civarında çekme özelliğine sahiptirler. Tovun üretimi ve koparma işlemi esnasında özel ayarlar kullanılarak %24-40 çekebilen lifler elde edilmesi de mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalar %60 çektirilmiş ve %40 çektirilmemiş lifler kullanıldığında iplikte en yüksek hacim artışının sağlandığını göstermektedir.

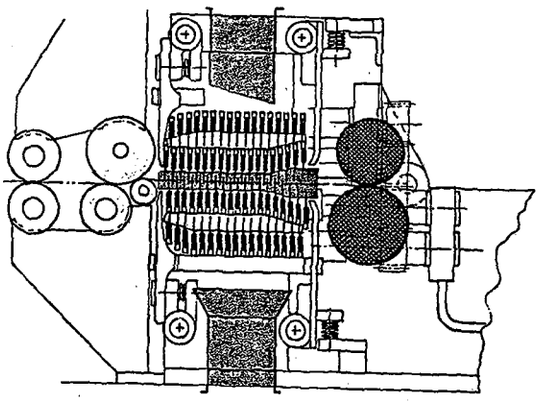
Gevşetilmiş (büzülmüş) lif imal edilmesine yönelik buharlama işlemi genellikle koparma makinalarının çıkış kısmına yerleştirilen J-kutusu (CSR-Continuous Sliver Relaxer) yardımıyla kontinü olarak gerçekleştirilmektedir.

Koparma makinasından elde edilen yüksek ya da düşük çekimli liflerden oluşan şeritler ikinci koparıcı (rebreaker), iğneli çekme ve fitil makinalarından geçtikten sonra iplik haline getirilmektedirler [50].

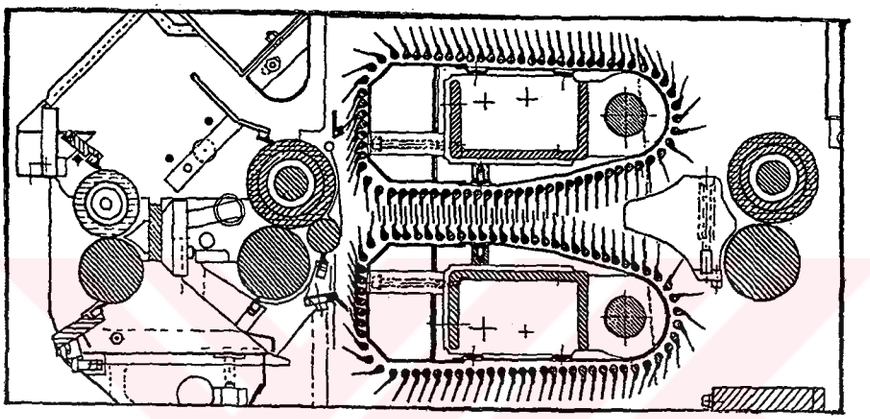
Genellikle tovlar balyadan balyaya boyama özellikleri ve fiziksel açılardan bazı farklılıklar gösterdiğinden karışım yapılması zorunludur. En az 6 balyanın karıştırılması önerilmektedir. Bu sistemde kullanılan çekme makinaları baretli çekme makinalarıdır. Baretli çekmelerin değişik tipleri bulunmaktadır.

Vidalı baretli çekmelerde kıstırma noktaları çok düzgün olduğundan ekartman ayarı çok net bir şekilde yapılabilmekte ve elde edilen şeridin kalitesinin daha iyi olduğu belirtilmektedir. Ancak bu makinalar oldukça yavaş ve gürültülü çalıştıklarından tercih edilmemektedirler. Vidalı baretli çekmelerin yerini pek çok yerde zincirli baretli çekmeler almıştır. Bunlar vidalı olanlara göre daha hızlı ve gürültüsüz çalışmaktadırlar. Hız açısından en üstün olanlar döner kafalı (rotary head) çekmelerdir. Ancak bu tip çekmelerde üzeri iğneli iki silindir arasındaki kıstırma noktası diğerlerindeki kadar net olmadığından özellikle çok ince veya kısa lifler için uygun olmadıkları iddia edilmektedir [54].

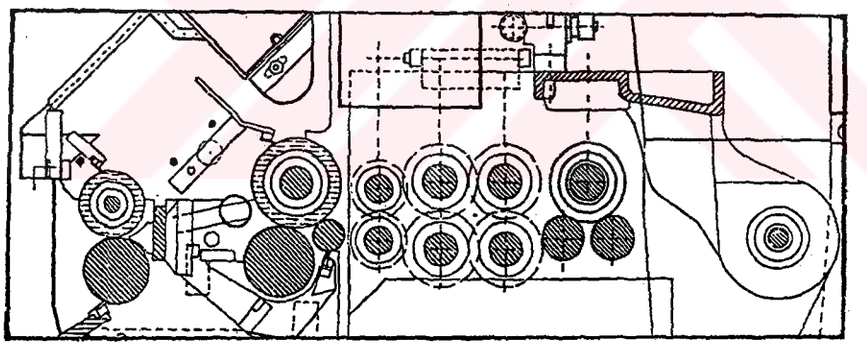
a)



b)



c)



Şekil 2.5 Kamgarn Sisteminde Kullanılan Çekme Makinaları, a)Vidalı Baretli, b)Zincirli Baretli, c)İğneli Döner Kafalı

Yünlü sistemde iplik haline dönüştürülen liflerin hemen hemen yarısı sentetik liflerdir. Ancak bu konudaki literatür oldukça sınırlıdır ve çoğunlukla büyük lif üreticilerinin kendi ürettikleri liflerin yünlü eğirme sisteminde nasıl iplik haline dönüştürülebileceğine dair yayımlanan teknik raporlardan oluşmaktadır. Bu raporlar genellikle söz konusu sentetik liflerin konvansiyonel yünlü eğirme makinalarında proses edilebilirliği üzerinde yoğunlaşmakta ve potansiyel problem alanlarına işaret edilmektedir [55].

%100 akrilik ve akrilik/yün karışımlarının modern kamgarn sistemlerinde prosesi üzerine yapılan çalışmalar toplam lif yüzeyinin eğirme hazırlık dairesindeki çekme makinalarında mümkün olduğunca sabit tutulması gerektiğini göstermektedir. Uygulanan çekim, baretlerdeki iğne sıklığı ve baret bölgesindeki efektif genişliğin de toplam lif yüzeyine göre belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır [51].

Baretlerde kullanılan iğnelerin tipi ve sıklığı üretim hattı boyunca değişiklik göstermektedir. Değişik zincirli baretli çekme makinaları düsenlemelerinin (düz veya yuvarlak iğne, manşonlar arasında farklı mesafeler) çok ince kamgarn ipliklerin imalatındaki etkisi araştırılmış ve sonuçlar manşonlar arasındaki mesafe azaltıldığında yuvarlak iğne kullanımının düzgün lif beslemesinin gerçekleşmesini güvence altına aldığını göstermiştir. Genellikle yuvarlak ve düz iğne kullanımı makina yüküne ve lif oryantasyonuna bağlıdır ve iğne sıklığı lif inceliğine göre belirlenmektedir. Düz iğnelerle çalışıldığında artan iğne sıklığı veya beslemenin düzgünsüzlüğü arttırdığı da gösterilmiştir [56].

Akrilik ipliklerde %4'ün üzerindeki kalıcı büzülmenin biberonlardaki penetrasyonla bağlantılı olarak aşırı fitil gramajından kaynaklanabileceği belirtilmektedir. Bobinleme esnasında standart parlaklıktaki liflerde yarı mat lifler ile aynı temizleme veriminin elde edilebilmesi için kapasitans iplik temizleyicinin %10 daha düşük değere ayarlanması gerektiği ifade edilmektedir. Büküm makinasında doğru yağlayıcı madde kullanımı ile toz oluşumu ve iplik kalitesinde önemli iyileşme sağlanabildiği gözlenmiştir [51].

Schulz tarafından 0,6 dtex/32 mm Dralon X parlak lif kullanılarak Nm 100/1 rotor ipliği üretilmiş ve üretim prosesi esnasında elde edilen veriler ile nihai ürünün değerleri incelenmiştir [57]. 820-860 tel/m^2'lik tambur ve 450-500 tel/m^2'lik şapkalar ile 40 kg/saat'lik tarak üretim hızının elde edilebildiği ifade edilmektedir. Üretilen ipliğin düzgünsüzlük, mukavemet ve uzama değerlerinin son derece iyi olduğu, üretim esnasındaki şerit numaralarının bu değerler üzerinde etkisinin bulunmadığı da görülmüştür. 0,6 dtex/32 mm parlak Dralon X ile pamuk karışımında (%50-%50) mukavemet, uzama ve düzgünsüzlüğün %100 0,6 dtex/32 mm Dralon X ipliğe göre biraz daha düşük, ancak iyi değerler verdiği tespit edilmiştir.

Akrilik ring ve hava jetli ipliklerden imal edilen süprem ve ribana kumaşlar üzerine yapılan araştırmalar [58] ilmek uzunluğu arttıkça sıkılık faktörü, yüzey yoğunluğu, poission oranları ve patlama mukavemetinde azalma meydana geldiğini göstermektedir. Sıkışma, sıkıştırılabilirlik, uzatılabilirlik ve boncuklaşma eğilimi ise ilmek uzunluğu arttıkça azalmaktadır. Gevşetmeden sonra ise sıkılık faktörü, kumaş kalınlığı, boyutsal değişim yüzdesi yüzey yoğunluğu, ilmek yoğunluğu ve poission oranları belirgin oranda artmaktadır. Hava jetli akrilik iplikler kalınlık ve boncuklaşma eğilimi açılarından üstün olmakla birlikte patlama mukavemetleri, sıkışma, sıkıştırılabilirlik, uzatılabilirlik özellikleri bakımından ring iplik daha iyi değerler vermektedir.

Değişik tipte %100 akrilik ve akrilik/yün karışımlı ipliklerin özellikleri üzerine yapılan araştırmalar şişirilmiş akrilik ipliklerin standart akrilik ipliklere göre mukavemet açısından daha zayıf ancak %100 yün ipliklerden düzgünsüzlük açısından daha üstün olduklarını ortaya koymuştur. Hem pamuklu, hem de kamgarn sisteminde üretilen akrilik iplikler karşılaştırılabilir Uster değerleri vermişlerdir. Tek kat ve katlı, boyalı ve boyanmamış iplik özellikleri arasındaki farkların ihmal edilebilecek kadar küçük oldukları gözlenmiştir [59].

2.2. Mikrolifler

Son zamanlarda yenilik arayışında olan kimyasal lif endüstrisi daha ince lifler üretme konusunda yoğun çaba içine girmiş bulunmaktadır. Bu çabanın sonucu olarak ortaya çıkan mikrolif kavramı için kabul edilen çeşitli tanımlar mevcuttur. Bilinen en ince doğal lif ipektir. Bu nedenle mikrolif tanımında ipek lifinin inceliği belirleyici olmuştur [60]. En ince ipek 1 denye'dir. Bu noktadan hareketle genel olarak kabul gören tanıma göre 9000 metresinin ağırlığı 1 gramdan az olan lifler "mikrolif" olarak ifade edilmektedir. Sentetik lifleri şu şekilde sınıflandırmak mümkündür [61]:

> 7,0 dtex → kaba lifler

7,0-2,4 dtex → ince lifler

2,4-1,0 dtex → çok ince lifler

1,0- 0,3 dtex → mikrolifler

< 0,3 dtex → süper mikrolifler

2.2.1. Mikrolif Üretimi

Mikrofilamentler ilk defa Asya'da yani ipeğin anavatanında geliştirilmişlerdir. İpek tipi 0,8-0,9 dtex kesikli poliester lifler Hindistan'da neredeyse 20 yıldır kullanılmaktadırlar. Bugün en büyük pazar potansiyeline sahip olanlar poliester mikrofilamentlerdir. Üretilen mikrofilamentlerin incelikleri de gittikçe azalmakta ve ürünler çeşitlenmektedir [62].

İnce lif üretiminde üç ayrı yöntem kullanılmaktadır (Şekil 2.6) [63-66]:

1. Mikrofilamentler naylon ve poliesteri tek bir filamentte bikomponent halinde kullanan Japonlar tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir. Filamentin öz kısmında naylon, dış katmanlarında ise poliester kullanılmıştır. Daha sonraki terbiye işlemleri esnasında bikomponent lif bölünmekte ve tek bir liften çok sayıda mikrolife dönüşmektedir. Bi komponent lif imalatı kökeni 1960'lara kadar uzanan oldukça eski bir teknoloji olmakla birlikte mikrolif üretimi 1970'lerde özel amaçlara yönelik olarak başlamıştır. Ancak bu şekilde lif imalatı büyük oranda boya ve terbiye işlemlerinin etkinliğine bağlı olduğundan pahalı ve karmaşıktır.

Bikomponent yöntem, bikomponent liflerin ayrılması için kullanılan metoda göre ikiye ayrılabilir [5,6]:

a) Mekanik ayrıştırma: Birbirine bitişik iki polimer içeren bikomponent filamentler halindeki lifler çekme, buharlama veya ısıtma, titreşim uygulama gibi mekanik veya kimyasal işlem seçeneklerinden herhangi biri kullanılarak birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Genellikle polimer olarak poliester ve naylon kullanılmaktadır [7]. Poliolefin/naylon ve poliolefin/poliester kullanılan özel tipleri de bulunmaktadır. Ancak bu metotların bazıları sadece lif halindeki malzemeye uygulanabilmektedir. Bu ise kumaş imalatçılarının kumaş haline getirilmeden önce mikrolif haline gelmiş bu son derece ince malzemeyle çalışabilmek için özel teknikler geliştirmelerini gerektirmektedir.

b) Çözücü ile ayrıştırma: Bu metotta bikomponent filamentlerden biri çözünür diğeri ise çözünür olmayan şeklinde seçilmektedir. Sonraki aşamalarda ve tercihen bikomponent filamentlerin kumaş haline getirilmesinden sonraki terbiye aşamalarında çözünür kısım uzaklaştırılmakta ve geriye çözünmeyen filamentler kalmaktadır [7-9].

Metot	Lif tipi	Kesit (model)	Malzeme	Denye
Çözme	Deniz-ada		Poliester ve polistiren	0,001-0,1
	Karışımlı			0,001-0,01
Split ve ayırma	Merkezden yayılan kesikli		Poliester ve poliamid	0,1-0,2
	Merkezden yayılan kesikli ve boş			0,23
	Paralel kesikli			0,2-0,3
Direkt lif çekimi			Poliester	0,1-0,5
			Poliamid	0,5-0,7
			Poliakrilnitril	0,1
Çözme ve ayrıştırma			Poliester	0,1

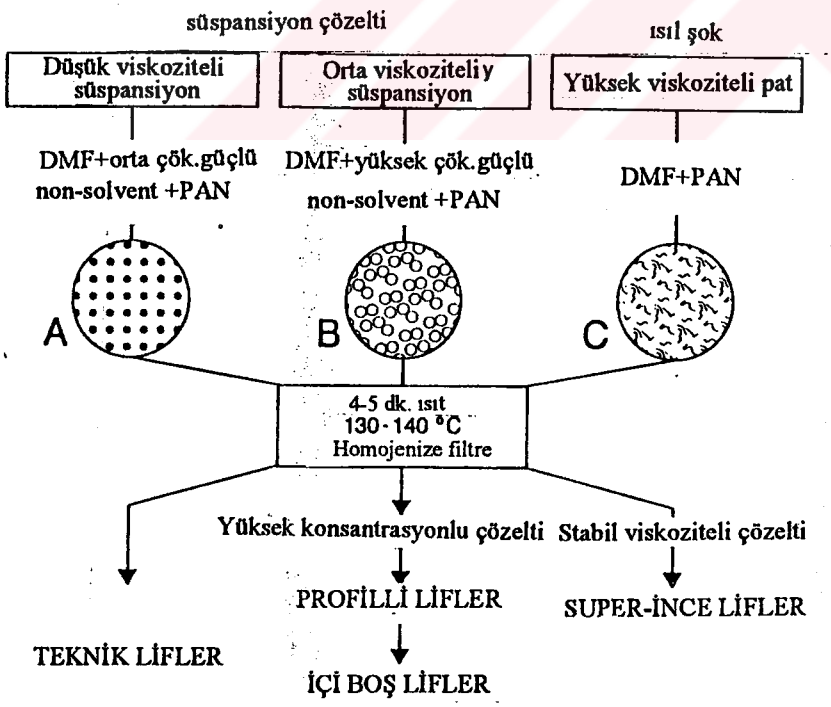
Şekil 2.6 Farklı Mikrolif Tipleri [65]

2. Lif dış yüzeyinin soyulması yoluyla mikrolif imal edilebilmektedir. Elyafın dış yüzeyi alkali vasıtasıyla kontrollü olarak soyulur. Alkali işlemiyle lifin parlak ve kaygan olan üst tabakası kaybolur ve lif inceltilmiş olur. 1970'li yılların sonundan bu yana alkalizasyon yoluyla aşırı bükülmüş poliester filamentlerden ipeksi kumaşlar elde edilmektedir. Ancak bu işlem mukavemette kayıplara sebep olduğu ve çevreye zarar verdiği için geniş uygulama alanı bulamamıştır [10,11].

3. Mikrolifler doğrudan doğruya eriyikten lif çekimi, kuru çekim veya yaş çekim metotlarından biri ile de imal edilebilmektedirler. Polimerizasyon yöntemi, polimer, lif üretim ve çekim şartlarının çok iyi seçilmesini gerektirmektedir. Avrupa ve A.B.D.' de yaygın olarak kullanılan metot budur. Poliester, naylon ve akrilik mikrolifler bu metotla imal edilmektedirler.

Açıklanan her üç metot da üniform mikrolif imaline yöneliktir. Bunların dışında üniform olmayan akrilik imalinde kullanılan eriterek püskürtme (meltblown) gibi metotlar da bulunmaktadır. Eriterek püskürtme prosesinde polimer cipsleri eritilip doğrudan doğruya yüksek hızlı hava akımına yöneltilerek filamentlerin inceltilmesi ve kopma noktasını aşarak gerilmeleri sağlanmakta ve incelikleri yaklaşık 0,1-0,5 den/lif arasında ve belirli uzunluklarda kesikli lifler elde edilmektedir. Bu tip lifler tülbent ve çeşitli dokusuz yüzey imalinde kullanılmaktadır [10].

Bugün en yaygın şekilde kullanılmakta olan mikrolifler poliester ve poliamidden imal edilmiş olanlardır. Literatürde geçen çalışmaların hemen tamamı bu tip kontinü filament veya kesikli kısa lif eğirme sistemine göre hazırlanmış liflerle gerçekleştirilmiş olmakla birlikte polipropilen, viskoz rayon, modal ve akrilik mikrolifler de üretilmekte ve kullanılmaktadır. Ancak akrilik mikroliflerle ilgili yayınlanmış çalışma sayısı yok denecek kadar azdır.



Şekil 2.7 Isıl şok prosesi [3]

Akrilik mikroliflerin üretimine yönelik çeşitli metotlar bulunmaktadır. En güvenilir metotlardan biri U.S. patent 4,497,868-Bayer-Feb.1983'tür [2]. Bu metoda göre şu parametreler gözlenmelidir: Arzu edilen tekstil özelliklerine sahip mikrolifler üretmenin en önemli unsurlarından biri lif çekiminden önceki lif çekim çözeltisi viskozitesidir (Şekil 2.7). Stabil viskoziteye sahip lif çekim çözeltisi elde etmek için çözelti belli bir süre boyunca minimum bir sıcaklık değerinde muamele edilmelidir. Sıcaklık ve süre çözeltinin konsantrasyonuna ve polimerin molekül ağırlığına bağlı olarak belirlenir. Ortalama 80 K değerine sahip saf ve dimetilformamid içinde % 35'lik konsantrasyonlara varan akrilnitril ile çalışılırken polimer öncelikle çözücüde düşük sıcaklıkta pat haline getirilmelidir. Elde edilen oldukça viskoz yapıdaki pat daha ileri işlemlere geçilmeden minimum 140°C' de en az 4 dakika bekletilmelidir.

Endüstride çoğu zaman olduğu üzere akrilnitril kopolimerleri kullanıldığında yüksek viskozitedeki pat, viskozitenin stabil hale geçmesini sağlamak üzere biraz daha düşük sıcaklıklarda (125-130°C) ön işleme tabi tutulabilir.

Birkaç saat boyunca sabit kalan çözelti viskozitesinin stabil hale gelmiş olduğu söylenebilir. Bu haldeki bir çözelti yüksek çekim oranlarında (30-500) ve yumuşak ısıl şartlarda (çözeltinin yavaş buharlaştırılması) ince denyede lif ve filament halinde çekilebilir. Lif çekim çözeltisinin sıcaklığı 200°C'yi, çözeltiyi buharlaştırmak için kullanılan gaz veya havanın sıcaklığı 400°C'yi geçmemelidir.

Daha da yumuşak ısıl şartlarda son derece yüksek çekimlerle çok daha ince liflerin imal edilmesi de mümkündür. Ancak çok düşük sıcaklıklarda lif çekme çözeltisi jelleştiğinden bu kadar yüksek çekimlere çıkılabilmesi için çözelti viskozitesinin son derece stabil olması gerekmektedir. %29,5'lik poliakrilik lif çekim çözeltisinden 457 çekim verilerek 0,2 dtex incelikte lif elde edilmiştir. Kaynar suda 1:3,6 oranında çekim verilerek 0,07 dtex incelikte lifler de üretilebilmiştir.

Bu daha yumuşak şartlarda çözücü daha yavaş buharlaşır. Bunun sonucu olarak lif tüm kesidi boyunca daha düzgün bir şekilde çeker ve katılaştıktan sonra da yuvarlak şeklini korur ve lifin morfolojisi de değişir. Lif inceldikçe yüzeyi daha pürüzsüz hale gelir ve daha kalın liflerde görülen fibriler yüzey yapısı ortadan kalkar. Lifin bu yapısı

çekimden sonra da muhafaza edilir. İnce liflerin parlaklığı bu pürüzsüz yüzey yapısından kaynaklanmaktadır.

2.2.2. Mikrolif Üretimi ile Alışılagelmiş Liflerin Üretimi Arasındaki Farklar

Mikrolif üretimi birkaç yıl öncesine kadar çok problemli olmuştur. Bu problemler çok sayıda kopuk filament, yüksek düzgünsüzlük değerleri ve düşük üretim hızı olarak kendini göstermiştir.

Mikrolif imalinde kullanılan polimer üniform molekül ağırlığı ve dar bir molekül ağırlığı dağılımına sahip olmalıdır. Kontinü polimer üretim prosesinin bu amaca uygun olduğu belirtilmektedir [67,68]. Polimerin kıvamı ve temizliği de son derece önemlidir. Polimer zincirinin uzunluğu ve bu anlamda kısa süreli viskozitenin mümkün olduğunca sabit tutulması gerektiği ifade edilmektedir [8].

Poliester mikrolif imalinde çips muamelesi esnasında özen gösterilmelidir. Bu aşamada temizliğe dikkat edilmesi, kurutma/kondisyonlama kolonlarında bulunma sürelerinin düzgün olması sağlanmalıdır. Polimerin yeniden erime aşamasının mümkün olduğunca yavaş gerçekleşmesi gerekmektedir [8].

Ekstrüder ve filtrelerin seçiminde çok dikkatli davranılması ve kaliteli olanların tercih edilmesi önerilmektedir. Mikrolif imalatında filtrasyon son derece önemlidir. Çünkü filament çapından daha büyük bir yabancı madde mevcutsa filament kopuşları meydana gelir ve mikroliflerin çapları çok küçük olduğundan çok küçük boyuttaki yabancı maddeler bile kopuşa sebep olabilmektedir [69]. Ancak filtreler arkalarında kalan alanda basıncı arttırdıklarından ekstrüderde çalışmayı zorlaştırmakta ve eriyiğin bekleme süresini uzatmaktadırlar. Bu nedenle çok iyi tasarlanmış olsalar bile polimerin pişeceği ölü noktalar meydana getirmektedirler. Mikrolif üretiminde böyle bir durumun kabul edilmesi mümkün olmadığından daha pahalı da olsa temiz polimer kullanılarak filtrenin elimine edilmesi önerilmektedir [8]. Transfer hatları da filtreler gibi bekleme süresini arttırdıklarından mümkün olduğunca düz ve kısa olmalıdırlar. Bu nedenle üretim hatları planlanırken biraz daha düşük maliyetli olan büyük birimler yerine çoklu küçük makinaların kullanımı tercih edilmelidir.

Akrilik mikroliflerde yüksek çekim oranlarına çıkılmasını mümkün kılacak özel polimer kompozisyonları gerekli olmaktadır [27].

İmalat prosesinin hiçbir sebeple kesintiye uğramaması gerekmektedir. Ayrıca nem ve sıcaklık düseyinin kesin ve hassas bir şekilde ayarlanması da son derece önemlidir [67].

Verilen bir kontinü filament iplik inceliği için filament inceldikçe kesitteki filament sayısı artacağından düse çapı ve düsedeki delik sayısı da artacaktır. Doğal olarak delik çapları da çok küçük olmaktadır. Bu iki özellik memeciklerin temizlenmesini zorlaştırmakta ve lif çekim işleminin yavaşlamasına sebep olmaktadır. Ayrıca filament sayısının artması filamentlerin birbirlerine temas ederek yapışmaları olasılığını da arttırmaktadır [69].

Mikrofilamentlerin kırılma dayanımları çok düşüktür. Bu nedenle temas eden yüzeylerin sürtünme katsayıları düşük olmalı, kılavuzlardaki açılar minimuma indirilmeli, filament üzerindeki gerginlikler mümkün olduğunca azaltılmalıdır.

Mikrolif kalitesi açısından en önemli parametreler düzgünsüzlük ve boya alma eğilimidir. Standart POY veya FDY tesisleri kullanılarak istenen değerlere ulaşılmasının mümkün olmadığı ifade edilmektedir. Neumag 0.5 dtex'ten daha ince FDY ve POY/DTY filamentlerin çok iyi düzgünsüzlük değerinde çekebildiğini ifade etmektedir [62].

2.2.3. Mikroliflerin Özellikleri

Mikrolif imalinde kullanılan teknoloji alışılagelmiş liflerin imalinde kullanılana oranla daha sofistike ve pahalıdır [70]. Birtakım yatırımlar da gerektirmektedir [51]. Mikrolifler iplik ve dokuma tesislerinde muamele edilmeleri esnasında da daha büyük özen gerektiren hassas malzemelerdir. Kumaş terbiye işlemleri kritik ve genellikle daha yüksek maliyetlidir. Sonuç olarak elde edilen ürün çok iyi özelliklere sahip ancak pahalı olmaktadır [71-74].

Mikrolifler tüm doğal liflerden daha incedir. Bu incelik elde edilen kumaşların özelliklerini de geliştirmektedir. Bunların en önemlileri parlaklık, esneklik, yumuşak

tutum ve yüksek su ve yağ absorbsiyonuna bağlı olarak daha konforlu giyim özellikleridir [60,71,73].

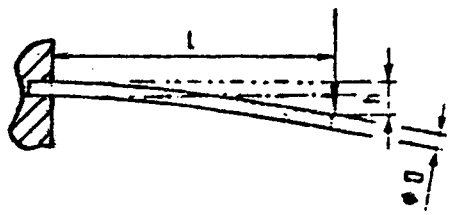
Mikroliflerin kullanım alanları 5 ana başlık altında toplanabilir [63,66]:

1) Sun'i süet
2) İpek taklidi kumaşlar
3) Yüksek yoğunlukta kumaşlar
4) İkinci nesil sun'i deriler
5) Yüksek performanslı toz bezleri

Lifin inceliği azaldıkça bu liften imal edilen iplik ve kumaş da daha ince hale gelmektedir.

Lifin daha ince hale gelmesi iplik kesidindeki lif sayısının arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca mikroliflerden imal edilen iplikler çok daha hacimli ve gözenekli olmaktadırlar. Bu özellik ise söz konusu liflerden imal edilen kumaşların soluma (breathability) özelliklerini üstün kılmaktadır [63].

Lifin incelmesi eğilme direncini de önemli oranda azaltır (Şekil 2.8) [10,63,75,76]. Eğilme direnci aşağıdaki formül ile verilmektedir:



Şekil 2.8 Tek lifin inceliğine bağlı eğilme direnci

$$BS = F/h = 12{,}35 \cdot \frac{E \cdot T_d^2}{L^3 \cdot \rho^2} \qquad (2.1)$$

BS = Eğilme Direnci

F = Eğilme kuvveti (kg)

h = Eğilme yüksekliği (mm)

E = Elastiklik modülü (kg/cm²)

T_d = Lif inceliği (dtex)

L = Eğilme uzunluğu (cm)

ρ = Lif yoğunluğu (g/cm³)

Eğilme direncindeki azalmaya bağlı olarak mikroliflerden imal edilen kumaşlar daha yumuşak, dökümlü ve estetik açıdan daha iyi özelliklere sahip olmaktadırlar. Tutum için kesin bir tanımlama yapılması zor olmakla birlikte liflerin eğilmeye karşı gösterdikleri dirence bağlı olarak açıklanması mümkündür. Liflerin atalet momenti lif çapının 4. dereceden üssü ile orantılı olarak değiştiğinden lifler inceldikçe bunlardan imal edilen mamulün tutumu da daha yumuşak olmaktadır [10].

2.2.4. Mikroliflerden İplik Üretimi

Mikroliflerin çoğu mikrofilament formunda kullanılmaktadır. Ancak geç ortaya çıkışı ve çok fazla çeşit ihtiva etmemesine karşın kesikli mikroliflerin kullanımı da her geçen gün artmaktadır. 0,4-0,5 denyelik poliester ve 0,5-0,7 denye'lik akrilik kesikli lifler kullanılmaktadır [7].

Mikrolifler kesikli halde kullanıldıklarında diğer liflerle birlikte eğrilebilme esnekliği sağlanmakta ve estetik özelliklerin bir miktar azalmakla birlikte korunduğu görünmektedir. Artan lif esnekliği her zaman arzulanmayabilir. Çünkü mikroliflerin neps oluşturma eğilimi daha fazladır. Yine buna bağlı olarak ince liflerden imal edilen kumaşların buruşma eğilimleri de artmaktadır. Bunu önlemeye yönelik olarak çeşitli proses aşamalarında toplam çekimin, pasaj sayılarının, çok aşamalı proseslerde koparma çekimini arttırmak suretiyle maksimum çekimin azaltılması önerilmektedir.

Kıvırcıklandırılmış mikrolifler oldukça düşük geri toplama kuvveti veya yay sabitlerine sahiptirler. Bu özellikleri taraklama prosesi esnasında daha düşük tarak tülbenti

tansiyonu, pasajlardan ve fitil makinasındaki çekim bölgelerinden sonra daha az gerginlik uygulanması sonucunu getirmektedir. Düşük geri toplama kuvvetlerinin telafi edilmesi için her durumda çıkış hızının arttırılması gerekmektedir. Tekstüre filament ipliklerde küçük yay sabiti gerilmeyi azaltmakta ve gerilmeden sonra daha yavaş bir geri dönüş gerçekleşmektedir [77]. Tekstüre olmuş ipliklerde kıvrılma direnci düşük olduğundan aynı numaradaki tekstüre edilmiş mikroliften imal edilen kumaşta kıvrımdaki gelişme nedeniyle hacimlilik daha düşüktür [10].

0,6 dtex/32 mm kesikli akrilik lifi ile yapılan bir çalışmada tarakta 600-700 iğne/inç²'lik garnitürlerle 20-30 kg/sa'lik üretim hızının en verimli uygulama olduğu yolundaki görüşün geçerliliği gözlemlenmiş, lif uzunluğunun etkisi araştırılmış ve karakteristik ring ve rotor iplik değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar uygun garnitür ve hız seçimi ile üretimin 50 kg/sa'e çıkartılabileceğini göstermiştir. Bu üretim hızının ring iplikte düzgünsüzlük ve mukavemet değerleri üzerinde önemli bir fark yaratmadığı ancak uzamanın bir miktar düştüğü ve kalın yerler ile neps açısından da bir miktar kötüleşme olduğu belirlenmiştir. Tarakta 1000 iğne/ inç²'lik garnitürlerle 40 kg/saat'lik üretim hızının hem ring hem de rotor iplikler için en iyi sonuçları verdiği gözlenmiştir. Bu ayarlarda imal edilen rotor ipliklerin 700 iğne/inç²'lik garnitürlerle 20 kg/sa'lik üretim hızında üretilenlerle aynı kalitede olduğu hatta kalın yerlerde azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında amaca uygun yüksek üretimli tarakların ve hızın seçilmesi, beslemenin daha yumuşak bir şekilde yapılması, daha sık garnitürlerin kullanılması önerilmektedir [78].

Lifleri tambur üzerinden şapkalara veya penyöre atmaya yönelik merkezkaç kuvvetler de lif kütlesi ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bunu önlemek için tarak garnitürlerinin mükemmel olması ve oyuklar bulunmaması gerekmektedir [77].

Lif inceldikçe taraklama esnasında neps oluşumu arttığından taraklama prosesi daha zor hale gelmektedir. Bu problemle başa çıkma yolu olarak lif uzunluğunun azaltılması gösterilmektedir. Uzun ince liflerde hız düşürülse bile taraklama esnasında problemlerle karşılaşılmaktadır [79].

Lif inceldikçe kesitteki lif adedi büyük ölçüde artmaktadır. Bu sayede daha ince iplik imal edilebilmesi mümkün olmakta, iplik düzgünsüzlüğü iyileşmekte, mukavemet ve

uzamada gelişme sağlanmaktadır [80]. Bu durumun yan etkileri ise kesikli lif imalatında daha ilk aşamadan itibaren kendini göstermektedir. Taraklama esnasında lif adedindeki artışı karşılayabilmek için daha düşük besleme yapılması gerekmektedir. Beslemedeki azalma iğne yoğunluğu veya silindir hızı arttırılarak karşılanabilmektedir. Ancak tarak ayarları makinadan makinaya değişmektedir.

Su ve diğerleri [81] 0,8 denye poliester lif kullanarak çekim kuvvetlerini incelemişlerdir. Araştımanın sonuçları ince lifler arasındaki kohezyon kuvvetinin çok daha yüksek olduğunu, ince liflerden oluşan fitillerde büküm katsayısı arttıkça çekme kuvvetinin de yükseldiğini ortaya koymuştur. Çekim kuvveti azalmaya başladığında fitil büküm katsayısının artışı ile çekim oranı da artmaktadır. Araştırmacılar ince poliester liflerle çalışılırken uygulanacak çekim oranının çekme kuvveti eğirisinin ilk yükselme bölgesi içinde kalacak şekilde seçilmesini önermişlerdir.

Düşük lif modülü ve kesitteki lif sayısında meydana gelen büyük artış ring eğirmede üst silindire sarma eğilimini arttırmaktadır. Değişik preperasyon yağları geliştirilip kullanılarak bu durum önlenmeye çalışılmakla birlikte daha ince liflerle çalışıldığında normalden daha çok sarma olayı meydana gelmesinin kaçınılmaz olduğu ifade edilmektedir.

Yine kesitteki lif sayısının artışı büküm katsayısı karakterini de değiştirmektedir. %100 poliester ve %80/20 poliester/pamuk karışımları ile yapılan denemelerde eğrinin 2TM'e kadar alışılmadık şekilde düz olduğu, pamuk oranının %50'ye çıkartılması durumunda alışılagelmişe daha yakın bir hal aldığı görülmüştür. İplik mukavemetinin esas alındığı durumlarda daha ince lif kullanımının bükümün azaltılabilmesine olanak sağladığı saptanmıştır [75,80].

Kesitteki lif sayısı artışının önemli sonuçlarından birinin de proses hattı boyunca ürün hacminin atması olduğu ifade edilmektedir. Bu etkiyi dengelemek üzere kovalardaki şerit miktarının düşük tutulması, daha geniş kondensörler ve kılavuzlar kullanılması, çekim bölgesindeki kılavuz ayarlarına özen gösterilmesi, daha geniş çekim apronu ekartmanları kullanılması ve ring kopçalarının dikkatli seçilmesi önerilmektedir. Fitil aşamasının da önemli olduğu belirtilmektedir. Ön kondensör kılavuzlarının aralığı genişletildiğinde fitilin kütle %CV değeri önemli oranda azalmaktadır. Koparma

çekiminin azaltılması ile bu değerin daha da aşağı çekilebileceği ifade edilmektedir [77].

Lif inceliği arttıkça birim ağırlıktaki lif yüzey alanı toplamı da artmaktadır [63,77,82]. Bu durum liflerin birbirleri üzerindeki hareketlerini zorlaştırmakta ve daha yüksek çekim kuvvetleri uygulanmasını gerektirmektedir. Ancak söz konusu durumun en önemli etkisi liflerin boyanması esnasında kendini göstermektedir. Lif inceldikçe aynı renk tonunun elde edilmesi için verilmesi gereken boyarmadde miktarı artmaktadır [11,77,83]. Kullanılması gereken boyarmadde miktarının lifin denye olarak inceliğinin karekökü ile ters orantılı olduğu ifade edilmektedir [82]. Artan lif yüzeyi lifin boyayı alma hızını hemen hemen yüzey alanındaki artış ile orantılı olarak arttırmaktadır [77].

Yüzey alanındaki büyük artış preperasyon maddesi moleküllerine bekletme veya ısıl işlemler esnasında daha fazla hareket etme ve polimer ile reaksiyona girme olanağı sağladığından mikrolifler depolama şartları ve süresinden negatif yönde etkilenebilmektedirler [70].

Geniş lif yüzeyi su, ışık, ısı gibi dış etkenler için daha geniş bir etki alanı sağlar. Buna mikrolifler için daha fazla boyar madde kullanılması da eklenince mikroliflerden imal edilen kumaşlar daha düşük renk haslıkları göstermektedirler. Isı migrasyonuna karşı eğilimli oldukları ve ısı etkisinden ötürü yaş ve kuru sürtünme haslıklarının düşük olduğu belirtilmektedir. Mikrolif ipliklerde lifler arasındaki boşluk çok az olduğundan fikse olmamış boyarmadde ve yardımcı maddelerin uzaklaştırılması son derece güçtür. Bu nedenle ve kumaş tutumunu optimize etmek amacıyla mikroliflerden imal edilen kumaşlara redüktif son yıkama uygulanmaktadır. Mikroliflerin ışık haslığı değerlendirmelerinde aynı boyarmaddeler için haslık değerlendirme derecelerinin düşürülmesi gerektiği belirtilmektedir. Genelde 2 dereceye kadar ışık haslığı bozulması doğaldır. Bu durum, başka faktörler yanında ışık absorblama özelliğinin önemli ölçüde yüksekliği ve bunun sonucunda sıcaklığın yükselmesi ile açıklanmaktadır. Bu davranış zımparalama prosesi ile şiddetlenmektedir. Tatmin edici ışık haslığı seviyelerine ulaşmada optimum boyarmadde seçiminin ön şart olduğu vurgulanmaktadır [61,84].

Mikroliflerden katlı iplik imali üzerine araştırmalar da yapılmıştır. Tek kat olan 0,83 dtex/38 mm Trevira liften üretilmiş 8,5 tex ring ipliği, 0,85 dtex/38 mm Trevira liften

üretilmiş 12,5 tex rotor ipliği ve 0,6 dtex/38 mm Dralon liften üretilmiş 12 tex ring ipliği ikiye bir büküm makinasında ve balonsuz büküm makinasında çift kat iplik haline getirilmiştir [85]. Sonuçlar iyi katlı iplik kalitesinin her iki makinada da elde edilebildiğini göstermiştir. Ancak iplik kılavuzlarının elde edilen ürünün kalitesi üzerinde etkili olduğu, yüzeyi pürüzlü olan kılavuzların kopma mukavemeti ve uzamayı olumsuz yönde etkilediği gözlenmiştir. Bu nedenle iplik yolu üzerindeki tüm seramik kısımların iyice parlatılmış olması önerilmektedir.

Schlafhorst firmasının gerçekleştirdiği çalışmada [86] PES (1 dtex/38 mm)/Modal (1 dtex/34 mm) (50/50), PES(0,8 dtex/38 mm)/Pamuk (1,63 dtex) (50/50) ve %100 Akrilik (0,6 dtex/32 mm) harmanlarından sırası ile Nm60, 50 ve 100 rotor ipliği imal edilmiş ve iplik değerleri karşılaştırılmıştır. İplik mukavemeti ilk iki tip için büküm katsayısına bağlı olarak bir miktar değişirken akrilikten imal edilen ince iplikte bükümden bağımsız olarak mukavemette bir iyileşme gözlenmiştir. İplik inceldikçe daha ince liflerden imal edilen ipliklerin değerlerinin daha dar bir aralıkta oynadığı yani CV değerlerinin düştüğü tespit edilmiştir. İnce liflerde kıvırcıklanma ve elastiklik kapasitesinin daha düşük olmasına bağlı olarak mikrolif içeren ipliklerin uzama değerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. İnce lifler kullanıldığında ince ve kalın yer sayılarında azalma meydana gelirken bekleneceği üzere ince liflerin kalın liflere oranla daha fazla neps oluşumuna sebep oldukları görülmüştür. Şaşırtıcı şekilde mikroliften imal edilen ipliklerin kesitteki lif sayısı ve buna bağlı olarak serbest lif uçlarının artmasına karşın daha kalın liflerden imal edilenlere oranla daha düşük tüylülük değeri verdikleri belirlenmiştir. 0,8 dtex/1,60 inç akrilik liften üretilen Ne41, 0,55 dtex/1,25 inç akrilik liften imal edilen Ne60 ve 0,83 dtex/1,25 inç poliester liften üretilen Ne30, 35 ve 41 rotor iplikleri ile gerçekleştirilen çalışma da bir önceki çalışmanın sonuçlarını tamamen desteklemektedir [87]. Bu çalışmada ayrıca rotor ve açma silindiri gibi kısımlarda mikroliflerin özelliklerine uygun birtakım değişiklikler yapılmasının yararlı olacağı görüşü ifade edilmektedir. 1 denye ve 0,7 denye poliester liflerinden üretilen rotor ipliklerden imal edilen kumaşların boncuklaşma test sonuçları ince lifte boncuklaşmanın daha fazla olduğunu göstermiştir. Ancak, aradaki fark 1,5 denye ile 1 denye arasındakinden çok daha küçüktür. Çalışma ayrıca mikroliflerin ince rotor iplik imalinde kalın ipliklere oranla daha iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur.

Mikroliften kalın lif imalinde kesitteki lif sayısı aşırı arttığından iplik kalitesi ve eğirme performansı olumsuz yönde etkilenmektedir.

Open-end sisteminde 0,6 dtex Leacril Micro ile Nm50,8 ve 0,9 dtex Leacril Micro ile Nm34 iplik eğrilmiş ve elde edilen ipliklerin özelliklerinin pamuk ve 1,3 dtex inceliğindeki Leacril ile imal edilmiş olanlara göre kopma mukavemeti, kopma uzaması ve düzgünsüzlük açısından daha üstün olduğu görülmüştür. Bu ipliklerin boncuklaşma düseyleri kabul edilebilr seviyede olmakla birlikte lifler arası kohezyon ve lif/metal sürtünmesi özellikleri geliştirilmiş Leacril Micro Non Pilling ile daha da iyi boncuklaşma değerleri elde edildiği belirtilmektedir [27].

Spaggiari ve Trevisan 0,8 dtex Myoliss kullanarak kamgarn ve pamuklu sistemde iplik imal etmiş ve özelliklerini daha kalın akrilik liflerden imal edilmiş olanlarla karşılaştırmışlardır [88]. Elde edilen sonuçlar mikroliflerden imal edilen ipliklerin diğerlerine göre daha iyi mukavemet, uzama ve düzgünsüzlük değerleri verdiğini ortaya koymuştur. Spaggiari ve Travisan mikroliflerin kamgarn sisteminde prosesi esnasında mümkün olduğunda bakımlı makinalar kullanılmasını, en az üç pasaj çekim uygulanmasını, orta sıklıkta iğne içeren çekmeler tercih edilmesini, beslemenin optimize edilmesini, çekme makinası hızlarının azaltılmasını önermektedirler. Yün ile karışım yapılması halinde ise çekim regülasyonuna özen gösterilmesi ve iki kafalı klasik melanjörlerin kullanılmasının uygun olduğunu ifade etmektedirler. Kollu çekim tabancası kullanılması durumunda kopça hızının 32 m/sn'nin üzerine çıkmaması gerektiği de vurgulanmaktadır. Aynı çalışmada mikrolif içeren ipliklerden imal edilen örgü kumaşların yapısal ve konfor özellikleri de incelenmiş elde edilen sonuçlar bunların diğer akrilik liflerden imal edilmiş olanlara kıyasla daha yumuşak, parlak, dökümlü olmalarının yanı sıra akrilik lifinin iyi bilinen dayanım ve bakım özelliklerini de verdiklerini göstermiştir.

İnce liflerin MJS sistemindeki performansının araştırılması amacı ile Ne30 (50-50 poliester, pamuk penye) ve Ne45 (65-35 poliester pamuk penye) iplikler imal edilmiş ve bu ipliklerin kalite değerleri lif inceliği ve uzunluğu açılarından değerlendirilmiştir [79]. Buna göre lif inceldikçe iplik düzgünsüzlük değeri genel anlamda iyileşmekle birlikte ince yerlerin sayısı azalırken kalın yer ve neps sayısında artış meydana gelmektedir. Bu açıdan gelişme sağlanması için statik ve dinamik sürtünmenin

azaltılması gerektiği belirtilmektedir. Yine lif inceldikçe tüylülük azalmakta, iplik mukavemeti artmaktadır. Bu ipliklerden üretilen kumaşlar da daha yumuşak olmakta ve yüzey pürüzlülükleri azalmaktadır. İnce lif içeren ipliklerden örülen kumaşlarda hacimlilik artarken dokuma kumaşlarda tam tersi bir durum gözlenmektedir. Lifteki incelmenin boncuklaşma problemini arttırdığı tespit edilmekle birlikte MJS ve ring eğirme sistemlerinin bu açıdan daha avantajlı oldukları ifade edilmektedir.

Filament ipliklerden kumaş imalatı dikkate alındığında, kesitteki filamentler inceldikçe filamentlerin eğilme direnci düşmektedir. Filament ipliklerin eğilme direnci tekstürizasyon esnasında da önemlidir. Tek filamentlerin düşük olan eğilme direnci iplik ve kumaş konstrüksiyonu ile diğer liflerle karıştırılma oranına bağlı olarak avantajlar sağlamaktadır. Yumuşaklık ve iyi drape özelliği bunlar arasında sayılabilir. Tekstüre edilmiş ipliklerdeki eğilme direnci hacim artışı da sağlamaktadır.

Tekstüre ipliklerde filament sayısı arttıkça kıvırcıkların oluşumunda aynı numaradaki diğer ipliklere kıyasla artış olmaktadır. Bu nedenle mikrofilamentlerden yapılmış tekstüre kumaşlarda hacim düşmektedir. Burada esas olan filament inceldikçe kıvırcık oranının azalması ve buna paralel olarak kumaşın geri toplama özelliği ve hacim oluşumunun zayıflamasıdır. Filament mukavemeti de düşmektedir. Filament mukavemetinin düşük olması zımparalamada kolaylık ve avantaj sağlamaktadır.

2.2.5 Mikroliflerden Kumaş Üretimi

Mikrofilament ipliklerden dokunan filament kumaşların optik görünümleri açısından yüzey terbiyesi için ayrı terbiye teknolojileri kullanılması olanağı vardır [63].

Mikrofilament ipliklerin sistematik olarak oluşturulmuş kumaş konstrüksiyonları üzerindeki etkileri araştırılmış ve çözgüde mikrofilamentlerin kullanılması durumunda subuharı geçirgenliğinin arttığı görülmüştür. Uygulanan terbiye işlemlerinin hava geçirgenliği üzerinde çok etkili olduğu da tespit edilmiştir. Tekstüre edilmiş mikro filament çözgüler kullanılarak hava geçirgenliği iyileştirilebilmektedir. Su geçirmezlik konusunda hem atkı hem de çözgüde mikrolif kullanımı çok büyük bir yenilik getirmemektedirler. Çözgüde 1,1-1,5 dtex standart filamentler atkıda ise mikrofilamentler kullanılması durumunda daha hesaplı bir şekilde standart bir inceliğe ulaşılabileceği vurgulanmaktadır. Aynı çalışmanın sonuçlarına göre tek filament

inceliği arttıkça kumaşların kırışma eğilimleri artmakta aşınma dayanımları azalmaktadır. Esneme haslığının ise kumaş konstrüksiyonuna bağlı olduğu görülmüştür. Kumaşın sıkı dokunması durumunda mikrofilamentlerden imal edilen kumaşlarda da gerekli esneme haslığı sağlanabilmektedir. Başka bir sentetik lif ile en az bir mikrofilament ipliğin uygun kombinasyonları yapılmak suretiyle bilinen mikrofilament kumaş özelliklerine sahip kumaşların elde edilmesinin mümkün olduğu vurgulanmaktadır. Bu tip kumaşların en iyi sonuç verenleri hem atkısı hem de çözgüsü mikrofilament olanlar ile çözgüsü standart filament iplik ve atkısı mikrofilament olanlardır. Atkı ve çözgü sıklığının yüksek olması tavsiye edilmektedir. Moda ile fonksiyonelliğin birlikte düşünüldüğü kumaşlarda örgü raporu ve terbiye işlemleri yardımıyla çok değişik efektler elde edilebileceği ifade edilmektedir [64]. Mikroliflerin başka liflerle harmanlanarak kullanıldığı durumlarda kullanılan diğer lifin mikroliflerle uyumlu olmasına özen gösterilmesi önerilmektedir. Yün ve pamuğun çoğu zaman mikroliflerden gelen estetik özellikleri zayıflattıkları rayon ve ipek gibi liflerin ise olumsuz etkilerinin olmadığı ifade edilmektedir. Ancak, yünlü mikrolif karışımları yaygınlaşmamış olmakla birlikte uygun orandaki pamuk/mikrolif karışımlarının örme kumaşlarda tutumun iyileşmesi ve nem alıcılığının artmasını sağladığı ifade edilmektedir [10].

Zımparalama ile mikrolif içeren kumaşlara çok değişik özellikler verilebileceği rapor edilmektedir. Zımparalama sonucunda mikrolif kumaşlar "şeftali tüyü" efektine sahip olmaktadırlar. Ancak bu işlemde kullanılan zımparalama boyama işleminden önce ve çok itinalı bir şekilde yapılmalıdır. Aksi halde kumaşta %60'ın üzerinde mukavemet kaybı meydana geldiği belirtilmektedir [10].

Poliester, naylon, rayon gibi mevcut mikrolifler ile bunların alışılagelmiş incelikte olanları arasında lifin boyutları dışında herhangi bir fark yoktur. Çünkü üretimde kullanılan polimer aynıdır. Ancak lif boyutundaki değişim neticesinde lif ve bundan imal edilen iplik daha yumuşak, parlak ve örtücü hale gelmektedir. Bu özelliklerin nihai ürüne taşınabilmesi için üretimin daha sonraki aşamalarında da özel dikkat gerekmektedir [83]:

- Mikrofilamentler normal liflerden daha kolay koptuklarından mikrofilament ipliklerden çözgü çekilmesi esnasında bütün kılavuz yüzeyleri mümkün olan en iyi

mekanik şartlarda olmalıdır. Tüm operasyonlarda gerginlik minimuma indirilmelidir.

- Çözgü haşıllama esnasında çapraz çubuklarındaki kopuşları önlemek için tek uç haşıllama (single end slashing) makinası kullanılması önerilmektedir. Haşıl maddesi seçimine daha büyük özen gösterilmelidir. Mikrofilamentler artan lif yüzey alanları sebebiyle daha fazla haşıl alırlar. Öte yandan bu hassas liflerin korunması için daha fazla haşıla gereksinim vardır.

- Mikrofilamentler hemen tüm dokuma tezgahlarında, çok dikkatli davranılmak koşulu ile dokunabilmektedirler. Yüksek hızlı hava ve su jetli tezgahlarda yüksek performans ile çalışılabilmesi için mikrofilament atkı iplikleri özel preperasyon maddeleri gerektirebilirler. Mikroliflerin diğer liflerden daha yüksek örtücülüğe sahip olması tefe ve vuruş sayılarının değiştirilmesine olanak sağlayabilir.

- Mikrolifler, dokuma esnasında dikkat edilmesi önerilen şartlara uyularak çok küçük değişikliklerle ya da diğer ipliklerle tamamen aynı koşullarda yuvarlak ve çözgülü örme makinalarında çalışabilirler.

- Mikroliflerden dokunmuş kumaşların yıkanması diğerlerine göre biraz daha uzun sürebilmekte ve daha fazla olan haşılın uzaklaştırılması için ek işlemler gerekebilmektedir.

- Boyama işlemi liflerin yüzey alanına bağımlı olduğundan mikroliflerden imal edilen kumaşlar aynı renk tonunun elde edilebilmesi için daha fazla boyarmadde gerektirmektedir. Kumaş yumuşaklığını maksimumda tutmak amacıyla boyama mümkün olduğunca düşük gerginlikte yapılmalıdır. Düşük gerginlikle yatay jet boyama makinaları önerilmektedir. Mikrolifler diğer lifler için kullanılan boyarmaddeler ile problemsiz olarak boyanabilmektedirler [61].

- Kumaşa uygulanacak terbiye şartları kumaş yumuşaklığını maksimum düseyde tutacak şekilde seçilmelidir. Bu amaçla gerginlikler ve sıcaklıklar minimum olmalıdır. Yüksek performanslı kumaşlar su geçirmezlik özelliğinin arttırılması amacıyla özel terbiye işlemleri gerektirebilirler.

- Mikrofilamentlerden imal edilen iplikler süet efekti elde edilmesi amacıyla modern zımparalama makinalarında muamele edilebilmektedir. Bu makina için yapılacak hazırlıkta statik oluşumunu engelleyici yağlayıcılar kullanılmalıdır. Zımparalamanın boyamadan önce veya sonra yapılması makina tipi ve elde edilmesi arzulanan efekte bağlıdır [83].

2.3 Neps Problemi

İnce liflerle çalışılması sırasında karşılaşılan en önemli problemlerden biri neps oluşumudur. ASTM nepsi "lif şeritlerden ayrıldıklarında da durumlarını koruyan sıkıca karışmış lif kütlelerinden oluşan düğümsü bir yapı olarak tanımlamaktadır [89].

Literatürde çoğunlukla pamuk lifleri ve pamuklu eğirme sisteminde neps oluşumuna dair çalışmalar olduğu görülmektedir [90]. Bu çalışmaların sonuçlarına göre lifli nepsler genellikle en az beş lif içermekte, ortalama lif sayı 16 veya daha çok olabilmektedir. Neps yapılarının kamgarn sisteminde daha gevşek, pamuklu sistemde ise daha sıkı olduğu ifade edilmektedir. Neps genel olarak iki gruba ayrılmaktadır:

1) Biyolojik/Ham: Yaprak, çekirdek gibi yabancı maddelerin etrafına dolanan liflerle oluşur.
2) Proses/Mekanik: Genellikle tamamen liflerden oluşur ve liflerin proses boyunca manipülasyonu ile meydana gelir.

İnce pamuk liflerinin daha kolay eğilip dolanabilmeleri nedeniyle kalın olanlara göre daha çok neps oluşturma eğilimi gösterdikleri belirtilmektedir. Olgunlaşmamış lifler de yine aynı sebeplerle benzer eğilime sahiptirler. Özellikle yüksek mukavemetli olgunlaşmamış liflerin diğer lifleri yakalayıcı ve bağlayıcı lifler şeklinde davranarak neps çekirdekleri oluşturdukları belirlenmiştir. Ortalama lif mukavemetindeki artışın lif kırılmalarını azaltarak kısa lif ve neps oluşumunu önlediği ifade edilmektedir. Lif uzamasındaki artışın ise neps oluşumunu arttırdığı gözlenmiştir. Bu durumun uzamadaki artışın rijitlikte azalma ve dolayısıyla kıvrılma eğiliminde artış meydana getirmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Neps oluşumu ve kısa lif miktarı arasındaki yüksek bir pozitif ilişkinin varlığı da ortaya konmuştur. Pamuktaki yapışkanlığın da neps oluşumunu arttırıcı faktörlerden biri olduğu ifade edilmektedir.

Lifler inceldikçe veya uzunlukları arttıkça oluşturdukları neps boyutunun büyüdüğü belirlenmiştir.

Tovnend [91] kitabında neps oluşumunu çok geniş bir perpektiften ele almıştır. Yünün taraklanmasında yün lifinin incelmesi ile neps oluşumunun arttığını ifade etmektedir. Üretim hızının veya beslemenin artışı da neps oluşumuna neden olmaktadır. Tovnend uzun liflerin daha cok kırılmaları nedeniyle neps oluşturma eğilimlerinin yüksek olduğunu, kırılan liflerin uçlarının kıvrılarak neps oluşturduğunu ifade etmektedir. Lifteki kıvrım da neps artışına neden olabilmektedir.

Hebert ve arkadaşları [92] ham pamuktan boyanmış kumaş imaline kadar tüm proses aşamalarında neps oluşumunu ele almışlar ve oluşan nepsleri mikroskopik metotlarla yabancı madde içerikleri ve nepsleri meydana getiren liflerin özellikleri açısından incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar üç temel neps tipinin varlığını ortaya koymuş ve problem yaratan türdeki nepslerin olgunlaşmamış pamuk liflerinden kaynaklandığını göstermiştir.

Robinson ve arkadaşlarının [93] kamgarn eğirmede neps oluşumu üzerine gerçekleştirdikleri çalışma nepsin tops hazırlama ve eğirme işlemlerinin herhangi bir aşamasında meydana gelebileceğini ortaya koymaktadır. Tarağa beslenen lifin karışıklık durumu taraktaki ve pasajlardaki neps oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Tarama makinaları neps filtreleri gibi davranmakla birlikte neps oluşturma potansiyeline de sahip oldukları gözlenmiştir. Neps oluşumunun iplik eğirme prosesi boyunca arttığı belirlenmiş, finisörde çekimden kaynaklandığı düşünülen bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Ring makinası çıkışında neps sayısında meydana gelen artışın ise Uster cihazının ölçüm prensibinden kaynaklanmış olabileceğini gösteren bulgular elde edilmiştir. Önceki aşamalardaki neps sayılarının ham ve parça boyama kumaş görünümü üzerindeki etkilerinin ise önemsiz olduğu bildirilmektedir.

Mevcut literatürde akrilik lif üretimi, üretim sırasındaki iç yapı özellikleri ve meydana gelen değişimlerin detaylı olarak araştırıldığı görülmektedir. Ancak bu liflerin iplik eğirme sistemlerindeki performansları ile ilgili araştırmalar lif üretici firmaların raporlarıyla sınırlıdır.

Mikroliflerle ilgili yayınların ise hemen hemen tamamının bu liflerin üstün özelliklerini tanımlar nitelikte ancak proses hakkında çok az bilgi içeren ticari amaçlı makaleler

olduğu dikkat çekmektedir. Az sayıdaki literatür ise mikroliflerin kontinü filament veya kısa lif eğirme sisteminde eğrilmesine yönelik sınırlı bilgiler içermektedir. Bu liflerin koparma makinasında kesikli hale dönüştürülerek uzun elyaf eğirme sisteminde eğrilmesine ait olarak ise sadece mikrolif üreticisi bir firma tarafından yapılmış tek bir çalışmaya rastlanmıştır. Oysa bu tip prosese yönelmek suretiyle mikroliflerle çalışıldığında son derece problemli olan taraklama işlemi ortadan kaldırılmış olacak ve akrilik mikrolifler için yeni bir kullanım alanı temin edilebilecektir.

Literatürdeki söz konusu eksiğin giderilmesine katkı sağlamak amacıyla ve sentetik lif sektöründe bazı liflerdeki talep fazlası üretimden kaynaklanan problemlerin çözümüne yönelik olarak önerilen yeni kullanım alan ve şekilleri geliştirilmesi fikri doğrultusunda bu deneysel doktora çalışmasının gerçekleştirilmesi uygun görülmüş ve yapılan çalışmaların büyük bir kısmı işletme ortamında gerçekleştirilerek elde edilen sonuçların tamamen pratiğe uygun olması hedeflenmiştir.

3. ÇALIŞMADA KULLANILAN MALZEMELER VE METOD

3.1 Malzeme

Çalışmada 6 adet akrilik tov balyası kullanılmıştır. Kopartılarak kesikli hale dönüştürülmek amacıyla mikrolif tov imalatı ticari olarak yaygın değildir. Bu tip tovların imali lif üreticisi firmaların deneme amaçlı üretimleri ve özel talep üzerine hazırlanan ürünlerle sınırlı bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında da lif üreticisi firmanın deneme amaçlı ürettiği tüm mikrolif tovları kullanılmıştır. Gösterim kolaylığı sağlamak amacıyla tovlar Tablo 3.1'de verildiği şekilde kodlanmıştır:

Tablo 3.1. Kullanılan tovların özellikleri

T1	0,9 dtex, 98 Ktex (yaş çekme, parlak, OE apreli)
T2	0,9 dtex, 81 Ktex (yaş çekme, parlak, OE apreli)
T3	1,7 dtex, 82 Ktex (yaş çekme, parlak, ring apreli)
T4	3,3 dtex, 98 Ktex (yaş çekme, parlak, ring apreli)
T5	1,3 dtex, 63 Ktex (kuru çekme, parlak)
T6	0,9 dtex, 108 Ktex (yaş çekme, parlak, OE apreli)

3.2 Üretim Hatları

Tablo 3.2. Temel üretim hatları

L1	L2
Koparma Seydel (671/S)	**Koparma** NSC (TB10/331)
Keçe açıcı St Andrea Novara (RSN/C)	**Keçe açıcı** NSC (D3GC15/17)
1.pasaj St Andrea Novara (CSN ARM)	**1.pasaj** NSC (GC 15/627RME)
2.pasaj St Andrea Novara (SH)	**2.pasaj** NSC (GC 15/683)
3.pasaj St Andrea Novara (SH)	**3.pasaj** NSC (GV 20/547A)
Finisör St Andrea Novara (RF 2B)	**Finisör** NSC (FMV 36)
Ring Platt (Bilezik çapı 57 mm)	**Ring** Zinser 420 (Bilezik çapı 48 mm)

Üretim çalışmaları esas olarak Tablo 3.2'de L1 ve L2 olarak ifade edilen iki farklı üretim hattında gerçekleştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında, L1 hattında penyöz kullanımı ve keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) kullanımı, L2 hattında ise uygulanan pasaj sayısının proses ve nihai ürünün özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla birtakım değişiklikler yapılmıştır.

Tablo 3.3. Penyöz ve ikinci koparıcı (rebreaker) makinaları ile pasaj sayısının etkilerinin araştırılması amacıyla kullanılan hatlar

L1a	L1b	L2a
Koparma Seydel (671/S)	**Koparma** Seydel (671/S)	**Koparma** NSC (TB10/331)
Keçe açıcı St Andrea Novara (RSN/C)	**İkinci koparıcı (Rebreaker)** Tematex	**Keçe açıcı** NSC (D3GC15/17)
1.pasaj x 2 NSC	**1.pasaj** St Andrea Novara (CSN ARM)	**1.pasaj** NSC (GC 15/627RME)
Penyöz NSC	**2.pasaj** St Andrea Novara (SH)	**2.pasaj** NSC (GC 15/627)
2.pasaj x 2 NSC	**3.pasaj** St Andrea Novara (SH)	**3.pasaj** NSC (GC 15/683)
1.pasaj St Andrea Novara (CSN ARM)	**Finisör** St Andrea Novara (RF 2B)	**4.pasaj** NSC (GV 20/547A)
2.pasaj St Andrea Novara (SH)	**Ring** Platt (Bilezik çapı 57 mm)	**Finisör** NSC (FMV 36)
3.pasaj St Andrea Novara (SH)	-	**Ring** Zinser 420 (Bilezik çapı 48mm)
Finisör St Andrea Novara (RF 2B)	-	-
Ring Platt (Bilezik çapı 57 mm)	-	-

L1 hattında hazırlanan iplik numuneleri için T1, T2, T3 ve T4 kodlu tovlar, L2 hattında hazırlanan iplik numuneleri için ise T5 ve T6 kodlu tovlar kullanılmıştır. Tovlar ve kullanıldıkları üretim hatları Tablo 3.4'de toplu olarak verilmiştir:

Tablo 3.4. Tovlar ve kullanıldıkları üretim hatları

Üretim Hattı	Kullanılan Tov
L1	T1, T2, T3, T4
L1a	T1
L1b	T2
L2	T5, T6
L2a	T5

3.3 İplik Numunelerinin Üretimi

L1, L1a ve L1b hatlarındaki tüm üretim çalışmaları tamamen endüstriyel şartlar altında gerçekleştirilmiştir. L2 ve L2a hatları ise yine endüstriyel boyuttaki makinalardan

oluşmakla birlikte makina üretici firmanın pilot tesisinde bulunduklarından bu hatlardaki çalışmaların daha kontrollü laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiş olduğu kabul edilebilir. Çalışma kapsamında toplam 6 farklı tov ve 2 temel üretim hattı kullanılarak iplik numuneleri hazırlanmıştır. L1, L1a ve L1b hatlarında ring çıkışı numarası Nm40 olan iplik numuneleri üretilmiş ve bunlar boyanarak Nm32 şişirilmiş iplik numuneleri elde edilmiştir. Üretilecek iplik numunelerinin tipi ve numarası en yaygın kullanıma sahip akrilik iplikler dikkate alınarak belirlenmiştir. L2 ve L2a hatlarında mikroliflerin ince iplik üretimi açısından avantajlarının belirlenmesi amacıyla Nm40'ın yanı sıra Nm75 ve Nm100 iplik numuneleri de üretilmiş ancak işletme koşulları ve numune özellikleri nedeniyle bu numuneler boyanamamıştır.

1) İlk aşamada T1 tovundan, daha kalın lifler için kullanılan makina ayarlarında bir ön çalışma yapılarak ring çıkışı numaraları Nm40 olan iplik numuneleri hazırlanmıştır. Bu çalışmaya ait makina hızları ve malzeme çıkış numaraları Tablo 3.5'de görülmektedir.

Tablo 3.5. Konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayarları ile gerçekleştirilen ön çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları

Numune Kodu	N1-T1L1	N2-T1L1a
Üretim hattı	L1	L1a
Malzeme	T1	
Makina	**Koparma**	
Çıkış şerit no. (Ktex), RX-UR	21,6-19,4	
Çıkış Hızı (m/dak)	97	
Makina	**Keçe açıcı**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	9,5	
Çıkış Hızı (m/dak)	200	
Makina	-	**1.çekme x 2**
Makina	-	**tarama**
Makina	-	**2.çekme x 2**
Makina	**1.pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	10,0	8,7
Çıkış Hızı (m/dak)	50	
Makina	**2.pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	4,9	4,4
Çıkış Hızı (m/dak)	50	
Makina	**3.pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,8	4,1
Çıkış Hızı (m/dak)	50	
Makina	**Finisör**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	0,3	0,3
Çıkış Hızı (m/dak)	60	
Makina	**Ring**	
Çıkış Nm	40	
Çıkış Hızı (m/dak)	22.6	22,4

2) Ön çalışmanın sonuçlarından hareketle makina ayarlarında değişiklikler yapılarak T1 ve T2 tovlarından L1 ve L1b hatlarında Nm40 iplik numuneleri üretilmiştir.

T1 tovundan üretilen N3 numunesi üretilirken koparma makinasında koparma bölgesi ekartmanları daha kısa lif boyu elde edilecek şekilde daraltılmış, E1xE2 gerginliği N1 ve N2 numunelerindekine oranla %16.8 oranında azaltılmıştır. Pasajlardaki beslemeler de %50 oranında düşürülmüştür.

T2 tovundan üretilen N5 ve N6 numunelerinde N3 numunesi ile aynı ayarlar kullanılmış olmakla birlikte koparma makinasındaki E1xE2 gerginliği N3 numunesine oranla %9,5 oranında yüksektir.

Bu çalışmaya ait makina hızları ve malzeme çıkış numaraları Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. T1 ve T2 tovları ile L1 ve L1a hatlarında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları

Numune Kodu	N3-T1L1	N6-T2L1	N5-T2L1b
Üretim hattı	L1	L1	L1b
Malzeme	T1	T2	T2
Makina	**Koparma**		
Çıkış şerit no. (Ktex), RX-UR	25,9-21,5	21,2-18,3	
Çıkış Hızı (m/dak)	100	100	
Makina	**Keçe açıcı**		**İkinci kop. (Rebr.)**
Çıkış şerit no. (Ktex)	6,4	6,3	7,6
Çıkış Hızı (m/dak)	75	75	75
Makina	**1.pasaj**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,9	4,6	4,7
Çıkış Hızı (m/dak)	75	75	75
Makina	**2.pasaj**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	2,2	2,4	2,5
Çıkış Hızı (m/dak)	75	75	75
Makina	**3.pasaj**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	2,2	2,3	2,6
Çıkış Hızı (m/dak)	75	75	75
Makina	**Finisör**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	0,3	0,3	0,3
Çıkış Hızı (m/dak)	85	85	85
Makina	**Ring**		
Çıkış Nm	40		
Çıkış Hızı (m/dak)	22.5		

3) Mikrolifler ile daha kalın lifler arasındaki proses performansı ve nihai ürün özellikleri arasındaki farkların belirlenmesi amacıyla, makina ayarları önceki

çalışmaların sonuçlarından yola çıkılarak yeniden düzenlenen L1 hattında T1, T2, T3 ve T4 tovları kullanılarak Nm40 iplik numuneleri üretilmiştir. Tablo 3.7'de bu çalışmaya ait makina hızları ve malzeme çıkış numaraları görülmektedir.

N4, N7, N8, N9 ve N10 numunelerinin üretiminde kullanılan makina ayarları olanaklar ölçüsünde eşit tutulmaya çalışılmıştır. Bu numuneler için koparma makinasında kullanılan E1xE2 gerginliği N1 ve N2 numunelerindekine oranla %15,7 oranında azaltılmıştır. Diğer ayarlar N3 ve N6 numuneleri ile aynı olmakla birlikte keçe açıcı ve pasajlardaki malzeme ve hız üretimi piyasa şartları ve standart koşullara yaklaştırabilmek amacıyla yükseltilmiştir. Farklı incelikteki liflerle çalışılırken pasajlardaki besleme miktarları kesitteki lif sayıları birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmaya çalışılmıştır.

N7 numunesinin üretimi esnasında pasajlarda çekim, besleme, genginlik ve hız denemeleri de gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.7. T1, T2, T3 ve T4 tovları ile L1 hattında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları

Numune Kodu	N4-T1L1	N7-T2L1	N8-T3L1	N9-T3L1	N10-T4L1
Üretim hattı	L1				
Malzeme	T1	T2	T3		T4
Makina	**Koparma**				
Çıkış şerit no.(Ktex), RX-UR	23,5-19,8	21,6-18,7	21,5-19,2		25,5-21,1
Çıkış Hızı (m/dak)	100	100	150		190
Makina	**Keçe açıcı**				
Çıkış şerit no. (Ktex)	12,4	9,3	15,4		23,1
Çıkış Hızı (m/dak)	100	125	230		230
Makina	**1.Pasaj**				
Çıkış şerit no. (Ktex)	6,2	7,1	15,5		23,5
Çıkış Hızı (m/dak)	100	100	230		230
Makina	**2.Pasaj**				
Çıkış şerit no. (Ktex)	4,4	4,6	7,3		12,0
Çıkış Hızı (m/dak)	100	100	240		250
Makina	**3.Pasaj**				
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,3	3,3	3,1		9,4
Çıkış Hızı (m/dak)	100	100	230		210
Makina	**Finisör**				
Çıkış şerit no. (Ktex)	0,3	0,3	0,3		1,0
Çıkış Hızı (m/dak)	150	125	170		190
Makina	**Ring**				
Çıkış Nm	40	40	40	75	40
Çıkış Hızı (m/dak)	22,6	23,0	23,0	22,4	23,0

4) T5 tovu kullanılarak L2 üretim hattında Nm 75 iplik numunesi üretilmiştir. Makina konstrüksiyonları farklı olan L2 hattında kullanılan üretim parametreleri de L1, L1a ve L1b hatlarındakilerden tamamen farklıdır. Koparma makinasında uygulanan gerginlik daha düşük, pasajlardaki besleme ve hızlar yüksektir. Çalışmaya ait makina hızları ve malzeme çıkış numaraları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8. T5 tovu ile L2a ve L2 hatlarında gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları

Numune Kodu	N11-T5L2a	N12-T5L2
Üretim hattı	L2a	L2
Malzeme	T5	
Makina	**Koparma**	
Çıkış şerit no.(Ktex), RX-UR	18,0 – 14,0	
Çıkış Hızı (m/dak)	270	
Makina	**Keçe açıcı**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	15,0	
Çıkış Hızı (m/dak)	240	
Makina	**1.Pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	15,0	
Çıkış Hızı (m/dak)	205	
Makina	**2.Pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	15,0	-
Çıkış Hızı (m/dak)	205	-
Makina	**3.Pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	7,0	
Çıkış Hızı (m/dak)	205	
Makina	**4.Pasaj**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,2	
Çıkış Hızı (m/dak)	250	
Makina	**Finisör**	
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,2	
Çıkış Hızı (m/dak)	180	
Makina	**Ring**	
Çıkış Nm	75	
Çıkış Hızı (m/dak)	13,7	

5) T6 tovu ile L2 hattında, 2. pasajda 7 ve 8 iğne/cm'lik baretler kullanılarak Nm100, Nm75 ve Nm40 numara iplik numuneleri üretilmiştir.

T5 tovundan üretilen N11 ve N12 ile T6 tovundan üretilen N13-N20 numuneleri aynı hatta iplik haline dönüştürülmekle birlikte T6 tovu daha ince liflerden oluştuğundan koparma makinasında ekartmanlar daha kısa lif boyu elde edilecek şekilde daraltılmış, suda çekim değerinin ayarlanabilmesi amacıyla ütü sıcaklığı ise % 3.7 düşürülmüştür.

Makina hızları ortalama % 20 azaltılmıştır. Makina hızları ve malzeme çıkış numaraları Tablo 3.9'da verilmiştir.

Tablo 3.9: T6 tovu ile L2 hattında 2. pasajda 7 ve 8 iğne/cm'lik baretler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalardaki makina hızları ve malzeme çıkış numaraları

Numune Kodu	N13-T6L2-7	N14-T6L2-7	N15-T6L2-7	N16-T6L2-8	N17-T6L2-8	N18-T6L2-8
Üretim hattı	L2			L2		
Malzeme	T6			T6		
Makina	**Koparma**			**Koparma**		
Çıkış şerit no.(Ktex), RX-UR	34.7-28.9			34.7-28.9		
Çıkış Hızı (m/dak)	205			205		
Makina	**Keçe açıcı**			**Keçe açıcı**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	15,0			15,0		
Çıkış Hızı (m/dak)	205			205		
Makina	**1.pasaj**			**1.pasaj**		
Baret iğne sıklığı (iğne/cm)	7			8		
Çıkış şerit no. (Ktex)	15,0			15,0		
Çıkış Hızı (m/dak)	205			205		
Makina	**2.pasaj**			**2.pasaj**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	7,0			7,0		
Çıkış Hızı (m/dak)	205			205		
Makina	**3.pasaj**			**3.pasaj**		
Çıkış şerit no. (Ktex)	3,2			3,2		
Çıkış Hızı (m/dak)	250			250		
Makina	**Finisör**			**Finisör**		
Çıkış Gramajı (Nm)	4,0		3,2	4,0		3,2
Çıkış Hızı (m/dak)	180		180	180		180
Makina	**Ring**			**Ring**		
Çıkış Nm	40	100	75	40	100	75
Çıkış Hızı (m/dak)	18.9	12	13.7	18.9	12	13.7

3.4 Yapılan Testler

Tov halindeki malzemeden başlanarak prosesin her aşamasında testler gerçekleştirilmiştir.

Tüm tovlar ve L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen tüm numuneler ile N2 hattında üretilen bazı iplik numunelerinde preperasyon yağı miktarı tayini yapılmıştır. Bu amaçla, 10g±0.1g malzeme tartılarak soksalet ekstraktörüne yerleştirilmiş, önceden tartılarak ağırlığı ±0.0001 hassasiyetle belirlenmiş (P_1) bir balona 300 cc solvent konduktan sonra 3 saat geri soğutularak kaynatılmıştır. Daha sonra ekstraktördeki solvent sifon yapmadan başka bir kaba alınıp balondaki solvent davlumbazda ısıtıcı plaka üzerinde uçurulmuş ve etüvde 105±1°C sıcaklıkta sabit tartıma gelene kadar

kurutulmuş ve tartılmıştır (P_2). Elde edilen P1 ve P2 değerleri Formül 3.1'de yerine konarak preperasyon yağı miktarı yüzde olarak belirlenmiştir.

$$\%P.Y.M. = \frac{P_2 - P_1}{\text{Numune ağırlığı}} \times 100 \qquad (3.1)$$

Uygulanan koparma işleminin lif üzerindeki etkisini tespit etmek amacıyla tüm tovlar ile RX ve UR şeritlerden alınan lif numunelerinin tek lif mukavemeti ve uzaması testleri Instron 1122 cihazında BS 3411 [94] standardına göre yapılmış ve her numune için 50 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Lif inceliğinde koparma işlemi sonucunda değişiklik meydana gelip gelmediğinin belirlenmesi amacıyla her numune için tov, RX ve UR şeritlerden alınan lif numuneleri ile mikroskopta 300 adet lif çapı ölçümü yapılmıştır (BS 2043) [95]. Yine tovlar ile UR ve RX şeritlerden alınan liflerin incelikleri BS 2106 (Metot D) [96] standardına göre belirlenmiş ve her numune için 50 ölçüm yapılmıştır.

Koparma makinası çıkışında elde edilen RX (gevşetilmiş) ve UR (gevşetilmemiş) şeritlerin suda çekim kontrolleri yapılmıştır. L2 hattında üretilen numunelerin suda çekim değerleri ASTM D2102 [97] standardına göre belirlenmiştir. L1 hattındaki numunelerde ise koparma makinası çıkışında RX şeritler için makina çıkışından, UR şeritler için ise kıvırcıklandırma kutusu öncesinden ikişer adet şerit numunesi alınmış, cetvel yardımıyla bunların 70-80 cm'lik kısmı iki iplik arasındaki mesafe yaklaşık 25 cm olacak şekilde ipliklerle bağlanmıştır. Daha sonra ilk ipliğin bulunduğu noktadan kıstırılan lifler aşağı doğru sarkıtılarak uçlarına 50 g'lık ağırlıklar asılmış ve duvardaki cetvel yardımıyla tekrar ölçülen şeritler tam 1 metre'den (l_o) iplik bağlanarak işaretlenmiştir. 100°C'lık doymuş su buharında 10 dakika bekletilen şeritler daha sonra tekrar ilk ipliğin bulunduğu noktadan kıstırılarak düşey doğrultuda yerleştirilip uçlarına ağırlık bağlanarak en uçtaki iki iplik arası mesafe (l_1) ölçülerek boydaki kısalma

$$(\%) \text{ Suda çekim} = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \qquad (3.2)$$

formülüyle belirlenmiştir.

Tüm üretim aşamalarında şeritlerin düzgünsüzlükleri Uster Tester 3 cihazında 50 m/dak hızda 2,5 dak. ölçülmüş, lif boyu kontrolleri ise Uster Almeter-100 cihazında yapılmış ve her numune için 4 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Her proses aşamasında şeritlerden alınan 40-50 g civarında numune neps sayımına yönelik bir çekim sistemi içeren Toenniessen cihazında elle dikkatle ayrılarak nepsler ASTM D1770 standardına [89] göre sayılmış ve değerler neps/20 g olarak verilmiştir. Elle çekildiğinde açılabilen henüz düğüm oluşturmamış karışık haldeki lifler "lif kümesi" olarak tanımlanmıştır.

Tüm iplik iplik numunelerine önce BS 947 [98] standardına göre numara kontrolü yapılmış, ardından bükümleri Textest YT210 cihazında BS 2085 [99] standardına göre belirlenmiştir. Ring çıkışı ve boyanmış ipliklerin mukavemet ve uzama değerleri Uster Tensorapid cihazında BS 1932 [100] standardına göre belirlenmiş ve her numune tipi için 400 ölçüm alınmıştır. Yine her numune tipi için Uster Tester 3 cihazında 400 m/dak. hızda 1 dak. süre ile 5'er düzgünsüzlük testi yapılmıştır.

İplikte suda çekim testleri için her iplik numunesinden 5 ölçüm yapılmıştır. Çıkrık yardımıyla 10'ar metrelik 5 çile hazırlanmış, bu çileler düşey pozisyonda asılarak diğer uçlarına Nm40 iplikler için 125 g, Nm75 iplikler için 65 g ve Nm100 iplikler için de 50 g'lık ağırlıklar asılarak yine düşey yerleştirilmiş bulunan cetvel yardımıyla uzunlukları (l_o) ölçülmüştür. Daha sonra 100°C'lık doymuş su buharında 5 dakika bekletilen iplikler tekrar düşey pozisyonda yerleştirilip uçlarına aynı ağırlıklar asılarak ölçülmüşler ve suda çekim yüzdeleri Formül 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır.

Preperasyon yağı oranında proses boyunca değişim olup olmadığını gözlemek amacıyla bir kez daha yukarıda tanımlandığı üzere preperasyon yağı miktarı ölçüldükten sonra L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen ring çıkışı iplikler Schlafhorst bobin makinasında 900 d/dak. hızda bobinlenmişler ve 500 d/dak. hızda muf halinde sarılarak boyanmışlardır. Komet marka 176 iğneli ve 4'lü çelik puslu makinada 150 d/dak. hızda süprem örgü kumaşlar üretilmiştir. Bu kumaşlardan alınan numuneler kondisyonlandıktan sonra BS 2471 [101] standardına göre gramajları ölçülmüş, kumaşların farklı kısımlarında sütun ve sıra sıklıkları loop ile 10'ar defa sayılarak ortalamaları alınmıştır. ICI boncuklaşma test cihazında BS 5811 [102] standardına göre boncuklaşma ve Martindale aşındırma cihazında (Model 103) BS 5690'a [103] göre aşınma testleri yapılmıştır. Aşındırma testleri 3000 devirden başlamış ve ilk

numune aşınana kadar her 3000 devirde ağırlık kaybı belirlenmiştir. Numunelerin patlama mukavemeti ölçümü BS 4768 [104] standardına göre yapılmıştır.

Proses boyunca liflerde meydana gelen fiziksel değişimlerin tespit edilmesi amacıyla tüm tovlar ve ring çıkışı iplik numuneleri ile final iplikler ve örgü kumaş numunelerinin bir kısmı taramalı elektron mikroskobu'nda (SEM) incelenmiştir [105,106]. Alüminyum yataklar üzerine çift taraflı karbon yapıştırıcı bantlar yardımıyla yerleştirilen numunelerin bir kısmı altın, bir kısmı ise platin ile kaplanmış ve liflerde gözlenen değişim ve hasarlar fotoğraflarla tesbit edilmiştir.

Seçilen tov, RX/UR şerit ve iplik numuneleri, koparma işleminin sebep olabileceği lif çatlaklarının araştırılması amacıyla Zeiss mikroskobunda incelenmiş ve bulgular fotoğraflanmıştır. Farklı incelikteki liflerin iplik yapısı içindeki yerleşiminin ortaya konması amacıyla bazı iplik numunelerinin enine kesitleri alınarak yine aynı mikroskopta fotoğrafları çekilmiştir.

İplik üretim prosesi boyunca lifin kristalinite ve moleküler oryantasyon düzeyinde meydana gelen değişimin ortaya konması amacıyla seçilen tov ve RX/UR şerit numuneleri geniş açılı X-ışını difraksiyon cihazında (Rigaku D MAX) incelenmiştir. Bunun için lifler toplu halde de düzgün şekilde iki adet yapışkan şerit üzerine yapıştırılarak difraktometreye yerleştirilmiştir. 2θ=5-35° aralığında 0.1° adım ekvatoral tarama yapılmıştır. Buna göre kristal büyüklüğü için Scherrer denklemi (3.3) kullanılmıştır.

(Kristal büyüklüğü) $C.S. = K.\lambda/B.\ Cos\ \Theta$ (3.3)

K=Scherrer sabiti

λ=Cu Kα X-ışınının dalga boyu=1.54 Å

B=FWHM (Yarı maksimumdaki tam genişlik)

Θ=Bragg açısı

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmanın temel hedefinin mikroliflerden "tovdan ipliğe (tow-to-yarn)" sisteminde iplik imalinin geliştirilmesi oluşundan hareketle deneysel çalışmanın ilk aşamasında konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayar ve hızlarının mikrolifler üzerindeki etkisini saptamak ve daha sonraki çalışmalar için zemin hazırlamak amacıyla T1 kodlu tov ile L1 (standart) üretim hattında ön çalışma olarak N1 (taranmamış) ve N2 (taranmış) numuneleri üretilmiş, proses boyunca karşılaşılan problemler gözlenerek olası sebepleri araştırılmıştır.

Kullanılacak liflerin mukavemet, uzama, çap ve preperasyon yağı miktarları ileri aşamalarda bir değişiklik olup olmayacağının ve varsa oluşan farkın nihai sonuçlara etkisinin araştırılabilmesi amacıyla ölçüldükten sonra ön çalışmaların sonuçlarından hareketle tezin amacına yönelik olarak lif inceliğinin etkisi başta olmak üzere farklı tov numaraları, lif üretim yöntemleri ve makina konstrüksiyonlarının etkilerini gözlemek ve mikroliflerin uzun lif sisteminde eğrilebilirliğini geliştirmek amacıyla;

a) T1 (98 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L1 hattında N3 ve N4,

b) T2 (81 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L1b hattında N5, L1 hattında N6 ve N7,

c) T3 (82 ktex, 1.7 dtex, yaş çekim) tovundan L1 hattında N8 ve N9,

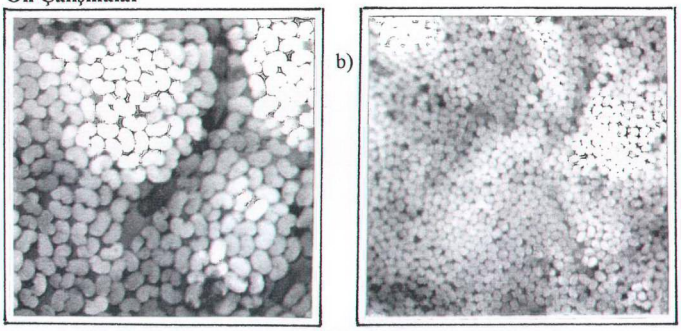
d) T4 (98 ktex, 3.3 dtex, yaş çekim) tovundan L1 hattında N10,

e) T5 (63 ktex, 1.3 dtex, kuru çekim) tovundan L2a hattında N11 ve L2 hattında N12,

f) T6 (108 ktex, 0.9 dtex, yaş çekim) tovundan L2 hattında N13-N20, numuneleri üretilmiştir.

4.1. Alışılagelmiş Lif İnceliklerine Uygun Makina Ayarları İle Gerçekleştirilen Ön Çalışmalar

a) b)



Şekil 4.1 Kesitteki lif sayısının lif inceliğiyle değişimi (a) 3.3 dtex, (b) 0.9 dtex

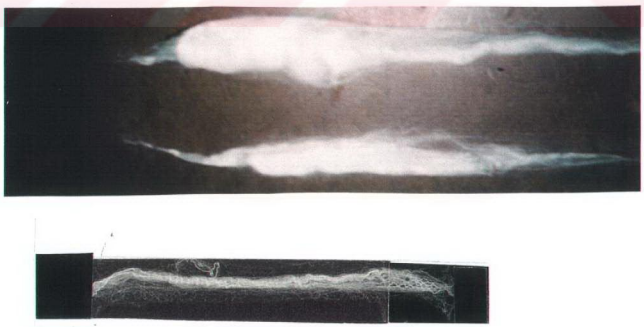
Tablo 4.1'de T1 tovu kullanılarak L1 (standart) hattında gerçekleştirilen ilk numune üretim çalışmalarına ait sonuçlar verilmektedir. Koparma makinasında 1. bölgede (bkz. Şekil 2.4) gerginliğin son derece ince ve hassas olan mikrolifler için yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülen erken kopuşlar ve silindirler üzerinde sürekli sarımlar gözlenmiştir. Sarım oluşumu şu şekilde açıklanabilir: Lif inceldikçe kesitteki lif sayısı (Şekil 4.1) ve spesifik lif yüzeyindeki artış sonucunda lif-lif sürtünmesi ve statik elektrik etkisi artmaktadır. Küçülen lif kesidi ile orantılı olarak lifin rijitliğinde de azalma meydana gelmesi ve ince liflerin statik elektrik yükü etkisiyle özellikle hareketli parçalar üzerine tutunma eğiliminin artması da beklenen bir durumdur. Bunu önlemek için makina hızı 100 m/dak'ya düşürülmüş, silindirler antistatik madde ile silinmiş ama belirgin bir iyileşme kaydedilememiştir. Elde edilen gevşetilmiş (RX) ve gevşetilmemiş (UR) şeritlerde çok sayıda neps ve balık tespit edilmiştir.

Koparma makinasından çıkan şeritler ağırlıkça %50/50 RX/UR oranında karıştırılarak keçe açıcıya beslenmiştir. Ancak yine kesitteki lif sayısında meydana gelen artışın bir sonucu olarak malzeme baretlere sarmış ve başlangıçta 200 m/dak. olan makina hızı, hızın düşürülmesinin liflerin kıstırma noktaları arasında hava akımlarının etkisine kapılarak doğrultu ve konumlarını yitirmelerinin önleneceği ve

Tablo 4.1 T1 tovu kullanılarak L1 ve L1a hatlarında konvansiyonel lifler için kullanılan makina ayarları ile gerçekleştirilen ön çalışmaların sonuçları

	Koparma		Keçe	N1-T1L1				N2-T1L1a						
	RX	UR	açıcı	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör	Pasajx2	Tarama	Pasajx2	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
Çıkış şerit no (ktex)	21,6	19,4	9,5	10,0	4,9	3,8	0,3	9,2	-	8,5	8,7	4,4	4,1	0,3
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	6,6	8,4	9,9	6,5	9,5	22,4	-	8,1	-	2,8	3,1	6,0
Indeks	-	-	20,9	27,8	22,0	13,1	5,7	67,8	-	22,5	-	6,1	6,5	3,5
Lif uzunluğu - H (mm)	79,8	105,5	82,2	72,1	60,7	58,0	57,1	76,2	-	76,1	72,4	70,2	69	68,5
CV_H (%)	42,7	40,8	45,2	53,4	64	67,0	71,3	55,9	-	52,3	52,8	54,1	56,9	58,1
<30 mm (%)	10,1	8,2	10,7	18,4	29,4	32,5	35,8	19	-	15,2	16,2	17,6	20,3	22,2
Lif mukavemeti (cN/tex)	25,5	39,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	21,3	22,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	27,5	16,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	13,0	11,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	9,5	8,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	12,7	12,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	X	18,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif kümesi/20 g	ÇOK SAYIDA NEPS, EZİK LİF, BALIK					44	38	ÇOK SAYIDA NEPS, EZİK LİF, BALIK					20	13
Neps/20 g						170	117						160	90

aralarındaki sürtünmeyi yenip birbirleri üzerinden kayabilmeleri için yeterli süre sağlanacağı düşüncesiyle 100 m/dak'ya kadar indirilmiştir. Malzeme bu şekilde keçe açıcıdan geçmiş ancak lifler baretlerde birikmeler yapmış ve elde edilen şeritlerde uzunluğu 15-20 cm'yi bulan çok sayıda balık, küçük/büyük neps, lif kümesi ve ezik lif oluşumu gözlenmiştir (Şekil 4.2). Bu durumun kesitteki lif sayısı ve sürtünme artışına bağlı olarak liflerin hareketlerinin zorlaşması ve baret iğneleri arasında sıkışarak hasara uğramalarının sonucu olduğu düşünülmüştür. 3-5 denye inceliğindeki lifler için pasajlar boyunca ortalama lif uzunluğunda meydana gelen değişim 5-10 mm'yi aşmaz iken N1 ve N2 numunelerinde keçe açıcı çıkışında 82,2 mm olan ortalama lif uzunluğunun %29.4'lük bir azalma ile 3. pasaj çıkışında 58 mm'ye kadar düştüğü görülmektedir. N1'de 30 mm'den kısa lif yüzdesinin 10,7'den 32,5'e ve lif uzunluğu değişim katsayısının %45,2'den %67'ye yükselmiş olması da lif kırılmaları meydana geldiğini doğrulamaktadır. Bu durumun etkilerinin düzgünsüzlük değerleri üzerine belirgin biçimde yansıdığı Tablo 4.1'de görülmektedir. 3,3 dtex için ortalama düzgünsüzlük indeksi değeri keçe açıcı çıkışında 10, fitilde 2 civarında iken N1 ve N2 numuneleri için keçe açıcı çıkışında 20,9, fitilde ise N1 için 5,7, N2 için 3,5 olduğu görülmektedir. Düzgünsüzlük değeri kesitteki lif sayısının fazla oluşundan kaynaklanan katlama etkisiyle pasajlar boyunca bir miktar iyileşmiş olmakla birlikte ilk aşamalarda meydana gelen hataların çok büyük oluşu nedeniyle normal sınırların üzerinde kalmıştır. Neps sayısının da son derece yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 N1 ve N2 numunelerinde gözlenen balık ve ezik lifler

Keçe açıcıdan çıkan şeritlerin kalitesinin tarama makinası kullanılarak iyileştirilip iyileştirilemeyeceğini görmek amacıyla bunların bir kısmı L1 hattını takip ederek taranmamış, diğer kısmı ise L1a hattını takip ederek taranmış iplik imal edilmiştir. Her iki hat boyunca 200-250 m/dak'lık normal hızlarda çalışıldığında sarma meydana geldiğinden tüm makina hızlarının 50 m/dak'ya kadar düşürülmesi gerekmiştir.

Keçe açıcıdan çıkan malzemenin son derece kötü olan düzgünsüzlüğü ve özellikle içerdiği büyük boyuttaki balıklar nedeniyle tarama makinasında çalışılamamış bunun üzerine şeritler düşük beslemeli ve baret iğne sıklığı az olan çekme makinasından geçirilmiştir. Çıkan şeritler tarama makinasına bağlandıklarında problemlerin sürdüğü görülmüş ve ancak şeritler aynı çekme makinasından bir kez daha geçirildikten sonra tarama makinasında çalışılabilmiştir. Tablo 4.1 incelendiğinde keçe açıcı çıkışı şeritlerin düzgünsüzlük indeksi 20,9 iken N1 numunesinde 1. pasaj çıkışı şeritlerin düzgünsüzlük indeksinin 27,8, N2 numunesinin tarama öncesi ikinci pasaj çıkışı şeritlerininkinin ise 67,8 olduğu görülmektedir. Bu durumun şerit numarasının incelmesinin yanı sıra önceki aşamalarda meydana gelen hataların çok büyük oluşları nedeniyle henüz bu hataları telafi edecek düzeyde katlama gerçekleşmemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Hatalar, çok sık ve büyük boyutlu oluşları nedeniyle katlama sonucunda üst üste gelerek daha da belirginleşmiş olabilirler. N2 numunesindeki %67,8 düzeyindeki indeks değerinin N1'dekinden çok daha yüksek oluşu ise N1 numunesinin 1. pasajdan geçirilmesi sırasında çok büyük boyuttaki hatalara elle müdahale edilerek ayrılmış olmalarından kaynaklanmaktadır. Kullanılan makina konstrüksiyonunun farklı oluşu da sonuca etkimiş olabilir.

Mikroliflerin taranmasında da önemli problemlerle karşılaşılmıştır. Besleme yüksek tutulduğunda kıskaçların lifleri şeritten tam olarak kopartıp alamadıkları, sarımlar meydana geldiği ve tarama fonksiyonunun gerçekleştirilemediği görülmüştür. Besleme azaltıldığında ise taranmış tülbentte ileri geri hareket esnasında kopuşlar meydana gelmiştir. Ayrıca taranmış tülbentin kenar kısımlarının vuruş hareketinin ve üflemenin etkisiyle uçuşarak kendi üzerlerine katlandığı ve ileride nepse dönüşmeye uygun lif yapıları meydana getirdiği bu çalışmada da gözlenmiştir [93]. L1a hattında tarama işlemi ve sonrasında uygulanan fazladan 2 pasaj sonucunda kısa lifler ve nepslerin bir kısmının ayrılması, liflerin daha paralel hale gelmesi ve çok sayıda katlama gerçekleşmiş olması nedeniyle düzgünsüzlük değerinin N1

numunesindekine oranla daha iyi hale geldiği, ortalama lif uzunluğundaki azalma ve lif uzunluğu CV değeri ile 30 mm'den kısa lif oranındaki artışın da N1 numunesine göre daha düşük olduğu Tablo 4.1'de görülmektedir. N1 numunesi için 3. pasaj çıkışı şeridin 20 g'ında 170 neps, 44 lif kümesi, çok sayıda ezik lif ve balık tespit edilirken, N2 numunesinde 160 neps ve 20 lif kümesi bulunduğu, ezik lif ve balık miktarının da daha düşük olduğu belirlenmiştir. Tarama işlemi uygulanmasına karşın aradaki farkın beklendiği kadar büyük olmadığı görülmektedir. Diğer bir değişle, her iki üretim çalışmasında da takip eden işlemler başlangıçtan itibaren bozuk olan malzemenin düzeltilebilmesi için yeterli olmamıştır.

Bu ön çalışmanın sonuçları ve mevcut literatürden hareketle birtakım çıkarımlar yapılmıştır:

- Makina ayarlarının mikrolif inceliği göz önünde bulundurularak düzenlenmesi ve çok hassas bir şekilde yapılması gereklidir.
- Makinaların son derece temiz ve bakımlı olması önemlidir.
- Koparma makinasında erken kopuşların görüldüğü bölgelerde gerginliğin azaltılması yararlı olabilir.
- Uzun liflerin kıvrılarak veya koparak neps oluşumuna daha meyilli oldukları [90,91] görüşü dikkate alınarak koparma makinasında liflerin daha kısa kopartılmaları yararlı olabilir.
- Kesitteki lif sayısının artışı ve lifin rijitliğindeki azalma dikkate alınarak makina hızları azaltılmalıdır.
- Pasajlarda kesitteki lif sayısı dikkate alınarak besleme azaltılmalıdır.
- Taramanın nepsi azalttığı ancak mikroliflerin taranmasının oldukça problemli olduğu ve takip eden prosesler sonucunda nihai ürün değerlerinde neps açısından yeterli etkiyi bırakmadığı görülmüştür.

Diğer numunelerin üretim parametreleri bu çıkarımlar doğrultusunda belirlenmiştir.

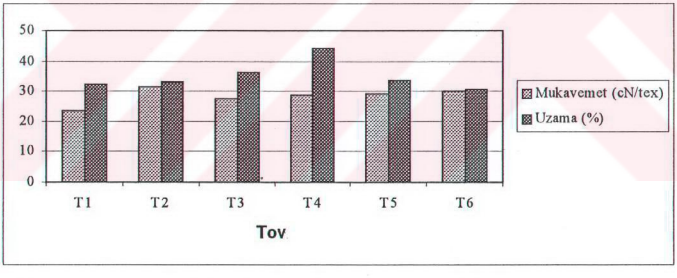
4.2. Hazırlık İşlemlerinde Performans ve Ürün Özellikleri ile İlgili Sonuçlar

Ön çalışmadan elde edilen bilgiler ışığında diğer numunelerin üretimine geçilmeden önce kullanılacak olan tovlardan alınan liflerin mukavemet, uzama, çap ve preperasyon yağı miktarları ölçülmüştür. Üretimden kaynaklanan bu değerler Tablo 4.2 ve Şekil 4.3'de görülmektedir.

Tablo 4.2 Tovlardan alınan liflerin mukavemet, uzama ve preperasyon yağı miktarı değerleri

Numune	Mukavemet (cN/tex)	Mukavemet CV (%)	Uzama (%)	Uzama CV (%)	Lif çapı (μ)	Lif çapı CV (%)	Prep. yağı miktarı (%)
T1	23,4	15,3	32,5	14,1	10,3	15,5	0,30
T2	31,4	14,1	33,3	10,1	9,9	13,0	0,36
T3	27,4	7,4	36,4	6,3	13,6	12,6	0,38
T4	28,7	9,4	44,5	6,2	18,9	14,5	0,53
T5	29,3	20,3	33,5	11,9	11,1	11,6	0,86
T6	31,2	14,9	30,3	14,4	9,7	11,6	0,49

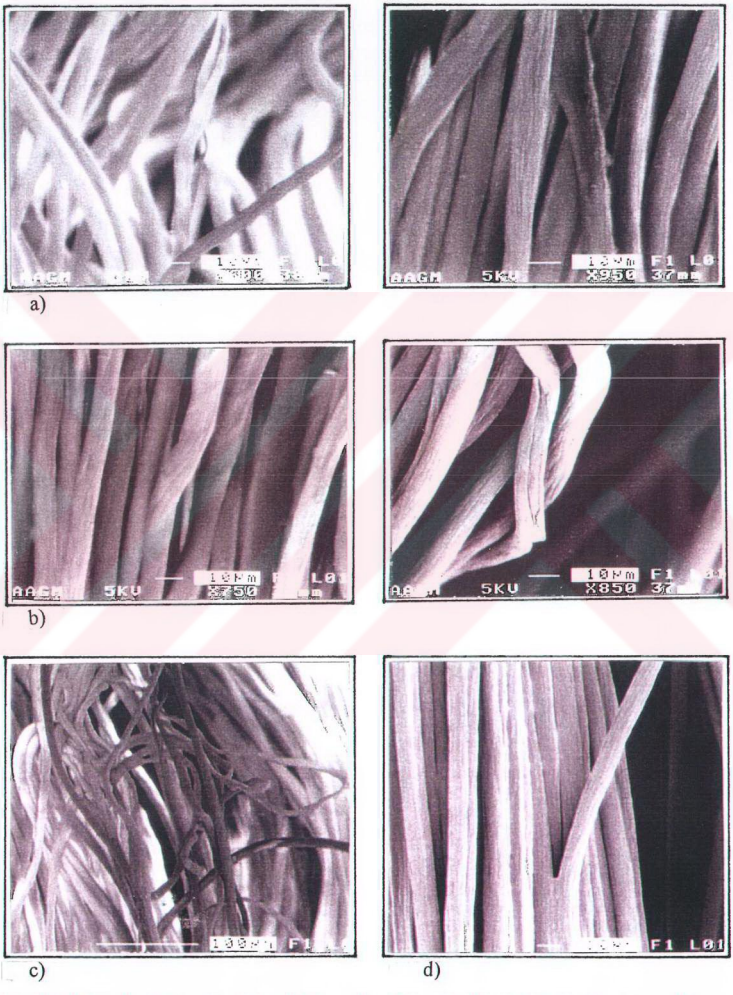
Tablo 4.2 ve Şekil 4.3 'de tovlar için tek lif mukavemetleri dikkate alındığında en düşük değeri T1 tovundaki liflerin verdiği ve aradaki farkların %99 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. En yüksek mukavemet değerini T2 tovu veriyor gibi görünmekle birlikte T2, T5 ve T6 tovlarının değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. T2 tovu ile T3 tovu arasındaki farkın %99, T4 tovu arasındaki farkın ise %95 düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. T3 ve T6 tovlarından alınan liflerin mukavemet değerleri arasındaki fark ise %99 düzeyinde anlamlı olup T3, T4 ve T5 tovlarının lif mukavemetleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur.



Şekil 4.3 Tovlara göre lif mukavemeti ve uzaması değişimi

Uzama açısından değerlendirildiğinde genel olarak lif kalınlaştıkça uzama yüzdesinin arttığı görülmektedir. Aynı polimerden üretilen liflerden kalın olanlara ince liflere oranla daha az çekim uygulandığı ve bunun sonucunda moleküler oryantasyonlarının düşük, dolayısıyla uzamalarının daha yüksek olduğu düşünülebilir [27]. Bu durumda kalın liflerin mukavemetleri de daha az olacaktır. Ancak çalışma kapsamında incelenen liflerde, T2 tovundan alınanlar dışındaki ince lifler ile kalın lifler arasında böyle bir durum gözlenmemesi liflerin sağlamlıklarının farklı olduğunu düşündürmektedir. T1, T2 ve T5 tovlarının uzama değerleri

arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsızdır. T6 tovu ile T2 tovu arasında %95 düzeyinde anlamlı bir fark bulunurken yine T6 tovu ile T1 tovu arasındaki farkın ise anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Beklendiği üzere aynı incelikteki liflerin çapları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.4 Tovlarda tespit edilen lif hasarları (a) ezik lif, (b) üretimden kaynaklanan hasarlar, (c) neps, (d) yapışık ve ayrık lifler

Tovlardan alınan lif numuneleri, liflerin bu aşamadaki durumlarını belirlemek üzere SEM'de incelenmiştir. Çok sayıda olmamakla birlikte Şekil 4.4'de görülen (a) ezik lifler ve (b) lif üretimi esnasında meydana gelmiş olan hasarlarının yanı sıra (c) neps benzeri yapılar ile (d) yapışık ve ayrık lifler de tespit edilmiştir.

T1, T2, T3, T4 ve T6 tovları aynı üretici firmaya ait olup preperasyon yağı miktarının %0,30-0,60 arasında değişebildiği belirtilmiştir. Dolayısıyla bu tovlar arasında preperasyon yağı miktarı açısından anlamlı bir fark yoktur. Ancak T1, T2 ve T6 tovlarında OE, T3 ve T4 tovlarında ring tipi preperasyon yağı kullanılmıştır. OE tipinin liflerin rotorda tek life açılmasını kolaylaştıracak, ring tipinin ise ring makinasının çekim sistemi çıkışında lifleri daha çok bir arada tutacak yapıda olduğu ifade edilmektedir. Yaş çekim metodu ile üretilmiş olan bu tovlardan üretim tipi açısından farklı olan kuru çekim T5 tovunun preperasyon yağı miktarının da yüksek olduğu görülmektedir.

Tovların üretimden kaynaklanan değerlerinin ölçümünden sonra N1 ve N2 numunelerinin üretildiği ön çalışma sonuçlarından hareketle diğer numunelerin üretimine geçilmiş ve ilk aşamada T1 tovu (98 ktex, 0,9 dtex, yaş çekim) kullanılarak L1 hattında N3 ve N4 numuneleri üretilmiştir.

Liflerin elastik ve plastik davranışları dikkate alındığında, koparma makinasının diğer bölgelerine oranla daha uzun olan olan ve tovun gerçek anlamda ilk gerginliğe maruz kaldığı 1. ve 2. bölgelerde (Bkz. Şekil 2.4) gerginliğin yüksek oranda lif kopuşları meydana getirecek kadar arttırılması durumunda liflerin koptuktan sonraki hızlı elastik geri dönüş esnasında geriye doğru kıvrılarak neps veya daha sonra nepse dönüşebilecek ilmekçikler oluşturma olasılığının fazla olması beklenebilir. Bu nedenle bu bölgelerde yüksek oranda lif kopuşu meydana gelmesi istenmeyen bir durumdur [48]. Koparma makinasına beslenen tovlardaki liflerin elastiklikleri arttıkça bu etki daha da belirgin hale gelecektir. Bu bilgiler ışığında ve Frost'un çalışmasının [49] verileri de göz önüne alınarak T1 tovu ile N3 numunesi üretilirken koparma makinasının E1xE2 değeri ön çalışmadakine oranla %8 oranında azaltılmış, buna rağmen 1. bölgede erken kopuşlar gözlendiğinden E1'in bir kez daha %10 oranında azaltılması uygun görülmüştür. Bunun sonucunda erken kopuşlar tamamen ortadan kalkmamakla birlikte önemli oranda azalmış ve koparma makinasında problemsiz olarak çalışılmıştır.

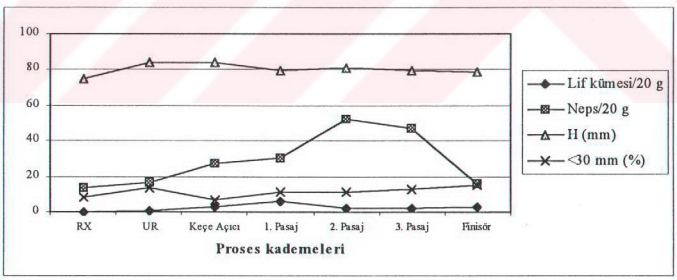
Tablo 4.3 L1 hattında T1 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları

	N3-T1L1							N4-T1L1						
	Koparma		Keçe açıcı	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör	Koparma		Keçe açıcı	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	RX	UR						RX	UR					
Çıkış şerit no (ktex)	25,9	21,5	6,4	3,9	2,2	2,2	0,3	23,5	19,8	12,4	6,2	4,4	3,3	0,3
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	4,8	5,0	2,9	2,61	3,6	-	-	7,7	3,7	2,2	2,2	2,8
Indeks	-	-	12,5	10,37	4,6	4,0	2,2	-	-	14,9	9,9	4, 9	3,3	1,7
Lif uzunluğu - H (mm)	75,0	83,8	84,0	79,5	81,4	79,7	78,8	77,5	98,0	80,6	79,2	79.3	79,6	76,8
CV_H (%)	42,2	47,9	41,3	46,8	46,4	49,0	50,4	40,4	39,3	44,9	45,9	46,5	47,3	51,0
<30 mm (%)	8,7	13,5	7,0	11,3	11,0	13,2	14,9	8,5	7,0	10,6	11,4	12,1	12,7	17,3
Lif mukavemeti (cN/tex)	22,4	33,8	-	-	-	-	-	23,6	28,0	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	13,7	11,5	-	-	-	-	-	11,6	25,2	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	28,9	15,1	-	-	-	-	-	27,2	13,4	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	10,1	17,9	-	-	-	-	-	12,2	10,9	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	9,9	8,7	-	-	-	-	-	9,4	8,8	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	12,4	12,7	-	-	-	-	-	11,7	10,2	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	0,1	17,8	15	-	-	-	-	-	18,3	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	0	1	3	6	2	2	3	4	3	2	4	8	7	9
Neps/20 g	14	17	25	30	52	47	16	20	14	35	56	72	81	45

Eğilme rijitliğinin uzunluk azaldıkça arttığı [74] dikkate alınarak koparma bölgesinde 4. bölge ekartmanı 160 mm'de tutulurken 5. bölge ekartmanının 115 mm'ye düşürülmesiyle daha kısa ortalama lif uzunluğu elde edilmiştir. N1 ve N2 numunelerinde RX lifler için 79,8, UR lifler için 105.5 mm olan ortalama lif uzunluğu N3 numunesinin RX liflerinde 75.0, UR liflerinde ise 83,8 mm'ye düşürülmüştür. UR liflerdeki kısalmanın çok daha belirgin olduğu görülmektedir. Lifler camsı geçiş noktalarının üzerine kadar ısıtıldıklarında molekülleri hareketli hale gelir, başlangıç modülleri ve mukavemetleri düşer, kopma uzamaları ise artar. Diğer bir değişle sıcaklık arttıkça lifler daha küçük kuvvetlerin etkisiyle daha çok uzar, akma noktasının düşmesine bağlı olarak daha çok plastik şekil değiştirirler [107]. Akrilik liflerin 1. camsı geçiş sıcaklığının 85°C civarında olduğu kabul edilmektedir [28]. Ütü bölgesinde ütü tablası sıcaklıkları genellikle 110-140°C arasında, diğer bir değişle camsı geçiş noktasının üzerindeki değerlere ayarlanmaktadırlar. Bunun sonucunda ütü bölgesi sıcaklığı ile hem ütü bölgesi hem de ütü bölgesinden hemen sonraki 2. bölge başta olmak üzere diğer bölgelerin gerginliklerinin değişimi UR liflerin plastik şekil değiştirme (uzama) miktarları üzerinde daha belirgin farklar yaratmakta ve koparma makinası çıkışı lif uzunluğunu etkilemektedir. Yine aynı nedenle ütü tablası sıcaklıkları ve/veya bu bölgedeki kısmi gerginliğin artışı ile suda çekim yüzdesi arttırılabilmektedir. Sıcak halde gerginlik uygulandığında moleküller daha fazla yer değiştirdiğinden iç gerilim artmakta ve bu lifler gevşetme işlemine tabi tutulduklarında daha çok kısalmaktadırlar. Bu şekilde ısıtılmış olarak çekilen liflerde daha yüksek oranda moleküler oryantasyon gerçekleşmesine bağlı olarak mukavemetin artması da beklenebilir. T1 tovundan alınan tek lif mukavemeti 25,5 ve lif çapı 10,3 μ iken Tablo 4.2'de N3 numunesinin RX liflerinin koparma makinası çıkışı tek lif mukavemetlerinin 22,4, UR liflerin mukavemetlerinin ise 33,8 olduğu, RX liflerin çap ve mukavemetlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik meydana gelmediği görülmektedir. UR liflerin çapları ise 10,3'den 8,7 μ'a düşerken mukavemetleri % 32,6 oranında artmıştır.

UR liflerde daha önce açıklandığı üzere sıcaklığın etkisiyle artan plastik şekil değiştirme sonucunda liflerin elastiklikleri 1. bölgeden itibaren azalacağından neps oluşturma eğilimlerinin RX liflere göre daha düşük olması da beklenebilir. Tablo 4.3 ve Şekil 4.5 incelendiğinde ise N3 numunesindeki UR ve RX şeritlerin neps sayıları arasında belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Bu durumun, kullanılan ütü

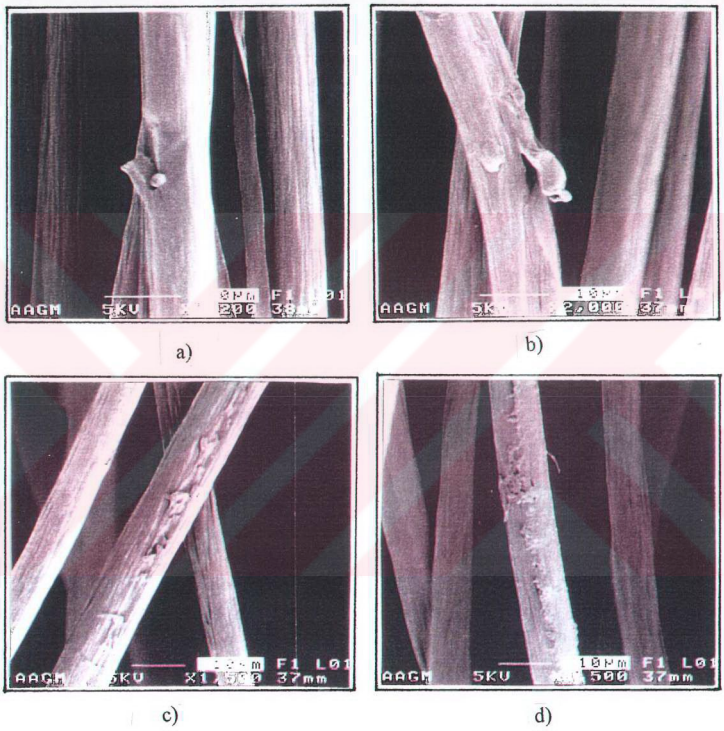
sıcaklığı değerinin alt sınır sayılabilecek 110°C'de tutulması nedeniyle tovun özellikle iç kısımlarının sıcaklığının buradaki liflerin 1. camsı geçiş sıcaklığı değerine ulaşabilmeleri için yeterli olmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Diğer yandan, N3 numunesindeki UR liflerin daha düşük gerginlik uygulanmış olması ve belki de sıcaklığın iç tabakalara ulaşamamış olması nedeniyle daha az plastik şekil değiştirmeye uğramış olmaları sonucunda daha elastik davranmaları ve koptuktan sonra daha çok elastik geri dönüş gerçekleşeceğinden kıvrılarak neps oluşturma olasılıklarının artacağı düşünülebilir. Ancak N1 ve N2 numuneleri için neps oranının 60-70 neps/20 g'dan Tablo 4.3'de görüldüğü üzere RX için 14, UR için 17 neps/20 g'a düştüğü görülmektedir. Bu durumun N3 numunesinde E1xE2 değerinin düşük tutulması nedeniyle 1. ve 2. bölgede erken kopuşların önlenmiş olması sonucunda daha önce açıklandığı üzere neps oluşumunun azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, "E1xE2" değerinin belli bir limitin üzerine çıkması durumunda özellikle RX liflerde neps sayısının arttığına işaret eden yayımlanmamış başka çalışma sonuçları olduğu da bildirilmiştir. 2,2 dtex akrilik liflerle gerçekleştirilen bir çalışmada bu sınır değerin 1,6 olarak belirlendiği ancak kullanılan lif özelliklerine bağlı olarak değişebileceği ifade edilmektedir [48].



Şekil 4.5 N3 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

Koparma makinası çıkışından alınan RX ve UR şeritler SEM cihazında incelenerek lif hasarları tespit edilmeye çalışılmıştır. RX liflerde UR liflere oranla daha fazla hasar olduğu gözlenmiştir. SEM'de incelenen numune miktarı bir genelleme yapmak için yeterli olmamakla birlikte koparma makinası çıkışında RX liflerin mukavemetlerinin ve uzama yüzdelerinin UR liflere göre daha büyük düşüş

göstermiş olmasında RX liflerdeki hasarların da etkisi olabileceği düşünülmüştür. Şekil 4.6'da UR lifte (a) kopma öncesi aşama, RX liflerde (b) kopma öncesi aşama, (c) ve (d) sürtünmeden kaynaklanan lif yüzeyi hasarları görülmektedir. Liflerin maruz kaldıkları gerginliğin yanı sıra kompaktörden geçiş esnasında hasar görmeleri veya sıcak buharla muamele sırasında lif yüzeyinde değişiklikler meydana gelmesi de beklenebilir.



a) b)

c) d)

Şekil 4.6 N3 numunesine ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları. (a) UR lifte kopma öncesi aşama, (b) RX lifte kopma öncesi aşama, (c) ve (d) Sürtünmeden kaynaklanan lif hasarları

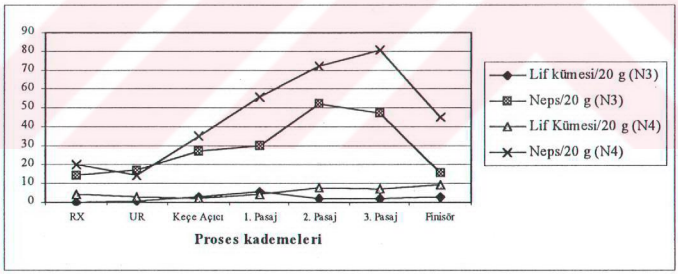
Keçe açıcı ve pasajlardaki besleme azaltılarak baret iğneleri başına düşen lif sayısının uygun düzeye inmesi sağlanmıştır. Bunun sonucunda daha yüksek hızlarda da çalışılabildiği gözlenmiş olmakla birlikte ilk aşamada hedef mikroliflerin uzun lif

eğirme sisteminde iplik haline getirilip getirilemeyeceğinin araştırılması olduğundan numunelerin üretimi 75 m/dak hızda gerçekleştirilmiştir.

Mikrolif kullanımıyla kesitteki lif sayısının yükselmesi katlama etkisinin artmasının yanı sıra proses boyunca şeritlerdeki lif oryantasyonun da artışı ve liflerin birbirlerine daha paralel hale gelmeleri nedeniyle düzgünsüzlük CV'sinin şeritlerin incelmesine karşın iyileştiği görülmektedir. Ancak şeritlerdeki paralel halde olmayan liflerin baretler tarafından etraflarındaki lif grupları ile birlikte çekilerek neps oluşturmaları [91] dolayısıyla neps sayısı genel olarak artmıştır. Diğer yandan, pamuklu sistemde yapılan bazı çalışmalar [90] kısa lif oranındaki artış ile neps oluşumu arasında belirgin bir ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Uzun liflerin proses esnasında daha çok kırıldıkları ve kırılan uçların daha önce açıklandığı üzere kendi üzerlerine dolanarak neps oluşturmalarına bağlı olarak da neps sayısının arttığı yolunda bulgular mevcut olmakla [91] birlikte akrilik mikroliflerle gerçekleştirilen bu çalışmada Şekil 4.6'da da görüldüğü üzere uzun lif eğirme sisteminde problem yaratan kısa lif sınırı olarak kabul edilen 30 mm'den kısa lif oranı ile neps sayısı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir bağlantı görülmemektedir. Ön çalışmada üretilen N1 ve N2 numunelerindekinden farklı olarak N3 numunesinin üretiminde makina hızları ve beslemelerin azaltılması ve koparma makinasında ekartmanın daha kısa lif uzunluğu elde edilecek şekilde daraltılması sonucunda liflerin kopuşlara neden olacak kadar çok zorlanmalarının önlendiği ve kısa lif oranında proses boyunca anlamlı bir artış meydana gelmediği görülmektedir.

N4 numunesi de N3 numunesi gibi T1 tovundan imal edilmiştir. Ancak prosesin iyileştirilmesi çalışmaları kapsamında ayarlarda bir takım değişiklikler yapılmıştır. N4 numunesinde koparma makinasının E1 değeri N3'ünkine oranla % 20 arttırılırken E2 %17 azaltılmış, UR şerit üretiminde kullanılan ütü tablası sıcaklığı da %9 oranında yükseltilmiştir. Tablo 4.3 ve Şekil 4.7'de verilen N3 ve N4 numunelerinin koparma makinası çıkışı değerleri karşılaştırıldığında ütü sıcaklığı ve ütü bölgesi gerginliği E1 daha yüksek olan N4 numunesinde UR şeritlerin neps değerinde çok küçük bir düşüş olduğu, RX şeritlerde ise nepsin arttığı görülmektedir. UR şeritlerdeki neps azalmasının daha önce de açıklandığı üzere sıcaklığın daha yüksek oluşundan kaynaklanmış olduğu düşünülmüştür. "E1xE2" değerleri arasında sadece %3 fark olmasına karşın RX şeritlerdeki neps sayısının artması E1xE2 arttıkça neps

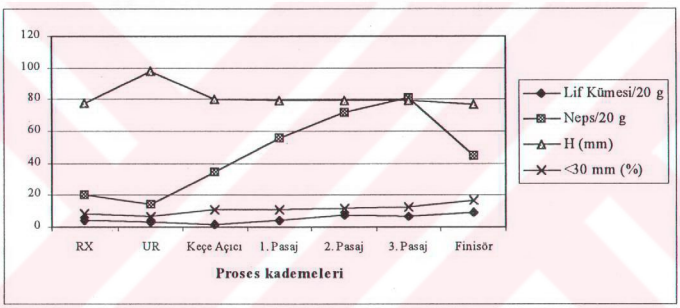
sayısının arttığı görüşünü desteklemenin yanı sıra E1 bölgesi gerginliğinin düşünülenden daha etkili bir parametre olabileceğini akla getirmektedir [48]. Diğer yandan, N4 numunesinin üretimi sırasında malzemenin koparma makinasında manşonlar üzerine bir çok defa sarmasının beklenenden daha fazla neps oluşmasına sebep olmuş olması da oldukça yüksek bir olasılıktır. T1 tovunun hemen ardından makinaya verilen T2 tovunda da aynı problemin yaşanması üzerine çalışma durdurulup daha kalın lif içeren tovlarla makina yaklaşık 24 saat boyunca çalıştırılarak tekrar T2 tovu bağlandığında ise hiçbir problem ile karşılaşılmaksızın çalışılabilmiştir. Bu noktadan hareketle ve koparma makinasındaki tüm manşon ve seramik silindirlerin T1 tovu ile yapılan çalışmadan hemen önce yenilenmiş olmaları göz önünde bulundurularak sarımların nedeninin yenilenen parçaların yüzey özelliklerinin başlangıçta son derece hassas olan mikrolifler için pek uygun olmaması olabileceği, daha az hassas olan kalın lifler ile çalışılarak değiştirilen parçaların yüzeylerinin mikroliflerle çalışmaya daha uygun hale gelmesi sonucunda da problemin ortadan kalktığı düşünülmüştür.



Şekil 4.7 T1 tovundan üretilen N3 ve N4 numunelerinde neps ve lif kümesi sayısı değişimi

Ütü sıcaklığı ve gerginliği daha düşük olan N3 numunesinin %17,8 olan suda çekiminin N4'ün %18,3 olan suda çekim değerinden daha düşük olması daha önce açıklanan UR liflerin suda çekimlerinin koparma makinasında ütü sıcaklığını veya ütü bölgesi gerginliğini arttırarak yükseltilebileceği [48] ifadesini desteklemektedir.

N4 numunesinde büyük olasılıkla yukarıda açıklanan lif sarımı ve kaymaları sonucunda özellikle çektirilmemiş şeritlerde lif uzunluğunun N3 numunesindekilere oranla daha fazla olduğu Tablo 4.3'de görülmektedir. Ancak, keçe açıcıda bu uzun liflerin bir kez daha kopartılmaları neticesinde ortalama lif uzunluğunun azaldığı, kısa lif oranının ise arttığı düşünülmüştür. N3 numunesinde keçe açıcı çıkışı ortalama lif uzunluğu 84 mm, 30 mm'den kısa lif oranı %7 iken N4 numunesinde ortalama lif uzunluğu 80,6 mm ve 30 mm'den kısa lif oranı %10,6'dır. Bu durumun düzgünsüzlük değişim katsayısı değerlerini de yükselttiği görülmektedir. Ancak, Şekil 4.8'de görüldüğü üzere N4 numunesi için de N3'de olduğu gibi 30 mm'den kısa lif yüzdesi ile neps sayısı arasında bir ilişki bulunamamıştır.



Şekil 4.8 N4 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

N4 numunesinde keçe açıcı ve pasajlardaki besleme ve hız üretimi piyasa şartları ve standart koşullara yaklaştırabilmek amacıyla yükseltilmiştir. Besleme ile kesitteki lif sayısının artışı pasajlardaki düzgünsüzlük değişim katsayısını iyileştirirken neps sayısının keçe açıcıdan itibaren hızla arttığı Şekil 4.8'de görülmektedir. Lif sayısının artışına bağlı olarak liflerin baretlerde daha çok sıkışıp sürtünerek zorlanmaları buna sebep olmuş olabilir. Diğer yandan N3'tekilere göre daha uzun kopmuş olan N4 numunesinin UR liflerinin keçe açıcıda tekrar kopuşları esnasında nepse dönüşmeye uygun yapılar meydana getirmesi ve bunların takip eden pasajda neps olarak ortaya çıkmış olmaları da mümkündür.

Tablo 4.4 L1 ve L1a hatlarında T2 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları

N6-T2L1	Koparma		Keçe	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	RX	UR	açıcı				
Çıkış şerit no (ktex)	21,2	18,3	6,3	4,6	2,4	2,3	0,3
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	4,4	4,0	3,7	2,3	3,7
Indeks	-	-	11,6	9,0	5,9	3,7	2,2
Lif uzunluğu - H (mm)	82,2	86,4	83,9	83,6	82,9	81,7	80,8
CV_H (%)	38,8	41,4	40,2	43,2	44,3	46,6	48,8
<30 mm (%)	6,7	8,7	7,3	9,3	10,2	12,1	14,8
Lif mukavemeti (cN/tex)	27,9	30,9	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	17,5	15,53	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	28,8	15,1	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	13,0	14,2	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	10,0	9,7	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	12,5	12,5	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	-	18,5	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	3	3	5	3	4	2	8
Neps/20 g	22	27	23	31	74	74	42

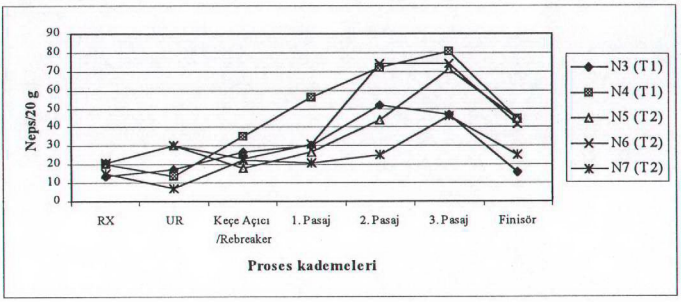
N5-T2L1a	İkinci kop. (Rebreaker)	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	7,6	4,7	2,5	2,6	0,3
	16,1	11,2	5,9	3,6	5,1
	47,2	25,7	9,5	3,1	3,2
	74,1	79,5	79,6	73,7	67,0
	51,7	44	46,8	54,6	62,3
	17,4	10,6	12,6	19,6	29,9
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-
	0	0	2	1	5
	18	27	44	71	45

N7-T2L1	Koparma		Keçe	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	RX	UR	açıcı				
Çıkış şerit no. (ktex)	21,6	18,7	9,3	7,1	4,6	3,3	0,3
Düzgünsüzlük CV%	-	-	5,7	3,4	2,4	2,6	2,9
Indeks	-	-	17,4	9,5	5,4	4,8	1,5
Lif uzunluğu - H (mm)	75,4	84,9	76,8	74	77,7	78,7	77,5
CV_H (%)	47,4	43,3	47,8	51,5	50,3	49,6	52,0
<30 mm (%)	15,1	10,7	13,4	17	15,8	15,2	17,9
Lif mukavemeti (cN/tex)	27,1	32,6	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	10,0	20,0	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	27,6	14,4	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	10,0	13,2	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	9,7	9,0	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	11,5	14,0	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	-	19,3	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	2	3	3	8	5	2	9
Neps/20 g	15	7	22	21	25	46	25

T2 tovundan üretilen N5, N6 ve N7 numunelerine ait sonuçlar Tablo 4.4'de verilmiştir. N6 numunesinin üretiminde kullanılan makina ayarları N3 numunesindekilere, N7 numunesinde kullanılan ayarlar ise N4'ünkilere yakındır. Sadece N6 numunesinin koparma makinasındaki E1 değeri, dolayısıyla E1xE2 değeri N3 numunesindekinden %13 yüksektir.

Şekil 4.9 incelendiğinde N6 numunesinde koparma makinasından elde edilen şeritlerdeki neps sayısının T1 tovundan üretilen N3 ve N4 ile yine T2 tovundan üretilen N7 numunelerindekine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu durumun

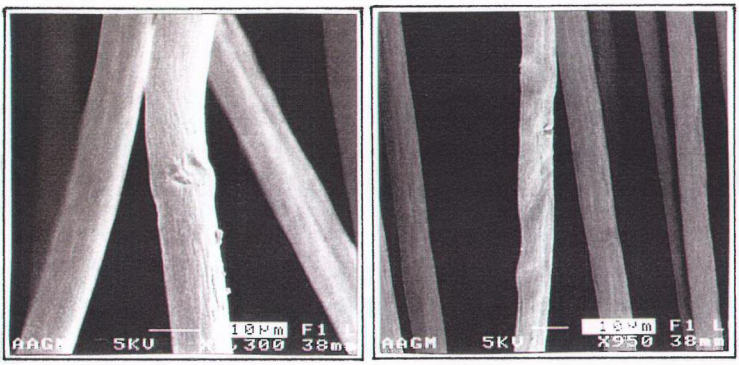
N6 numunesinde E1xE2 değerinin daha yüksek oluşundan kaynaklanması olasılığının yanı sıra N3 ve N4 numunelerinde farklı bir tov kullanılmasının da sonucu etkilemiş olabileceği düşünülmüştür.



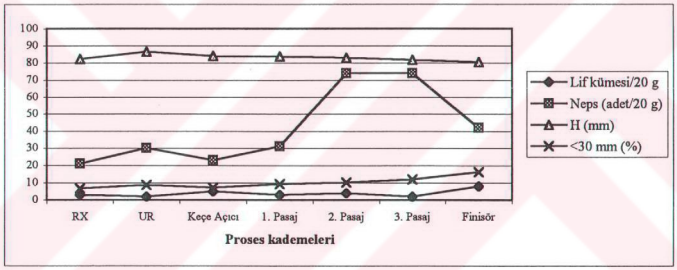
Şekil 4.9 T1 ve T2 tovlarından üretilen numunelerin proses boyunca neps sayısı değişimi

N6 ve N7 numunelerinin E1 ve E2 değerleri T1 tovundan üretilen N3 ve N4 numunelerinde olduğu gibi birbirinden farklıdır. N6'nın E1 değeri N7'ninkinden %9 daha küçük, E2 değeri ise %20 büyüktür. Düşük E1 değeri ve ütü sıcaklığının sonucu olarak N6 numunesinin suda çekiminin N7'den daha az olduğu Tablo 4.4'de görülmektedir. Diğer yandan N6 ve N7 arasında, E1 gerginliği artışının N3 ve N4 numunelerinin koparma makinası çıkışı neps sayıları üzerinde yaratmış olabileceği düşünülen arttırıcı etkinin tersi bir durum gözlenmektedir. E1 değeri daha düşük olan N6 numunesinde neps sayısı RX lifler için 22, UR lifler için 27 olarak tespit edilirken E1 değeri yüksek E2 değeri düşük olan N7 numunesinde RX şeritlerin 20 g'ında 15, UR şeritlerde ise 7 neps sayılmıştır. N6'nın E1 değerinin N7'ninkinin altında bulunmakla birlikte yine de N3'ten yüksek olması büyük olasılıkla malzemenin özelliklerine (lif inceliği, üretim tipi, tov numarası, lif mukavemeti ve uzaması gibi) bağlı olarak değişen bir sınır gerginlik değeri olabileceğini ve bu değerin aşılması halinde nepsin artmaya başlayabileceğini düşündürmektedir.

Şekil 4.10'da görüldüğü üzere N6 numunesinin koparma makinası çıkışı RX ve UR şeritlerinin SEM analizlerinde az sayıda olmakta birlikte (a) uygulanan gerginlik neticesinde zorlanmış ama henüz kopmamış lifler ve (b) sürtünmeden kaynaklanan lif hasarları [105] tespit edilmiştir.

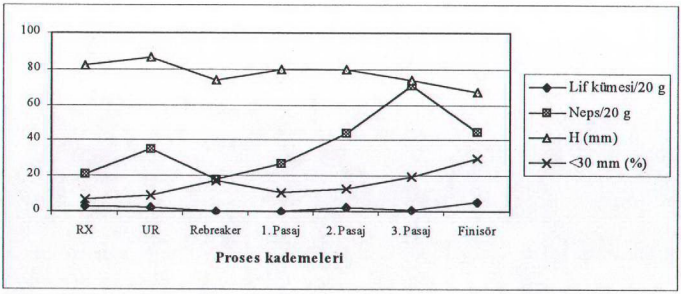


Şekil 4.10 N6 numunese ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları



Şekil 4.11 N6 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

N6 numunesinde koparma makinası çıkışındaki neps miktarı fazla olmakla birlikte keçe açıcı çıkışı şeritlerdeki neps sayıları N3, N6 ve N7 numuneleri için hemen hemen eşittir (Şekil 4.11). N6 numunesinde keçe açıcı neps sayısında belirgin bir artış meydana getirmezken N3, N4 ve N7 numunelerinde nepsin arttığı görülmektedir. N6 üretiminde şerit numarasının ayarlanabilmesi amacıyla keçe açıcı çekiminin diğerlerine göre daha yüksek olması sonucunda liflerdeki kıvrımların daha çok açılmasının kohezyonu düşürüp liflerin hareketlerini kolaylaştırarak neps oluşumunu azaltabileceği düşünülmüştür.



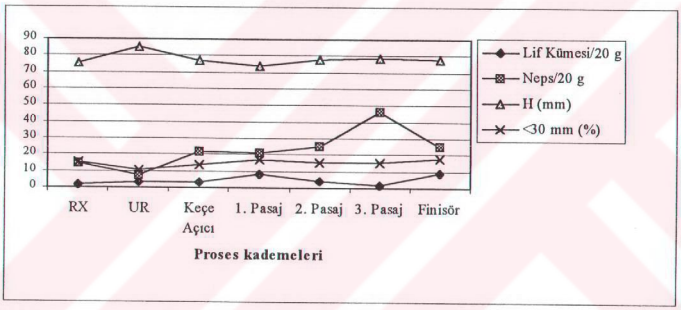
Şekil 4.12 N5 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

N5 numunesi, keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) kullanılmasının sonuçlarının incelenmesi amacıyla N6 numunesi için hazırlanan koparma makinası çıkışı RX ve UR şeritlerin bir kısmı L1b hattından geçirilerek üretilmiştir. Rebreaking ve çekme işlemlerinin birlikte gerçekleştirildiği keçe açıcılar yerine sadece ikinci koparıcı (rebreaker) makinası kullanılmasının neps oluşumu açısından belirgin bir etkisi olmadığı Tablo 4.4 ve Şekil 4.12'de görülmektedir. Ancak malzemenin bu makinadan geçirilişi esnasında işletme koşulları nedeniyle makina ayarları normal çalışma şartlarında sabit tutulduğundan sık sık silindirler üzerine sarma meydana gelmiş olması N4 numunesinde de düşünüldüğü gibi neps sayısını arttırmış olabilir. Bu durumun etkileri yüksek düzgünsüzlük değerlerinde kendini göstermektedir. İkinci koparıcı (rebreaker) çıkışı lif uzunluğunun keçe açıcı kullanılarak üretilen diğer numunelere göre daha düşük olması bu makinadaki koparma bölgesi sayısının keçe açıcıdan daha fazla olması nedeniyle liflerin daha çok kez kopmasından kaynaklanabileceği gibi malzemenin ikinci koparıcıda problemli çalışması da lif uzunluğunu etkilemiş olabilir.

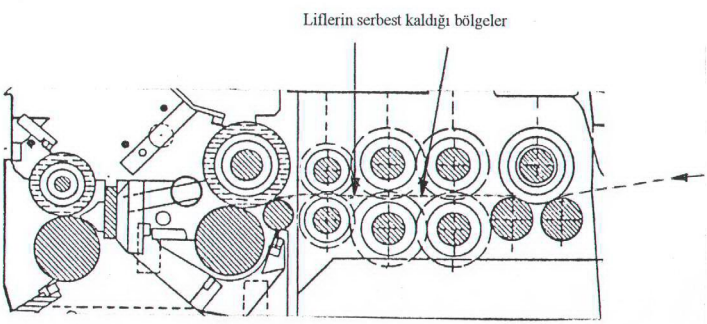
Besleme ve kısa lif oranı fazla olmasına karşın N7 numunesinde proses boyunca meydana gelen neps artışının diğerlerine göre daha az olmasının (Şekil 4.13) malzeme ve makina ayarları arasında optimum bir dengenin sağlanmış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmüştür. Sadece beslemenin diğer numunelerle eşit olduğu 3. pasajda belirgin bir neps artışı gözlenmektedir.

Neps sayısının proses boyunca artış eğilimi mikroliften imal edilen tüm numunelerde görülmektedir. N3, N5 ve N6 numunelerinde ise 2. pasajda neps artışının daha belirgin olduğu gözlenmektedir. Bunun nedeninin Şekil 4.14'de görüldüğü üzere

iğneli silindirli cerlerin kıstırma noktalarının çok belirgin olmayışı ve lifleri baretler kadar sürekli kontrol altında bulundurmayışları olduğu düşünülmüştür. Çünkü bu şekilde rijitliği düşük ince liflerin eğilmeden bir kıstırma noktasından diğerine iletilmeleri zorlaşmakta ve hava akımlarının etkisine kapılmaları kolaylaşmaktadır. 1. Pasajda en yüksek beslemenin yapıldığı N7 numunesinde neps artışının diğer numunelerdeki kadar belirgin olmayışı ise diğer numunelere oranla daha fazla besleme yapılması sonucunda lif sayısının artışı ile daha kompakt ve rijit bir yapı meydana gelmesi ve böylece liflerin hareket esnasında doğrultularını korumalarının kolaylaşmasından kaynaklanmış olabilir. Ancak yine iğneli silindirli olan 3. pasajdaki neps sayısı değişimi numuneden numuneye farklılık göstermektedir. Neps ölçümleri arasındaki yüksek değişim katsayısı değerleri de bu sonucu destekler niteliktedir.



Şekil 4.13 N7 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi



Şekil 4.14 İğneli silindirli çekme makinası

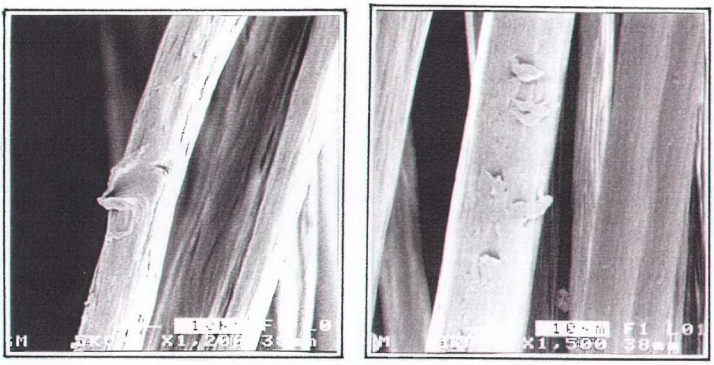
Tüm numunelerde görülen fitildeki belirgin neps azalması uygulanan yüksek çekim ile neps oluşturan karışık haldeki liflerin çekim sisteminden uzaklaştırılmasından kaynaklanmış olabilir [93].

Tüm numuneler için proses boyunca ortalama lif uzunluğunda hafif ve dengeli bir azalma, lif uzunluğu değişim katsayısı ve 30 mm'den kısa lif oranında ise artış meydana gelmekte, ancak bu değişimin fitillerde daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Finisördeki çekim ve ovalama hareketi sırasında liflerde kırılma meydana gelmesi veya fitile ovalama yoluyla verilmiş olan bükümün tam olarak açılamaması nedeniyle Almeter cihazında test numunesi hazırlanırken uygulanan tarama işlemi sırasında liflerin kırılması böyle bir sonucun elde edilmesine neden olmuş olabilir.

Tablo 4.5 L1 hattında T3 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları

N8-T3L1 **N9-T3L1**	Koparma		Keçe	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	RX	UR	açıcı				
Çıkış şerit no (ktex)	21,5	19,2	15,4	15,5	7,2	3,1	0,3
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	-	2,1	4,3	2,3	3,7
Indeks	-	-	-	8,3	8,8	3,1	1,7
Lif uzunluğu - H (mm)	77,2	82,4	-	82,5	81,0	82,6	81,0
CV_H (%)	41,9	42,1	-	46,9	47,7	47,1	50,0
<30 mm (%)	8,4	7,9	-	10,1	11,4	10,8	14,5
Lif mukavemeti (cN/tex)	23,3	29,9	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	9,0	11,4	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	29,6	15,9	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	6,2	15,2	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	13,8	12,8	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	14,2	12,6	-	-	-	-	-
Suda çekim (%)	-	19,5	-	-	-	-	-
Lif kümesi/20 g	1	1	-	4	8	3	2
Neps/20 g	9	4	-	17	21	18	12

Mikroliflerden üretilen numunelerin özellik ve davranışlarının daha kalın liflerle karşılaştırılabilmesi amacıyla 1,7 dtex inceliğindeki liflerden N8 ve N9, 3,3 dtex inceliğindeki liflerden ise N10 numuneleri üretilmiştir. N8 ve N9 numunelerinin hazırlama aşamaları aynıdır. Tablo 4.5'da görüldüğü üzere bu numuneler için koparma makinası çıkışındaki neps değerleri oldukça düşüktür. Bunun T1 ve T2 tovlarındaki liflerden daha kalın olan T3 tovu liflerinin rijitliklerinin daha fazla oluşu nedeniyle koptuktan sonra geri dönüş esnasında kıvrılarak kendi üzerlerine düğümlenme eğilimlerinin azalmasından kaynaklanması olasılığı yüksektir.



Şekil 4.15 N8/N9 numunelerine ait RX ve UR şeritlerde tespit edilen lif hasarları

Şekil 4.15'de SEM incelemeleri neticesinde N8/N9 numunelerinin RX ve UR liflerinde belirlenen lif hasarları görülmektedir. T1 ve T2 tovuyla yapılan çalışmalardakilere benzer ancak daha az sayıda yüzey sıyrılmaları gözlenmiştir.

N8/N9 numuneleri için keçe açıcı çıkışı değerler ölçülememiş olmakla birlikte proses boyunca neps artışı olmasına karşın koparma makinası ve 1. pasaj çıkışı neps sayısı farkından hareketle en belirgin artışın liflerin daha az yönlenmiş durumda oldukları ilk aşamalarda meydana geldiği söylenebilir. Kalın liflerin spesifik lif yüzeyleri ve dolayısıyla sürtünmelerinin daha az oluşuna bağlı olarak çekim esnasında birbirleri üzerinden kayarak hareket etmelerinin kolaylaştığı, şerit içinde daha kolay yönlendirilebilmeleri ve daha rijit oluşları nedeniyle de çekim esnasında şekil ve doğrultularını daha iyi korudukları düşünülebilir. Böylece şeritlerde baret iğnelerine takılıp çekilerek neps oluşturma olasılığı yüksek, paralel halde olmayan lif oranı azalacaktır. Ayrıca, baretlere takılan lifler yine sürtünmelerinin daha az oluşu nedeniyle ince liflerde olduğu kadar çok lifi beraberlerinde sürükleyemeyeceklerdir.

Tablo 4.5'de 2. pasaj çıkışında düzgünsüzlük değerinin beklenenin üzerinde olmasının düzgünsüzlük spektrogramında çekim hatası artışına dayanılarak çekim manşonundaki bir problemden kaynaklandığı düşünülmüştür.

Tablo 4.6 L1 hattında T4 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları

N10-T4L1	Koparma		Keçe açıcı	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
	RX	UR					
Çıkış şerit no (ktex)	25,5	21,1	24,4	23,5	12,0	9,4	1,0
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	3,8	2,0	2,4	1,7	3,3
Indeks	-	-	10,4	5,4	4,6	3,0	1,8
Lif uzunluğu - H (mm)	80,2	89,4	87,2	88,7	87,1	85,8	83,1
CV_H (%)	38,5	37,2	39,8	38,6	40,4	41,2	49,4
<30 mm (%)	4,9	4,3	5,3	4,1	5,8	6,8	13,9
Lif mukavemeti (cN/tex)	20,9	32,0	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	15,2	19,2	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	29,4	18,7	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	20,3	22,3	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	18,9	17,0	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	13,3	17,5	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	-	19,8	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	1	0	1	1	0	0	0
Neps/20 g	3	3	2	1	1	4	1

Tablo 4.3, 4, 5 ve 6 karşılaştırıldığında lif inceliklerindeki farklılığa karşın düzgünsüzlük değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmaması, besleme oranlarının kesitteki lif sayıları mümkün olduğunca birbirine yakın olacak şekilde ayarlanmış olmasından kaynaklanmaktadır. Mikroliflerden oluşan T1 ve T2 tovları ile çalışılırken pasajlardaki azaltılan besleme için uygun boğaz (huni) bulunmadığından otoregülatörlerin devre dışı bırakılması da pasajlarda mikrolifler ile kalın lifler arasındaki düzgünsüzlük farkının beklenenden az olmasında etkili olmuş olabilir.

Farklı makina konstrüksiyonlarının ince lif prosesi üzerindeki etkilerini gözlemek amacıyla T5 ve T6 tovları kullanılarak L2 hattında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. L2 hattındaki koparma makinasının konstrüksiyonu farklı olmakla birlikte daha önce de belirtildiği üzere temel çalışma prensibi aynıdır. Bu hatta N11 ve N12 numunelerinin üretiminde kullanılan E1xE2 değerleri L1 hattında konvansiyonel lifler için kullanılanlardan % 20 daha düşüktür. Takip eden proses aşamalarındaki makina hızları ve beslemeler L1, L1a ve L1b hatlarındaki çalışmalardan daha yüksek olup konvansiyonel lifler için kullanılanlara yakındır.

Alışılagelmiş incelikteki liflerin hazırlık aşamasında genellikle 3 pasaj kullanılmasına karşın ince liflerin düşük rijitlikleri nedeniyle birbirlerine paralel ve düzgün hale getirilebilmeleri için daha fazla pasaj kullanılmasının yararlı olup

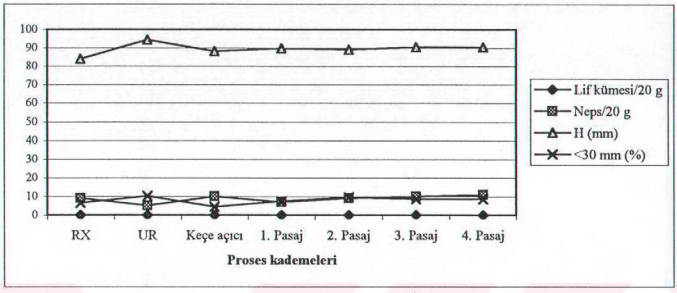
olmayacağını tespit etmek amacıyla N11 numunesi hazırlanırken 4 pasaj, N12 numunesi hazırlanırken ise 3 pasaj kullanılmıştır. Ancak Tablo 4.7 ile Şekil 4.16 ve 4.17'de görüldüğü üzere söz konusu numuneler arasında pasajlar boyunca düzgünsüzlük değerleri arasında önemli bir fark gözlenmemesi 3 pasaj uygulandığında liflerin şerit içinde optimum bir oryantasyon ve paralellik kazandıklarını düşündürmektedir. Fazladan kullanılan pasajın ise neps sayısını arttırmadığı gözlenmiştir [91]. Malzeme yetersizliği nedeniyle UR liflerin suda çekim değerleri ve finisör çıkışı fitillerin lif uzunluğu ve neps ölçümleri yapılamamış olmakla birlikte diğer numunelerdeki eğilimlerin bu numuneler için de geçerli olduğu düşünülmektedir.

Tablo 4.7 L2 ve L2a hatlarında T5 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları

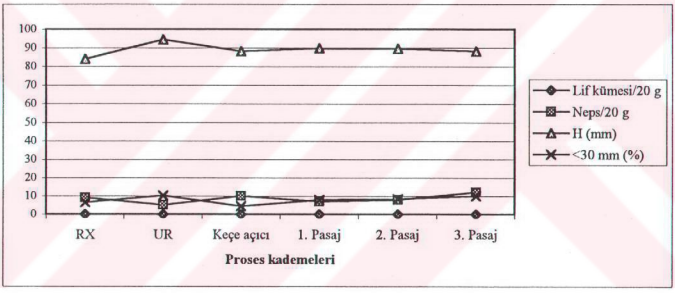
N11-T5L2a **N12-T5L2**	Koparma		Keçe	N11-T5L2a					N12-T5L2			
	RX	UR	açıcı	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	4. Pasaj	Finisör	1. Pasaj	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
Çıkış şerit no. (ktex)	18	14	15	15	15	7	3,2	0,3	15	7	3,2	0,3
Düzgünsüzlük CV(%)	-	-	2,4	1,1	0,9	0,9	1,3	2,8	1,1	1,0	1,3	2,9
İndeks	-	-	8,1	3,8	2,9	2,1	1,9	1,3	3,8	2,2	2,0	1,4
Lif uzunluğu - H (mm)	84,1	94,4	88,2	89,9	89,2	90,6	90,5	-	89,8	89,6	88,2	-
CVH (%)	32,8	40,7	36,9	37,3	39,9	38,8	39,5	-	37,9	38,5	41	-
<30 mm (%)	6,5	10,1	4,3	7,5	9,4	8,5	8,6	-	7,9	8,3	10	-
Lif mukavemeti (cN/tex)	27,5	39,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	17,8	16,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	30,5	18, 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	12,8	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	11,5	10,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	11,1	14,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	-
Neps/20 g	9	5	10	7	9	10	11	-	7	8	13	-

Lif incelikleri 1,3 dtex olan N11 ve N12 numunelerinin üretiminde de N10 numunesinde (3,3 dtex) olduğu gibi neps sayısı proses boyunca hemen hemen sabit kalmıştır. L1 hattında değişik tov ve lif numaralarındaki malzeme ile üretilen numunelerle karşılaştırıldığında N11 ve N12'nin neps sayısının proses boyunca belirgin bir şekilde artması, en azından kullanılan lif inceliği 1,7 dtex olan N8 numunesindekinden daha fazla neps meydana gelmesi beklenebilirdi. Elde edilen bu sonuç üzerinde T5 tovunun kuru çekim metoduyla üretilmiş olmasından kaynaklanan farklı yapısal özelliklerinin yanı sıra yüksek preperasyon yağı miktarının da etkisi olması mümkündür. Ayrıca, T5 tovunun numarasının ve dolayısıyla kesitteki lif

sayısının daha düşük oluşu da tovun koparma makinasında daha iyi kontrolüne olanak sağlayarak liflerin bu makinadan daha homojen ve belki de birbirlerine göre daha paralel konumlanmış halde çıkmalarını temin ederek takip eden proseslerdeki davranışlarını etkilemiş olabilir.



Şekil 4.16 N11 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi



Şekil 4.17 N12 numunesinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

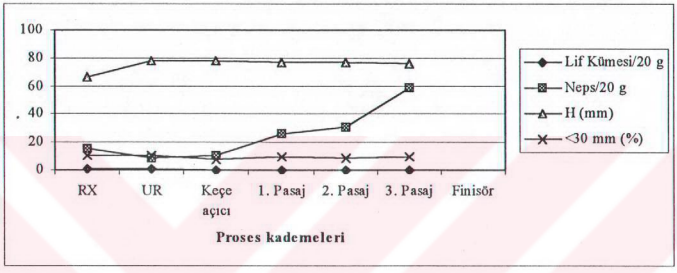
T6 tovu ile L2 hattında gerçekleştirilen çalışmalara ait değerler Tablo 4.8'de verilmiştir. Koparma makinasındaki ütü bölgesi sıcaklığının suda çekimin ayarlanması amacıyla % 3,7 yükseltilmesi ve pasajlarda makina hızlarının lif inceliği göz önüne alınarak azaltılması dışındaki ayarlar T5 tovu ile yapılan çalışmalardakiyle aynıdır. Tablo 4.8 ile Şekil 4.18 ve 19'dan T6 tovu ile L2 hattında çalışıldığında ortalama lif uzunluğunda proses boyunca anlamlı bir değişme olmadığı görülmektedir. Beslemenin artışına bağlı olarak meydana gelen lif sayısı artışı sonucunda düzgünsüzlük değerleri de L1 hattında gerçekleştirilen çalışmalardakine oranla daha iyidir. T6 tovunun yüksek ktex değerine, daha yüksek hızlarda ve daha

Tablo 4.8 L2 hattında T6 tovu kullanılarak gerçekleştirilen çalışmaların sonuçları

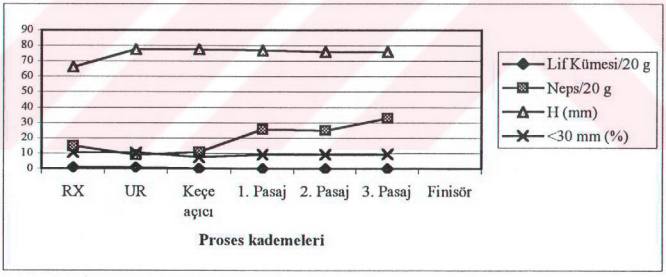
	Koparma		Keçe	1. Pasaj	N13-T6L2-7, N14-T6L2-7, N15-T6L2-7				N16-T6L2-7			N17-T6L2-8, N18-T6L2-8, N19-T6L2-8				N20-T6L2-8		
	RX	UR	Açıcı		2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör		2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör	2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör		2. Pasaj	3. Pasaj	Finisör
Çıkış şerit no (ktex)[1]	34,7	28,9	15	15	7,0	5	0,3	0,25	7,5	5	0,5	7,0	5	0,3	0,25	7,5	5	0,5
Düzgünsüzlük CV (%)	-	-	1,8	1,1	1,0	1,3	2,5	2,8	1,1	1,1	2,1	1,1	1,3	2,5	2,7	1,2	1,1	2,3
Indeks	-	-	7,4	4,6	2,8	2,5	1,5	1,5	3,3	2,5	1,6	3,2	2,4	1,5	1,4	3,4	2,5	1,7
Lif uzunluğu – H (mm)[2]	66,3	77,6	77,6	76,8	76,5	76,4	-	-	76,4	76,4	-	76,0	75,9	-	-	76,2	76,2	-
CV_H %	40,1	43,4	40,4	42,1	42	42,9	-	-	41,9	42,6	-	42,7	42,5	-	-	42,4	42,5	-
<30 mm (%)	10,6	10,5	7,5	9,2	8,9	9,4	-	-	8,7	9,3	-	9,3	9,5	-	-	9,2	9,3	-
Lif mukavemeti (cN/tex)	28,2	42,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif mukavemeti CV (%)	12,8	13,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması (%)	28,1	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif uzaması CV (%)	12,3	16,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı (μ)	9,7	8,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif çapı CV (%)	11,2	11,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Suda Çekim (%)	-	17,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lif Kümesi/20 g	1	1	0	0	0	0	3	4	0	1	5	0	0	2	5	-	-	3
Neps/20 g	15	9	11	26	31	59	27	26	26	41	18	25	33	21	25	-	-	28

[1]N13 ve N17 için 0,3 ktex fitiller,
N14 ve N18 için 0,25 ktex fitiller,
N15 ve N19 için 0,25 ktex fitiller (2x 0,25 ktex fitil),
N16 ve N20 için ise 0,5 ktex fitiller kullanılmıştır
[2]Malzeme miktarının yetersiz oluşu nedeniyle fitillerde lif uzunluğu ölçümü gerçekleştirilememiştir.

fazla besleme ile çalışılmasına rağmen neps değerlerinin L1 hattıda gerçekleştirilen çalışmaların değerlerine yakın, hatta daha düşük olmasında ise makina konstrüksiyonundaki farklılığın yanı sıra lif uzunluğunun daha kısa oluşunun da etkisi olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca L1, L1a ve L1b hatları gerçek bir işletmedeki hatlar iken, L2 ve L2a hatları makina üreticisi firmanın pilot tesisinde bulunmaktadırlar. Bu noktadan hareketle L2 ve L2a hatlarındaki çalışmaların laboratuvar şartlarında gerçekleştirildikleri ve işletme şartlarından kaynaklanabilecek bazı olumsuz etkilerin giderilmiş olduğu da dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.18 N13-N14-N15 numunelerinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi



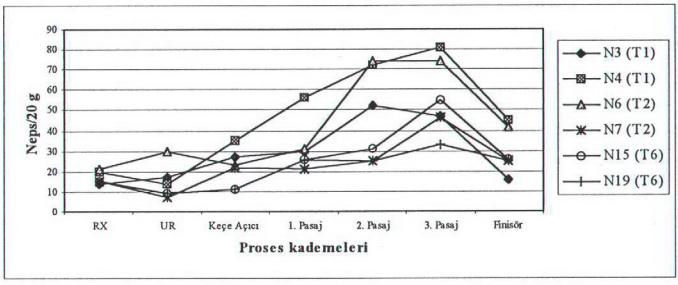
Şekil 4.19 N17-N18-N19 numunelerinde neps sayısı ve lif uzunluğu değişimi

2. Pasajdaki iğne sıklığının arttırılmasının düzgünsüzlüğü bir miktar arttırdığı [56], ancak bu etkinin takip eden aşamalarda telafi edildiği görülmektedir. 7 iğne/cm'lik baretler kullanıldığında sayılan nepsin de 8 iğne/cm'lik baretlerle çalışıldığındakine göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. İğne sayısının artışıyla iğneler arası boşluğun azalması sonucunda liflerin sıkışarak birbirlerine ve iğnelere sürtünmelerinin artışı ile neps sayısının artması beklenebilirdi. Ancak burada tam tersi bir durum gözlenmektedir. İğne sayısı daha yüksek olan 8 iğne /cm'lik baretlerin kullanıldığı

çalışmada uygulanan (arka silindir- baret arası) gerginliğin de 7 iğne/cm'lik baretlerle gerçekleştirilen çalışmadakinden %25 daha yüksek oluşundan hareketle baretlerdeki iğne sıklığı ile uygulanan gerginliğin birbiriyle etkileşim içinde olduğu ve bu iki parametrenin bileşkesinin liflerin birbirlerine göre konumları ve uyguladıkları kuvvetler üzerine etkiyerek liflerin hareketlerini zorlaştırmak ya da kolaylaştırmak yoluyla neps oluşumunu etkilediğini düşünülebilir. Diğer yandan daha yüksek iğne sıklığına sahip baretlerin mevcut nepslerin geçişine izin vermeyerek yine gerginlikle etkileşim halinde nepsi azaltıcı yönde etkimiş olmaları mümkündür.

Neps sayısının proses boyunca artış eğilimi T6 tovundan L2 hattında üretilen bu numunelerde de mevcuttur. N13, N14 ve N15 numuneleri için hazırlanan 3. pasaj çıkışı şeritlerdeki neps artışının ise daha da belirgin olduğu görülmektedir (Şekil 4.19). Neps sayımının yapıldığı numunede 4 tane de yapışık lif topluluğu tespit edilmiş olmasından hareketle bu durumun numunenin rastlantısal olarak tovdaki hatalı bir kısma denk gelmiş olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür. Pasajlar boyunca neps sayımı için alınan diğer numunelerde yapışık lif gözlenmemiştir. Yine diğer numunelerde olduğu gibi fitillerde neps sayısının nepslerin bir kısmının çekim işlmi esnasında uzaklaştırılmasına bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir.

4.3 Tov Numarasının Etkisi



Şekil 4.20 Aynı incelikteki liflerden oluşan farklı numaradaki tovlarla gerçekleştirilen çalışmalarda proses boyunca neps sayısının değişimi

Tov kalınlaştıkça kesitteki lif sayısı artacağından ilk adım olan koparma makinasından itibaren problem yaratması beklenebilir. Mikrolifler söz konusu olduğunda lif sayısındaki artış daha da belirgin hale gelmektedir. Ancak aynı incelikteki liflerden oluşan T1, T2 ve T6 tovlarından üretilen numuneler dikkate alındığında neps açısından tov numaralarına bağlı belirgin bir farklılık belirlenememiştir. Tovların lif üzeri apre miktarı, tek lif mukavemeti ve uzaması ile kıvrım miktarı gibi unsurların da farklı olması sonuçları etkilemiş olabilir. Şekil 4.20'de görüldüğü üzere en yüksek ve en düşük neps değerlerini veren numuneler aynı tovdan (T1) üretilmişlerdir. Önceki bölümlerde açıklandığı üzere aynı tovdan üretilen farklı numunelerde özellikle makina ayarlarındaki değişikliklere bağlı olarak farklı sonuçlar elde edilebildiği görülmektedir. Bu noktadan hareketle makinaların kapasiteleri aşılmadığı ve tov kalitesi yeterli olduğu sürece bu çalışma kapsamında incelenen aralık için (63-108 ktex) tov numarasının çok etkili bir parametre olmadığı söylenebilir.

4.4 Lif İnceliğinin Etkisi

Elde edilen veriler, çalışma kapsamında incelenenler içinde tezin amacına yönelik olarak en etkili parametrenin lif inceliği olduğunu ortaya koymaktadır. İnceliğin etkileri;

a) Proses üzerindeki etkiler,
b) Ürün özellikleri üzerindeki etkiler,

olarak iki grupta incelenebilir.

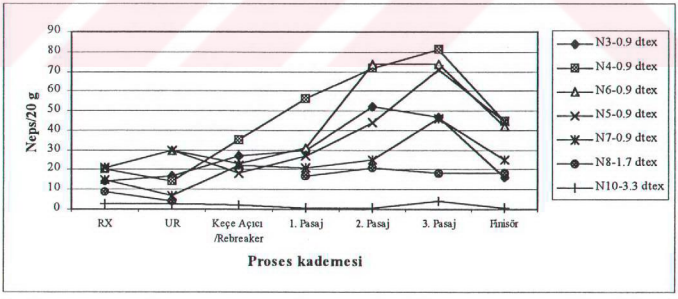
Lifin incelmesinin proses üzerindeki en önemli etkisi hız ve beslemenin azaltılması gerekliliğinin ortaya çıkmasıdır. Bölüm 4.1'de açıklandığı üzere alışılagelmiş lifler için kullanılan hız ve besleme değerleri ile çalışıldığında liflerin hasar görmesi, ortama lif uzunluğunun azalması, kısa lif oranın artması, ezik lif, neps ve balık oluşumunun da ötesinde sürekli sarımlar nedeniyle üretim tamamen imkansız hale gelmektedir.

İnce liflerin statik elektrik, gerginlik, hava akımları, yüzey pürüzlülüğü gibi tüm etkilere karşı kalın liflerden çok daha hassas oldukları gözlenmiştir. Bu nedenle makinaların mikroliflerle çalışılmadan önce dikkatle temizlenmeleri, bakımlarının her zamankinden çok daha ayrıntılı olarak yapılması ve ayarların lif hassasiyetindeki

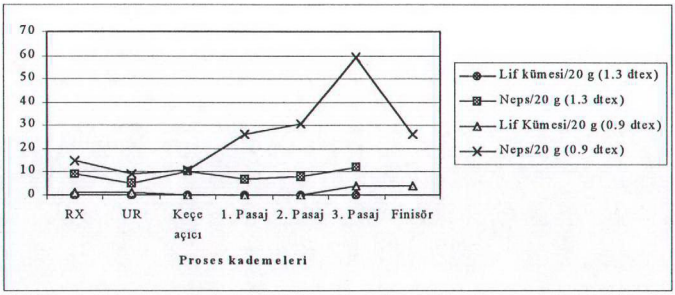
artış göz önünde bulundurularak seçilmesi gerekmektedir. Koparma makinasında 3,3 dtex ile çalışılırken kullanılan gerginlik değerlerinin mikroliflerler için de kullanılması durumunda erken kopuşlar ve sarımlar meydana geldiği, çekme makinalarında ise 3,3 dtex inceliğindeki liflerde problem yaratmayan hafif aşınmış fırçaların mikroliflerle çalışılırken sarımlara sebep olduğu gözlenmiştir. Yine mikroliflerle çalışma esnasında liflerin aşırı uçuşmasının hemen her aşamada problem yarattığı görülmüş, çekme kafalarındaki üflemelerin de liflerin uçuşmalarına sebep oldukları için kısılmaları veya tamamen kapatılmaları gerekmiştir. Liflerin yolu üzerindeki her tip pürüzlülüğün neps tipi yapılar oluşturabildiği gözlenmiştir.

Tüm bu etkilerin en önemli kaynaklarının önceki bölümlerde de açıklandığı üzere lif rijitliğindeki azalma ve lif spesifik yüzeyinin artışına bağlı olarak sürtünmenin artışı olduğu düşünülmektedir. Ancak yine bu iki unsur mikroliflerden üretilen iplik ve kumaşlara üstün özelliklerini kazandırmaktadır.

Şekil 4.21'deki N4, N7, N8 ve N10 numunelerine ve Şekil 4.22'deki N12 ve N15 numunesine ait veriler incelendiğinde neps miktarının proses boyunca artma eğiliminin, lifler inceldikçe rijitliklerinin azalması [53,61,73,74] ve katlanarak birbirlerine dolaşma olasılıklarının artmasına bağlı olarak belirgin ölçüde yükseldiği görülmektedir.

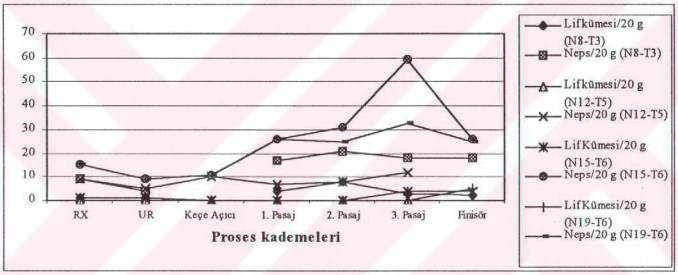


Şekil 4.21 Farklı incelikteki liflerle L1 hattında gerçekleştirilen çalışmalarda neps sayısının proses boyunca değişimi



Şekil 4.22 Farklı incelikteki liflerle L2 hattında gerçekleştirilen çalışmalarda proses boyunca değişimi neps ve lif kümesi sayısının değişimi

4.5 Lif Üretim Tipinin Etkisi



Şekil 4.23 Yaş çekimle üretilmiş T3 ve T6 ile kuru çekimle üretilmiş T5 tovları kullanılarak yapılan çalışmalarda proses boyunca neps ve lif kümesi sayısının değişimi

Yaş çekimle üretilen T3 ve T6 tovları ile kuru çekimle üretilmiş olan T5 tovu kullanılarak yapılan çalışmalara ait veriler Şekil 4.21'de görülmektedir. Köpek kemiği kesitli kuru çekim akrilik liflerin rijitliklerinin kesit şekilleri itibarı ile daha düşük olması ve buna bağlı olarak neps oluşumunun artması beklenebilirdi [3]. Ancak tam tersi bir sonuç elde edilmiştir. Birbirine en yakın lif inceliğine sahip T3 ve T5 tovları karşılaştırıldığında T5 tovundaki liflerin T3 tovundan biraz daha ince olmaları ve koparma makinasında biraz daha uzun kopartılmış bulunmalarına karşın neps oluşumunun daha az olduğu görülmektedir (Şekil 4.23). T5 tovunun farklı bir lif çekim sisteminde üretilmiş olmasına bağlı olarak ortaya çıkan liflerin gözenek yapısı, yüzey pürüzlülüğü gibi iç ve dış yapı farklılıkları malzemenin proses boyunca

davranışını etkilemiş olabileceği gibi tov numarasının düşük oluşunun yanı sıra preperasyon yağının farklı olması da lifler arası sürtünmeyi etkileyerek neps oluşumunu azaltmış olabilir. Büyük bir olasılıkla farklı makina konstrüksiyonlarıyla çalışılmış olması da sonuçlara etkimiştir.

4.6 Çeşitli Üretim Parametrelerinin İplik Hazırlama Prosesleri Boyunca Neps Oluşumuna Etkileri

Tablo 4.9 ve 10'da numunelerin üretimi sırasında T2 ve T6 tovları ile gerçekleştirilen çekim, besleme, hız, gerginlik, ekartman ve baret iğne sıklığı çalışmalarına ait veriler görülmektedir.

Tablo 4.9 L1 hattında T2 tovu ile gerçekleştirilen çalışmada pasajlarda farklı parametrelerin neps ve lif kümesi oluşumuna etkisi

1. Pasaj		neps/20g	Lif kümesi/20g
Çekim (Ç)	$Ç_1$	33	10
	1,25 $Ç_1$	16	5
Besleme (B)	B	16	5
	1,25 B	20	4
Ekartman	40	26	5
	45	30	8
Gerginlik (G)	G+	16	5
	G	34	7
2. Pasaj			
Çekim	$Ç_2$	24	5
	1,22 $Ç_2$	19	6
Hız	100	24	5
(besleme B)	200	37	4
Hız	100	19	7
(besleme 1,25B)	200	29	6

Tablo 4.9'da T2 tovu ile çalışıldığında 1. pasajda besleme ve ekartman mesafesi arttırıldığında neps sayısında çok belirgin olmamakla birlikte artığı, çekim ve "arka silindir-baret arası" gerginlik arttırıldığında ise azalma meydana geldiği görülmektedir. Besleme ile nepsin artışı Bölüm 4.2'deki veri ve açıklamaları destekler niteliktedir. Çekim ve gerginlik ise birbirine benzer etkiler yarattığı ve bunların arttırılması sonucunda lifler üzerindeki kontrolün artışı, yanlara doğru hareket serbestliği azalan liflerin düz konumlarını korumalarının sağlanması veya liflerin gerçek temas yüzeyleri ve birbirleri üzerine uyguladıkları kuvvetlerde değişme meydana gelmesine bağlı olarak neps miktarının azaldığı düşünülmüştür.

İğneli silindirli çekim kafası içeren 2. pasajda beslemenin neps sayısını azaltıcı yönde etkidiği ve bu etkinin hız arttıkça daha belirgin hale geldiği görülmektedir. Beslemenin 1. ve 2. pasajlardaki etkisi arasındaki bu farklılığın büyük olasılıkla makina konstrüksiyonlarının farklılığından kaynaklanmış olduğu düşünülmektedir. Daha önce de açıklandığı üzere iğneli silindirli cerlerin kıstırma noktalarının çok belirgin olmayışı ve lifleri baretler kadar sürekli kontrol altında bulundurmayışları nedeniyle rijitliği düşük ince liflerin eğilmeden bir kıstırma noktasından diğerine iletilmeleri zorlaşmakta ve hava akımlarının etkisine kapılmaları kolaylaşmaktadır. Bu durumda beslemenin ve dolayısıyla lif sayısının artışı ile daha kompakt ve rijit bir yapı meydana geldiği ve böylece liflerin hareket esnasında doğrultularını korumalarının kolaylaştığı düşünülebilir. Bununla birlikte, birlikte denenen besleme miktarları arasındaki farkın yeterince büyük olmaması da elde edilen sonuçları etkilemiş olabilir. Yine Tablo 4.9'da görüldüğü üzere neps sayısı 2. pasajda da çekimin artmasıyla azalmış, hız yükseldikçe artmıştır.

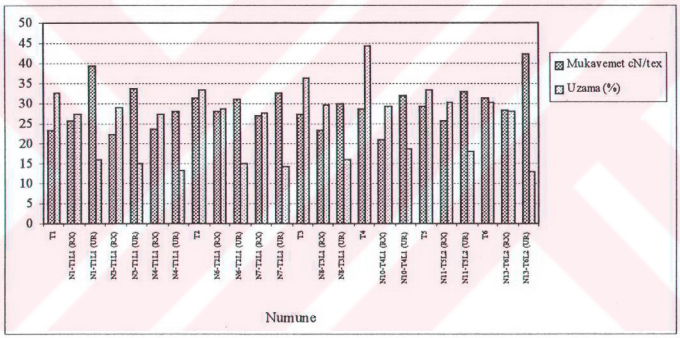
Tablo 4.10 L2 hattında T6 tovu ile gerçekleştirilen çalışmada pasajlarda farklı parametrelerin neps ve lif kümesi oluşumuna etkileri

1. Pasaj		neps/20g	Lif kümesi/20g
Gerginlik	$T_1 - T_2 - T_3$	32	0
	$1{,}43\ T_1 - 1{,}02\ T_2 - 2{,}75\ T_3$	22	0
2. Pasaj			
Gerginlik (6 iğne/cm)	T_4	44	1
	$1{,}2\ T_4$	40	0
Gerginlik (7 iğne/cm)	$0{,}85\ T_4$	21	0
	T_4	31	0
Gerginlik (8 iğne/cm)	T_4	38	0
	$1{,}2\ T_4$	25	0
Hız	200	31	0
	300	44	0
3. Pasaj			
İğne/cm	7	33	0
	8	39	0

Tablo 4.10 incelendiğinde T6 tovuyla L2 hattında gerçekleştirilen çalışmada da 1. pasajda tüm gerginlikler birlikte arttırıldığında nepste azalma meydana gelmiştir. 2. Pasaj sonuçları dikkate alındığında ise 7 iğne/cm'lik baretlerle $0{,}85T_4$ gerginlikle (arka silindir- baret arası) çalışıldığındaki neps sayısının aynı baretlerle T_4 gerginlikle çalışıldığındakinden küçük olduğu, diğer bir değişle gerginlikle birlikte nepsin de arttığı görülmektedir. 6 ve 8 iğne/cm'lik baretlerle çalışıldığında ise gerginlik T_4'den

1,2T_4'e yükseltildiğinde neps sayısı diğer denemelerde olduğu gibi azalmıştır. Diğer yandan, diğer tüm parametreler aynı olmak kaydıyla baretlerde 6, 7 ve 8 iğne/cm'lik iğne sıklıkları ile çalışıldığında T_4 gerginliğinde 7 iğne/cm'lik baretlerin en düşük neps değerini verdiği, bunu sırasıyla 8 ve 6 iğne/cm'lik baretlerin izlediği Tablo 4.10'da görülmektedir. Bu durumun, baretlerdeki iğne sıklığı ile uygulanan gerginliğin birbiriyle etkileşim içinde olduğuna ve bu iki parametrenin bileşkesinin liflerin birbirlerine göre konumları ve uyguladıkları kuvvetler üzerine etkiyerek liflerin hareketlerini zorlaştırmak ya da kolaylaştırmak yoluyla neps oluşumunu etkilediğine işaret ettiği düşünülmüştür. Yine bu bileşik etkinin bir sonucu olarak düşey çekme makinalarının kullanıldığı 3. pasajda iğne sıklığı 7 iğne/cm'den 8 iğne/cm'e çıkartıldığında neps sayısı yükselmiştir.

4.7 Lif Özelliklerinin Değişimi



Şekil 4.24 Liflerin mukavemet ve uzama değerlerinin değişimi

Şekil 4.24'de görülebileceği üzere koparma makinasında uygulanan germe işlemi neticesinde liflerin uzama yüzdesinde azalma meydana gelirken tek lif mukavemeti değerleri genel olarak RX liflerde azalmış, UR liflerde ise artmıştır. UR ve RX lifler karşılaştırıldığında RX liflerin uzama kaybının daha az olduğu da görülmektedir. Ayrıca, RX liflerin çaplarında koparma öncesi ve sonrası anlamlı bir değişme meydana gelmezken UR liflerin çaplarının düştüğü de belirlenmiştir. UR liflerdeki mukavemet artışının ütü bölgesinde sıcak ortamda uygulanan çekim ile moleküler oryantasyonda artış sağlanması yoluyla meydana geldiği düşünülmüştür. Uzama oranındaki düşüş de bunu desteklemektedir. RX liflerin mukavemetlerinin daha

düşük oluşu ise soğuk olarak çekildikleri için UR liflerdeki kadar moleküler oryantasyon meydana gelmemesinin yanı sıra sıcak buhar ile yapılan gevşetme işlemi neticesinde mevcut moleküler oryantasyonun bir miktar bozulması ile açıklanabilir. Diğer yandan Minami [28] gevşetilmiş liflerin daha yüksek uzamaya sahip oluşlarını akrilik lif yapısındaki fibrillerin deforme olabilme yeteneğinin artması ve fibrillerin birbirleri üzerindeki sinterleme etkisine bağlamaktadır.

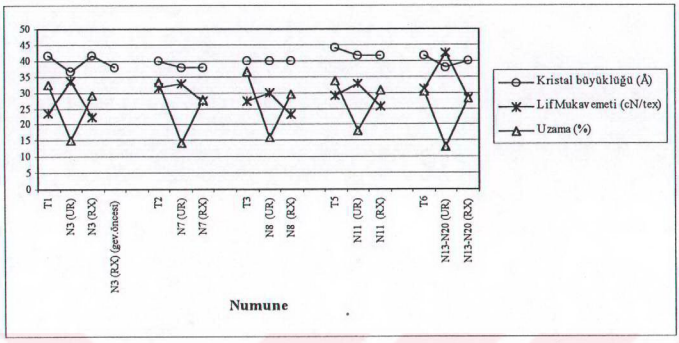
Koparma işlemi sonucunda mukavemet ve uzamada meydana gelen değişikliklerin açıklanmasına katkı sağlamak amacıyla seçilen bazı lif numuneleri X-ışını difraksiyon cihazında test edilerek kristal büyüklükleri ölçülmüştür. Değerler Tablo 4.11'de görülmektedir.

Tablo 4.11 Tøvlardan ve koparma makinası çıkışı şeritlerden alınan liflerin X-ışını difraksiyon testi sonuçları

Numune	2θ	d (Å)	Kristal büyüklüğü (Å)	Uzama (%)	Lif mukavemeti (cN/tex)
T1	17,02	5,21	41,8	32,5	23,4
N3-T1L1 (UR)	16,92	5,24	36,4	15,1	33,8
N3-T1L1 (RX)	17,02	5,21	41,8	28,9	22,4
N3-T1L1 (RX) (gev. öncesi)	16,92	5,24	38,0	-	-
T2	16,97	5,22	39,8	33,3	31,4
N7-T2L1 (UR)	16,99	5,22	38,0	15,1	32,6
N7-T2L1 (RX)	17,07	5,20	38,0	28,8	27,1
T3	17,02	5,21	39,8	36,4	27,4
N8 ve N9 (UR)	17,00	5,21	39,8	15,9	29,9
N8 ve N9 (RX)	17,02	5,21	39,8	29,6	23,3
T5	17,10	5,19	44,0	44,5	29,3
N11 ve N12 (UR)	16,97	5,22	41,8	18,7	32,9
N11 ve N12 (RX)	17,01	5,21	41,8	29,4	25,7
T6	17,16	5,17	41,8	30,5	31,2
N13-N20 (UR)	17,02	5,21	38,0	13,0	42,4
N13-N20 (RX)	17,07	5,20	39,8	28,1	28,3

Şekil 4.25'de koparma makinası çıkışında liflerin kristal büyüklüğünün N8 numunesi hariç genel olarak hem RX hem de UR liflerde düştüğü görülmektedir. N8 numunesi liflerinin daha kalın oluşları veya diğer iç yapı farklılıkları nedeniyle kristal yapılarının uygulanan gerginlik ve ısıdan etkilenmediği düşünülmüştür. Kristal büyüklüğündeki azalma kristal yapıdaki bir bozulmaya işaret ettiğinden lif mukavemetinde düşüş yaratması beklenebilir. Literatürde de kopma noktasına yakın kristal büyüklüğünün azaldığı yolunda bulgular mevcuttur [12]. RX liflerin mukavemetlerinin, kristal büyüklüklerinin UR liflerle aynı ya da daha büyük

olmasına karşın daha düşük oluşu ise daha önce ifade edildiği üzere serbest halde uygulanan gevşetme işlemi esnasında moleküler oryantasyon azalırken bir miktar kristalleşme de meydana gelmiş olmasından [3] kaynaklanabilir.



Şekil 4.25 Kristal büyüklüğü ve lif mukavemetinin değişimi

Bölüm 2'de açıklandığı üzere [3,31,108] akrilnitril polimer ve liflerinin yapıları hakkındaki bilgilerin çok net olmayışı ve kristal yapının tam olarak açıklanamayışına bağlı olarak X-ışını difraksiyonu ile yapılan çalışma sonucunda elde edilen bilgilerin değerlendirilmesinde zorluk çekilmiş ve çok detaylı bilgi sağlanamamıştır. Liflerde koparma işlemi öncesi ve sonrası moleküler oryantasyonun değişimi çift kırılma indisleri ölçümü ile araştırılmaya çalışılmış ancak liflerin eksenel ve enine polarizasyonları arasındaki farkın çok küçük oluşu ve büyük olasılıkla porozitenin de etkisiyle anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Dolayısıyla sonuçlar tez kapsamında verilmemiştir.

T1 tovundan üretilen numunelerdeki RX liflerde istatistiksel olarak anlamlı bir mukavemet değişimi meydana gelmemesinin T1 tovunun özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Doymuş su buharı ile gerçekleştirilen gevşetme işlemi şartlarının liflerdeki iç kuvvetleri yenerek değişiklik oluşturamayacak boyutta kalmış olması mümkündür. N3 ve N4 numuneleri T1 tovundan birbirine çok yakın E1xE2 gerginliğinde üretilmişlerdir. Ancak Bölüm 4.1'de de belirtildiği gibi N4'ün E2 değeri N3'ünkinden %17 az olup, ütü sıcaklığı %9 ve E1 değeri de %20 fazladır. Bunun sonucunda N3'ün UR liflerinin hem uzama hem de mukavemet değerlerinin daha yüksek olduğu (%99 anlamlılık) görülmektedir. N3 numunesinde daha düşük gerginlik ve sıcaklık uygulanmış olmasına bağlı olarak moleküllerde daha az hareket

ve oryantasyon meydana gelmesi nedeniyle uzamadaki azalmanın düşük olması beklenen bir durumdur. Ancak mukavemetin böyle bir durumda bekleneceği üzere düşük değil de yüksek olmasının ise N4 numunesindeki UR liflerin yüksek mukavemet değişim katsayısının bir sonucu olduğu düşünülmüştür.

N6 ve N7 numunelerinin her ikisi de T2 tovundan üretilmişlerdir. N6 numunesi için kullanılan E1xE2 değeri N7 numunesindekinden yüksek, ütü sıcaklığı değeri ise düşüktür. Ancak her iki numunede de diğer tüm numunelerden farklı olarak koparma makinası çıkışı UR liflerde mukavemette istatistiksel olarak anlamlı bir değişme meydana gelmediği görülmektedir. Bu durumun T2 tovunun özelliklerinden kaynaklandığı ve uygulanan sıcaklık ve gerginliğin iç kuvvetleri yenecek düzeyde olmaması nedeniyle yapıda değişiklik meydana gelmediği düşünülmüştür. RX liflerdeki N6 için %95, N7 için %99 anlamlılık düzeyindeki mukavemet azalmasının ise daha önce de açıklandığı üzere gevşetme işlemi esnasındaki oryantasyon azalmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

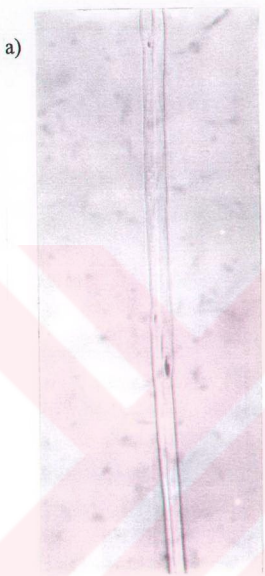
L2 hattında üretilen numunelerin UR liflerinde T1 tovundan üretilen numunelerde de olduğu gibi %99 anlamlılık düzeyinde mukavemeti artışı meydana gelirken RX liflerin mukavemeti de T2 tovundan üretilen numunelerde olduğu gibi yine %99 anlamlılık düzeyinde azalmıştır.

Tek lif mukavemeti yüksek olan liflerin proses kademelerindeki zorlanmalara daha iyi dayanacağı ve bu nedenle neps oluşumunun düşeceği ya da elastikliği düşük olan liflerin dolanıp neps oluşturma eğiliminin azalacağı beklenebilir [90]. Ancak bu çalışmada mukavemet ve uzama değerlerinin neps oluşumu açısından etkileri gözlenememiştir. Şişirilmiş iplik üretimi amacıyla RX ve UR şeritler keçe açıcıda karıştırıldığından sonraki aşamalarda lif mukavemeti ve uzamalarındaki değişimin ölçülmesi mümkün olmamıştır.

Tek lif mukavemetindeki değişme ile lifler üzerinde lif çekimi veya daha sonraki prosesler esnasında meydana gelen çatlaklar arasında bağlantı olup olmadığı araştırılmış ancak bir ilişki bulunamamıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.12 ve Şekil 4.26'de görülmektedir.

Tablo 4.12 Lif çatlakları (%)

Numune	Tov	RX şerit	UR şerit	İplik
N7 (0.9 dtex)	0	3,5	0	0
N8 (1.7 dtex)	0,3	0,1	0	0,4
N10 (3.3 dtex)	3,6	0,7	3,2	1,0



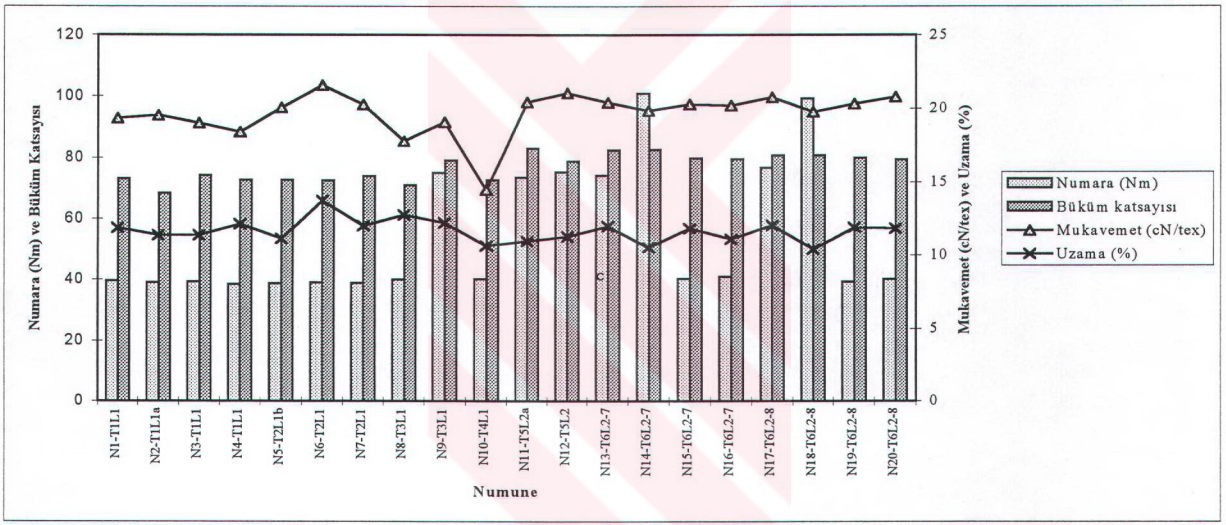
Şekil 4.26 Lif çatlakları (a) 3,3 dtex, (b) 1,7 dtex

4.8 İplik Sonuçları

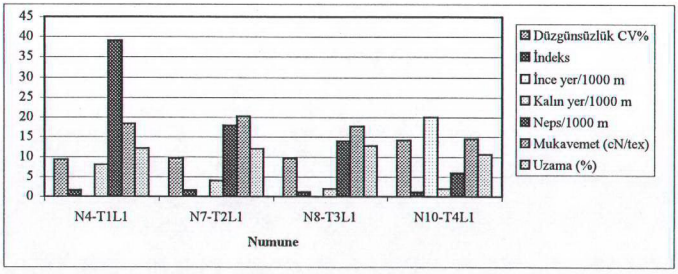
Tablo 4.13 ve Şekil 4.27'de mikrolif kullanılarak üretilmiş ipliklerin düzgünsüzlük ve mukavemet değerlerinin kesitteki lif sayısının ve lifler arası sürtünmenin artışına bağlı olarak iyileştiği görülmektedir. Bunun en belirgin örneği çok sayıda neps ve kalın yer içermelerine karşın N1 ve N2 numunelerinin 3,3 dtex lif kullanılarak imal edilmiş bulunan N10 numunesine göre daha düşük düzgünsüzlük, daha yüksek mukavemet ve uzama değerleri vermesidir. Ancak açıklandığı üzere lifin incelmesiyle birlikte azalan rijitliğe bağlı olarak neps oluşturma eğilimi de artmıştır.

Tablo 4.13 Ring eğirme makinası çıkışı iplik sonuçları

NUMUNE	N1-T1L1	N2-T1L1a	N3-T1L1	N4-T1L1	N5-T2L1b	N6-T2L1	N7-T2L1	N8-T3L1	N9-T3L1	N10-T4L1	N11-T5L2a	N12-T5L2	N13-T6L2-7	N14-T6L2-7	N15-T6L2-7	N16-T6L2-7	N17-T6L2-8	N18-T6L2-8	N19-T6L2-8	N20-T6L2-8
Numara (Nm)	39,6	39,1	39,3	38,5	38,9	39,2	39	40	75,1	40,2	73,5	75,3	74,1	101	40,4	40,9	76,8	99,3	39,3	40,2
Numara CV(%)	4,6	3,0	0,9	1,0	2,2	1,2	1,5	1,7	1,3	1,7	0,5	1,1	0,5	0,9	0,6	3,5	1,2	1,4	0,3	1,3
Bükümkatsayısı (α_m)	73,1	68,2	74,2	72,5	72,6	72,4	73,9	70,8	79,0	72,52	83,4	78,7	82,5	82,6	79,8	79,5	80,7	80,7	80,0	79,4
α_m CV (%)	5,4	4,9	7,2	6,1	6,7	5,0	6,2	7,1	7,4	9,8	7,9	9,9	6,9	9,0	6,0	6,9	6,0	9,3	4,8	3,8
Suda çekim (%)	19,7	19,6	18,2	20,8	19,2	19,9	19,8	19,7	19,1	19,8	18,4	18,8	19,2	18,2	20,7	20,8	18,9	18,7	21	21
DüzgünsüzlükCV(%)	10,8	9,5	9,2	9,3	10,2	8,4	9,6	9,7	12,5	14,2	11,1	10,9	9,6	11,1	7,9	8,6	9,7	11	7,8	8,4
İndeks	1,8	1,7	1,5	1,6	1,7	1,4	1,6	1,2	1,1	1,23	1,12	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,2	1,2	1,3	1,4
İnce yer/1000 m	0	0	0	0	0	0	0	0	22	20	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Kalın yer/1000 m	125	50	5	8	6	4	4	2	25	2	3	0	3	5	1	2	3	5	1	1
Neps/1000 m	221	181	14	39	22	21	18	14	130	6	16	10	17	29	5	6	20	26	8	4
Mukavemet (cN/tex)	19,3	19,5	19,1	18,4	20,1	21,6	20,3	17,8	19,1	14,5	20,5	21,1	20,4	19,8	20,3	20,2	20,8	19,8	20,3	20,8
Mukavemet CV(%)	9,9	8,4	10,1	10,0	9,1	9,8	9,06	7,6	13,1	11,4	11,1	8,6	7,0	8,5	7,8	7,1	6,9	8,9	6,8	7,3
Uzama (%)	11,9	11,4	11,4	12,1	11,2	13,7	12,0	12,8	12,3	10,6	11,0	11,3	12,0	10,6	11,9	11,1	12,1	10,4	11,9	11,9
Uzama CV(%)	15,7	16,3	16,7	18,6	16,4	15,3	11,8	9,3	16,8	20,3	13,8	10,0	9,6	13,7	15,3	12,8	8,9	14,1	13,8	13,6
Tüylülük indeksi	533	447	650	620	448	746	817	713	544	1153	291	279	301	284	283	249	325	268	336	279
Tüylülük CV(%)	10,7	7,5	11,1	25,7	23,4	5,9	26,5	7,7	33,9	10,9	4,7	19,0	10,1	13,7	6,7	7,7	9,9	13,8	6,6	26,2
Kopuş (1000 iğ/saat)	-	-	25	-	-	37,5	15	21,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Şekil 4.27 Ring makinası çıkışı ipliklerin mukavemet ve uzama değerleri



Şekil 4.28 Lif inceliğine göre ring makinası çıkışı ipliklerin düzgünsüzlük, ince/kalın yer, neps, mukavemet ve uzama değişimi

Diğer yandan Tablo 4.13 ve Şekil 4.28'de görüldüğü üzere kullanılan lif inceldikçe üretilen ipliklerin düzgünsüzlük ve mukavemet değerleri kesitteki lif sayısının artışına bağlı olarak iyileşmektedir.

Düzgünsüzlük değerleri ve özellikle neps sayılarının malzemenin yanı sıra Bölüm 4.1 ve 2 'de açıklandığı üzere üretim hattı boyunca makina ayarlarına bağlı olarak da değiştiği ve iplik değerlerine yansıdığı görülmektedir. Diğer yandan, Tablo 4.13'deki veriler incelendiğinde, büyük olasılıkla Uster cihazının ölçüm prensibinin bir sonucu olarak düzgünsüzlük CV değerleri ile ince-kalın yer ve neps değerleri arasında bir ilişki olmadığı görülmektedir.

Uygulanan tarama ve ek pasajlar sonucunda N2 numunesinin düzgünsüzlük değeri N1'e oranla daha iyi hale gelmiştir. Tarama işlemi kısa lif oranını düşürmüş ve ortalama lif uzunluğunu arttırmıştır. Bunun sonucunda, N2 numunesinin büküm katsayısı daha düşük olmasına rağmen her iki numunenin uzama ve mukavemet değerleri arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamıştır.

Tüylülük açısından en yüksek değeri en kalın liflerden üretilen N10 numunesi vermiştir (%99 düzeyinde anlamlı). 1,7 dtex inceliğindeki liflerden üretilen N8 numunesinin tüylülük değerleri ile mikroliflerden üretilen numunelerinki arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Bu sonuç ince liflerin daha kolay eğilebildikleri için iplik yapısı içinde daha düzgün yerleşiyor olmalarından kaynaklanıyor olabileceği gibi tüylülük ölçümü esnasında hava akımlarına daha kolay kapıldıkları için sonuçların etkileniyor olması da mümkündür. Zweigle G565 tüylülük ölçüm cihazında ölçüm esnasında iplik geçiş hızının etkisiyle oluşan hava

akımının iplik gövdesinden dışarı çıkan liflerin pozisyonunu ve buna bağlı olarak da ölçülen uzunluğunu değiştirerek sonuçları etkilediğine dair çalışmalar mevcuttur [109]. L2 ve L2a hatlarında üretilen numunelerin tüylülük değerlerinin makina üretim parametrelerindeki farklılıklardan dolayı diğerlerine göre daha düşük olduğu görülmektedir. T6 tovundan üretilen numunelerde Nm75 inceliğindeki N13 ve N17 numunelerinin daha kalın olan Nm40 inceliğindeki N15, 16 ve 20 numunelerinden daha yüksek tüylülük değerleri vermesi dikkat çekicidir. Bu durumun Nm40 ve Nm100 inceliğindeki numuneler için uygulanan ring çekim değerlerinin Nm 75 için uygulanandan %15 daha düşük olmasından kaynaklandığı düşünülmüştür [110,111].

Numune miktarı veya kalitesinin yetersizliği nedeniyle sadece N3, N6, N7 ve N8 numunelerinin ring makinasında eğrilmesi esnasında kopuş etüdleri yapılmış ve sırasıyla 25, 37,5, 15 ve 21,7 kopuş 1000 iğ/saat'lik kabul edilebilir değerler bulunmuştur. Bu değerler ile ipliklerin mukavemet, uzama ve düzgünsüzlük değerleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı Tablo 4.13'de görülmektedir. 3. Pasaj çıkışına kadar proses iyi kontrol edilebildiği sürece finisör ve hız uygun olmak kaydıyla ring makinasında problemsiz olarak çalışılabildiği görülmektedir. Finisör hızının etkili olmadığı görülmüştür.

Yine Tablo 4.13'deki aynı fitilden çekilen farklı numaradaki N8/N9, N13/N14/N15/N16 ve N17/N18/N19/N20 numunelerine ait değerler iplik inceldikçe düzgünsüzlük CV'sinin kesitteki lif sayısının azalmasına bağlı olarak yükseldiğini ortaya koymaktadır. Neps ve kalın yer gibi oluşumların sayıları iplik kalınlaştıkça bunların iplik yapısı içinde gizlenmeleri kolaylaştığından azalmıştır [93]. Buna karşılık, mikrolif kullanımı sonucunda iyi mukavemet ve düzgünsüzlük değerlerine sahip Nm75 ve Nm100 gibi çok ince ipliklerin üretilebildiği de görülmektedir.

Aynı incelikteki liflerden aynı ayarlar ve numaralarda üretilen ipliklerin düzgünsüzlük değerleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmamıştır. Aynı ayarlarda ancak farklı tovlardan üretilen N3 ve N6 numunelerinin pasajlardaki ve finisördeki düzgünsüzlük değerleri hemen hemen aynı iken iplik düzgünsüzlük değerleri arasında ortaya çıkan %95 düzeyinde anlamlı farklılığın ring iplik makinasında işletme şartlarına bağlı olarak meydana gelen ancak gözlenmesi mümkün olmayan bir değişiklikten kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

Aynı fitillerden üretilen N8 (Nm 40) ve N9 (Nm75) numuneleri dikkate alındığında daha ince olan dolayısıyla kesidinde daha az lif bulunan N9 numunesinin mukavemetinin N8'den daha yüksek olduğu görülmektedir. Aradaki farkın %99 seviyesinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu durumun N9 numunesinin büküm katsayısının daha fazla oluşunun yanı sıra mukavemet ve uzama değişim katsayılarının yüksek oluşundan kaynaklanması da mümkündür. N9 numunesinin ince/kalın yer ve neps değerlerinin de çok yüksek olduğu görülmektedir. İplik inceldikçe bu değerlerde artış beklenir ancak N9 numunesindeki aşırı artışın kullanılan ring makinasının özellikleri ve ayarlarının bu kadar ince iplik üretimi için uygun olmamasından kaynaklanması olasılığı yüksektir.

Aynı tovdan ancak farklı makina ayarlarında üretilen aynı numaradaki iplik numunelerinin mukavemet değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. Ancak tek lif mukavemeti daha yüksek olan T2 tovundan üretilen N6 ve N7 numunelerinin aynı ayarlarla nispeten daha düşük tek lif mukavemetine sahip T1 tovundan üretilmiş bulunan N3 ve N4 numunelerinden daha yüksek mukavemet değerleri verdiği ortaya çıkmaktadır. Tek lif mukavemetinin iplik mukavemeti üzerine bu kadar belirgin yansımasının nedeninin mikrolif kullanımıyla artan kesitteki lif sayısı ve lifler arası sürtünme neticesinde liflerin birbiri üzerinden kayması için gereken kuvvetin liflerin dayanım sınırlarının üzerine çıkması sonucunda doğrudan doğruya lif kopuşlarına bağlı iplik kopuşlarının meydana gelmeye başlaması olduğu düşünülebilir.

N15 ve N16 iplik numunelerinin her ikisi de Nm 40 inceliğinde olup T6 tovundan L2 hattında üretilmişlerdir. N15 numunesi için ring makinasına Nm 4 inceliğinde iki fitil ucu birlikte beslenirken N16 için Nm 2 inceliğinde fitil hazırlanmıştır. Aynı durum N19 ve N20 numuneleri için de geçerlidir. Her iki numune çiftinde de iki uç beslenmesi durumunda düzgünsüzlüğün katlamanın etkisiyle tek uç beslenmesindekine oranla bir miktar düştüğü görülmektedir.

N13-N20 numunelerine ait değerler incelendiğinde iplik kalınlaştıkça suda çekim yüzdesinin arttığı ve aradaki farkın %99 seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. İplik kalınlaştıkça kesitteki RX lifler gibi UR liflerin de sayısının artması sonucu şişirme işlemiyle iplikte daha büyük bir kısalma meydana gelmesi beklenebilir.

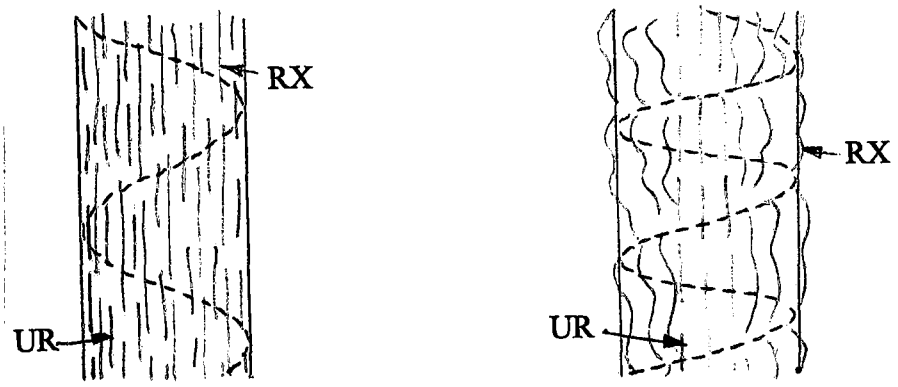
Tablo 4.14 İplik üzeri preperasyon yağı miktarları (%)

Numune	Preperasyon yağı miktarı (%)
T1	0,30
N1-T1L1	0,45
N2-T1L1a	0,46
N3-T1L1	0,29
N6-T1L1	0,27
T2	0,36
N4-T2L1	0,29
N5-T2L1b	0,42
N7-T2L1	0,40
T3	0,38
N8-T3L1	0,30
N9-T3L1	0,52
T4	0,53
N10-T4L1	0,56
T5	0,86
N11-T5L2a	0,77
N12-T5L2	0,87
T6	0,49
N13-T6L2	0,40
N16-T6L2	0,44
N20-T6L2	0,41

Liflerin proses boyunca davranışları ile lif üzeri preperasyon yağı miktarı arasında bir ilişki olup olmadığı iplik numuneleri üzerindeki preperasyon yağı miktarları belirlenip çalışmaların başlangıcında tovlardan alınan değerlerle karşılaştırılarak araştırılmıştır. Değerler Tablo 4.14'de görülmektedir. Genel olarak lif üzeri preperasyon yağı miktarlarında proses boyunca anlamlı bir değişme olmadığı söylenebilir. Ön çalışma numuneleri olan N1 ve N2'de gözlenen preperasyon yağı miktarı artışı son derece problemli olan üretim şartlarında malzemenin makinalardan geçişini sağlamak için kullanılan antistatik maddeler ve pudradan kaynaklanmış olabilir. N9 numunesindeki artışın ise kaynağı belirlenememiş olup prosesin herhangi bir adımında makinalardan bulaşan maddelerin sonuca etkimiş olduğu düşünülmüştür.

Şişirme işlemi sırasında UR lifler sıcaklık ve rutubetin etkisiyle Şekil 4.29'da görüldüğü üzere kısalırlar. Koparma makinası çıkışında sıcak buhar verilerek büzülmeleri sağlanmış olan RX liflerin boylarında ise değişme meydana gelmez. Bunun sonucunda şişirme işlemiyle boyları kısalan UR lifler ipliğin iç kısımlarında ve birbirleriyle daha sıkı paketlenmiş duruma gelirken boyları değişmeyen RX lifler eğilerek ipliğin dış kısımlarına doğru yerleşip ipliğe hacim katarlar [53]. Böylece

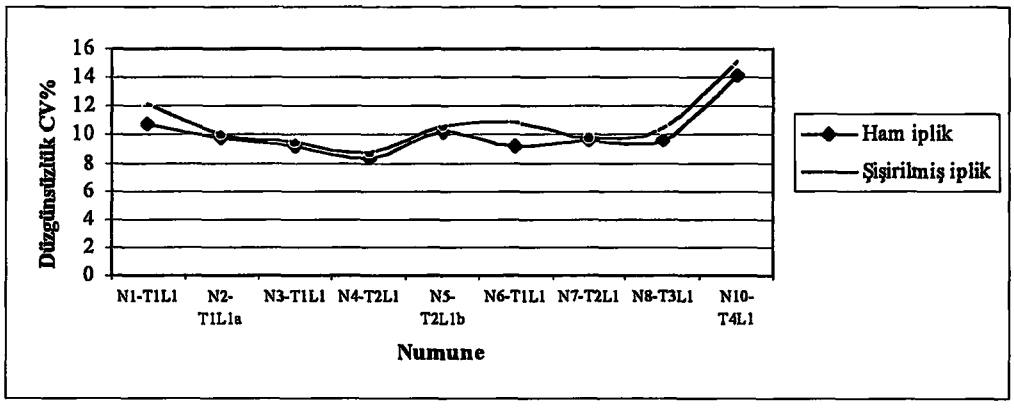
liflerin ve dolayısıyla ipliğin ağırlığı sabit kalırken uzunluğu kısalır ve iplik numarası ile büküm katsayısı artar. Tablo 4.15'de L1 hattında üretilen numunelerin şişirme işlemi sonrası iplik değerleri görülmektedir.



Şekil 4.29 Şişirme işlemiyle lif uzunluğu ve yerleşiminin değişimi

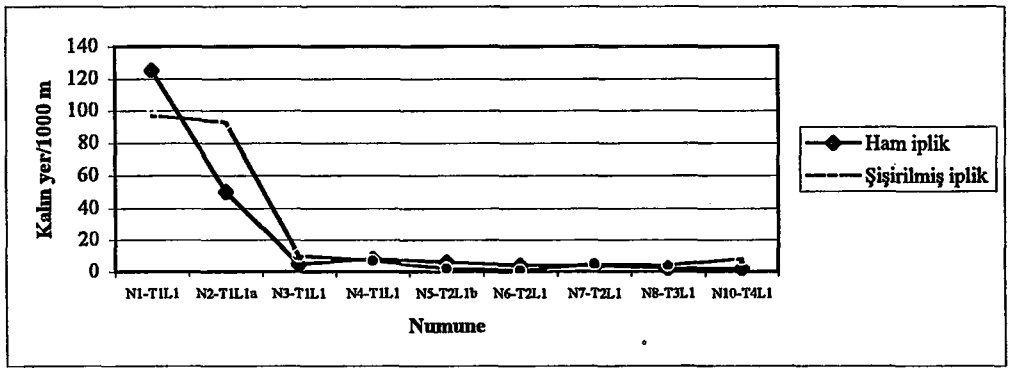
Tablo 4.15 L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen ipliklerin boyama sonrası sonuçları

NUMUNE	N1-T1L1	N2-T1L1a	N3-T1L1	N4-T1L1	N5-T2L1b	N6-T2L1	N7-T2L1	N8-T3L1	N10-T4L1
Numara (Nm)	35,5	31,6	32,2	31,3	30,4	35,7	31,5	32,6	32
Numara CV (%)	1,7	0,6	0,5	0,8	1,2	0,8	1,0	0,6	1,3
Büküm katsayısı (α_m)	98,9	112,1	93,8	97,8	112,0	93,8	100,6	106,7	116,5
α_m CV (%)	6,9	6,5	7,4	8,9	6,1	5,3	5,6	8,0	13,0
DüzgünsüzlükCV(%)	12,2	10,0	9,4	10,9	10,6	8,8	9,7	10,5	15,1
İndeks	2,4	2,0	1,8	2,1	2,0	1,6	1,8	1,4	1,5
İnce yer /1000 m	0	0	0	0	0	0	0	1	37
Kalın yer /1000 m	97	93	10	7	2	1	5	4	8
Neps /1000 m	233	152	5	40	23	23	24	9	112
Mukavemet (cN/tex)	13,6	13,0	12,5	12,3	13,2	15,7	12,5	12,1	8,7
Mukavemet CV (%)	8,6	7,0	7,9	10,3	10,4	7,2	12,7	5,8	12,2
Uzama (%)	23,3	24,2	26,2	24,9	26,2	25,4	24,0	25,7	22,4
Uzama CV (%)	5,7	4,9	4,2	5,4	5,0	4,5	7,9	3,6	7,4
Tüylülük İndeksi	1051	1095	727	951	930	1211	823	893	1860
Tüylülük CV (%)	5,0	11,8	15,2	4,6	10,5	7,6	12,4	8,6	3,2



Şekil 4.30 Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde düzgünsüzlük CV'si değişimi

Şekil 4.30'da şişirme işlemi ile lif boyları ve konumlarındaki değişim ve kesitteki lif sayısı sabit kalırken lif çapının artmasına bağlı olarak şişirme sonrası düzgünsüzlüğün arttığı görülmektedir. N4 numunesindeki düzgünsüzlük artışının diğerlerine göre daha fazla oluşunun bobinleme esnasında sebebi belirlenemeyen problemli çalışmadan kaynaklanmış olduğu düşünülmüştür.

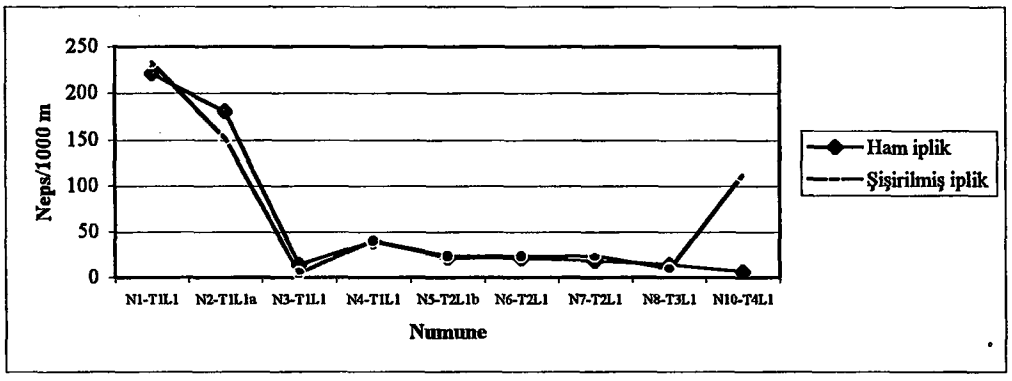


Şekil 4.31 Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde kalın yer sayısı değişimi

Şişirme işlemiyle iplikteki kalın yer sayısı ön çalışma numuneleri olan N1'de azalmış, N2'de artmış, diğer numunelerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir değişme meydana gelmemiştir (Şekil 4.31). İplik çapının artması ile bazı kalın yerler ve nepslerin iplik gövdesi içinde saklanması mümkün olmakta veya iplik çapına olan oranları değiştiğinden daha önce neps olarak sayılan bazı kısımlar kalın yer olarak sınıflandırılabilmektedir. Diğer yandan, kalın yer ve nepslerin içlerindeki UR ve RX liflerin şişirme işlemi ile boyut ve yerleşimlerinin değişimi sonucunda daha belirgin hale gelmeleri de mümkündür. Dolayısıyla ipliklerin şişirme işlemi öncesi ve sonrası değerlerinde pozitif veya negatif yönde bir değişme beklenebilir. N1 ve N2 numunelerinde çok sayıda ve küçükten çok büyüğe kadar değişik boyutlarda ince/kalın yer, neps ve balık bulunması da bu etkinin daha belirgin olarak gözlenmesine neden olmuştur.

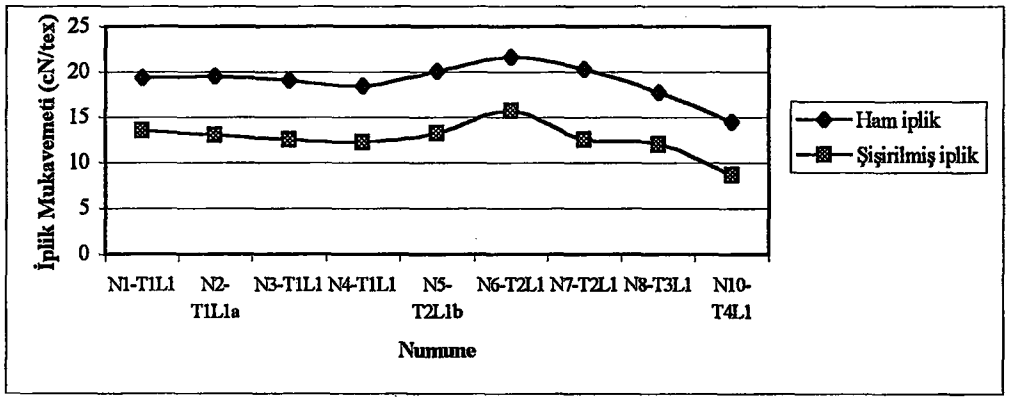
Şekil 4.32'de görüldüğü üzere neps sayısı N10 dışındaki tüm numunelerde istatistiksel olarak sabit kalmıştır. N10 numunesi 3,3 dtex inceliğindeki liflerden üretilmesine karşın 0,9 dtex liflerle aynı boyda kopartılmıştır. Kesitteki lif sayısı yaklaşık dört kat daha az olmasına karşın aynı oranda büküm verilmesinin yanı sıra lif uzunluğunun kısa tutulmasının da etkisiyle lifler arası temas yüzeyi ve sürtünmenin düşmesine bağlı olarak iplik düzgünsüzlüğü, numara ve büküm değişim

katsayıları yükselmiştir. Şişirme ile UR lif boylarının daha da kısalması ve iplik çapının artması ile bu etkiler daha da belirginleşmiş, kalın yer ve neps sayıları artmıştır. Ayrıca N10 liflerinin daha kalın ve kısa oluşları daha tüylü bir iplik yapısına sebep olmuştur. Uster düzgünsüzlük cihazının ölçüm prensibi gereği bazı aşırı tüylü kısımları kalın yer veya neps olarak algılamış olması da mümkündür [93].

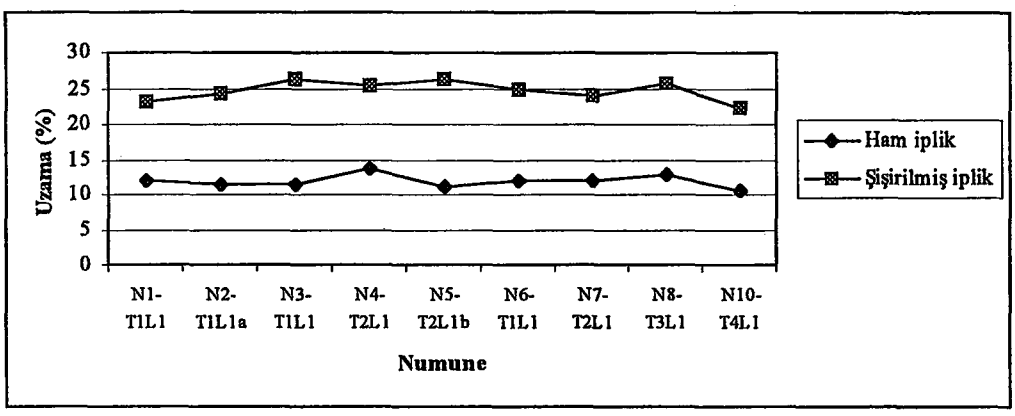


Şekil 4.32 Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde neps sayısı değişimi

UR liflerin kısalması ve RX liflerin eğilmesi lifler arası temas yüzeyini ve sürtünmeyi azalttığından şişirme sonrası mukavemet değerlerinin iplik numarası ve büküm katsayısındaki artışa rağmen düştüğü Şekil 4.33 ve 34'de görülmektedir. Kuvvet uygulandığında önce iplikteki kıvrılmış lifler düz hale gelip daha sonra kopma olayı gerçekleştiğinden şişirme ile ipliğin uzama yüzdesi artmaktadır. UR liflerin uzunluğundaki kısalma ve RX liflerin dışa doğru kıvrılmalarıyla azalan temas yüzeyi ve sürtünme sonucunda büküm katsayısındaki artışa karşın lif mukavemetinin düştüğü görülmektedir [21].



Şekil 4.33 Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde mukavemet değişimi

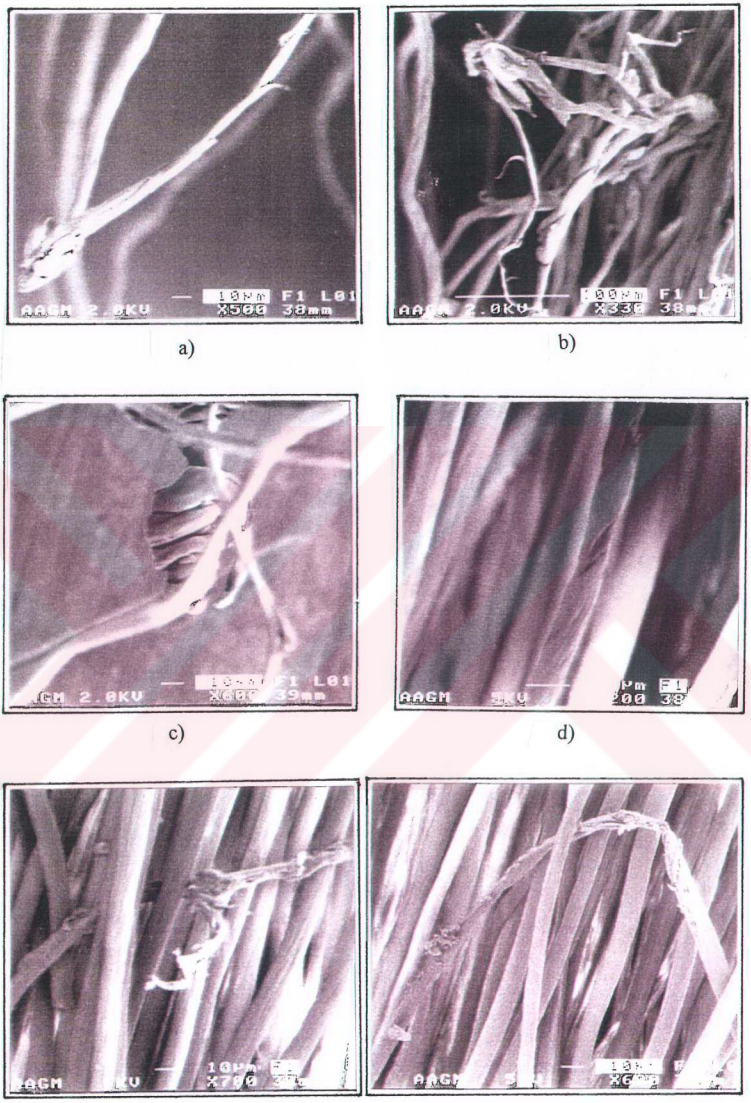


Şekil 4.34 Ring çıkışı ve şişirme işlemi sonrası ipliklerde uzama değişimi

Şişirme sonrası tüm numunelerin tüylülük değerleri artmıştır. Bu durumun esas olarak bobinleme, muf sarma ve aktarma prosesleri sırasındaki sürtünme ile boyama işleminin etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Şişirme işlemi ile UR liflerin boylarının kısalması da bir etki yaratmış olabilir.

4.8.1 Ham ve Boyanmış İpliklerin SEM Analizi Sonuçları

Ring çıkışı ve boyanmış ipliklerde tov ve koparma çıkışı şeritlerdekine oranla daha fazla lif hasarı gözlenmiş ve bunların nepsli bölgelerde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Şekil 4.35'deki (a), (b), (c) ve (h) fotoğrafları ön çalışmada üretilen ve liflerde meydana gelen hasarın proses boyunca lif uzunluğu kısalması ve kısa lif oranındaki artışla da kendini gösterdiği N1 ve N2 numunelerindeki nepsli bölgelere aittir. Liflerde (a) ve (b)'de görüldüğü üzere büyük olasılıkla liflerin silindirler veya baret iğneleri arasında sıkışmasından kaynaklanan zorlanmalara bağlı hasarlar tespit edilmiştir. Diğer hiçbir numunede bu şekil ve boyutta lif hasarı görülmemiştir. (c)'deki iki eksenli rotasyonel yorulma sonucu olabilecek türdeki lif formu liflerin proses boyunca dönme hareketi de yaptıklarını göstermekte ve (d) görüntüsü de bunu desteklemektedir. En yaygın şekilde gözlenen lif hasarları (e), (f) ve (g)'de verilen esneme-bükülme yorulması benzeri olanlardır. Numunelerden elde edilen bu SEM görüntülerinin bazı akrilik liflerin bir iğne üzerinde hareket ettirmesi sonucu oluşan lif hasarı görüntüleri [105] ile büyük benzerlik içinde olması numunelerdeki hasarların liflerin baret iğneleri ile etkileşimi neticesinde meydana gelmiş olabileceğini düşündürmektedir.



Şekil 4.35 İpliklerde tespit edilen lif hasarları: (a) ve (b) zorlanmalara bağlı hasarlar; (c) ve (d) iki eksenli rotasyonel yorulma; (e) ve (f) esneme-bükülme yorulması



g) h)

i) j) k)

l) m)

Şekil 4.35 İpliklerde tespit edilen lif hasarları: (g) esneme-bükülme yorulması; (h) iğne-lif arası sürtünme sonucu lifte deformasyon; (i) ve (j) lif düğümlenmeleri; (k) fibrilleşme; (l) iplik gövdesine gömülü neps; (m) iplik gövdesi dışındaki neps.

(h)'de görülen çok büyük boyuttaki lif aşınmasının da yine liflerle baret iğneleri arasındaki sürtünmeden kaynaklandığı düşünülmüştür. Hemen tüm mikrolif numunelerinde gözlenen bir başka hasar türü de lif-lif sürtünmesine bağlı yüzey aşınması ve sıyrılmasıdır. Bu tip hasarlara ilk proses aşamalarında da rastlanmıştır. (i) ve (j)'deki gibi şaşırtıcı lif düğümlenmeleri de tespit edilmiştir. (k)'da kuru çekim 1.3 dtex liften üretilen N11 numunesinde en sık rastlanan fibrilleşmeye benzer hasar tipi görülmektedir. İpliklerdeki nepslerin yerleşimi incelendiğinde nepsin büyük kısmının iplik gövdesinin (l) içinde ve (m) dışında yerleştiği olmak üzere iki yapı bulunduğu ve 2. tipin daha yaygın oluğu gözlenmiştir. Boyalı ipliklerin SEM analizleri sonucunda ring makinası çıkışındakinden farklı her hangi bir hasar tespit edilememiştir.

4.9 Örme Kumaş Sonuçları

Tablo 4.16 L1, L1a ve L1b hatlarında üretilen ipliklerden örülen kumaş numunelerine ait sonuçlar

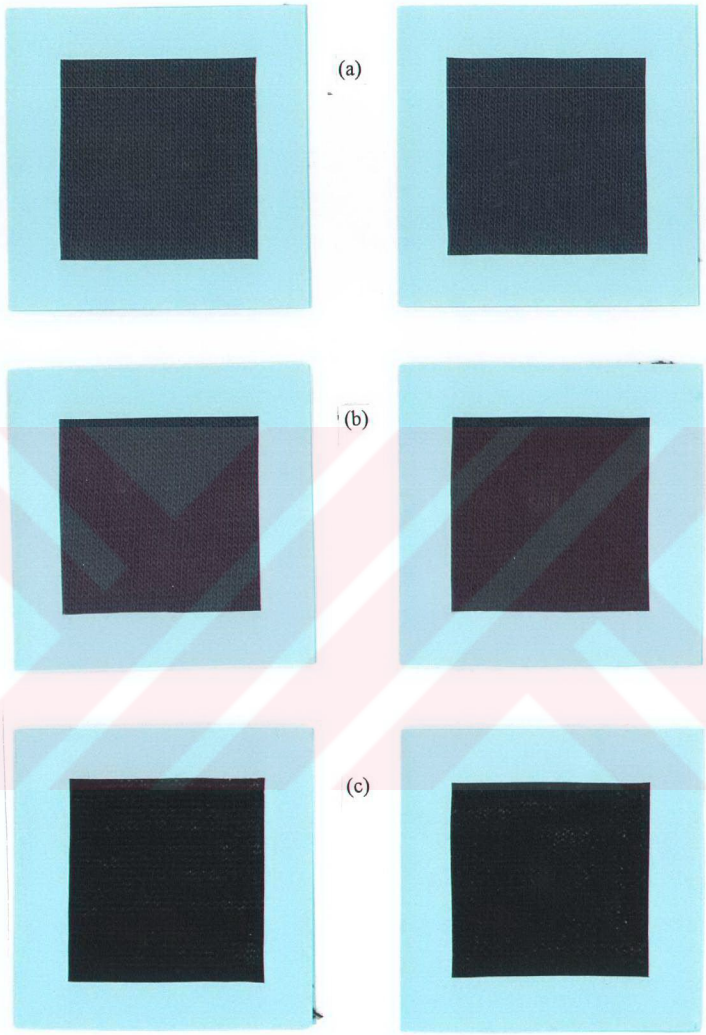
NUMUNE	N1-T1L1	N2-T1L1a	N3-T1L1	N4-T1L1	N5-T2L1b	N6-T2L1	N7-T2L1	N8-T3L1	N10-T4L1
İplik no. (Nm)	35,5	31,6	32,2	31,3	30,4	35,7	31,5	32,6	32
İplik no. CV (%)	1,7	0,6	0,5	0,8	1,2	0,8	1	0,6	1,3
Gramaj (g/m^2)	111,7	129	124,4	125,5	130,9	127,9	124,6	113	102,4
Sütun sayısı/cm	8,5	8,5	9,5	9	9	9	9	9,5	8,5
Sıra sayısı/cm	10	10	9,5	10	10	10	9,5	9	9
İlmek yoğunluğu (ilmek/cm^2)	85	85	90,25	90	90	90	85,5	85,5	76,5
3000 devirde ağırlık kaybı (mg)	7	5,9	4,6	4,8	3,8	3,6	3,9	6,1	7,1
6000 devirde ağırlık kaybı (mg)	17,5	16,2	10,6	12,5	10,4	11,6	10,5	17,5	17,8
9000 devirde ağırlık kaybı (mg)	30,3	27,7	19	21,5	18,9	21,7	18,9	30,1	31
12000 devirde ağırlık kaybı (mg)	44,7	41,3	29,2	20,7	28,9	31,2	27,8	44,4	46,7
Boncuklaşma	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	2/3	3/4	4
Patlama mukavemeti (kg/cm^2)	2,8	3,0	2,5	2,8	3,0	3,0	2,9	2,8	2,2

Üretilen ipliklerden örülen kumaş numunelerine ait değerler Tablo 4.16'da verilmiştir. Örme kumaşların üretim parametrelerinin seçiminde çorap üretiminde yaygın olarak kullanılan değerler esas alınmıştır. N10 numunesi dışındaki numuneler arasında ilmek yoğunluğu açısından anlamlı bir fark olmadığı görülmektedir. N10 numunesindeki düşük ilmek yoğunluğu değeri daha kalın liflerden üretilmiş olan bu ipliğin aşırı bozuk yapısından kaynaklanmış olabilir. N10 iplik numunesinin mikroskop altında incelenmesi sonucunda iplik çapı değişim katsayısının çok yüksek olduğu görülmüştür. Tüm numunelerde genel olarak ipliğin ilmek yoğunluğu ve iplik numarası değerlerinin kumaş gramajı üzerine etkidiği görülmektedir.

Aynı ilmek yoğunluğuna sahip N7 (0,9 dtex) ve N8 (1,7 dtex) numuneleri dikkate alındığında mikroliflerden üretilen kumaşların aşınma ile ağırlık kaybının kesitteki lif sayısı ve lifler arası sürtünmenin yüksekliğine bağlı olarak liflerin iplik yapısından çıkmasının zorlaşması nedeniyle kalın liflerden üretilenlere oranla daha az olduğu ancak diğer numunelerle hemen hemen aynı sürede aşındıkları görülmüştür. Bunun mikroliflerden üretilen kumaşlarda aşınma olayının lif kaybından çok lif hasarı yoluyla meydana gelmesinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Ön çalışma numuneleri olan N1 ve N2'de ağırlık kaybının hemen hemen aynı ilmek yoğunluğuna sahip N7 numunesine göre yüksek oluşunun iplik numaralarındaki farklılığın yanı sıra iplik yapısının son derece bozuk oluşundan kaynaklanması da beklenebilir. Böylece iplik gövdesindeki lifler ve yapıdaki neps veya uçuntu tipi hatalar daha kolay uzaklaşmakta ve ağırlık kaybı yaratmakta olabilir. Ayrıca ipliğin inceli kalınlı yapısı sürtünme etkisinin yüzeyde homojen paylaşımını engelleyerek bazı kısımlarda daha çok ve hızlı aşınma da yaratabilir. 3,3 dtex inceliğindeki liften üretilen N10 numunesinin beklenenin aksine en çabuk aşınan numunelerden biri oluşu da daha gevşek bir yapıda olmasının yanı sıra ipliğin yüksek numara ve büküm değişim katsayısı ile kendini gösteren yapı bozukluğuyla bağlantılı olabilir.

Tablo 4.15 ve 16'dan patlama mukavemetinin genel olarak gramaj ve sıklıktan çok iplik mukavemeti değerleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Aynı incelikteki liflerden imal edilen ipliklerle örülmüş kumaşların patlama mukavemetleri arasında anlamlı bir fark olmamakla birlikte iplik mukavemeti değerleri sonuçlar üzerine yansımıştır. Bu bulgu literatürle uyumludur [113,114]. Diğer yandan, en düşük patlama mukavemetini en kalın liflerden üretilen N10 numunesinin vermesi lif inceliğiyle bağlantılı olarak düşük olan iplik mukavemetinden kaynaklanabileceği gibi bu numunenin en düşük gramaj ve sıklığa sahip olmasının da sonuç üzerinde etkisi bulunabilir.

Boncuklaşmanın iplik kalitesi, ilmek yoğunluğu ve gramajından çok lif inceliğinden etkilendiği Şekil 4.36'da görülmektedir. İnce liflerin daha kolay hasar gördüğü, katlanıp bükülmeye ve birbiri üzerine dolanmaya daha eğilimli olduğu düşünülürse bu beklenen bir sonuçtur [112].



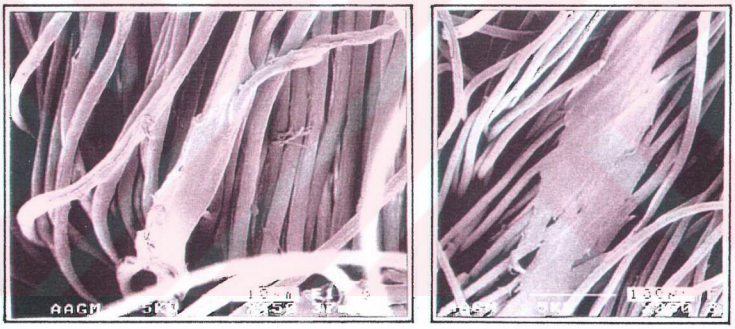
Şekil 4.36 Boncuklanma öncesi ve sonrası kumaş numuneleri (a)0,9 dtex, (b)1,7 dtex, (c)3.3 dtex

Yine Şekil 4.36'daki örnekler mikroliflerden üretilen ipliklerle örülen kumaşların bu liflerin düşük rijitlik ve yüksek spesifik yüzey alanları nedeniyle daha parlak ve

yumuşak olduklarını doğrulamaktadır. Söz konusu numuneler işletme şartlarına bağlı olarak alışılagelmiş kalınlıktaki liflerden imal edilen ürünlerle birlikte boyanmıştır. Oysa bu liflerin spesifik yüzey alanları daha fazla olduğundan boyar madde gereksinimleri de yüksektir [10,11]. Bu durum, mikroliflerden üretilen boyanmış iplik ve kumaşlarda abraj olarak kendini göstermiştir.

4.9.1 Örme Kumaşların SEM Analizi Sonuçları

N3, N6 ve N10 kodlu ipliklerden örülen kumaşların sem analizleri daha önce ipliklerde belirlenen lif hasarlarının yanı sıra Şekil 4.37'de görülen, keskin olmayan bir cisimle kuvvet uygulandığında meydana gelen hasarlara [105] benzer oluşumların da varlığını göstermiştir.



Şekil 4.37 SEM analizi sonucunda örme kumaşlarda tespit edilen hasarlar

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında uzun lif eğirme sisteminde akrilik mikrolif kullanımının iplik üretim prosesi ve ürün performansı üzerindeki etkileri endüstriyel şartlar altında araştırılmıştır. Bu amaçla faklı tov numarası (108 ktex, 98 ktex, 82 ktex, 81 ktex ve 63 ktex), lif inceliği (3,3 dtex, 1,7 dtex, 1,3 dtex, 0,9 dtex) ve üretim tipindeki (yaş ve kuru çekim) akrilik tovları farklı üretim hatlarında (L1, L1a, L1b, L2, L2a) eğirilerek ring makinası çıkışı numarası Nm40 olan iplikler üretilmiştir. L1, L1a ve L1b hattında üretilen iplikler boyanarak final numarası Nm32 olan şişirilmiş iplikler elde edilmiş ve bu ipliklerden çorap üretiminde yaygın olarak kullanılan ayarlarda süprem kumaşlar üretilerek performansları incelenmiştir.

İncelenenler içinde proses ve ürün kalitesi üzerinde en etkili parametrenin tezin amacına da uygun olarak lif inceliği olduğu gözlenmiştir. Lifler inceldikçe rijitliklerinin azalması ve kesitteki lif sayısı ile sürtünmenin artışına bağlı olarak liflerin ve dolayısıyla prosesin kontrolü zorlaşmakta, üretim kesintiye uğramakta ve özellikle neps oluşumu artmaktadır. Ancak bu durumun hammadde kalitesinden başlayarak üretimin her aşamasının ayrı ayrı optimizasyonu yoluyla hafifletilebileceği ve %100 mikrolif kullanılarak uzun lif sisteminde kaliteli ve ince iplikler üretilebileceği ortaya konmuştur.

Makinaların kapasite sınırları içinde kalındığı ve tov kalitesi iyi olduğu sürece bu çalışma kapsamında incelenen aralık için (108-63 ktex) tov numarasının çok önemli bir parametre olmadığı belirlenmiştir.

Mikrolifler genellikle kontinü filament olarak veya kısa lif eğirme sistemlerinde kullanıldıklarından koparma makinasında kesikli hale dönüştürülmek üzere akrilik tov üretimi deneme amaçlı olarak veya özel talep üzerine gerçekleştirilmektedir. Dolayısıyla, mikrolifler için yeni bir kullanım alanı açılmasına yönelik bu çalışmada kullanılan tovlar da uzun lif eğirme sisteminde kullanım amacıyla özel olarak

üretilmemiş, firmaların mevcut tovları kullanılmıştır. Hammadde temininindeki bu zorluk nedeniyle lif üretim tipinin etkisi, lif inceliği, tov numarası ve üretim hattından bağımsız olarak incelenemediği için netlik kazanmamıştır.

"Tovdan ipliğe (tow-to-yarn)"sisteminin ilk adımı olan koparma makinasında kısmi gerginliklerin, özellikle 1. ve 2. bölge gerginliklerinin neps oluşumu üzerinde etkili olduğu, bu etkinin ütü bölgesi sıcaklığı ile daha belirgin hale geldiği belirlenmiştir. Sıcaklık arttırıldıkça, gerginlik belli bir değerin altında kalmak kaydıyla neps oluşumu azalmaktadır. Ayrıca akrilik liflerin büzülme özelliğinin ütü sıcaklığı ve/veya ütü bölgesi gerginliğiyle arttığı bu çalışmada da gözlenmiştir.

Koparma işlemi sonrası genellikle RX liflerin çapları değişmezken mukavetlerinin azaldığı; UR liflerin ise çapları azalırken mukavemetlerinin arttığı gözlenmiştir. X-ışını difraksiyon analizleri koparma işlemi sonucunda liflerin kristal büyüklüklerinde azalma meydana geldiğini ortaya koymuştur. Ancak lif yapısında koparma işlemi sonucunda meydana gelen değişikliklerin proses boyunca liflerin davranışları üzerinde bir etkisi gözlenmemiştir.

Tarama makinasının mevcut nepsleri temizleyici yönde etkisi olduğu belirlenmiş ancak bu etkinin beklenebileceği kadar büyük olmadığı ve literaturde de belirtildiği üzere bu makinanın kendisinin de neps oluşturma potansiyeline sahip olduğu gözlenmiştir.

Keçe açıcı yerine ikinci koparıcı (rebreaker) kullanımının neps oluşumu açısından belirgin bir etkisi gözlenmemiş ancak bu makina ile çalışıldığında ortalama lif uzunluğunun daha düşük, düzgünsüzlüğün daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Farklı makina konstrüksiyonlarının koparma makinası çıkışı lif uzunluğuyla da bağlantılı olarak neps oluşumunu etkilediğine işaret eden sonuçlar elde edilmiştir.

Neps sayısının ikinci koparıcı (rebreaker), keçe açıcı ve pasajlarda genel olarak hız ve besleme ile arttığı, çekim ve gerginlik arttırıldığında ise azaldığı belirlenmiştir. Baretlerdeki iğne sıklığının ise gerginlikle bağlantılı olarak neps sayısı üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. İğneli silindirli çekme makinalarında ise besleme arttıkça neps oluşumunun azaldığı görülmüş ancak genel olarak bu tip çekmelerin mikrolif prosesi için çok uygun olmadığı gözlenmiştir.

Mikroliflerin tüm proses adımları boyunca yüzey pürüzlülüğü ve hava akımları gibi dış etkilere karşı son derece hassas oldukları gözlenmiştir.

Akrilik mikrolifler kullanılarak uzun lif sisteminde iyi kalite değerlerine sahip iplikler üretilebildiği görülmüş, mikroliflerden imal edilen ipliklerin mukavemet, uzama, düzgünsüzlük ve tüylülük açısından kalın liflerden üretilenlere göre daha üstün oldukları da tespit edilmiştir.

Mikroliflerin Nm 75 ve Nm 100 gibi çok ince ipliklerin üretimine olanak sağladığı görülmüştür. İplik numarası kalınlaştıkça neps, kalın yer gibi hataların sayısının bunların iplik yapısı içinde gizlenmelerinin kolaylaşmasına bağlı olarak düştüğü tespit edilmiştir.

Şişirme işlemi sonucunda mikroliflerde de konvansiyonel liflere yakın oranda mukavemet azalması ve uzama artışı meydana geldiği tespit edilmiştir.

Akrilik mikroliflerden uzun lif sisteminde eğrilen ipliklerle örülen kumaşların daha doğal, parlak ve yumuşak oldukları, ancak daha fazla boncuklaştıkları tespit edilmiştir.

Farklı inceliklerdeki liflerden üretilen ipliklerle örülen kumaş numuneleri arasında aşınma devri açısından anlamlı bir fark ortaya çıkmazken, mikroliflerden üretilen ipliklerde aşınma ile ağırlık kaybının kalın liflere göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Patlama mukavemetinin iplik mukavemetiyle ilişkili olduğu ve buna bağlı olarak kalın liflerden üretilenlere göre daha yüksek mukavemete sahip olan mikroliflerden imal edilen ipliklerle örülen kumaşların patlama mukavemetlerinin de diğerlerinden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan SEM analizleri iplik üretim prosesi boyunca liflerde sürtünme, iki eksenli dönme veya eksenel gerilmeden kaynaklanan aşınma, incelme, burulma ve kopma tipi hasarlar meydana geldiğini ve bunların neps olarak nitelenen kısımlarda yoğunlaştığını göstermiştir. RX liflerdeki hasarın UR liflere oranla daha fazla olduğu yolunda bulgular mevcut olmakla birlikte analiz edilen numune miktarı kesin bir yorum yapmak için yeterli değildir.

5.2 Öneriler

Lif üreticisi firmaların da katılımıyla lif yüzeyi, preperasyon yağı tipi veya miktarı, tov numarası, tov kıvrım miktarı ve lif üretim tipi çeşitlendirilerek çalışmaların genişletilmesi lif kalitesinin geliştirilmesi ve mikroliflerin "tovdan ipliğe (tow-to-yarn)" sisteminde prosesinin daha hızlı, kolay ve ekonomik hale getirilmesine yönelik veriler sağlamanın yanı sıra nihai ürünün kalitesinin yükseltilmesine de yardımcı olacaktır.

Koparma makinasında neps oluşum mekanizmasının anlaşılması ve kontrolüne yönelik olarak lif/gerginlik/sıcaklık ilişkisi daha detaylı biçimde incelenmelidir.

Koparma makinası çıkışı lif uzunluğu ve kıvrım daha geniş bir aralıkta incelenmeli ve takip eden aşamalardaki etkileri gözlenmelidir.

Bu çalışmada şişirilmiş iplik imali gerçekleştirilmesi nedeniyle keçe açıcıdan itibaren RX ve UR lifler karıştırıldığından lif özelliklerinde meydana gelen değişmeler takip eden aşamalarda kontrol edilememiştir. Lif yapısında meydana gelen değişiklikler ve lifin davranışı üzerindeki etkileri tüm proses adımları boyunca ve SEM, TEM, IR, X-ışını difraksiyonu, DSC gibi tekniklerle daha detaylı şekilde incelenmelidir.

Finisör ve ring makinalarında farklı besleme, çekim, ekartman, ovalama oranları, kopçalar, bilezik tipleri ve hızlar denenerek nihai ürün özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmalıdır.

İplik tipi ve numara aralığı genişletilip çalışmalar yapılarak mikroliflerin tüm potansiyelinden yararlanma olanak ve sınırları araştırılmalıdır.

Farklı makina konstrüksiyonları ve parametrelerinin etkileri daha ayrıntılı şekilde incelenerek ince lif prosesini kolaylaştıracak değişiklikler araştırılmalıdır.

Mikrolif prosesinin makina üzerinde yarattığı aşınma vb. etkilerin de araştırılması olayın bütün boyutları ile tanımlanması açısından yararlı olacaktır.

Boncuklaşma ve kırışma eğilimini azaltacak, mikroliflerin avantajlarından daha geniş biçimde yararlanma olanağı sağlayacak farklı kumaş konstrüksiyonları ile boyama ve terbiye teknikleri üzerinde araştırılmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] Anon.,1998, Synthetic Fiber Outlook 2000, Chemical Fiber International, 48, February, 6-7

[2] Ed: **Masson, J.C.,** 1995, Acrylic Fiber Technology and Applications, Marcel Dekker Inc., New York

[3] **NSC,** 1998, Complete Lines of Stretch Breaking and Spinning, NSC Training Book

[4] Anon., 1998, Acrylonitrile Capacities Worldwide in 1998, Man-Made Fibers Year Book, December, 7

[5] **Murata T.,** 1992, Polyester Super Microfibre and its Application in Apparel, 31. International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn, Austria, 23-25 September

[6] **Le Jiang, W., Lin, M.Z., Qing, H.** and **Lin, L.,** 1992, Production of Super Fine Fibres and Their Fabric Development, 31. International Man-Made Fibres Cong., Dornbirn, Austria, 23-25 September

[7] Anon., 1992, Various Microfibers for Clothing, JTN, May, 81-83

[8] **Baker, W.R.,** 1992, Microdenier Spinning, International Fiber Journal, April, 7-16

[9] Anon., 1992, The Microfibre Business in Japan, Technical Textiles International, May, 18-22

[10] **Ulçay, Y.** ve **Karahan, N.,** 1995, Mikrolif Üretimi, Özellikleri ve Kullanım Alanları, Tekstil & Teknik, Ekim, 30-36

[11] **Davies, S.,** 1994, Microfibres, The state of the Art and their Future, Textile Horizons, February, 27-31

[12] **Geerdes, J. D.,** Microfibers, 1992, International Fiber Journal, April, 4-6

[13] **Kramar L.,** 1996, Western Europe. Market Trends for Microfibers, Chemical Fibers International, 46, October, 316

[14] **Davis, C.W.** and **Shapiro, P.** (Ed: Mark, H.F., Gaylord, N.G. and Bikales, N.M.), 1964, Acrylic Fibers, Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol.1, Wiley Interscience, New York, 342

[15] **Hilden, J.,** 1971, Comparative Investigations of Polyacrylonitrile Fibers for the Differentiation of a Few Important Types of Commercial Fibers, Chemifasern, 21, 49-55

[16] **Torrance, J. D.** and **Wade M. A.,** 1974, Reports on the Progress Of Applied Chemistry, 1, 77-89

[17] **Baillie J.** and **Brealey G. J.,** 1974, Reports on the Progress Of Applied Chemistry, 6, 634-641

[18] **Moncrieff, R. W.,** 1975, Man-Made Fibres (Part 3. Synthetic Fibres), The Whitefriars Press Ltd., London

[19] **Poynton, D.J.,** 1976, A Critical Appreciation of Recent Developments, Textile Progress, No.1, Vol.8, The Textile Institute, Manchester

[20] **Franz, F.,** 1971, Production of Polyacrylonitrile Fibers, Chemifasern, 21, (5), 369-379

[21] **Braddock, B. B.** and **Brealey G. J.,** 1974, Reports on the Progress Of Applied Chemistry, 5, 527-535

[22] **Özipek, B.,** 1985, Akrilik Liflerinin Yapıları, Özellikleri ve Kullanım Alanları, Tekstil ve Teknik, Nisan, 6-14

[23] **Dayıoğlu, H.,** 1986, Elyaf Bilgisi II (Sentetik Lifler), Ders Notları

[24] **Cernia, E.,** 1967, Man-made Fibers, Science and Technology, Vol.1, John Wiley and Sons Inc., New York

[25] **Hearle, J.W.** and **Greer, R.,** 1970, Fibre Structure, Textile Progress, Vol.2, No.4, The Textile Institute, Manchester

[26] **Gudiyawar, M.Y.** and **Bhat, P.,** 1996, Voids Formation in Acrylic Fibres, Man-Made Textiles in India, August, 275-278

[27] **Tedesco, R., Console, L.** and **Cavallini, M.,** 1996, Industrial and Commercial Performances of Leacril Micro, 35. International Man-Made Fibres Congress, 25-27 September

[28] **Minami, S.,** 1974, Morphology and Mechanical Properties of Polyacrylonitrile Fibers, Journal of Applied Polymer Science: Applied Polymer Symp., 25, 145-157

[29] **Sotton, M.** and **Vialard, M.,** 1971, Contribution to the study of the Porous Structure of Polyacrylonitrile (PAN) Fibers, The Effects of Heat Treatments, Textile Research Journal, Vol. 41, October, 834-840

[30] **Catoite, B., Bouriot, P., Hagege, R., Sotton, M.** and **Menault, J.,** 1989, Acrylic Spinning Formation, Textile Asia, February, 73-80

[31] **Meredith, R.,** 1975, Structures and Properties of Fibres, Textile Progress, Vol.7, No.4, The Textile Institute, Manchester

[32] **Hu, X., Johnson, D.J.** and **Tomka, J.G.,** 1995, Molecular Modelling of the Structure of Polyacrylonitrile Fibres, Journal of the Textile Institute, 86, No.2, 322-331

[33] **Warner, S. B.,** 1995, Fiber Science, Prentice Hall, Englewood Cliffs

[34] **Maillo, J., Gacen, J.** and **Baron, J.A.,** 1991, Determination of Blend Composition of Relaxed/Retractile Acrylic Fibers by Differential SolubilityTechnique, Chemiefasern/Textilindustrie, Vol.39/91, April, 398-400

[35] **Gacen, J.** and **Maillo, J.,** 1994, Micromorphology Differences Between Relaxed and Retractile Acrylic Fibres Subjected to Different Bulking Treatments, Journal of the Textile Institute, 82 No.2, 225-230

[36] **Law S.J.** and **Mukhopadhyay S.K.,** 1998, Hot-Stretch-Induced Orientation and Collapse of Wet-spun Acrylic-fibre Structure and Effects on Gel-Dyeing, Journal of the Textile Institute, 89 No.1, 182-197

[37] **Ugbolue, S. C. O.,** 1990, Structure/Property Relationship in Textile Fibres, Textile Progress, The Textile Institute, Manchester

[38] **Hu, X.** and **Hsieh, Y.,** 1997, Structure of Acrylic Fibres Prior To Cyclization, Polymer, Vol.38, No.6, 1491-1493

[39] **Pfeifer, C. R.** and **Hurley, R. B.,** 1974, Crimp Stability of Acrylic Fibers, Applied Polymer Symposium, 25, 179-186

[40] **Bozkurt, Y.,** "Tow-to-Top" Teknolojisi, Ders Notları

[41] **Seydel Maschinenfabrik GmbH.,** 1992, Cut-Converting of Syntetic Tows, Textile Month, July, 38-42

[42] **Seydel Maschinenfabrik GmbH.,** 1995, ITMA'95 Broşürü

[43] **Ozawa, G.** and **Hiramatsu, T.**, 1969, Stretch-breaking Process Analytically Studied, Part 1: Fundamental Theory of Basic Stretch-breaking Process, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.15, No.1, 1-18

[44] **Hiramatsu, T.** and **Oguchi, N.**, Ozawa G., 1969, Stretch-breaking Process Analytically Studied, Part 2: Pseudo-Stretch-Breaking on the Turbo Stapler, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.15, No.4, 121-130

[45] **Hiramatsu, T.**, 1969, Stretch-breaking Process Analytically Studied, Part 3: Fundamental Study on Stretch-breaking Process of Finite-Length Fibers, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.15, No.5, 157-170

[46] **Hiramatsu, T.**, 1969, Stretch-breaking Process Analytically Studied, Part 4: Fundamental Theory of Basic Stretch-breaking Process Including Pseudo Stretch-Breaking Process, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.15, No.6, 201-213

[47] **Hiramatsu, T.**, 1970, Stretch-breaking Process Analytically Studied, Part 5: Basic Theory on Distribution of Staple Length in Stretch-breaking Process Including Pseudo Stretch-Breaking Process, Journal of the Textile Machinery Society of Japan, Vol.16, No.1, 1-9

[48] **Souris, H.**, 1997, Kişisel görüşme

[49] **Frost, C.**, 1990, Einfluss Unterschiendlichher Maschinenstellungen An Einem Reisskonverter Auf Die Faserlängenverteilung und Das Laufverhalten Des Zu Verarbeitenden Materials, Diplomprüfung, Fachbereich Textil-und Bekleidungstechnik der Fachhochschule Niederrhein, Mönchengladbach

[50] **Gilhaus, K. F.**, 1996, Stretch Break Converting at the Edge of the Century, Man-Made Fibres Conference, Beijing, 30 May

[51] **Schneider, K.**, 1989, Spinning of Acrylic Fibres in a Modern Worsted Yarn Spinning Plant, Melliand Textilberichte, 70, E39-E40

[52] **Özel, C.**, 1998, Kişisel görüşme

[53] **Bhattacharya, C.**, 1980, Acrylic Fibres and Bulky Yarns, Journal of the Textile Association, Vol.41, January, 7-12

[54] **Bauer, Y.**, 1998, Kişisel görüşme

[55] **Ross, D. A.**, **Carnaby, G. A.** and **Lappage, J.**, 1986, Woollen-Yarn Manufacture, Textile Progress, 15(1/2) The Textile Institute, Manchester

[56] **Oxenham, W.** and **Huang, X. C.,** 1992, New Spinning Developments, Wool Science Review, 68, January, 1-36

[57] **Schulz, H.,** 1993, Processing of 0.6 dtex/32 mm Bright Acrylic Microfibres, Knitting Technique, 15, 4, 227-132

[58] **Sharma, I.C., Mukhopadhyay, A.** and **Bhadra, D.,** 1998, Air Jet Spun 100% Acrylic Yarn For Single & Double Jersey Fabrics, Textile Asia, Vol.29, No.2, February, 49-51

[59] **Hunter L.,** 1977, The Physical Properties of Some Commercial Acrylic Yarns, SAWTRI Bulletin, 11, 34-42

[60] **Hochapfel, G.,** 1990, Microfilaments:Fashion or Future?, Annual Conference of The Textured Yarn Association 0f America Inc. (TYAA), Mrytle Beach, S.C., July 26-28

[61] Anon., 1992, Mikroliflerin Boyanması Üzerine Lif Özelliklerinin Etkisi, Sagem, Ocak-Şubat, 16-19

[62] **Wiedermann, R.,** 1992, Current Trends in Microfiber Technology, Chemiefasern/Textilindustrie, Vol. 42/94, April, 274 (E27)

[63] **Heidenreich, I.** and **Ninow, H.,** 1991, Microfibres-Fashion Trend or Tomorrow's Standard ?, 30. International Man-Made Fibers Conference, Dornbirn, 12-14 June 1991

[64] Anon., 1993, Ultrafine Microfiber Fabrics, Development and Marketing, JTN, December, 29-37

[65] **Nishimura, M., Hibino, T.** and **Tsujimoto, K.,** 1992, Production, Processing, Finishing and End_Use of Wedge-Shaped Polyester Microfilaments of 0.1 Single Decitex, 31. International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn, Austria, 23-25 September

[66] **Matsui, M.,** 1993, Microfibres in the past, Today and in the Future, Man-Made Fiber Year Book 1993, 20-24

[67] Anon., 1992, Filling a Niche in the Microdenier Market, International Fiber Journal, April, 28-34

[68] **Jagannathan, N.S.,** 1991, Microdenier POY Production, Clemson University Microfiber Technology Conference, 21-23 June

[69] **Hagewood, J.,** 1991, Spinning and Drawing of Microfiber Filament Yarns, Clemson University Microfiber Technology Conference, 21-23 June

[70] Anon., 1992, Technology, Equipment and Supplies for Microfiber Production and Processing, International Fiber Journal, April, 42-55

[71] **Rogers, J.,** 1991, The Application of Staple Microfibers, Clemson University Microfiber Technology Conference, 21-23 June

[72] **Nau G.,** 1994, Requriments for Weaving Microfibre Yarns, ITB Yarn and Fabric Forming, 2/1994, 14-17

[73] Anon., 1991, A New Microfibre for Producing a Wide Variety of Textiles, ITB Fabric Forming, 2/91, 24-34

[74] Anon., 1991, Micrell-Microfilamentgarne: Verarbeitung und Einsatzgebiete, Chemiefasern/Textilindustrie, 41/93, Jahrgang, April, 326-330

[75] Anon., 1992, Microfibers: Present and Future, International Fiber Journal, April, 22-24

[76] **Okamoto, M.,** 1993, Tomorrows Ideas and Profits: Polyester, 50 Years of Achievement, Ultra-Fine Fibres: A New Dimension For Polyester, The Textile Institute, Manchester, 108-111

[77] **Schiffler, D.A.,** 1991, Low DPF - What It Can Do For You and How It Is Processed, Clemson University Microfiber Technology Conference

[78] **Nüssli, E.,** 1992, Carding Microfibers in Short-Staple Spinning, Chemiefasern/Textilindustrie, Vol.42/94, September, 684-686.

[79] **Murata Machinery Ltd.,** 1994, Murata: Spinning Microfiber Yarns On the MJS System, Textile World, April, 42-46

[80] **Schmidt, M.F.,** 1991, How, Fine-Denier Rayon Impacts Yarn Making, Textile World, Vol.141, No.1, February, 50-51

[81] **Su, C. I., Lo, K. J** and **Lee, J. Y.,** 1998, Drafting Force of Fine Denier Polyester Fibers, Textile Research Journal, 68(8), 559-563

[82] **Dupeuble, J.C.,** 1990, Texturing and Dyeing Microfilament Products, Annual Conference of The Textured Yarn Association 0f America Inc. (TYAA), Mrytle Beach, S.C., July 26-28

[83] **Roberts, D.J.,** 1992, What's the Difference? Microfibers Compared to Ordinary Fibers, International Fiber Journal, April, 18-20

[84] **Tekaat, T.,** 1994, Eigenschaften und Herstellung von Microfilamentgarnen, Chemiefasern/Textilindustrie, 42./94. Jahrgang, November, 877-880

[85] Anon., 1992, Plytwisting of Microfiber Yarns, Chemiefasern/Textilindustrie, 42/94, September, 648.

[86] **Gerichhausen, R.,** 1992, Autocoro Microfiber Rotor Yarns, Processing of Microfibers Symposium, Ljubljana/Jugoslawia, May 21

[87] **Duessen, H.,** 1991, Microfibers in Rotor Spinning, Clemson University Microfiber Technology Conference, 21-23 June

[88] **Trevisan, E.** and **Spaggiari, W.,** 1992, A New High Performance Acrylic Microfibre, 31. International Man-Made Fibres Congress, Dornbirn/Austria, 23-25.09.1992

[89] **ASTM D 1770,** 1985, Neps, Vegetable Matter and Colored fiber in WoolTop, American Society for Testing and Materials, Philadelphia

[90] **Van der Sluijs, M.H.J.** and **Hunter, L.,** 1999, Neps in Cotton Lint, Textile Progress, No.4, Vol.28, The Textile Institute, Manchester

[91] **Townend, P.P.,** 1982, Nep Formation in Carding, WiraPRINT, Leeds

[92] **Hebert, J.J., Boylston, E.K.** and **Thibodeaux, D.P.,** 1988, Anatomy of a Nep, Textile Research Journal, Vol. 58, No.7, 380-382

[93] **Robinson, G.A.** and **Haigh, M.G.,** 1998, Entanglement and Neps in Worsted Processing, Textile Asia, June, 35-45

[94] **BS 3411,** 1971, Determination of the Tensile Properties of Individual Textile Fibres, British Standards Institution, London

[95] **BS 2043,** 1968 (1993), Wool Fibre Fineness by Projection Microscope, British Standards Institution, London

[96] **BS 2106,** 1961, Determination of the Linear Density of Textile Fibres by Weighing, British Standards Institution, London

[97] **ASTM D 2102,** 1972, Shrinkage of Textile fibers, American Society for Testing and Materials, Philadelphia

[98] **BS 947,** 1970, Universal System for Designating Linear Density of Textiles (Tex System), British Standards Institution, London

[99] **BS 2085,** 1973, Determination of twist in Yarns, British Standards Institution, London

[100] **BS 1932-Part 1,** 1965, The Strength of Yarns From Packages. Part 1. Determination of Breaking Load and Extension, British Standards Institution, London

[101] **BS 2471,** 1978, Determination of Unit Length and per Unit Area of Woven or Knitted Fabrics, British Standards Institution, London

[102] **BS 5811,** 1986, Method for the Determination of the Resistance to Pilling and Change of Appearance of Fabrics, British Standards Institution, London

[103] **BS 5690,** 1988, Method for the Determination of the Abrasion Resistance of Fabrics, British Standards Institution, London

[104] **BS 4768,** 1972, Method for the Determination of the Bursting Strength and Bursting Distension of Fabrics, British Standards Institution, London

[105] **Hearl, J.W.S., Lomas, B.** and **Cooke, W.D.,** 1998, Atlas of Fiber Fracture and Damage to Textiles, The Textile Institute/Woodhead Publishing Limited, Cambridge

[106] **Raheel, M.,** 1996, Modern Textile Characterization Methods, Marcel Dekker, New York

[107] **Meredith, R.,** 1959, Mechanical Properties of Textile Fibres, North-Holland Publishing Company, Amsterdam

[108] **Mcpeters, A. L.** and **Paul, D. R.,** Stresses and Molecular Orientation Generated During Wet Spinning of Acrylic Fibers, Applied Polymer symposium, 25, 159-178

[109] **İridağ Y.** and **Nergis B. U.,** 1999, Influence of the Testing Length and Speed on Hairiness, ITB, Vol.3, May, 58-64

[110] **Hattenschwiler, U. H.,** 1989, Yarn Hairiness: Thoughts and Examples, ITB Yarn Forming, 2/89, 59-67

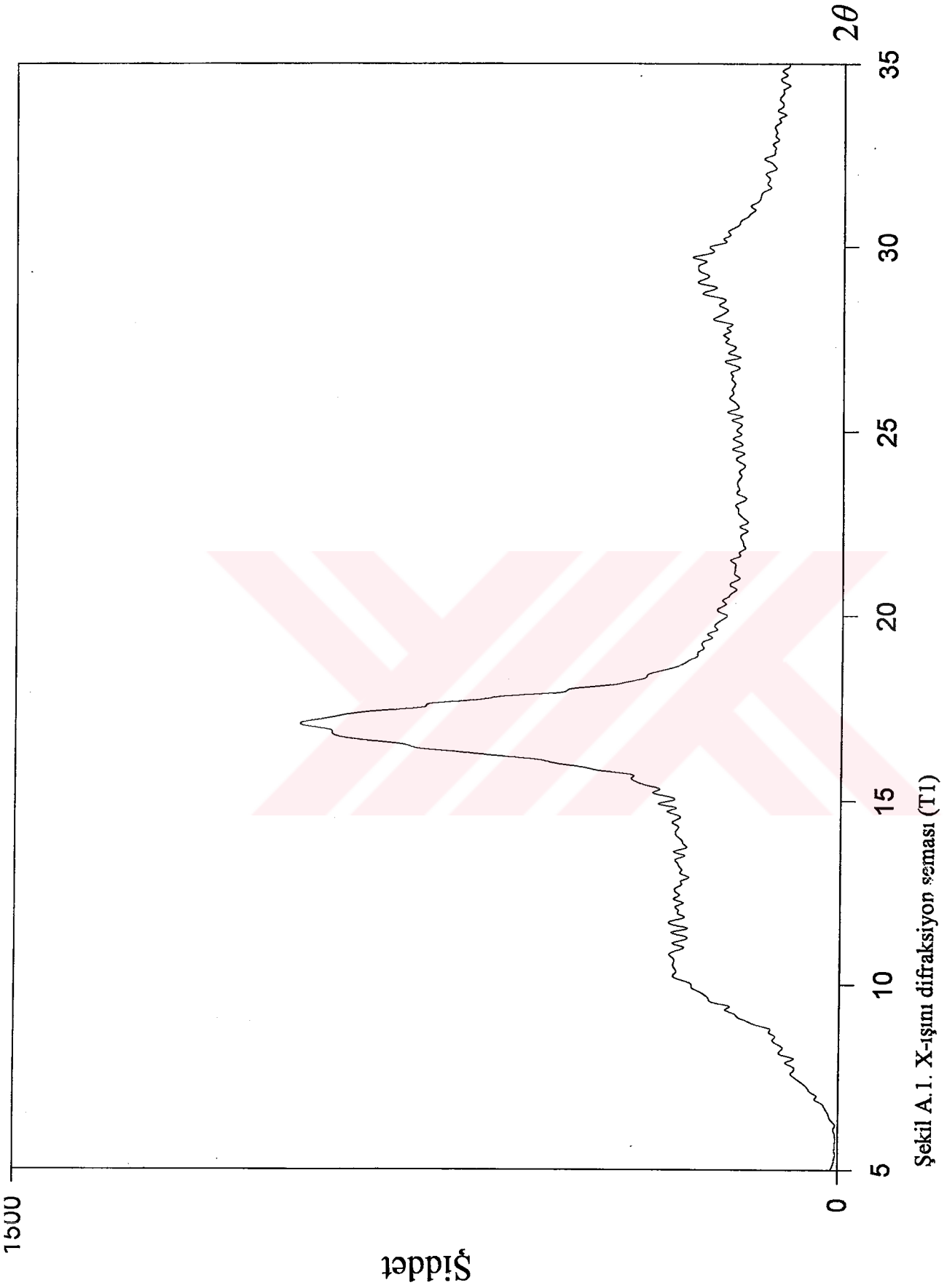
[111] **Egbers, G.,** 1988, Causes and Reduction of Yarn Hairiness in Worsted and Semi-Worsted Spinning, Melliand Textilberichte, 69/8, 424

[112] **Ukponmwan, J. O., Mukhopadhyay, A.** and **Chatterjee K. N.,** 1998, Pilling, Textile Progress, 28(3), The Textile Institute, Manchester

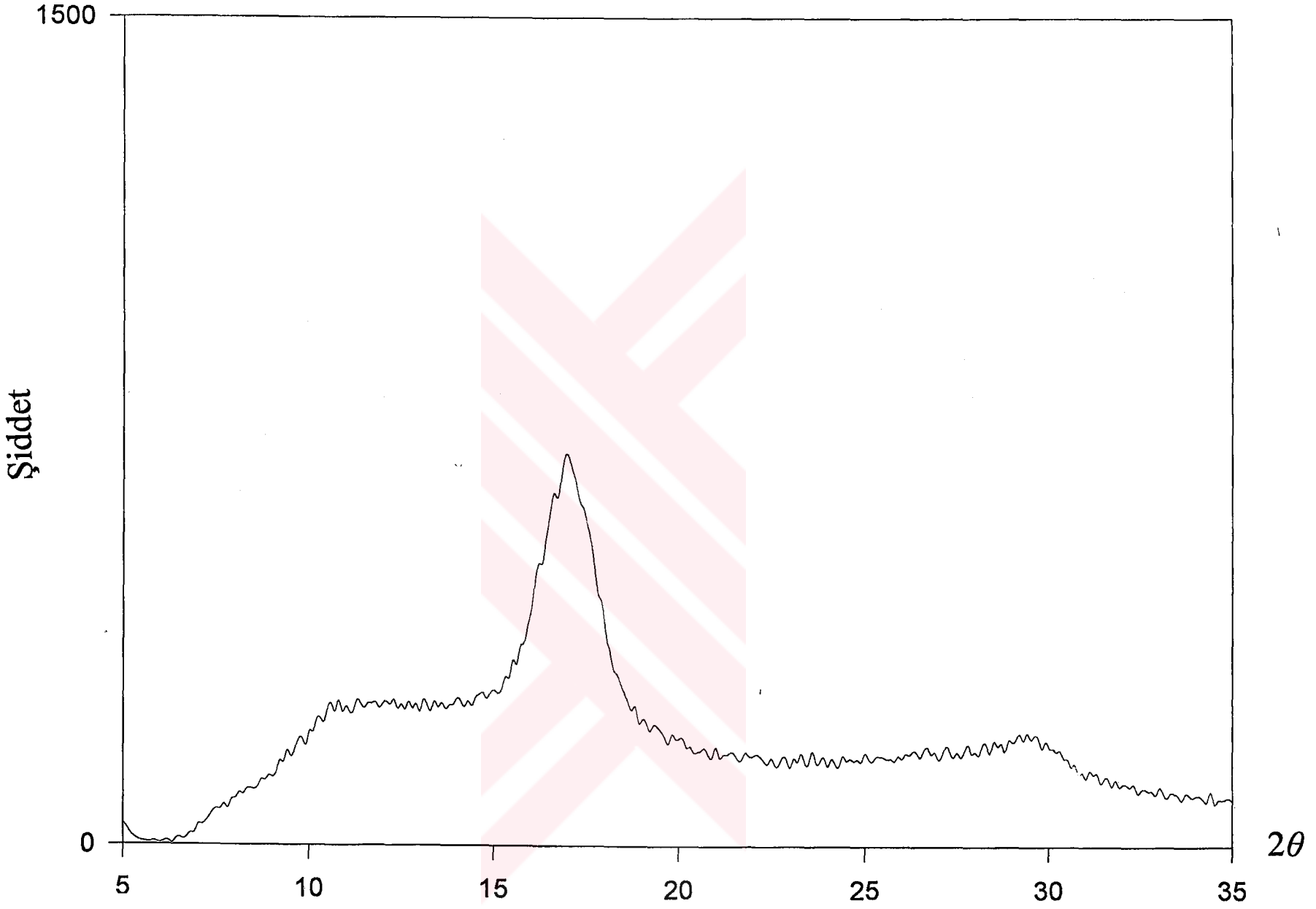
[113] **Candan, C., Nergis, B. U.** and **İridağ Y.,** 2000, Performance of Open-End and Ring Spun Yarns in Weft Knitted Fabrics, Textile Research Journal, 70(2), 177-181

[114] **Lord, P. R., Mohamed M. H.** and **Ajgaonkar, D. B.,** 1974, The Performance of Open-End, Twistless and Ring Yarns in Weft Knitted Fabrics, Textile Research Journal, June, 405-414

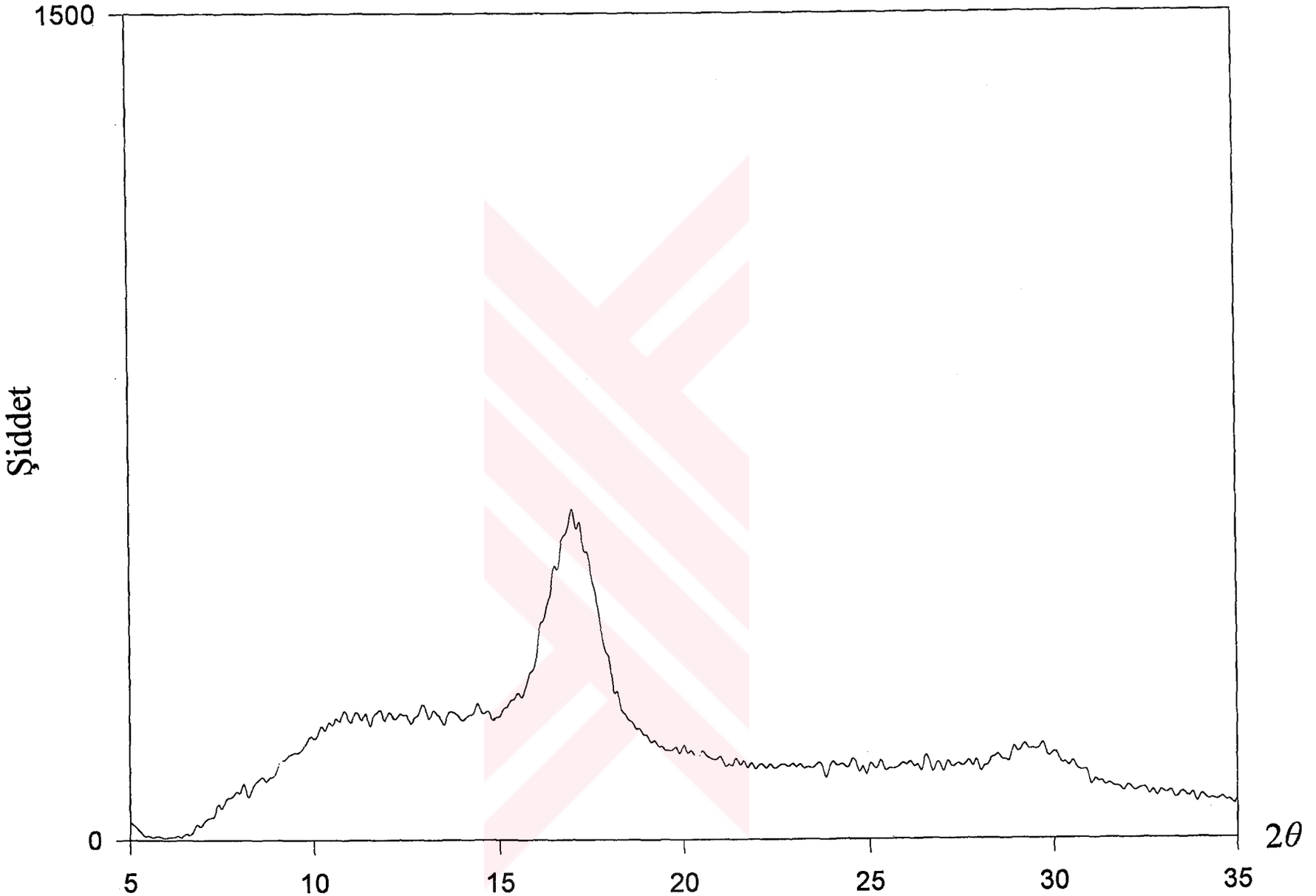
EK A



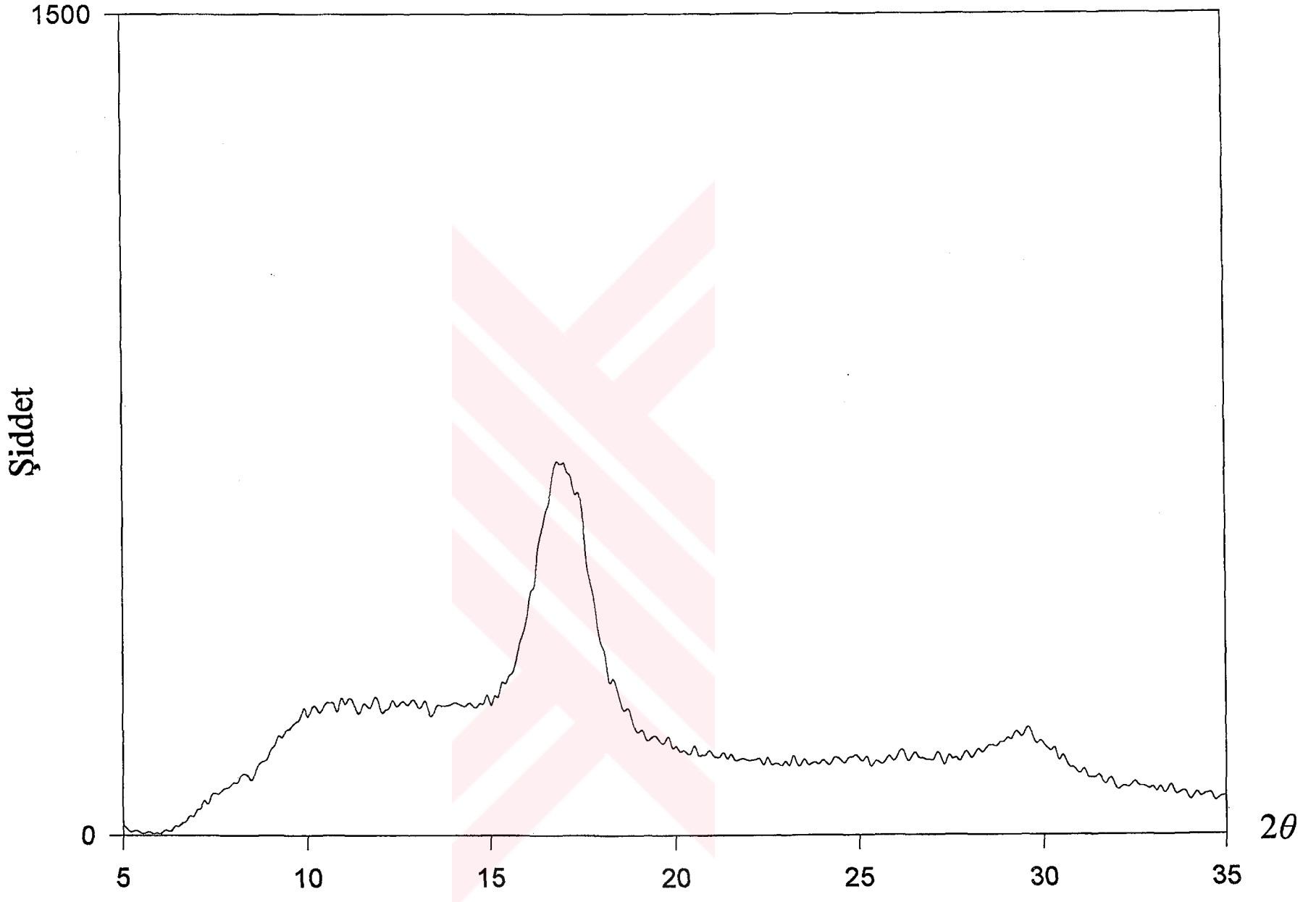
Şekil A.1. X-ışını difraksiyon şeması (T1)



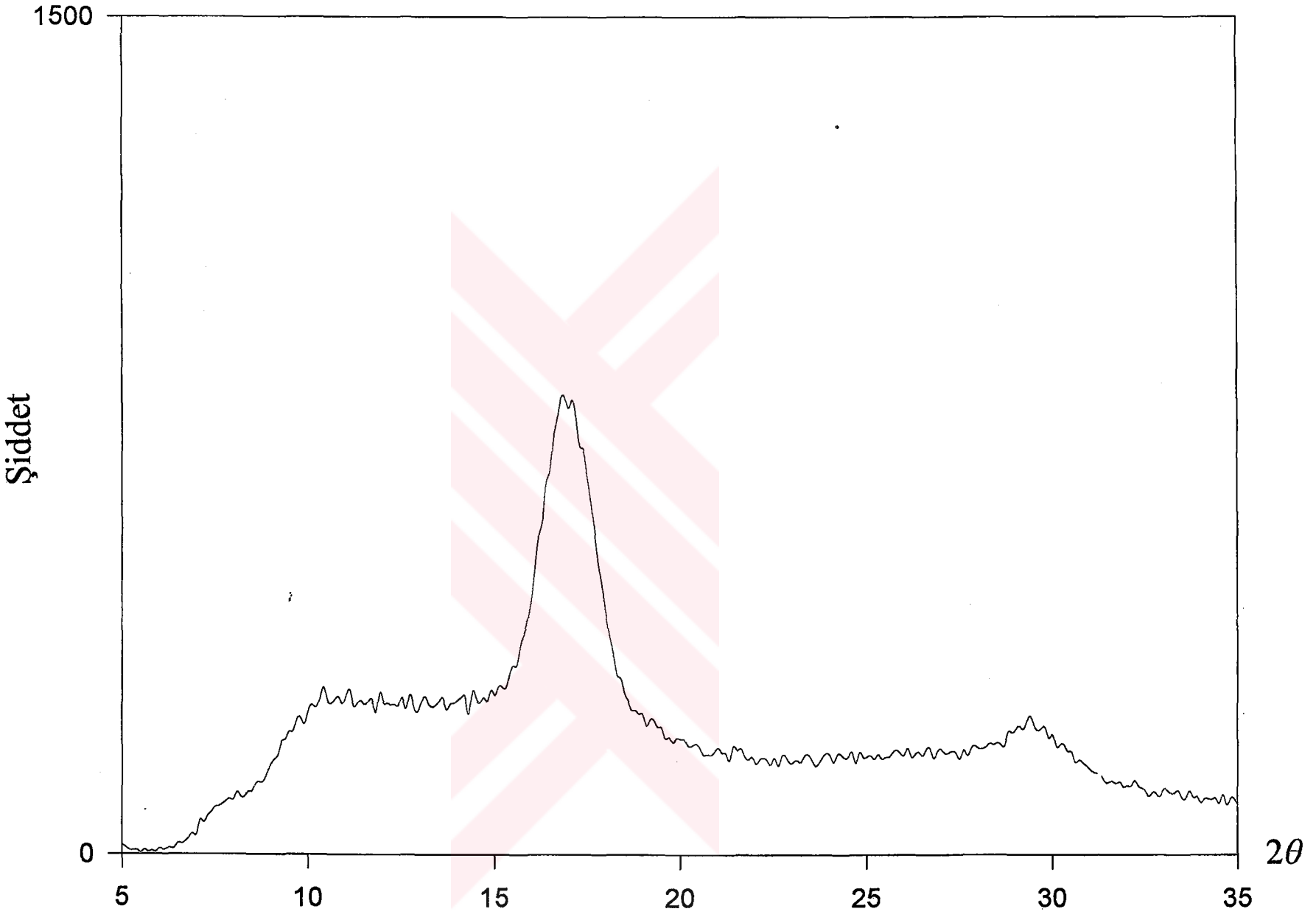
Şekil A.2. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 UR)



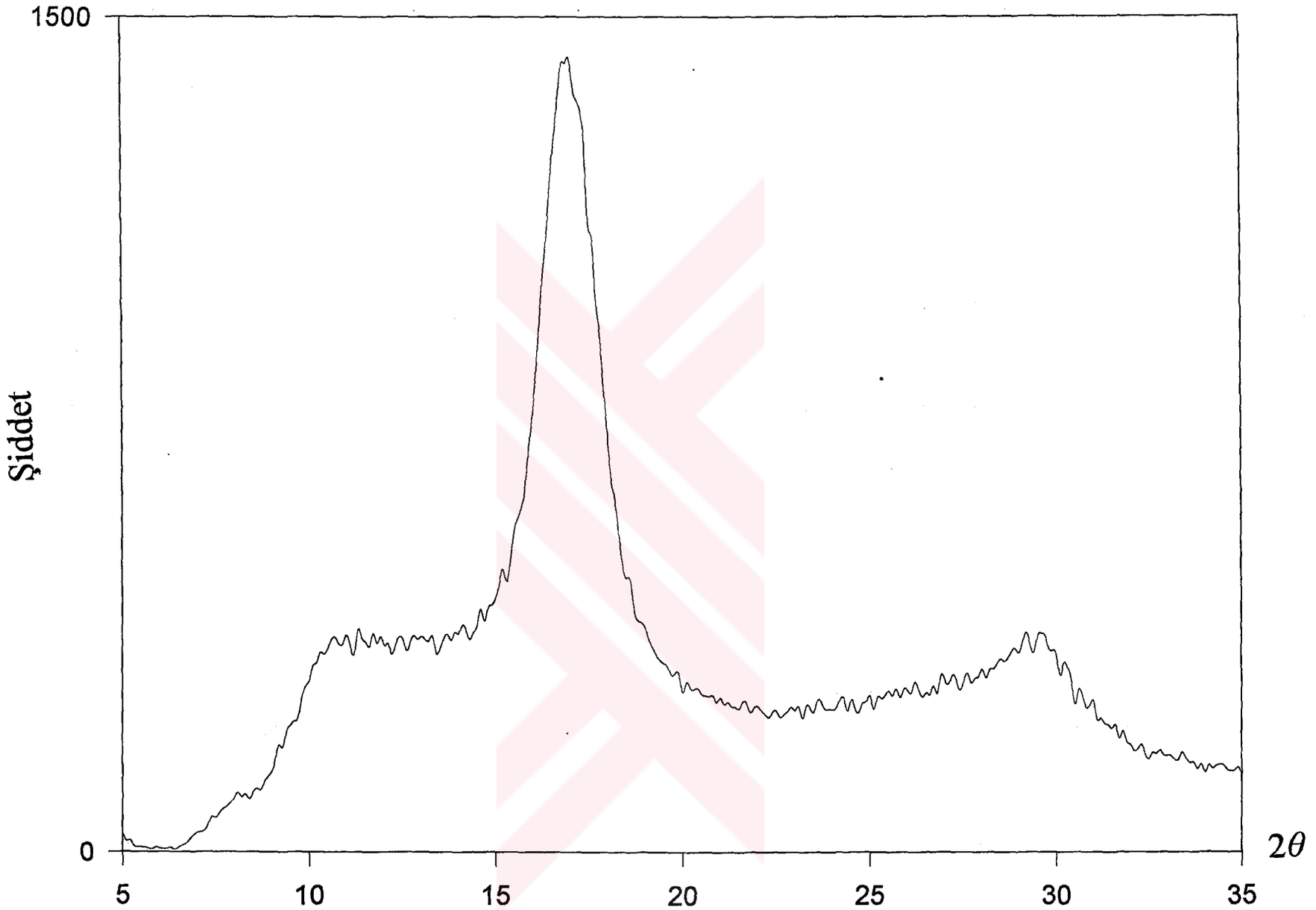
Şekil A.3. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 RX)



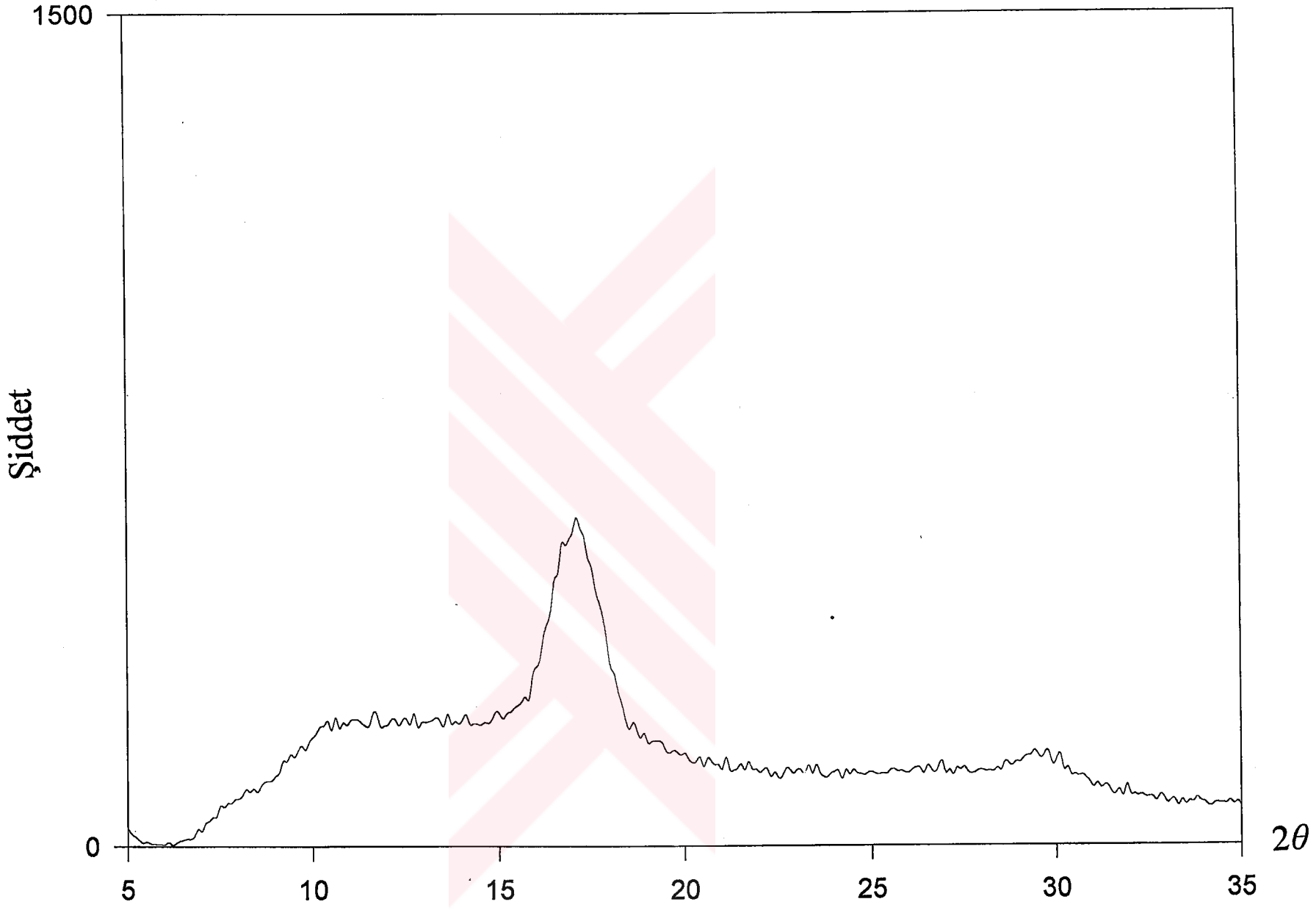
Şekil A.4. X-ışını difraksiyon şeması (N3-T1L1 RX-gevşetme öncesi-)



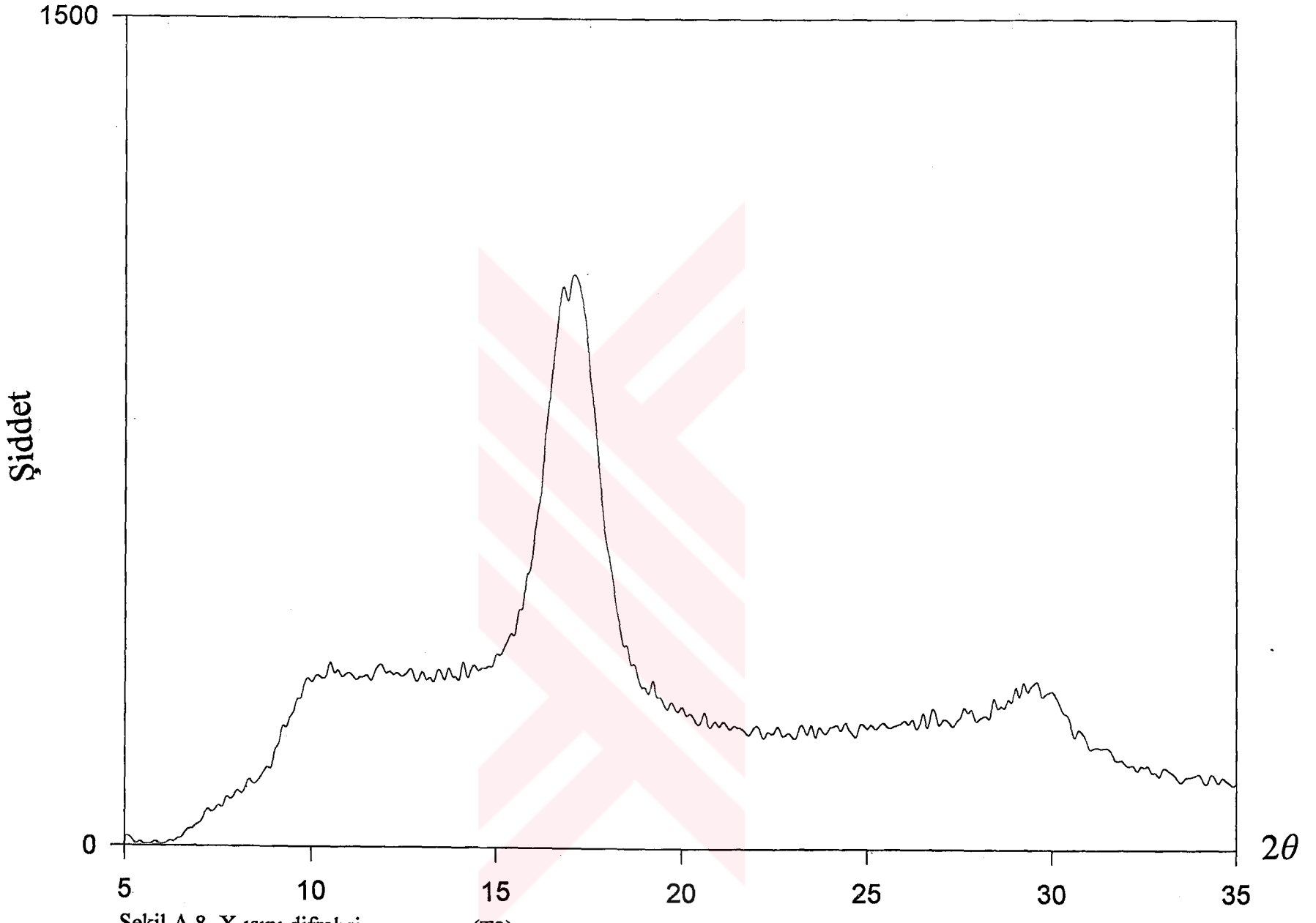
Şekil A.5. X-ışını difraksiyon şeması (T2)



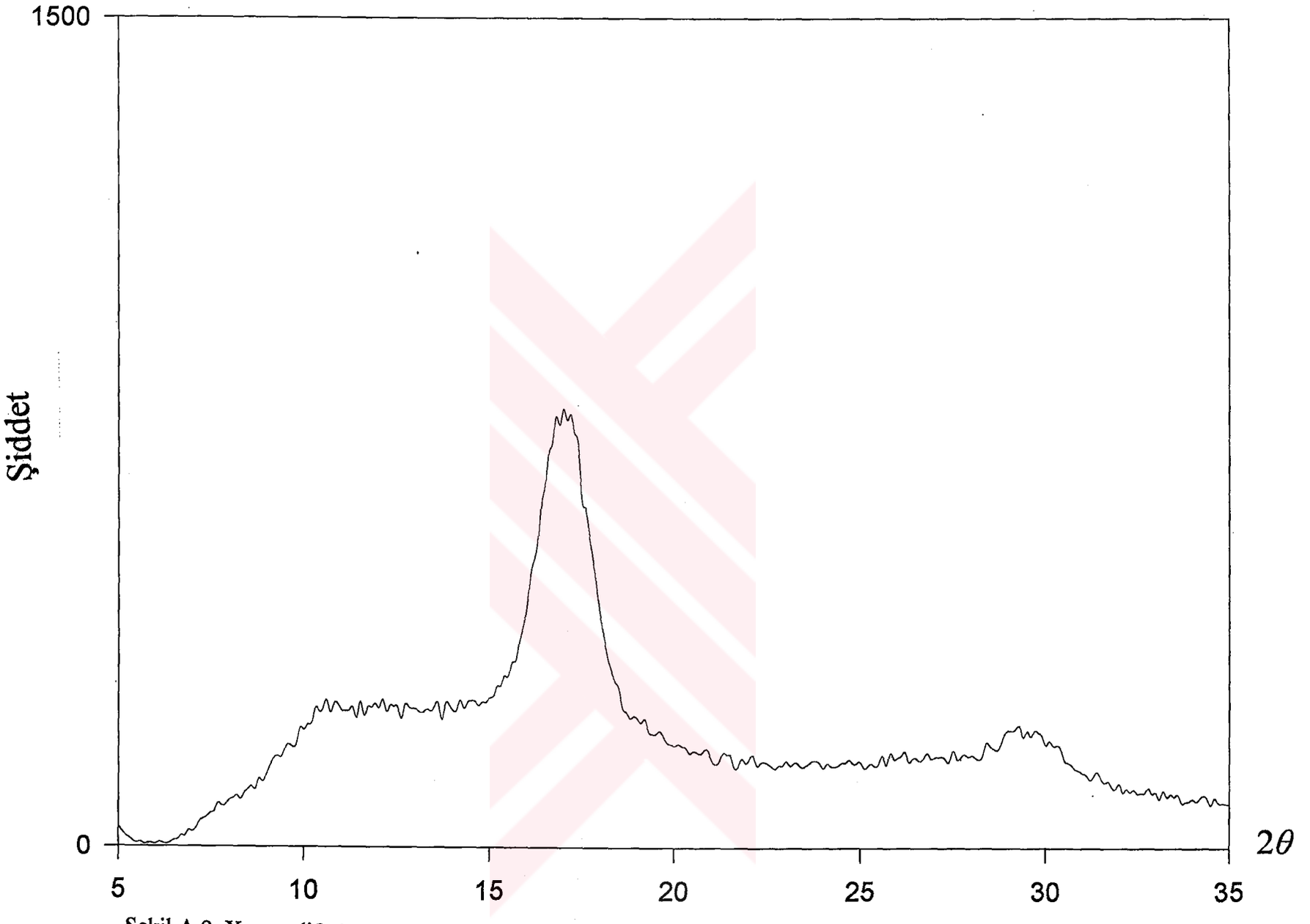
Şekil A.6. X-ışını difraksiyon şeması (N7-T2L1 UR)



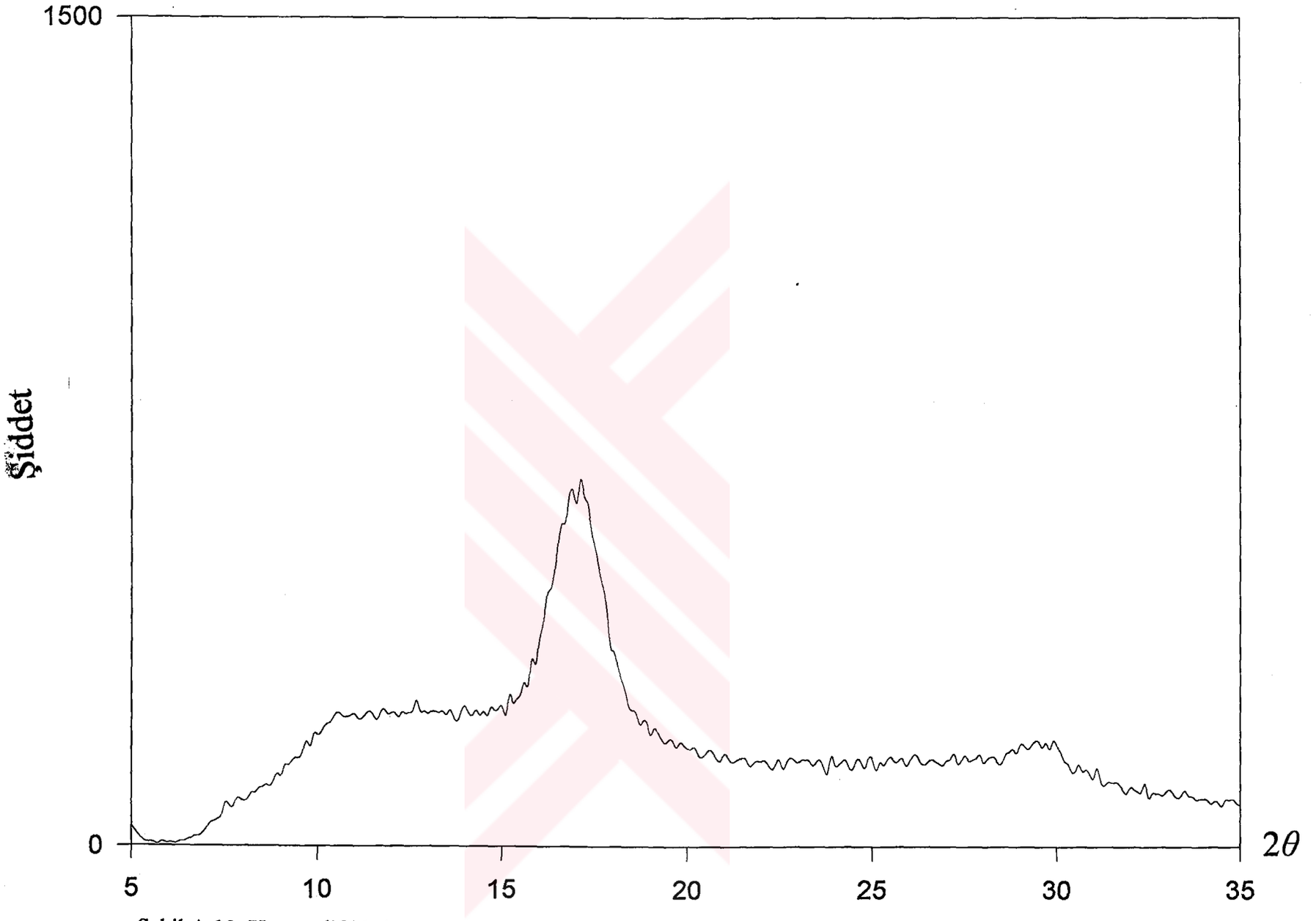
Şekil A.7. X-ışını difraksiyon şeması (N7-T2L1 RX)



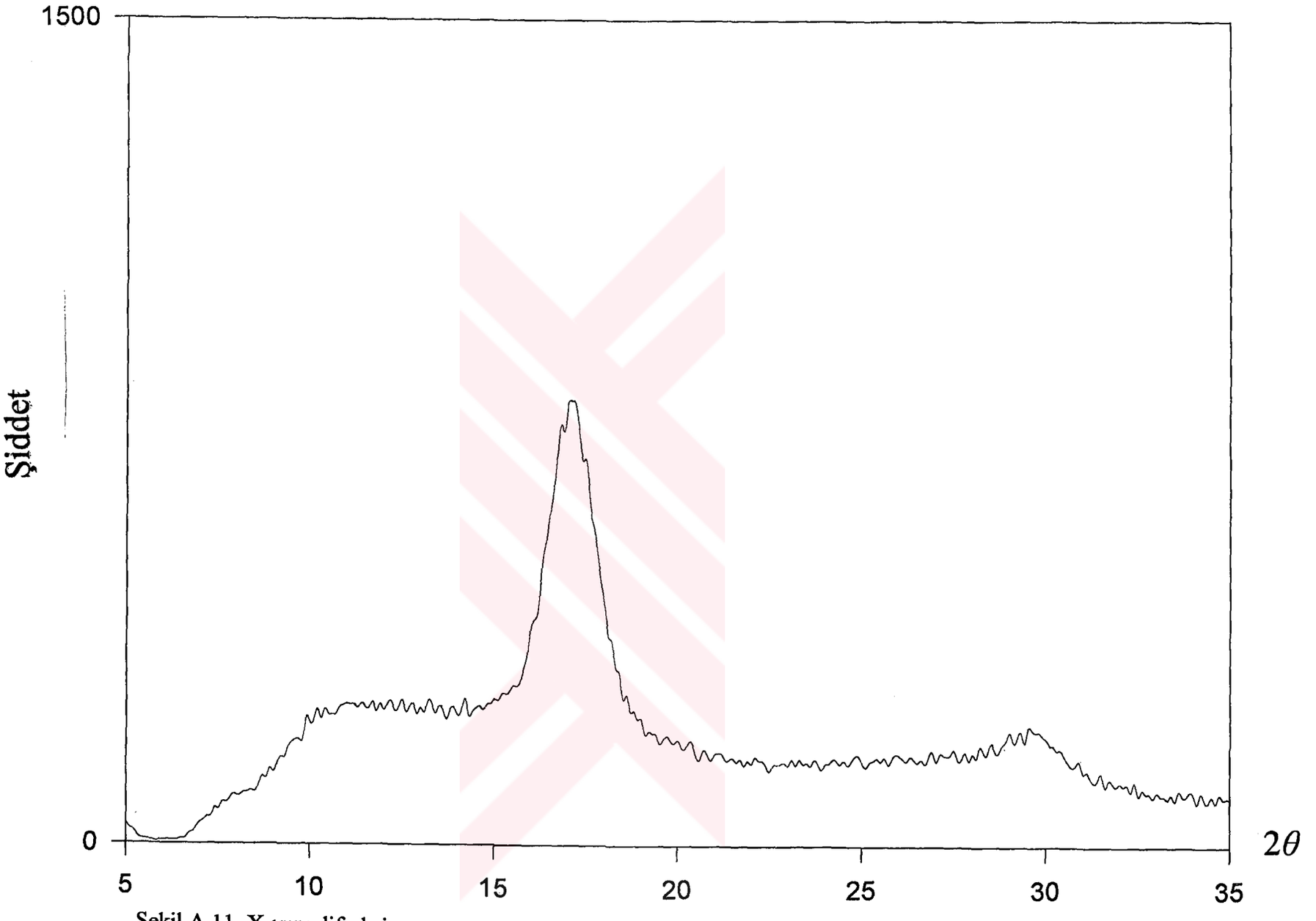
Şekil A.8. X-ışını difraksiyon şeması (T3)



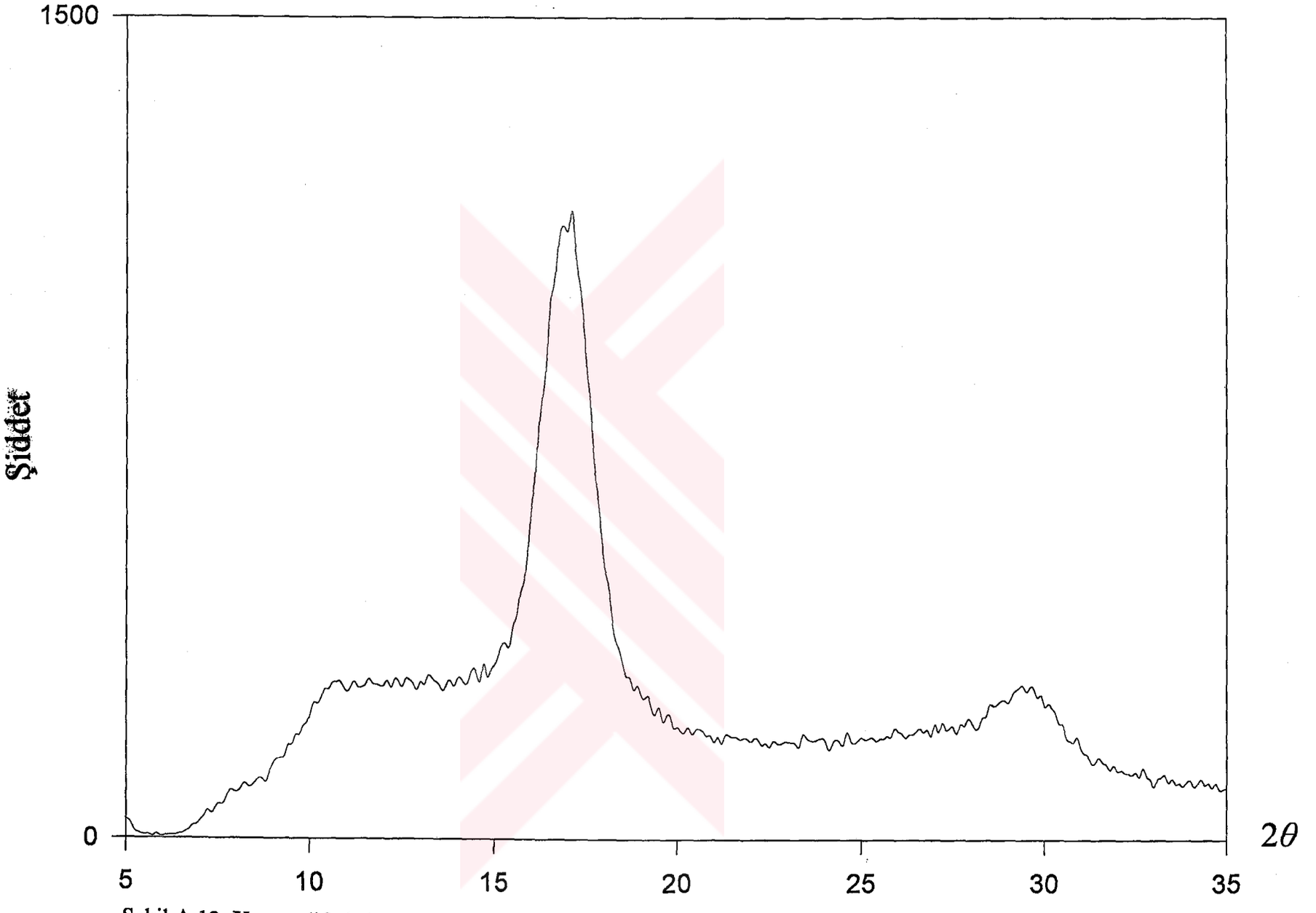
Şekil A.9. X-ışını difraksiyon şeması (N8 ve N9-T3L1 UR)



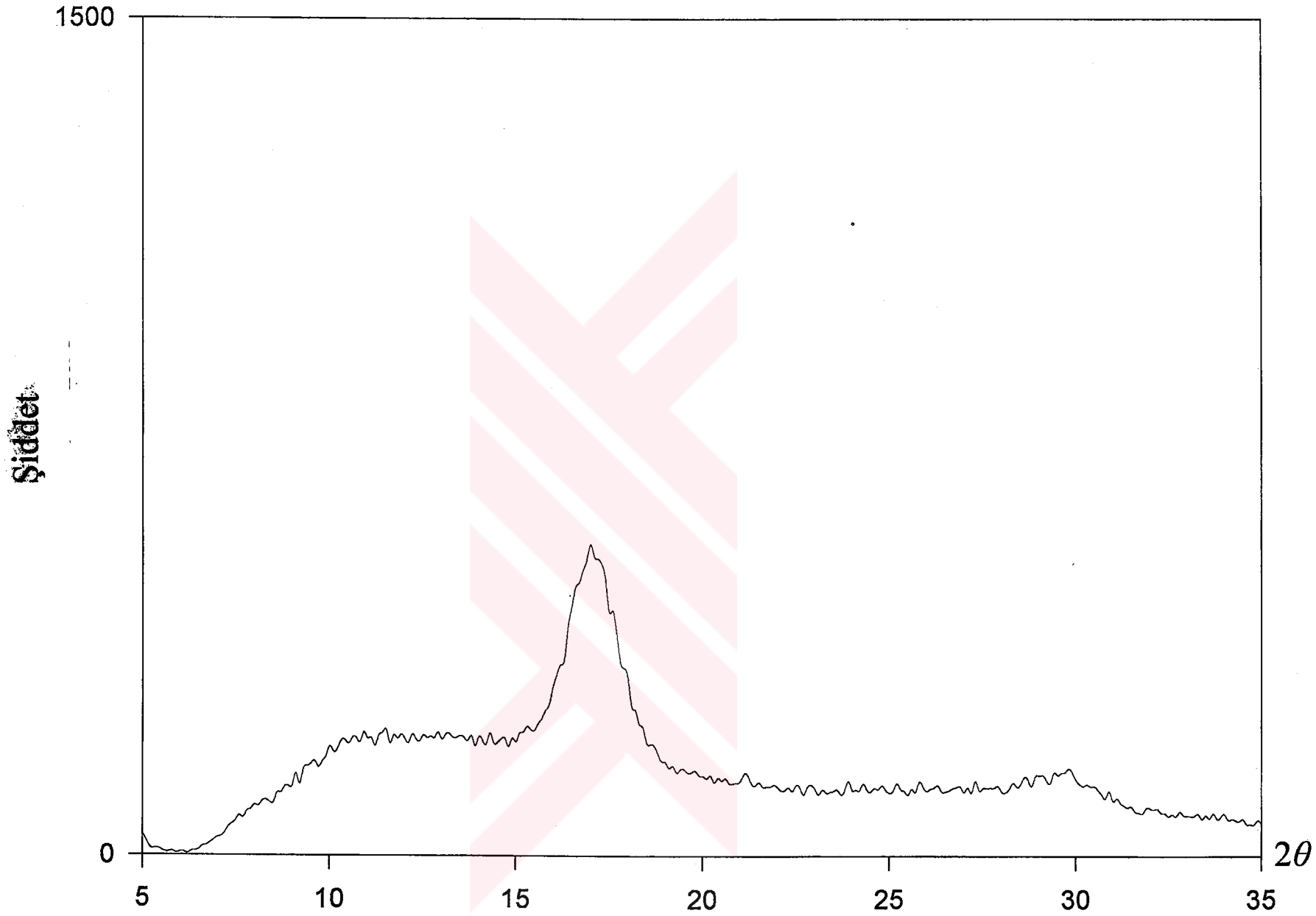
Şekil A.10. X-ışını difraksiyon şeması (N8 ve N9-T3L1 RX)



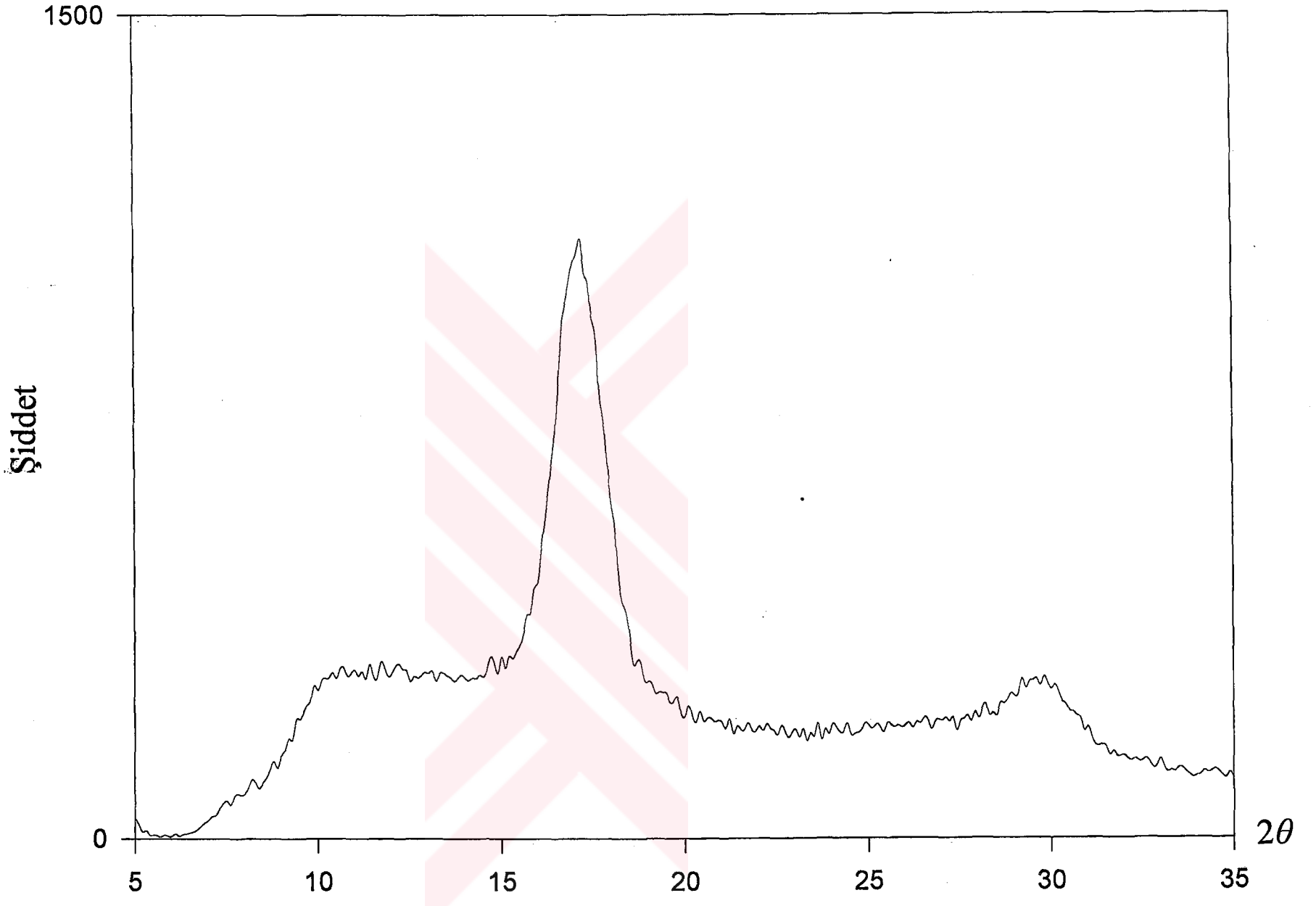
Şekil A.11. X-ışını difraksiyon şeması (T5)



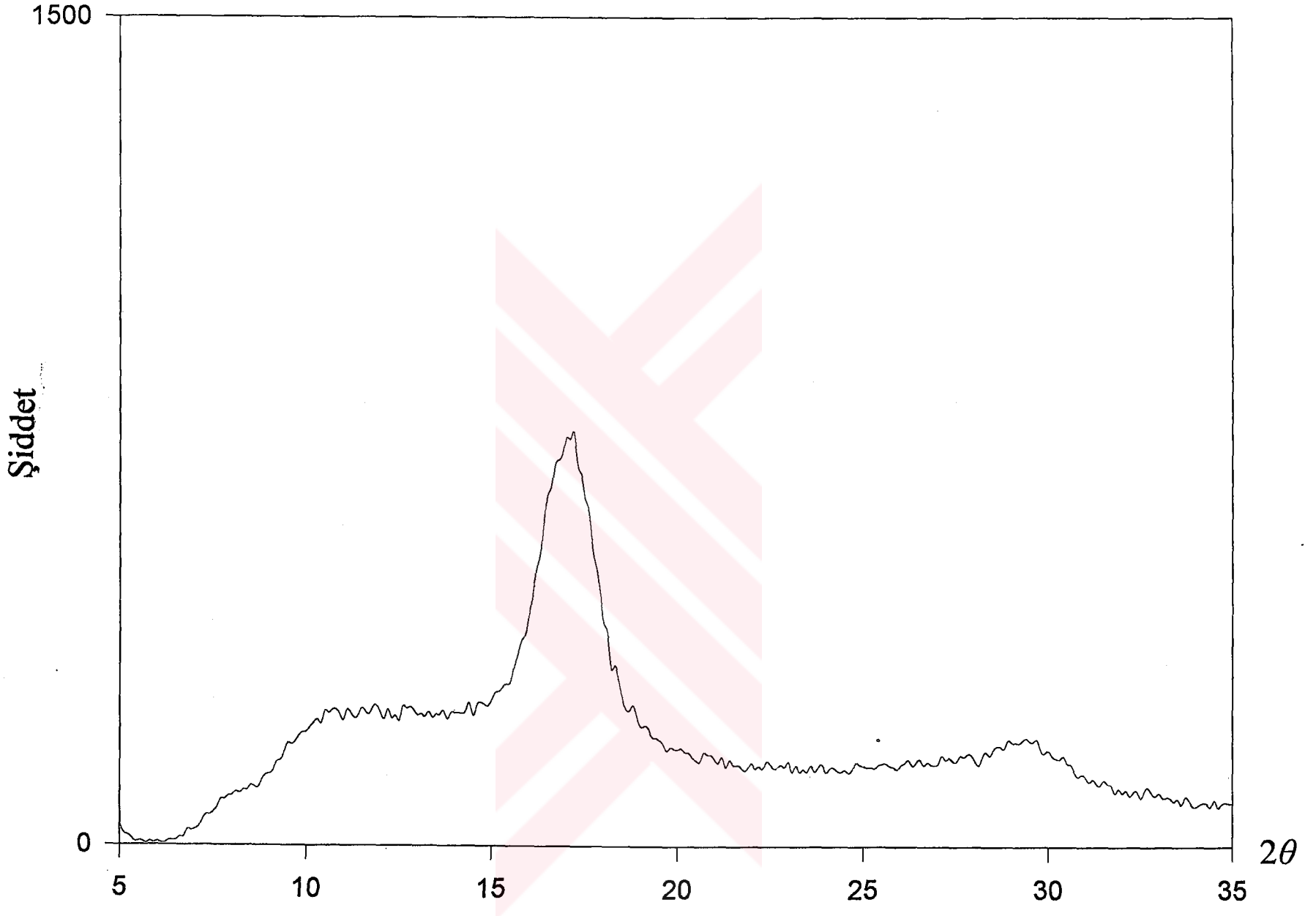
Şekil A.12. X-ışını difraksiyon şeması (N 11 ve N12-T5L2 UR)



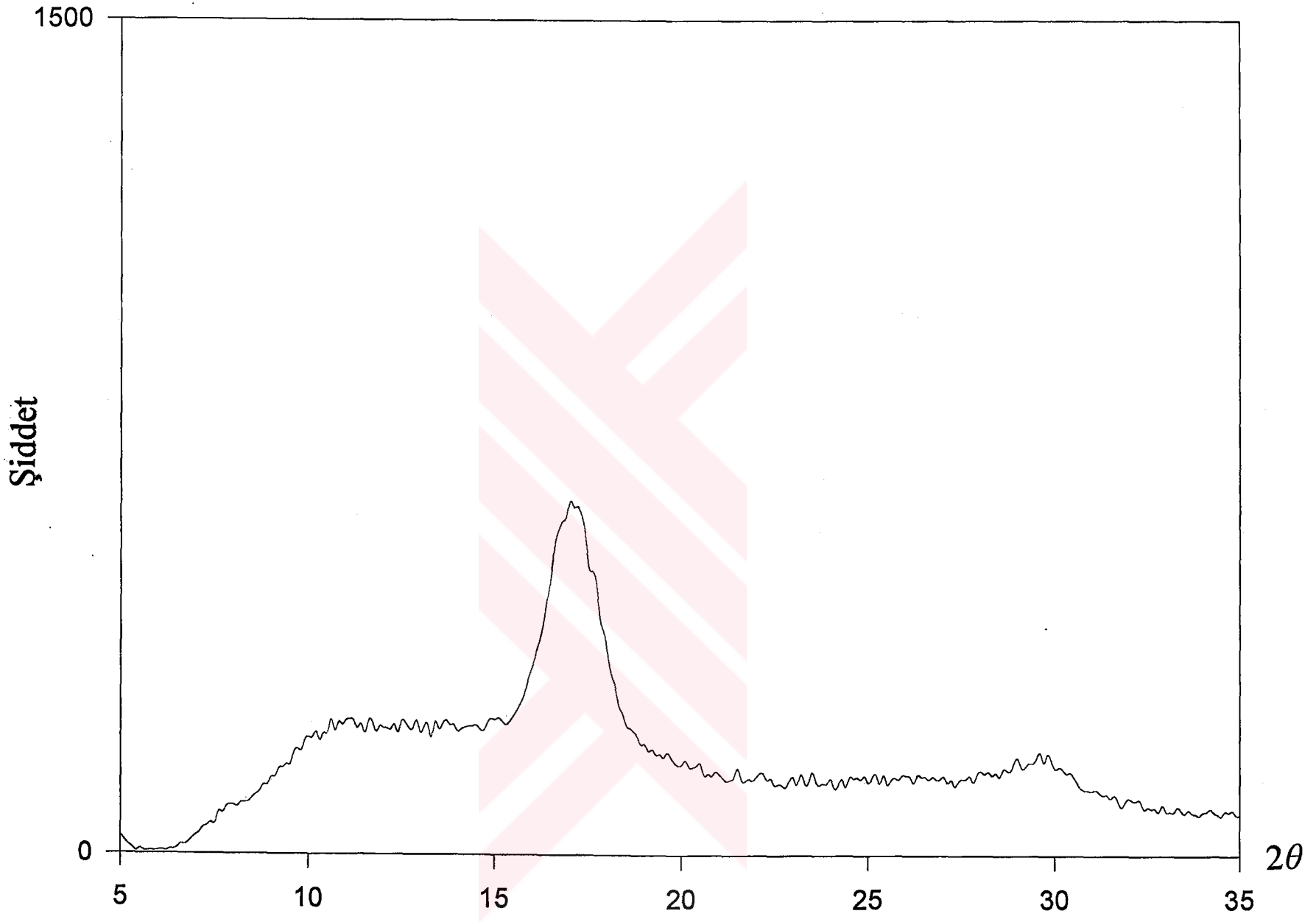
Şekil A.13. X-ışını difraksiyon şeması (N11 ve N12-T5L2 RX)



Şekil A.14. X-ışını difraksiyon şeması (T6)



Şekil A.15. X-ışını difraksiyon şeması (N13/N20-T6L2 UR)



Şekil A.16. X-ışını difraksiyon şeması (N13/N20-T6L2 RX)

ÖZGEÇMİŞ

Yeşim İRİDAĞ, 18.09.1970'de Kocaeli'de doğdu. 1987 yılında İ.T.Ü. Makina Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde yüksek öğrenimine başladı. Bu bölümde 1987-91 yılları arasında lisans, 1991-94 yılları arasında yüksek lisans eğitimini tamamladı. 1994'te İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Tekstil Teknolojisi Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Doktora tezi kapsamında Akal A.Ş. (Yalova), Aksa A.Ş. (Yalova), Nicola Schlumberger & Cie. (Guebwiller-Fransa) ve Seydel Maschinenfabrik GmbH.'de (Bielefeld-Almanya) çalışmalarda bulundu. Yeşim İRİDAĞ, 1995 yılından bu yana İ.T.Ü. Makina Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.