

57399

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK PERFORMANSLI POLİETİLEN LİFLERİNDEN ÜRETİLEN
KURŞUN GEÇİRMEZ KUMAŞLARIN PERFORMANSININ LİF
PERFORMANSIYLA İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA TUTAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
BURSA, EYLÜL 1996

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK PERFORMANSLI POLİETİLEN LİFLERİNDEN ÜRETİLEN
KURŞUN GEÇİRMEZ KUMAŞLARIN PERFORMANSININ LİF
PERFORMANSIYLA İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

MUSTAFA TUTAK

Bu tez, 30/10/1996 tarihinde anapodoloji jüri tarafından onaylanarak kabul edilmiştir.

Sınav Günü: 30-10-1996

Jüri üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Aslı ŞENGÖNÜL(Danışman)

Prof. Dr. Emir Tekin ALTINBAŞ

Doç. Dr. Yusuf ULCAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA, EYLÜL 1996

ÇİZELGE LİSTESİ

SAYFA NO:

Çizelge 1: Dyneema liflerinin özellikleri.....	19
Çizelge 2: Çeşitli liflerin mekanik özellikleri teorik ve gerçek değerlerinin karşılaştırılması.....	38
Çizelge 3: Isıya dayanıklı liflerin termal özellikleri.....	40
Çizelge 4: Alevlenebilme açısından liflerin sınıflandırılması.....	43
Çizelge 5: Oksijen indeks limit değerleri.....	49
Çizelge 6: Yüksek performanslı liflerin karşılaştırılması.....	50
Çizelge 7: Liflerden elde edilen sonuçların ortalamaları.....	68
Çizelge 8: İpliklerden elde edilen sonuçların ortalamaları.....	70

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO:

Şekil 1: Kuşaklarda lif gelişimi.....	3
Şekil 2: Yüksek performanslı liflerin tarihi.....	4
Şekil 3: Yüksek performanslı liflerin fiziksel özellikleri.....	9
Şekil 4: Şiş-kebab yapının şematik görünüşü.....	10
Şekil 5: Smith ve Lemstra tarafından kullanılan Jel eğirme tekniği.....	10
Şekil 6: Polietilenin yüksek sıradan yapısı.....	13
Şekil 7: Çeşitli liflerin havada serbest kopma uzunluğu.....	14
Şekil 8: Dyneema ve normal polietilen.....	18
Şekil 9 : Çeşitli liflerin spesifik mukavemet ve spesifik modülleri arasındaki ilişki.....	20
Şekil 10: Çeşitli liflerin hacim ve ağırlığa göre mukavemeti.....	21
Şekil 11: Çeşitli kimyasalların Dyneema ve Aramid lifine etkileri.....	22
Şekil 12: Aramid ve Dyneema liflerinin asit ve alkalilere karşı dayanımı.....	23
Şekil 13: Çeşitli liflerin ip ağırlığına göre taşıyabileceği yük.....	26
Şekil 14: Çeşitli liflerin ip çapına göre taşıyabileceği yük.....	27
Şekil 15: Balistik olarak kullanılan liflerde yoğunluk ve kurşun hızı.....	28
Şekil 16: Çeşitli liflerin kompozitlerde çarpma direnci.....	30
Şekil 17: Çeşitli liflerin kesilme dirençlerinin sınıflandırılması.....	31
Şekil 18: Halyardların ağırlık ve mukavemetleri.....	32
Şekil 19: Kimyasal liflerin üretim artışı.....	34
Şekil 20: Yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü liflerin gerilme ve uzaması.....	39
Şekil 21: Yüksek performanslı liflerin mukavemet ve modülleri arasındaki ilişki.....	41
Şekil 22: Lif yapısının röntgen filminden analizi.....	54
Şekil 23: Yüksek performanslı liflerde görülen çatlaklar.....	56
Şekil 24: Moleküller arası bağlara tezat teşkil eden lif eksenine paralel güçlü atomlar arası paylaşılan elektron çiftleri arasındaki bağın şematik resimlenmesi.....	57

Şekil 25: Liflerdeki kusurdan dolayı meydana gelen çatlaklar.....	57
Şekil 26: İleri lif maddelerinin gelişmesi.....	60
Şekil 27: Liflerin kopartılmasında hazırlanan aparat.....	65
Şekil 28: Dyneema SK66 atkı lifi X ışınları difraksiyonu pikleri.....	73
Şekil 29: Dyneema SK66 çözgü lifi X ışınları difraksiyonu pikleri.....	74



ÖZ

Bu çalışmada, yüksek performanslı polietilen liflerinden üretilen Dyneema liflerinin mekanik performansı (kopma mukavemeti, kopma uzaması, modülü) ve ince yapısı araştırılmıştır. Dokuma işleminde iplikler hem çözgü hemde atkı yönünde belirli bir gerilim altında işlenmektedir. Dyneema liflerinin dokuma işlemi sonucundaki mekanik performansındaki değişlik incelendi.

Liflerin performansındaki değişikliği tesbit edebilmek için çekme deneyleri ve X ışınları deneyleri yapıldı. Ayrıca Optik mikroskop ve SEM (Taramalı elektron mikroskobu) incelemeleri yapıldı.



ABSTRACT

In this study, mechanical performance and fine structure of Dyneema fibres have been investigated. During weaving process, yarns go under certain tension. The changes of mechanical performance of the Dyneema fibres have been studied.

In order to determine the performance changes, Instron and X-ray diffraction studies have been carried out. The results have been supported by optic and SEM microscopy results.



ÇİZELGE LİSTESİ

ŞEKİL LİSTESİ

ÖZ

ABSTRACT

1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1. Tarihi gelişim.....	2
2.1.1. Yeni liflerin doğuşu.....	2
2.1.2. Yeni liflere geçiş.....	3
2.1.3. Yeni niteliği ile yüksek performanslı lif.....	6
2.1.4. Drençli bir lif araştırması.....	7
2.1.5. Şiş kebab'tan Jel eğirimine	9
2.1.6. Avrupa ABD ve Japonyada Aramid lifi yarışması.....	15
2.1.7. Sıvı kristal eğrilmiş Kevların doğuşu.....	15
2.2. Dyneema Lif özellikleri ve kullanım alanları.....	17
2.2.1. Basit bir çözüm için 50 yıl.....	17
2.2.2. Ticari üretim.....	18
2.2.3. Lif özellikleri.....	19
2.2.4. Dyneema lifinin dayanımı.....	21
2.2.5. Isısal özellikler.....	24
2.2.6. Dyneema Prosesleri.....	24
2.2.7. Halat yapımı.....	24
2.2.8. Kompozitlerde kullanımı.....	25
2.2.9. İplikler ve ağlar.....	26
2.2.10. Geniş trol ağları.....	27
2.2.11. Balistik yelekler.....	27
2.2.12. Koruyucu elbiseler.....	30

2.2.13. Yelkenliler ve spor için balık avlama.....	31
2.2.14. Dyneema lifinin çeşitleri.....	33
2.3. Dünyadaki kimyasal lif üretimi.....	33
2.4. Yüksek performanslı liflerin üstün özellikleri.....	36
2.4.1. İncelik.....	36
2.4.2. Mukavemet.....	37
2.4.3. Sertlik.....	40
2.4.4. Sıcaklığa dayanıklılık.....	42
2.5. Yüksek performanslı liflerin karşılaştırılması.....	44
2.5.1. Gerilme özellikleri.....	45
2.5.2. Dayanıklılık.....	45
2.5.3. Kesilme özellikleri.....	45
2.5.4. Isısal özellikler.....	46
2.5.5. Solventlere karşı direnç.....	46
2.5.6. Etki dirençleri.....	46
2.5.7. Yapışabilirlik.....	46
2.5.8. Titreşim sönmüleyici.....	47
2.5.9. Işığa karşı sağlamlık.....	47
2.5.10. Sürtünme.....	47
2.5.11. Boyutsal stabilite.....	47
2.5.12. Yorgunluk direnci.....	48
2.5.13. Yıpranma direnci.....	48
2.5.14. Yanma direnci.....	48
2.5.15. Nem kazanma özellikleri.....	49
2.5.16. Kompozit davranışı.....	49
2.5.17. Balistik enerji absorpsiyonu.....	49
2.6. Kurşun geçirmez kumaşlar.....	51
2.7. Liflerin ince yapılarının saptanmasında kullanılan yöntemler.....	52
2.7.1. X Işınları.....	52
2.7.2. Kristal yapısı ve kristal sistemler.....	53

2.7.3. Polimer yapısının geniş açı X ışını yöntemi ile saptanması.....	53
2.7.4. Optik mikroskop.....	54
2.7.5. Taramalı elektron mikroskop (SEM).....	55
2.8. Yüksek performanslı liflerde görülen aksenal çatlaklar.....	55
2.9. Yüksek performanslı liflerin geleceği.....	58
3. MATERYAL VE METOD.....	61
3.1. Materyal.....	61
3.1.1. Lifler.....	61
3.1.2. Kumaşlar.....	62
3.2. Metod.....	65
3.2.1 Kullanılan cihazlar ve ekipman.....	65
3.2.2. Değerlendirme metodları.....	65
3.2.3. Varyans analizi.....	66
4. BULGULAR.....	68
4.1. Liflerden elde edilen bulgular.....	68
4.1.1. Dyneema SK66 kopma mukavemeti için varyans analizi.....	68
4.1.2. Dyneema SK66 kopma uzaması için varyans analizi.....	69
4.1.3. Dyneema SK66 modül için varyans analizi.....	70
4.2. İpliklerden elde edilen bulgular.....	70
4.3. Optik mikroskopta çekilen fotoğraflar.....	71
4.4. X Işınları difraksiyonu sonuçları.....	73
4.5. Sem sonuçları ..	76
5, TARTIŞMA VE SONUÇ.....	77
5.1. Çekme deneylerinin değerlendirilmesi.....	77
5.2. Optik mikroskop sonuçlarının değerlendirilmesi.....	77
5.3. SEM sonuçlarının değerlendirilmesi.....	77
5.4. X Işınları deneylerinin değerlendirilmesi.....	78

ÖZET.....	79
KAYNAKLAR.....	80
TEŞEKKÜR.....	82
ÖZGEÇMİŞ.....	83
EK-1 Liflerden elde edilen sonuçlar.....	84
EK-2 İpliklerden elde edilen sonuçlar.....	89



1. GİRİŞ

Kurşunlar artık eskisinden daha büyük, şarjörler daha fazla kurşun alıyor. Vucudu koruyan çelik yelekler bu tehdidenden daha önde olmak zorunda. Kurşunları durdurmanın sihirli bir formülü yok. Buradaki esas amaç, kurşunları geçirmeyen, etkin, yumuşak, hafif, esnek bir vucut zırhı sistemi yapmaktır.

Balistik koruma yeleği önceleri çoğunlukla çelikten yapılıyordu. Çelik yelekler kurşunları geçirmiyordu fakat ağır, sert ve giyimi rahat değildi. Bu özellikleri ile çelik yelekler kullananların hareketlerini kısıtlıyordu. 1970 lerden itibaren balistik yelekler için yeni malzemeler sunuldu. Poliamidler ve yüksek mukavemetli polietilenler bunların arasında bulunur. Bu evimizdeki plastik sürahideki kullanılan malzemenin aynısı. Bu iki malzeme çeşitli biçimlerde işlenerek sonuçta çelikten daha fazla dayanma gücüne erişebilir. Balistik kumaşlar belirli derecede esnekliğe ihtiyaç duyarlar.

1980 lerde ortaya çıkan yüksek performanslı lifler kuşkusuz Kimyasal ve teknolojik bir başarıdır. Yinede gelişmiş ülkeler tarafından yürütülen bu örgün keşifler olmaksızın onların maddi özelliklerinin üstünlüğü gerçekleştirilmezdi. Sentetik malzemeyi kullanarak doğal kürk, ipek, yün ve derinin estetik niteliklerinin başarılmaması için, doğal liflerin yaratılışı ve oluşumu hakkında teknik taklitçilik ve köklü bir anlayış gerekir.

Kimyasal, teknik, biosentetik ve biomimetrik (doğayı taklit eden) yaklaşımdaki bu bütünlük şimdi elektronik, tıp, uzay, nükleer enerji, okyanuslar, yeryüzü ve sporda mükemmele ulaşma yarışı gibi çok çeşitli alanda yeni uygulamaları olan modern dekorasyon ipliklerini üretmeye araştırmacıları yöneltmiştir.

Bu çalışmada kurşun geçirmez kumaşlarda kullanılan yüksek performanslı polietilen liflerinin mekanik performansı (kopma mukavemeti, kopma uzaması, modül) incelenmiştir. Dokuma işleminin lif performansına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca liflerin ince yapısı mikroskopik yöntemlerle incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

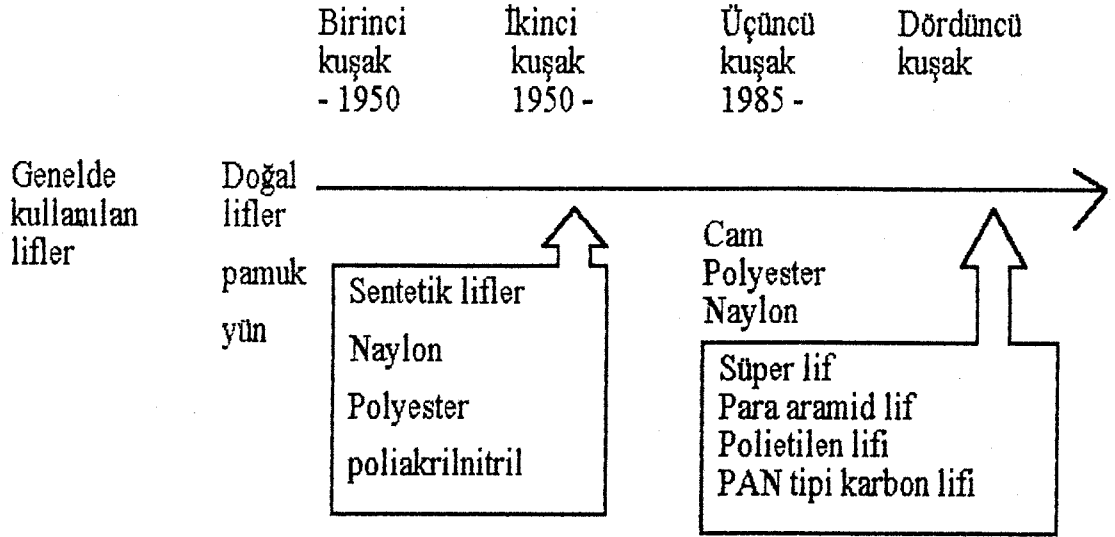
2.1. Tarihi Gelişim

2.1.1. Yeni Liflerin Doğuşu

Bu güne kadar insan topluluğu için iki tip lif kullanılabilir olmuştur. Aşağı yukarı 4000 yıldır var olan doğal lifler ile ilk olarak yüz yıl önce ortaya çıkan sentetik lifler. Daha önce sadece bir insanlık rüyası olan, Kont Chardonnet'in yapay ipeği keşfinden beri yaklaşık yüz yıl geçmiş bulunuyor. Du Pont Şirketinden Dr.Carothers 1935'te ilk defa "örtümcek telinden daha ince, çelikten daha güçlü ve ipekten daha zarif" olduğu iddia edilen Naylon'u üretti. Bu gün sentetik lifler sadece doğal liflere bir seçenek değil ama aynı zamanda yüksek teknoloji alanında önemli bir rol oynayan yüksek işlevselliği ve becerisi olan yeni malzemelerdir. Şimdi bu yeni malzemeler kullanım özelliklerine göre tasarımılanabilir ve üretilebilirler.

Çıplak gözle görülebildiği kadarıyla 1950 lere kadar mevcut olan doğal lifler alanı birinci kuşak olarak tanımlanabilir. 1950'lerde ortaya çıkan naylon, polyester, poliakrilnitrl v.b. sentetik lifler ikincisiydi. (Şekil 1) Bu lifler onların yerini alması için doğal lifleri kopya etmesiydi. Bir dereceye kadar bu amaçlarında başarılı oldular. Ayrıca bugün kullanılmakta olan yüksek yetenekli lif maddeleri yeni bir teknoloji geliştirmek için potansiyel sağlamaktadır. Bu lif maddeleri üçüncü kuşak olarak sınıflandırılabilir.

Yüksek modüllü ve yüksek mukavemetli lifler şimdi hafif sentetik polimerlerden üretilebilir. Örneğin polietilen, poliamid ve poliakrilat yüksek mukavemetli lifler olarak uzay teknolojisinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Her ne kadar karbon inorganik isede esasda poliakrilnitriden üretildiği için geleneksel olarak sentetik lif gibi tasnif edilir.



ŞEKİL 1. Her Kuşaktaki Lif Gelişimi(Tasuya ve Phillips 1990)

Böylece üçüncü kuşak sentetik lifler, ikinci kuşak sentetik lifler gibi sadece doğal liflerin bir alternatifi değildir. Yüksek mukavemetli son derece hafif olan gereksinim, yüksek teknoloji enerji tasarrufu gibi sosyal çevredeki değişikliklere cevap verdikçe artmaktadır. Bu gibi liflere çeşitli sporlar, boş zamanlar, ulaşım ve dünyadan uzaya kadar uzanan okyanus, havacılık,uzay gelişmelerinde de ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek yıllarda mukavemetleri ve modülleri yönünden metallerden üstün olabilecek yeni yeni geliştirilmiş üçüncü kuşak liflerin, metallerin yerine geçmesi beklenmektedir. Bu lifler şimdiden esas kanatlardaki uçağın ve uzay mekiklerinin diğer gövde parçalarındaki alışımlı malzemelerinin güçlendirilmesinde de kullanılmaktadır.

2.1.2. Yeni Liflere Geçiş

Değişik başarıları veya işlevleri olan çeşitli lifler sürekli olarak geliştirilmiş bulunmaktadır. Her ne kadar bu gün bu liflere yüksek performanslı lifler olarak gönderme yapılmaktaysa da "yüksek performanslı-lif" adı, Şekil .2 'de açıklandığı gibi ancak 1980'lerde uyduruldu. 1980'den önce lifler ya genel amaçlı lifler veya özel-amaçlı lifler olarak gösterilmişti. Örneğin karbon ve aramid lifleri özel amaçlı lifler olarak sınıflandırıldı.

1980'e kadar Özel Amaçlı Lif



1980-1984 Yüksek İşlev Lifi



1984'ten beri Yüksek Teknoloji Lifi



1985'ten beri Yüksek Performanslı Lif

Mukavemet > 2,5 GPa

Modül > 55 GPa

Şekil .2 - Yüksek performanslı liflerin tarihi (Tasuya ve Phillips 1990)

Yüksek-değer katılmış polyester lifi ürünleri ilk olarak 1980'lerde Japonya'da geliştirildi. Sıradan polyester filamentinin tek ipliği 2-3 denye arasındadır. Burada 1 denye 9000 metre uzunluğundaki bir filamentin ağırlığı olarak tanımlanır ve ham ipek veya naylonun kalınlığını göstermek için kullanıldı. Pamuk, ipek ve yün gibi doğal liflerin kalınlığı, bir kilo lifin uzunluğuyla karşılaştırılan sayım hesabıyla ifade edilir. Örneğin bir sayım 1 kg ağırlığındaki 1 km life eşittir. 240 sayımlık pamuk lifi ipek kadar incedir. Her ne kadar istenilen kullanım ve performansa göre çeşitli karışım oranlarında kumaşlar ticari olarak elde edilebilirse de, erkek gömleklerinin pek çoğu % 35 pamuk ve % 65 polyester içeren, pamuk ve polyester karışımı kumaşlardan yapılmaktadır. 1,5 denyelik polyester lifi normal olarak karışık kumaşlarda kullanılır. Ama buna ek olarak bu gün daha ileri teknik gelişmeler dolayısıyla 0,5 denyelik lif ile 1,0 denyelik filament de elde edilebilir. Daha küçük denyelik veya daha büyük sayımlık lifler üretilmesi teknik olarak daha zordur. Şimdi 2-3 denyeden 1 denyeye indirilen üretimle polyester filamentleri daha da incelmiştir. Erkek gömlekleriyle kadın bluzlarındaki karışık kumaşların

polyester kesik lifi 1 denyeden 0,5 denyeye indi. Polyester filament veya kesik lifinin çekilmesinin teknik olarak zor olduğu daima takdir edilmeyebilir. Gerçekte sentetik lif için gerekli çekim tekniği, işlemin sentetik liflerin insan saçı kadar ince homojen çekilebilmesi için, üç kabul edilmiş teknolojiyi gerektirdiğinden bütüşen denye ile daha nazikleşmektedir.

Birleştirilmesi gereken üç teknoloji şunlardır.

-İnce çekim

-İnce işlem,

-Herhangi bir kusur meydana getirmeksizin yukardaki iki teknolojiyi birleştirmek için bir hayli yüksek güvenilebilir üretim teknolojisi.

Mühendisler bu teknolojileri epeyce uzun bir süreyi aşan tutarlı ve yoğun gayretler sonucu olarak tesis ettiler. Yeni ürünler ancak üretildikten, satıldıktan ve piyasa kurallarına göre değerlendirildikten sonra var olurlar. Sentetik lif şirketleri giderek daha ince lifler bükmedeki meydan okumayı kabul etmiş bulunuyorlar. Rekabetin sonucu olarak, örneğin ipek gibi, kabarık, pürüzsüz naylon veya polyester kumaşlar gibi bir çok yeni ürün pazara çıktı. Bu kumaşlardan yüksek değer katkılı veya özel ürünler olarak sözedilir. Her ne kadar özel kumaşlar 0,5 denye olarak tanımlanırsa da onları 1,5 denye üzerindeki geleneksel liflerden ayırdetmek konusunda tüketiciler şaşkına döndü ve hem yüksek-başarı liflerini ve hem de yüksek değer katkılı ince denye liflerini özel lifler olarak kabul etti.

Böylece 1980-1984' lerde, bir yandan ince denyeli polyester lifleri bir yandan da karbon, aramid lifleri gibi yüksek nitelikli lifleri açıkça belirleyerek, yüksek değer katılmış lifleri yüksek fonksiyonlu liflerden kesin biçimde ayırmak için kullanılan terimleri tanımlamak üzere bir hareket ortaya çıktı. Yüksek nitelikli yüksek fonksiyonlu lifler sonradan "yüksek teknoloji" yaygın olduğundan high-tech (hay-tek)lifleri olarak yeniden tanımlandı. Şimdi high-tech liflere doğada parçalanabilen lifler, kimyasal emici lifler, doğal madde lifleri ile yüksek modül ve mukavemetli olmayan ama diğer yeni

üstün nitelikleri olan lifler de dahildir.

Bundan dolayı, high-tech lifleri, lif bilimi ve teknolojisindeki daha yeni gelişmelerin uygulanmasıyla ortaya çıkan ve geleneksel lif teknolojisiyle üretilenlere üstünlüğü olan, yüksek teknolojiyle üretilen lifler olarak yeniden tanımlanabilir. "High-tech Lifleri" üzerine bir inceleme ile "yüksek-teknoloji lifleri" ne ait bir kitap 1985 ilkbaharında ABD'de piyasaya çıktı. O zamandan beri "High-Tech Lifleri" terimi Japonya'da genellikle kabul edilmiştir. Bu inceleme high-tech liflerini yüksek teknolojide kullanılan ve yüksek teknolojiyle üretilen lifler olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda, bir yüksek performanslı lif yüksek mukavemet ve/veya yüksek modül gibi fizik nitelikleri olan bir hay-tek lifi olarak tanımlanabilir. Uzmanlaşmış kimyasal fonksiyonlu liflere yüksek performanslı lifler olarak bakılmaz. Örneğin doğada parçalanabilen veya kimyasal emici fonksiyonu olan yüksek nitelikli lifler "yüksek performanslı lifler" olarak değil de "high-tech lifleri" olarak sınıflandırılır.

2.1.3. Yeni Niteliği İle Yüksek Performanslı Lif

Japon Lîf Bilimi ve Teknolojisi Derneği 1985'te Japonya, Hakone'de ISF'85 i(Uluslararası Lif Bilimi ve Teknolojisi Sempozyumu) yüksek performanslı lifin 40. yıl dönümünü kutlamak üzere organize etti. Seçkin uluslararası toplantının başlıca ilgisi dünyadaki bir çok araştırma kuruluşu tarafından rekabet edercesine geliştirilmekte olan yüksek performanslı lifler üzerinde yoğunlaştı. Yüksek performanslı liflerin birdenbire ortaya çıktığı yaygın kanısı vardır. Bununla birlikte, onların gelişmesi zamanında lif bilimiyle ilgili görünmeyen temel bilimsel ve teknik bilginin karışımı sonucuydu. Bu bir dizi teknik engellerin yenilmesi için gerekliydi. Bilim ve teknoloji tarihi bize yeni bir teknolojinin pek çok kez belli bir soruna saplantıyla eğilen bir grup insan tarafından geliştirildiğini öğretiyor. Bu bakımdan bir araştırma ve geliştirme yöneticisinin bir yönetici olmasına ek olarak bir teşkilatçı olmasına da ihtiyaç vardır. Çok kez, yüksek teknolojideki bir sanayi gelişmesinin geleceği yeni teknik gelişmeyi planlayan ve yöneten bir teknik "yönetici" ye bağlıdır.

Yüksek performanslı liflerin gelişmesinde, aralarında özellikle anılmayı hakeden iki grubun olduğu, çeşitli etkilemeler var. Bunlardan birisi ABD' de

"KEVLAR" adındaki para-aramid lifi geliştiren Du pont şirketi araştırma grubudur. Bu madde çelikten yedi kat daha sağlam ve ilk ortaya çıktığında naylondan beri en çok heyecan yaratan lifti. İlkincisi Kevlar'dan daha yüksek mukavemeti olan polietilen lifini üreten Hollanda'da DSM'deki araştırma grubudur. Du pont, uzay gelişmesi ihtiyaçlarına cevap vermek üzere 1960'larda ısıya dayanıklı polimerler araştırması ve geliştirmesini başlattı. Kevlar'ı sert polimerden eğirmek için Du pont 'daki Kwolek grubu tarafından yeni bir saydam eğirme işlemi geliştirildi. Son derece yüksek molekül ağırlıklı polietileni eğirmek için 1970'lerde Smith başkanlığındaki (Santa Barbara,Koliforniya niversitesi'nde) DSM grubu ile Lemstra(şimdi Eindhoven Teknik niversitesi'nde profesör) tarafından jel eğirilmesi geliştirildi. Plastik kaplar ve torbalar için kullanıldığında polietilenin molekül ağırlığı 10 bin sınıfındadır. Yüksek molekül ağırlıklı polietilenin jel gibi eriyiklerinden eğirildiği için bu yüksek performanslı liflerle ilgili 1 milyon sınıfındadır. Jel eğirimi 1969'da biliniyordu, ancak bunun sanayide uygulanması, DSM'nin yüksek dirençli polietilen lifini başlattığı 1978'de başladı. Daha sonra ABD'de Allied chemical Ltd.şti. başka bir jel eğirimi işlemiyle yüksek dirençli polietileni geliştirdi. Hakone'de ISF'85 yapılırken DSM'den ve Allied chemical ltd. şti.'den bilim adamları jel eğirimini yoğun bir şekilde tartıştılar ve yüksek dirençli ve hafif life olan acil gereksinmeyi gözler ntne serdiler.

"Kimyagerler ipek böceklerinden çok şey öğrendiler ve onlarla sentetik polimerleri eğirmekte yarıştılar. Bununla beraber, enerji tasarrufu görüşü açısından daha avantajlı olacak ısıyla çevrili eğirimi henüz geliştiremediler. Örneğin, bir ipek böceği 8 rakamı biçimi içinde başını sallar ve oda ısısında ipek lifi eğirir. Her ne kadar ipek, pamuk ve yn gibi doğal lifler bilimsel olarak geniş bir şekilde araştırılmışsa da, onların oluşum mekanizması henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Doğal ile sentetik arasındaki boşluk şimdi sürekli olarak ktltlmektedir." (Anonim Du Pont 1985)

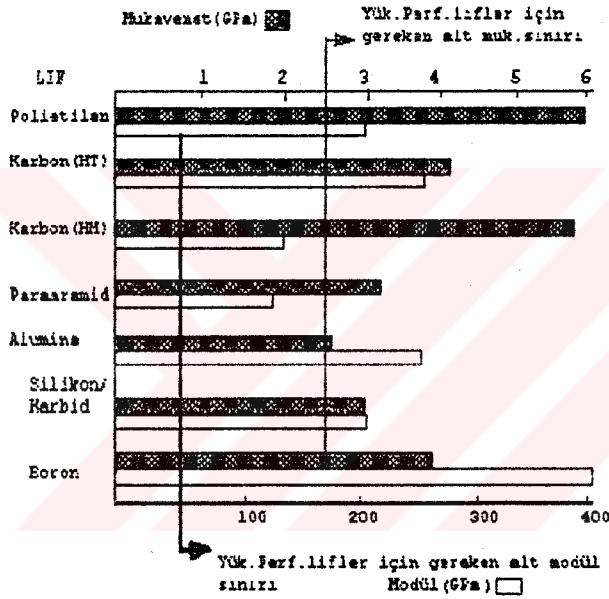
2.1.4. Dirençli Bir Lif Araştırması

Liflerden çeşitli işlevler istenmektedir. Her endüstri belirli işlevler için kendisine özgü lifleri geliştirmektedir. Giderek daha yüksek dirençli bir lif, sürekli olarak daha dirençli bir şey arayan bilim adamlarının daima bir hedefidir. Bir lif sadece

gerilen direnci bakımından değil, ama aynı zamanda deformasyona ve yıpranma dayanıklılığına karşı da dirençli olmalıdır. Kompozit takviyesi için daha yüksek nitelikli lif geliştirilmesine uzay ve okyanus teknolojisinde de acilen ihtiyaç var. Bu Avrupa ülkeleri, ABD ve Japonya arasında yoğun rekabetin olduğu bir alandır. Lif direnci ya monofilament nitelikleri kontrol eden gerilim direnci ya da önemli bir şekilde film niteliklerini etkileyen yırtılma direnci bakımından tanımlanabilir. Bununla beraber, deformasyon dayanıklılığı, yani yüksek Young modülüne sahip olma kompozit güçlendirmesi için en önemli özelliktir. Örneğin, bir uzay mekiği fırlatılırken atmosfer basıncından dolayı şiddetli bir şekilde yuvarlanabilir, bu nedenle deformasyona dayanıklı olmalıdır. Young modülü güç yönündeki gerilime enine uygulanan güç birim oranı olarak tanımlanabilir. Bundan dolayı, bu daha büyük değerlerde daha küçük deforme olabilirliğini gösteren, bir deforme olabilme ölçütüdür. (Dingenen 1992)

Yüksek teknoloji alaşım maddelerinin otomobil uçak endüstrisi ve uzay teknolojisi tarafından ihtiyaç duyulan, 21. yy. teknolojilerini destekleyecek temel maddeler olarak, hizmet etmeleri beklenir. Bunlar insan etkinliği alanına önemli bir genişleme olanağı sağlayacaktır. Bir yan ürün olarak üretilen uzay teknolojisi için geliştirilen Yüksek nitelikli maddeler, özellikle Japonya'da golf, tenis, kayak ve yelkencilik gibi, boş zamanlar alanında kullanılan lif maddelerinin geliştirilmelerine de yol açtı. Bu maddeler yalnız hafif ve dirençli değildir ama aynı zamanda özel uygulamanın uzayda veya okyanusta olduğu gibi karşılaşılan çevresel koşulların ihtiyaç duyduğu özel nitelikleri sağlarlar. Burada bir alaşım üreterek mekanik özellikler ısmarlama olarak meydana getirilebilir ve sonuç olarak, Avrupa ve ABD'deki bir çok endüstri tarafından yeni ileri düzeyli maddeler geliştirilmektedir. Örneğin, karbon lifi iyi gerilim direncine sahiptir ama çarpma direncinden yoksundur. Oysa yüksek gerilim aramid lifi sıkıştırmaya karşı zayıftır. Böylece karbon lifinin (düşük çarpma gücü) ve aramid lifinin (zayıf sıkıştırma direnci) mekanik zayıflıkları her iki lifin bir yapay reçine kalıp içinde bir kompozit yaparak giderilebilir. Bu tip kompozit maddesi uzay ve okyanustaki gelişmelerde ileri düzeyli hafif bir bileşik olarak geniş bir şekilde kullanılmaktadır. Kompozit maddeleri tek malzemelerle karıştırıldığında fiziki özellikler ve nitelikler bakımından üstündürler ve uçaklardaki tonaj miktarlarında kullanılırlar.

Bu takviye edici maddelere modülü güçlendirici ve dirençkenliklerine göre değer biçilir. Yüksek performanslı lifler GPa dan daha büyük bir modülü ve 2,5 GPa lik bir mukavemete sahip olmalıdır. (Bak Şekil 3) GPa uluslararası bir modül ya da mukavemet birimidir. 1 GPa her 1 mm² ye düşen yaklaşık 100 kg lık dirence eş karşılıktır. Yüksek mukavemetli polietilen lifi , para-aramid lifi ile PAN esaslı karbon lifi gibi süper lifler güçlendirici bir ACM lifi için gereken bu şartı karşılar. Süper lif KEVLAR ın mukavemeti 25 g/denye dir. Bu ise aynı ağırlıktaki çelikten (3,5 g/denye) yedi kat daha güçlüdür. KEVLAR her kesitinde çelikten daha da üstün mukavemete sahiptir.

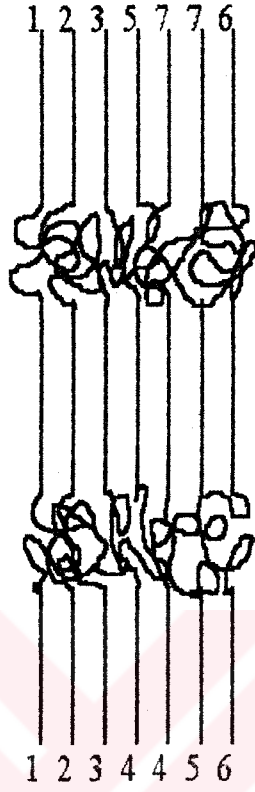


ŞEKİL 3. Yüksek Performanslı Liferin Fiziksel Özellikleri (Krayoğlu 1994)

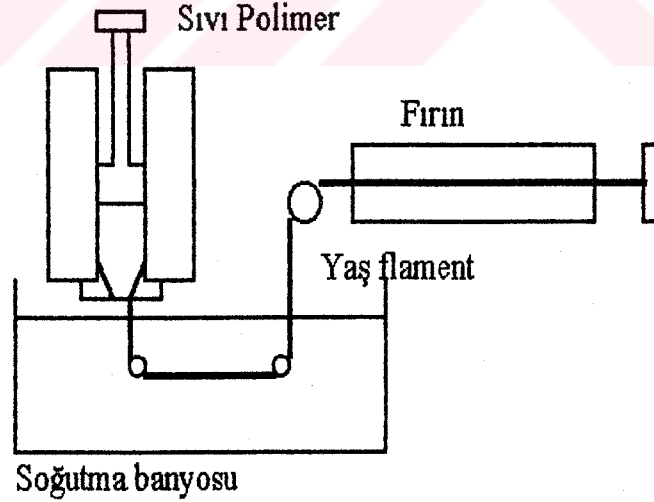
2.1.5. Şiş Kebap'tan Jel Eğirimine

Şiş kebab şişin ingilizcede skewer'in ve kebab da etin adı olan tipik bir yağ, sirke ve baharatla yatırılmış kuzu ızgara yemeğidir. 1966 da (Şimdi Hollanda da Groningen devlet üniversitesinde profesör olan) DSM şirketindeki Pennings, yüksek molekül ağırlıklı polietilen seyreltilmiş eriyiğini karıştırırken şiş-kebab şeklinde bir

kristal gözlemledi. Şiş kebab yapısından nasıl yüksek mukavemetli lif yapılabileceğini inceledi ve yıllarca şiş kısmını kebab kısmından ayırmaya çalıştı.



ŞEKİL 4. Şiş kebab yapının şematik görünüşü (Karahan 1994)



ŞEKİL 5. Smith ve Lemstra Tarafından Kullanılan Jel Eğirme (Karahan 1994)

Ev yakıtı olarak kullanılan propen 44 düşük molekül ağırlıklı bir gazdır. Bu hidrokarbon bileşiği artan molekül ağırlığında polimerleştiğinde sıvılaşır ve sonunda

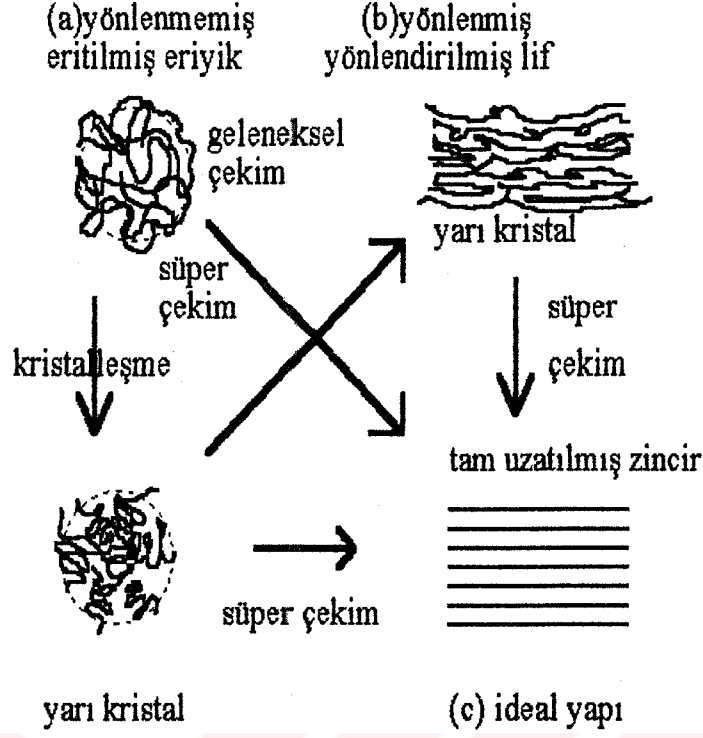
şamdan mumu gibi katılaşır. Molekül ağırlığı 10^4 düzeyinde olursa olefin bileşiğine ya da plastiğe polietilen denir. Bu oldukça serttir ve yaygın şekilde politorbalar ve polietilen şişelerde kullanılır. Şimdi ev kullanımı için sağlanabilir iki tip polietilen var, birisi yumuşak dallı düşük yoğunluktaki polietilen(LDPE), diğeri de sert çizgili yüksek yoğunluklu polietilen(HDPE). Yüksek yoğunluklu polietilen düşük ısıda bir polimerleştirilen katalist kullanılarak üretilir. Süper yüksek molekül ağırlıklı polietilen 10^6 düzeyinde bir molekül ağırlığına sahip yüksek yoğunluklu polietilen olarak sınıflandırılabilir. Onun fiziksel nitelikleri sıradan 10^6 molekül ağırlıklı türünden çok farklıdır. Bunun zincir uzunluğu hemen hemen yüz kez daha büyük ve molekül ağırlığı da iki sıra büyüklükten daha fazladır. Bu süper sınıf türündeki polietilen zincirleri yün ipliğinde olduğundan daha büyük dolaşıklıkla yumaklanmıştır. Artan molekül ağırlıkla daha az akışkanlaşır ve ilk önce bu yüksek molekül ağırlıklı polietilenin eğirilemeyeceği düşünülmüştü. Bununla birlikte, 1976'da, Pennings şiş kısmını sürekli olarak ayırmayı başardı. DSM'den Smith ile Lemstra da Pennings'in tekniğini uygulayarak pratik bir jel eğirmesi metodu geliştirdi. Metod hem eğirmeyi hem de çekmeyi içerir. Bu işlemde yüksek molekül ağırlıklı seyreltilmiş bir polietilen eriyiği jel gibi yumuşak olacak şekilde suya sıkılır, sonradan ısıtılır ve yaklaşık otuz kat uzunlukta olmak üzere çekilir. Molekül ağırlığı ca. 10^4 olan normal polietilen ancak on kat uzunluğa kadar çekilir ve bunun Young modülü en çok 1 veya 2 GPa'dır. Bununla birlikte, otuz kattan fazla çekilen yüksek molekül ağırlıklı jel-gibi lif 90 GPa'lık bir Young modülü verebilir. Bu devrimci "jel-eğirimi" yöntemi, bir yüksek performanslı lifler üretme yöntemi olarak dünyanın her tarafından çok ilgi çekti." (Şengönlü 1993)

"Jel-eğirimi iki aşama gerektirir. Önce dolaşıklığı azaltmak için bir polietilen seyreltilmiş eriyiği hazırlanır ve ondan sonra da dolaşıklıklaşmaması için de bu yapı içinde düzeni sağlamak üzere bir jel oluşturulur. Böylece çözücünün rolü jel eğiriminde çok önem taşıyor. Dr.Smith ile Dr.Lemstra bu işlem için Xylen veya Decalini çözücü olarak kullanarak başarılı oldular." (Şengönlü 1995)

Polietilen Şekil 6 (a) da gösterildiği gibi zayıf çekimle hazırlandığında düzenli kristalin bölgelerle düzensiz amorf bölgelerden oluşur. Isıtılması üzerine aşırı çekildiğinde kristalin bölge sadece bir yöne yöneltilmiş olur. Şekil 6 (b) daha fazla

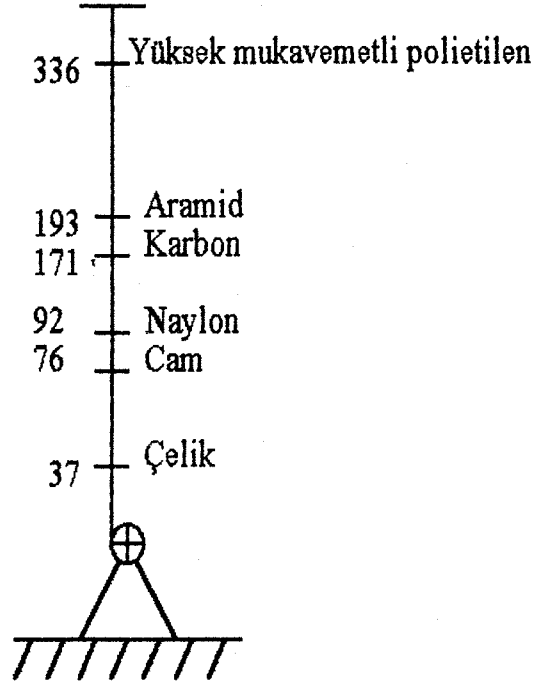
çekme, Şekil 6 (c)de gösterildiği gibi uzatılmış zincirlerde ideal bir yapıya yaklaşarak mukavemeti artırır. Bu şekilde üretilen aşırı yöneltilmiş polietilen, örneğin teyp bandı paketlemesinde kullanılabilir. Polietilenin mukavemet ya da modül değerinin üst sınırı polietilen moleküllerinin ideal zincir yapısı esasına göre hesaplanabilir. Normal polietilen için modül veya mukavemet bakımından bu sınırın sadece %5 veya %10 una ulaşılır. Jel eğirmesi böylece polietilen lifini, mukavemet ve modül itibariyle kuramsal en yüksek değerlere hazırlayabilen ilk yöntem sağladı. Polietilen molekülleri esnekse de paralel bir yönde sıralandıklarında kristalleşme eğilimindedir. Bir kez kristalleştikten sonra moleküller arası güçlü etkileşimler polietilen moleküllerinin sıralanmasını sürdürür. Bundan dolayı, sorun sıradan polietilenden yüksek modüllü ve yüksek mukavemetli lif yapmak için polietilen zincirlerinin nasıl paralel sıraya dizileceğidir.

Bu amaç ilk olarak dünya çapında patenti DSM tarafından alınan jel eğirimi yöntemini kullanarak başarıldı. Her ne kadar Toyobo Şti.(Japonya) ile Allied Chemical Şti. (ABD) aynı zamanda jel eğirimi üzerinde kendi araştırma projelerini sürdürüyorlar ise de DSM tarafından başvuru temel patentten kaçamayacaklarına karar verdiler. Bundan dolayı, DSM ile teknik bir iş birliğine girmeye zorlandılar. Toyobo Şti. Mart 1984'te DSM ile birleşti ve Mayıs 1986'da Hollanda'da DYNEEMA ortak girişim şirketini kurdular. Aynı yılın Ekim'inde Japonya Toyobo Şti., Shiga Eyaleti'nde Ohtsu'daki araştırma merkezinde bir deneme fabrikasını tamamladı ve yılda 40-50 ton civarında üretim yapan polietilen süper lifi deneme üretimine başladı.



Şekil 6 Polietilenin yüksek sıradan yapısı (Tasuya ve Phillips 1990)

ABD Allied Şti. de bağımsız olarak yüksek dirençli ve yüksek modüllü polietilen üretimini araştırıyordu. Bununla beraber, aynı nedenle 1984'te DSM işlemini kullanarak, bir jel eğirimi lisansını araştırmak zorunda kaldı. Allied Şti. nden Dr. Prevorsek eriyiği parafin yağına dönüştürdü ve yüksek mukavemetli Spectra 900 polietilen lifini ve daha sonra da daha yüksek nitelikli bir polietilen lifi olan Spectra 1000'i geliştirdi. Bu türün baret, bavul ve ip gibi çok çeşitli sanayi ürünlerinin yapımında kullanılmaktadır. Jelde eğirilmiş Dyneema, geleneksel liflere göre çarpma direnci çok yüksek olan ve yüksek mukavemetli lifler arasında en yüksek yorulmaya karşı kırılma sergileyen yüksek modüllü yüksek mukavemetli hafif bir liftir. Yüksek mukavemetli polietilen kimyasal olarak kararlıdır ve özel bir kaplamayı gerektirmez. Ancak 145-155°C ye kadar değişen erime noktası, gerilim koşullarına bağlıdır. Mekanik olarak erime noktasına yakın bir ısıda bile kısa bir süre kararlıdır ve yalnız başına veya diğer polimerleri takviye için bileşik maddesi olarak da kullanılır. Hafiflik, yüksek mukavemet, yüksek ultraviyole ışını kararlılığı ve elektrik yalıtımı nitelikleri göz önünde tutularak, yüksek mukavemetli polietilenden yapılan ip ve kabloların gelecekte okyanus sanayileri ile spor eşyalarında geniş ölçüde kullanılması beklenir



ŞEKİL 7 Çeşitli liflerin havada serbest kopma uzunluğu (km) (Şengönül 1995)

"Dyneema SK90, 336 km olan (Şekil. 7) serbest kırılma uzunluğu bakımından çelikten 10 kat daha güçlüdür. Polietilenin yoğunluğu 1 sayısından az olduğu için, sudaki kırılma uzunluğu sınırsızdır. Bu maddeden yapılmış kumaşlar, yüksek çarpma direncine, havaya karşı yüksek mukavemete ve iyi su geçirmez niteliklere sahiptir ve sonuç olarak mermi geçirmez giysiler, koruyucu giysiler, filtreler, denizcilik kumaşları, paraşütler ve yapı malzemelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yüksek mukavemetli polietilen, hoparlör konilerinde, okçuluk yaylarıyla kasklarında, yüksek ses yayıcı niteliklerinden titreşimi azaltmak ve yüksek çarpma direncinden yararlanmak için alaçımlarda takviye edici madde olarak kullanılır." (Şengönül 1995)

Mitsui Petrokimya Şti şimdi Japon Polimer ve Tekstil Araştırma Kurumuyla iş birliği yaparak bağımsız bir şekilde bir süper mukavemetli polietilen lifi Tekmilon'u geliştirdi ve Nisan 1984 te başlamak üzere Iwakuni fabrikasında, yılda 5 ton üretecek bir deneme fabrikasını faaliyete aldı. Bu polietilen, tenis raketi misinası hazırlamak, kayak, oyun sopaları, kirişler (çalgı), FRP (lif takviyeli plastikler) vb. de kullanılmak içindir.

Yüksek molekül ağırlıklı polietilen jel eğirimi başarısıyla kamçılanan çeşitli ülkelerdeki üreticiler diğer polimerlerin jel eğirimine giriştiler ama olumlu sonuç

alamadılar. Allied Kimyasal Şti., örneğin jelde eğirilmiş polivinilalkol(PVA) u geliştirdi ama polietilendeki aynı başarıyı elde edemedi. Bugün Japon Mitsui Kimyasal Şti. Batı almanya'dan Hoechst ve ABD'den Hercules, bütün dünyada yıllık üretimi 12000 den 13000 tona varan süper yüksek molekül ağırlıklı polietileni ticari olarak üretmektedirler. Nisseki Kimyasal Şti. polimerizasyon ve kataliz tekniklerinde kendi orjinal yapım-bilgilerini (know-how) birleştirerek yüksek molekül ağırlıklı polietilenin yeni bir seri üretim metodunu geliştirdi. Bununla beraber bu metod eritilen polimerin yüksek viskozitesi nedeniyle yetkin bir şekilde ilerletilmesinden dolayı henüz tam üretime geçmemiş bulunuyor. İşlem teknolojisi hala geliştirme halinde bulunuyor. Halen yüksek molekül ağırlıklı polietileni lif haline getirmek için bir çok diğer yöntem araştırılmaktadır. "Polietilenin yoğunluğu (0,95) Kevlar'dan (1,45) bir hayli daha düşük olduğundan, yüksek molekül ağırlıklı polietilen ileri düzeydeki bileşik malzemeler (ACM) için daha uygundur. Uzay havacılığı teknolojisinde kullanılan malzemeler yüksek ısıya dayanıklılık kadar hafif de olmalıdır. Bundan dolayı, polietilen bu amaçla kullanılamaz." (Anonim Du Pont 1985)

2.1.6. Avrupa, ABD ve Japonyada Aramid Lifi Yarışması

"Bugün ticari olarak sağlanabilen aramid lifi DU PONT'un Kevlar'ı (ABD) ile AKZO'nun Twaron'u (Hollanda) tarafından temsil edilmektedir. 1988'de yerli Kevlar üretimi başlayıncaya kadar, Japonya'ya TORAY tarafından yılda yaklaşık 2000 ton Kevlar ithal edildi ve satıldı. Twaron Japonya'ya Comporation of Sumitomo Kimyasal Şti. ile Enka'nın (Akzo'nun bir ek kuruluşu)ortağı olan Aramid Şti. tarafından ithal edildi. Her ne kadar DU PONT ile AKZO arasındaki patent tartışması 11 yıl sürdüyse de bu yakınlarda çözümlendi. Japonya'da Teijin Şti. kendi aramid lifi Technora'yı geliştirdi ve 1986'da inşa edilen, Matsuyama fabrikasında Eylül 1987 de bunun ticari üretimine başladı." (Tasuya ve Phillips 1990)

2.1.7 Sıvı Kristal Eğirilmiş Kevlar'ın Doğuşu

1960'larda başlatılan uzayla ilgili gelişim projeleri, ABD'de endüstriler, üniversiteler ve hükümet kuruluşları arasında yeni maddeler geliştirmek için çok geniş ortak araştırmaya yöneltti. Bunlar arasında Du Pont tarafından yapılan, ısıya dayanıklı

polimerlerin araştırılması ve geliştirmesine götüreni en başarılısıydı. Örneğin ısıya dayanıklı poliamid reçinesi Capton, daha küçük, daha hafif, daha ince ve daha kısa biçimlerde büro hesap makineleri, fotoğraf makineleri ve saatler yapımı gibi yeni bir uygulama alanı açtı. Elektrik devreleri esnek poliamid filmine basılabildiği için bu mümkündür. Du Pont tarafından geliştirilmiş olan güzel kokulu poliamid reçinelerine, Nomex adındaki zikzak bağlantılı meta-tipi ile Kevlar adındaki çizgili para-tipi dahildir.

"Nomex'in ticari üretimi 1965 te başladı ve bu lif yangın söndürme kıyafetlerinde kullanılmaktadır. Bu yakınlarda, Nippon Çelik Ltd. Şti. ile Mitsubishi Petrol Şti. zift esaslı karbon lifi için geleneksel türünlere yeni nitelikler ekleyerek yeni bir uygulama alanı açtı. Geleneksel zift esaslı karbon kesik lifiyle karşılaştırıldığında bunun becerisini geliştirmek için GP sınıfından bir karbon lifi filamenti geliştirdiler. Bu yeni tip zift esaslı karbon lifi, becerisi ve fiyatı bakımından HP ile GP sınıfları arasında yerleştirilebilir. GP sınıfından zift esaslı karbon kesik lifi sanayide ilk olarak CFRC ile (karbon lifi takviyeli çimento) uygulandı. Kajima Ltd. Şti., CFRC yi Tokyo, Akasaka'da 37 katlı Ares-Hill Mori Yapısının perde duvarı olarak kullandı. Bu yapı için yaklaşık 160 ton GP sınıfından zift esaslı karbon lifi kullandı ve sonuç olarak 4000 tonluk çelik iskelete ihtiyaç duyulmadı. Bu dış duvarlar ağırlığını % 60 ve deprem yükünü de % 12 oranında azalttı. Kajima Ltd. Şti. CFRC perde duvarları ikinci Main Office Building'i(Ana İdare Binası) ve Akasaka Dai-Ichi Karşılıklı Hayat Sigortası Şti. /Kajima Kamu Yapısı için kullanmayı planlıyor." (Ward 1984)

GP sınıfından zift esaslı karbon lifi, ısıya dayanıklılığını, yıpranma dayanıklılığını, beden ölçüsü kararlılığını, pürüzsüzlük, kimyasal dayanıklılık ve iletkenliği iyileştirmek maksadıyla PP (polipropilen), poliasetat ile floroetilen reçinesi gibi sanayi plastiklerinde takviye edici madde olarak kullanılır. Bu aynı zamanda çöp yakma fırınları yalıtkanlarında, büyük arabaların hareketli parçalarında, elektrotlar için c/c (karbon/karbon) lifi alaşımlar olarak, ve uçakların frenleri için de kullanılır. Karbon lifi kısa zamanda arabaların sürtünme frenlerini üretmek için tamamıyla asbestin yerini alması beklenir.

PAN esaslı karbon lifinin üretim maliyetinin yakın bir gelecekte \$ 40-50 /kg

azaltılması muhtemeldir. zift esaslı lifi maliyetinin HP sınıfı için yaklaşık \$ 40/ kg' a ve GP sınıfı için yaklaşık \$ 12-16 /kg olarak yerleşmesi beklenir.

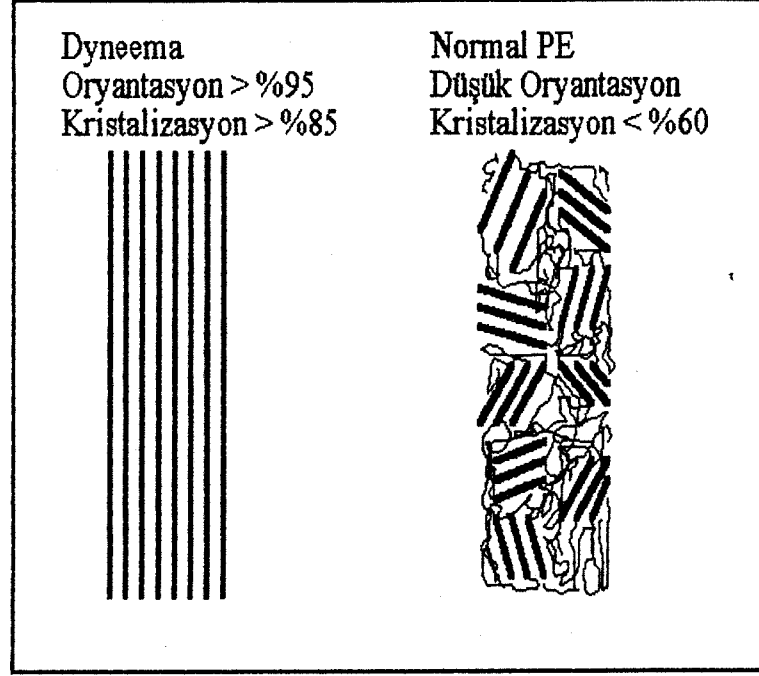
2.2. Dyneema Liflerinin Özellikleri ve Uygulama Alanları

2.2.1 Basit Bir Çözüm İçin 50 Yıl

Dünyadaki en dayanıklı lif olan Dyneema ticari olarak DSM tarafından üretilir. Süper dayanıklı polietilen lifinin nasıl olacağı yönündeki temel teori 1930' larda biliniyordu. Fakat yüksek performanslı polietilen lifi üretmek yüzyılın yarılarını buldu. 1979'da DSM bu lifi (HDPE) icad etti ve patentini aldı. Bu lifi üretmek için gerekli olan jel eğirme projesini de geliştirdi.

Polietilen gibi bir polimerden yüksek dayanıklı bir lifin nasıl üretileceğini anlamak oldukça basittir. Ultra yüksek moleküler ağırlıklı polietilen (UHMWPE) başlatıcı madde olarak kullanılır. Normal polietilen molekülleri adapte edilemezler ve kolay yırtılırlar. Jel eğirme prosesinde moleküller bir çözücü içinde çözülür ve bükücü de bükülür. Solusyonda jel oluşturan moleküller katı durumda çözülürler ve bu durumda kalırlar. (Solusyon filament vermesi için soğutulduğunda) Lif çekilirken , yüksek seviyeli makromoleküler uyum sağlar. Bunun sonucunda lif çok yüksek dayanıklı ve modüllüdür.

Yüksek seviyede kristalizasyon (%85'e kadar) ve paralel oryantasyonu (%95'ten fazla) ile karakterize edilir. Bu Dyneemanın en temel özelliğidir.



ŞEKİL .8 Dyneema ve Normal PE (Anonim DSM 1995)

2.2.2 Ticari Üretim

Dyneema ticari olarak 1990'dan beri Hollanda'daki Heerlen fabrikasında üretilir. Dyneema lif üretim talebi düşük enerji kullanımı ve aggressive kimyasallar kullanılmamasıyla ilgilidir.

Ürün kolaylıkla yeniden işleme (recycle) sokulabildiği için proses ve üründen gelen çevre kirlenmesi minimumdur. DSM üretim için Toyobo Co(japonya) ve Allied Signal (ABD) firmaları ile anlaşmalıdır.

Bu arada DSM'de araştırma ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Üretimin başladığından beri Dyneema lifinin performansı devamlı geliştirilmektedir. Yeni modeller tanıtılmaktadır ve yeniler gelecektir.

HDPE lifinin jel bükülmesi işlemi mekanik ve fiziksel parametrelere bağlıdır, kimyasal değildir. Bu onu kolaylıkla değişik biçimlerde geniş bir alanda üretmemize imkan verir.

Başlangıçtan beri kalite kontrol DSM için en önemli konu olmuştur ve kalite

sertifikası alınmıştır.

2.2.3. Lif Özellikleri

- Dünyadaki en dayanıklı türün
- Çok yüksek modül
- Düşük esneme
- Sudan hafiflik

Dyneema lifi bu özelliklerin bir bileşimidir. Yoğunluğunun 1'in biraz altında olmasından dolayı lif suda yüzer. Fakat dayanıklılığı en yüksektir, hatta iyi kalite bir çelikten bile 15 kez fazladır. Modül oldukça yüksektir. Kırılmadaki uzama Dyneema için diğer yüksek performanslı lifler kadar düşüktür. Fakat yüksek dayanıklılık yüzünden koparmak için gerekli enerji yüksektir.

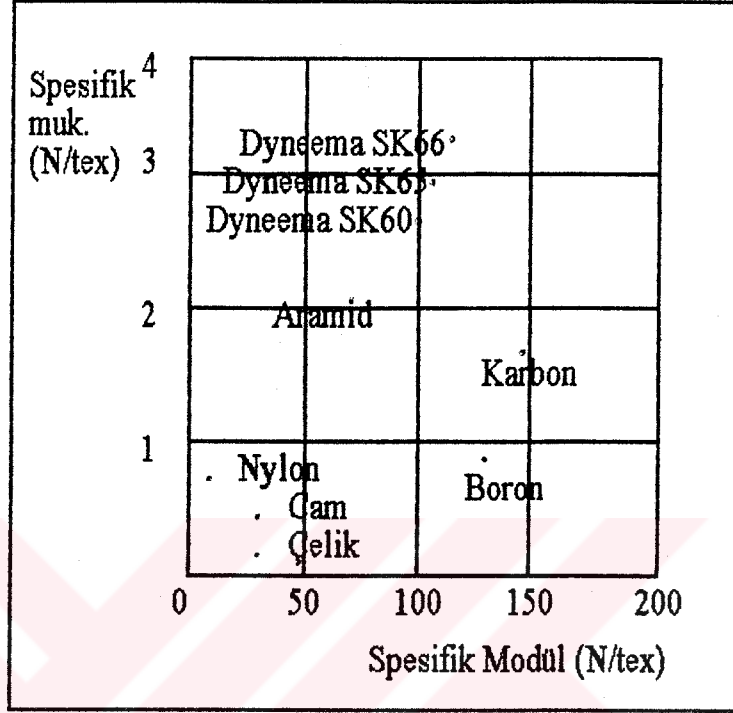
ÇİZELGE . 1 Dyneema Liflerinin Teknik Özellikleri (Anonim DSM 1989)

		Dyneema SK 60	Dyneema SK 65	Dyneema SK 66
Yoğunluk	g/cm ³	0.97	0.97	0.97
Mukavemet				
Mukavemet	N/tex	2.8	3.1	3.3
Mukavemet	gr/den	32	35	37
Mukavemet	GPa	2.7	3.0	3.2
Modül				
Spesifik Modül	N/tex	91	97	101
Spesifik Modül	gr/den	1025	1100	1150
Modül	GPa	89	95	99
Kopma Uzaması	%	3.5	3.6	3.7

Dyneema lifleri ticari olarak 3 tip üretilir.

1. Dyneema SK60: Çok amaçlı bir tiptir. İplikte, şeritte, koruyucu elbiselerde ve çarpmaya dayanıklı eşyalarda bir bileşen olarak kullanılır.
2. Dyneema SK65: Dyneema SK60 dan daha fazla dayanıklılığa ve modüle sahiptir. Bu lif, yüksek dayanıklılığa ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılır ve maksimum ağırlık koruması (kazancına) ulaşılabilir.

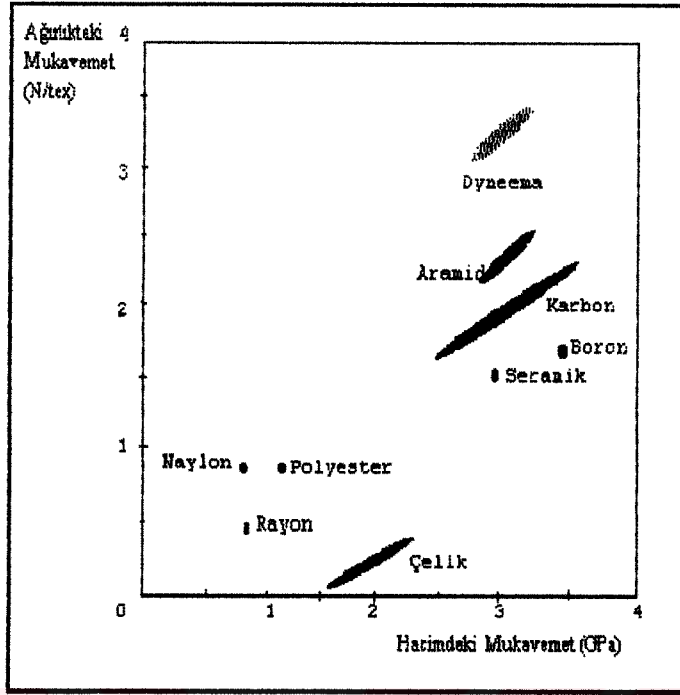
3. Dyneema SK66: Balistik koruma için özel olarak dizayn edilmiştir. Bu lif ultrasonik hızlarda en fazla enerji absorpsiyonu temin eder.



ŞEKİL.9 Çeşitli Liflerin Spesifik Mukavemet ve Spesifik Modülleri Arasındaki İlişki (Kırayoğlu 1994)

Diyagramlar Dyneemanın özelliklerini diğer yüksek performanslı liflerle karşılaştırarak göstermektedir. Şekil 9 da spesifik dayanıklılığa karşı spesifik modülü ve Dyneema elyafın niçin yüksek performans verdiğini gösterir.

Şekil 10 da Lif gücünü tekstil birimi olarak N/tex ve Mühendislik birimi olarak GPa'la göre karşılaştırarak vermektedir. Mühendislik birimi lifin hacmi ile ilgili iken tekstil birimi lifin ağırlığına olan dayanımı ile ilgilidir. Şekil 10 da görüldüğü gibi düşük yoğunluk ve yüksek dayanımın birleşiminin Dyneemayı tek ürün yaptığı açıkça görülmektedir. Ayrıca Dyneemanın ağırlık kazanımı ile değil hacim kazanımı ile de seçilebileceğini gösterir.



ŞEKİL.10 Çeşitli Liflerin Hacim vs Ağırlığa Göre Mukavemetleri (Kaynağı 1994)

2.2.4. Dyneema Lifinin Dayanımı

- Dünyadaki en yüksek dayanıklılık
- Çok yüksek spesifik modül
- Çok yüksek enerji absorpsiyonu
- Düşük ağırlık

Lifin dayanımı serbest kopma uzunluğu (free breaking length) olarak ifade edilebilir. Serbest kopma uzunluğu, lif ya da ipliğin serbestçe açıldığında kendisini kendi ağırlığıyla koparttığı uzunluktur. Serbest kopma uzunluğu lifin ya da ipliğin kalınlığına bağlı değildir.

Dyneema lifi aşırı enerji absorbe edebilir. Bu özellik balistik korumalı ürünlerde faydalandırılan bir özelliktir. Bu özellik lifi, motorsiklet kaskı ve kesilmeye dayanıklı eldiven gibi ürünler için uygun kılar. Bu uygulamalarda sadece yüksek dayanım değil yüksek enerji absorpsiyonu da kullanılır.

- Suya dayanıklılık
- Kimyasallara dayanıklılık
- UV ışınlarına dayanıklılık
- Aşınmaya dayanıklılık

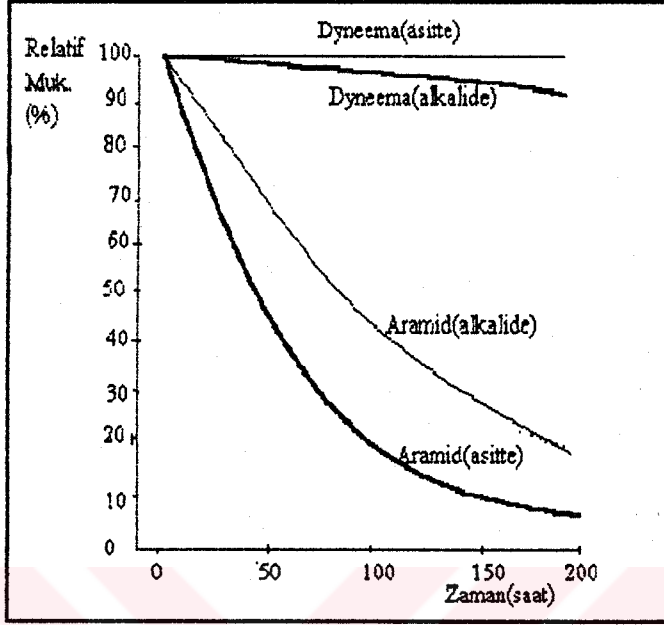
6 Aylık sürede	Dyneema	Aramid
Destile su	***	***
Deniz suyu	***	***
% 10 luk Deterjan	***	***
HCL(pH=0)	***	*
Asetik Asit	***	***
Nitrik Asit (pH=1)	***	*
NaOH (pH=14)	**	*
Amonyum Hidroksit	***	**
Toluen	***	**
Triklormetan	***	***
Petrol	***	***

*** Etkilenmez, ** Kısmi Etkilenir, * Etkilenir.

ŞEKİL.11 Çeşitli Maddelerin Dyneema ve Aramid Lifine Etkileri

Dyneema elyafı HDPE den üretilmektedir. Aromatik halkalar, Amin grupları, Hidrolitik grupları içermez. Sonuç olarak yüksek kristalli elyaf ve mükemmel bir dayanıklılık, suya, neme, bir çok kimyasal maddeye, ultraviyole

işığa, mikroorganizmalara karşı dayanıklıdır. Dyneema deniz suyunda ve nemde şişmez, hidrolize olmaz.



ŞEKİL. 12 Dyneema ve Aramidin Asit ve Alkalilere Karşı Dayanımı

Şekil 11 de çeşitli kimyasalların ve çözücülerin Dyneema ve Aramid lifine olan etkileri görülmektedir. Dyneema lifi sadece yüksek konsantrasyondaki alkaliden kısmi olarak etkilenmektedir.

Dyneema elyafın ultraviyole ışığa karşı dayanımı çok iyidir ve özel bir önlem almaya gerek yoktur. Dyneema lifini üretmek için kullanılan yüksek molekül ağırlıklı polietilen mühendislik plastiği olarak da bilinir. Mühendislik plastiği aşınmaya karşı dayanıklık için kullanılır. Böylece Dyneema liflerinin de aşınmaya karşı dayanıklı olması sürpriz değildir.

2.2.5. Isısal Özellikler

Dyneemanın erime noktası ölçme metoduna bağlı olarak 144-152°C arasındadır. Dayanıklılık ve modül yüksek sıcaklıklarda düşer fakat 0°C nin altındaki sıcaklıklarda yükselir.-150°C ye kadar kolay kopabilirlik noktası yoktur. Lif 80-100°C arasında kullanılabilir. Daha fazla sıcaklıklara maruz kalmak özelliklerde ciddi bir kayıba yol açmaz.

2.2.6. Dyneema Prosesleri

-Kumaş Dokuma

-Elbise örme

-İplik yapımı

-Kompozit malzemeler

Dyneema prosesleri genelde tekstil proses adımlarını içerir. Fakat Dyneemanın kopmadaki düşük uzaması ve yüksek dayanım makinaların tekrar ayarlanmasını gerekli kılabilir.

Dyneema ipliklerini dokumada temel olay, dayanıklılık ve modül kayıplarını minimize etmektir. Bölgesel yoğunluk ve kumaşın yapımı, işlemleri ve son ürünün performansını etkiler. Bir çok uygulamalar için en iyi kumaş stilini bu testlerle bulmak mümkündür.

Dyneema ipliklerini örmek özel ilgi ve ekipmanlar gerektirmez. Dyneema filament ipliği %100 Dyneema kumaşlarda kullanılır. Filament ipliği %100 Dyneemanın istenenden daha iyi sonuç vereceği yerlerde performansı azaltmak ve giyim rahatlığını artırmak için pamukla bir kombinasyon olarak da örülebilir. Özel uygulamalara uygunluk için Dyneema ipliği esas life kesilir, düşük ve özel denyelere bükülür. Seçilen Dyneema lifi , eldiven ve koruyucu elbiseler için bir çok iplik ve diğer lif kombinasyonlarıyla test edilir.

2.2.7. Halat Yapımı

İplik yapımında (her ne çeşit olursa olsun) iyi bir performans için anahtar ,

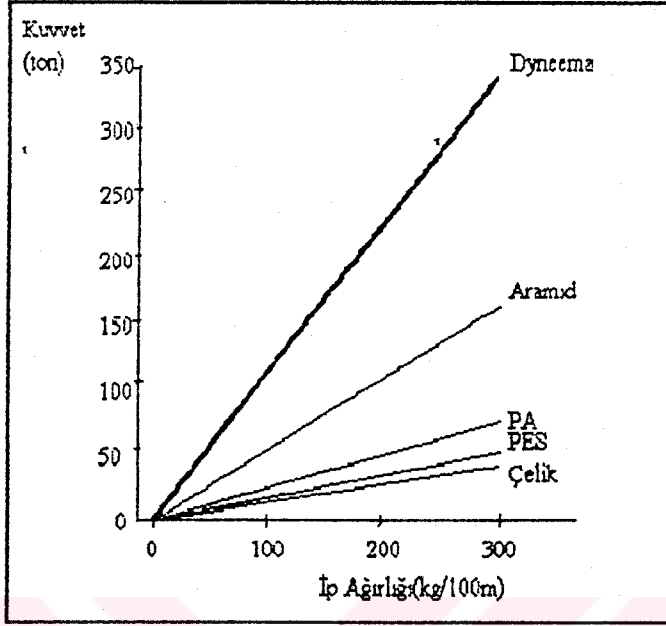
Dyneema lifini sabit gerilimde tutmak ve işlemler sırasında uzamadaki değişimleri önlemektir. Temas edilen noktaları çok önemlidir: Sert olmalıdır, tercihen yuvarlak ve kesinlikle aşınmamalıdır. Bu istekler yüksek dayanıklılık ve az uzama ile yapılmak zorundadır. Lif esnektir ve işlemesi kolaydır. Dyneema SK60 ve Dyneema SK65 iplikler için kullanılır. Özel bir çeşit iç aşınmayı minimize etmek için ip ölçülendirme kullanılır. İplik tüm olağan teknikler ve yapılar kullanılarak yapılabilir. Böylece her uygulama için en iyi yapı kullanılır.

2.2.8. Kompozitlerde Kullanım

Dyneemanın balistik olmayan karışımları çarpma dayanıklılığını ve cam ya da karbon lifli kuvvetlendirici türünlerin enerji emilimini artırmak için kullanılır. Dyneemanın dokuma kumaşları veya cam veya karbonlu hybrid kumaşları kullanılabilir. Dyneema SK60 veya Dyneema SK 65 uygundur; Dyneema lifine matriksin yapışabilirliğini artırmak için lif veya kumaş taçlandırma işlemine tabi tutulmalıdır. Matriks materyali normalde epoxy ya da polyester reçinesidir. Burada temel sınırlama curing (bir tür ısıl işlem) sıcaklığının 125°C yi geçmeyecek olmasıdır.

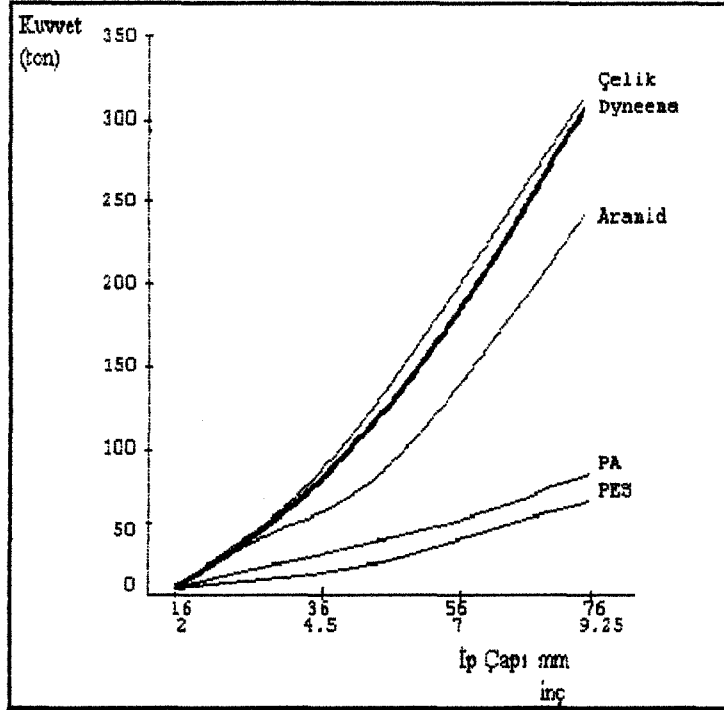
2.2.9. İplikler ve Ağlar

- Hafif iplikler
- Uzun ömürlülük
- Az geri tepme
- Enerji koruyucu(azaltıcı)ağlar
- Maksimum dayanıklı yüten iplikler (halatlar)



ŞEKİL 13 Çeşitli Liflerin İp Ağırlığına Göre Mukavemetleri

Dyneemanın dayanıklılığı ve hafifliği özel karakterli iplik üretimini mümkün kılar. Dyneema iplikleri suda yüzebilir, esnektir ve az bir uzamaya sahiptir. Bu yüzden onu işlemek (onunla iş yapmak) kolaydır. Aşınmaya dayanıklılık bütün standartlardan iyidir. Bu yüzden Dyneema iplikleri diğerlerinden daha uzun ömürlüdür. Şekil 13-14 çeşitli ipliklerin çap ve ağırlıklarına karşı dayanıklılıklarını gösterir. Düşük ağırlık (hafiflik) ve az uzama Dyneema ipliklerinin kopma esnasındaki geri tepme etkisini azaltır. Dyneema iplikleri romörklerde ve gemileri demirlemek için kullanılır.



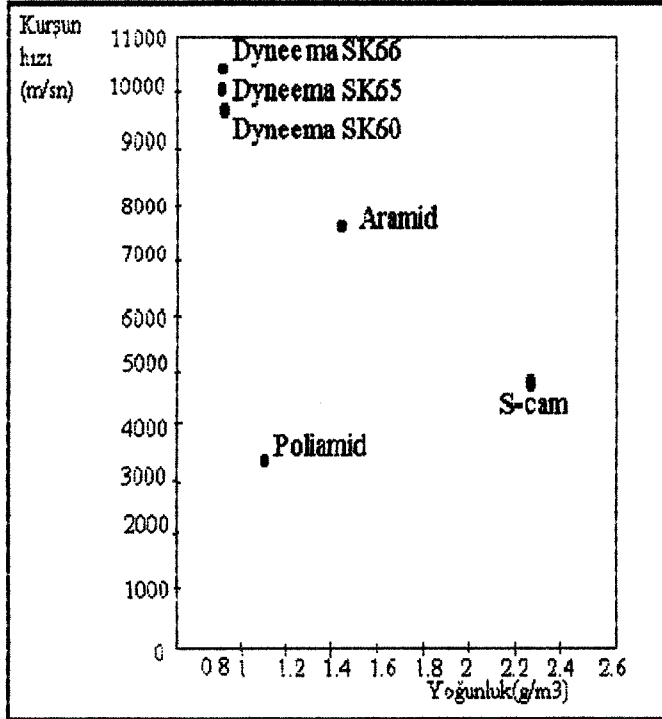
ŞEKİL:14 Çeşitli Liflerin İp Çapına Göre Taşıyabileceği Yük (Anonim DSM 1995)

2.2.10. Geniş Trol Ağları

Trol ağlarındaki sicim ve iplerin ağırlık ve çaplarındaki azaltmalar daha etkili ağ dizaynları için yeni imkanlar sunar. Çekmeye karşı dayanma açık ağlarda m² başına %40 azaltılabilir. Bu fayda trollenmedeki enerji tüketimini azaltmada yararlanılabilir veya daha geniş ve daha ağız açık ağların aynı beygir gücündeki gemilerde kullanılmasına imkan sağlar. Balık avlanma etkinliği bu yolla %80 artırılabilir. Tabii ki balık avlama dişlisinin ağırlığı Dyneema kullanılarak azaltılabilir. Alternatif olarak ağ yapımında aynı çaplı iplik fakat Dyneemadan yapılmış iplik kullanmak , kopma riskini ve yakalama kayıplarını azaltır.

2.2.11. Balistik Malzemeler

- Hafif yelekler
- Polis Dyneema UD66
- Düşük bıçak darbesi
- Askeri Dyneema fraglight



ŞEKİL 15 Balistik Liflerde Yoğunluk ve Kuruşun Hızı (Anonim DSM 1995)

Balistik korumada en önemli nokta balistik hızlarda enerji emilim mekanizması ve seviyesidir. Spesifik modül ve kuruşun hızı (lifte) giyim konforu, rahatlığı ağırlık ve esneklik ile hesaplanırken, balistik potansiyeli hesaplar.

Şekil 15 de balistik koruma için kullanılan değişik liflerin kuruşun hızları ve lif yoğunlukları görülmektedir.

Polis yeleklerinde kullanılan Dyneema UD66 özel ince bir tabaka (yaprak gibi) olan Dyneema UD66 kuruşunları durdurmada mükemmeldir. Dyneema UD66 iki yönlü bir yapıdadır. İplikler dokunmamıştır fakat her birine paralel olarak uzanırlar. Değişik düzeylerde koruma için minimum ağırlıkta Dyneema UD66 kullanmak gereklidir. Ayrıca böylelikle yelek esnektir ve çok iyi bir giyim rahatlığı sağlanır. Dyneema UD66 su ve güneş ışığından etkilenmez ve özel bir korumaya gerek duymaz. Diğer önemli bir husus da blunt trauma efektidir. (Kuruşunun kumaştaki bıraktığı iz) Lif içindeki süper sonik hız yüzünden çarpma enerjisi hızlı bir şekilde geniş bir alana yayılır. Bu da yeleğin iç yüzünde bir çıkıntı çentik oluşturur.

Askeri alanda kullanılan Dyneema Fraglight parça yeleklerde balistik koruma için yeni ultra hafif ağırlıkta ve dokunmamıştır. Yelekler normal elbiseler gibi dokunabilirler. Çünkü hafif ve esnektirler. Dyneema fraglight'ın bomba, el bombası ve mermi parçacıklarına karşı balistik koruma garantisi verir. 450 m/sn V50 değerli roket

parçacığı taklitleriyle (FSPs) Dyneema Fraglightın testleri areal (alansal) yoğunluğu 1,2 kg/m² yi geçmeyecek orana ulaştırılır. Bunun anlamı parçalı yelekler (Dyneema fraglighttan yapılmış) boyutları ve dizaynına bağlı olarak ağırlığı 0,5-0,7 kg ı geçmeyecek şekilde yapılabilirler. Dyneema fraglight yelekleri Dyneema panelleri için önde yada arkada cepli üretilebilirler. Bu hafif paneller nişancı kurşunlarına karşı koyabilecek ve yerine kolaylıkla yerleştirecek şekilde (gerekli olduğu zaman) dizayn edilirler. Bu Dyneema insertler(koruyucu yelek) çelik veya seramik çarpma yüzeyi olmadan normal tüfek mermilerini durdururlar.

-Hafif zırhlar

-Yerleştirme kolaylığı

-Hafif kasklar

-Parçacıklar ve mermiler

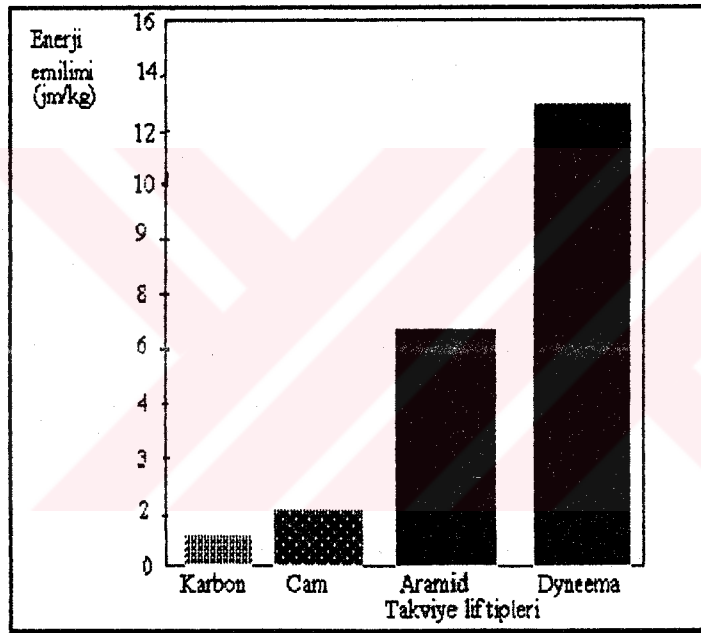
Polis arabaları Dyneema koruyucu panelleri kullanılarak çabucak zırhlandırılabilir. Genellikle kullanılan zırh panelleri 9 mm lik kurşunlara karşıdır. Dyneema panelleri sadece 6,5 kg/m² ağırlığındadır. Bu yüzden arabalara menteşeleri veya kapının tamamını değiştirmeden kolayca yerleştirilir. Arabanın servis (kullanım) ömrünün sonunda zırh panel alınabilir ve tekrar kullanılır. Orjinal kapı panelleri de yeniden kullanılabilir. Hafif dyneema zırhları hafif mühimmatlara karşı korunmada da kullanılır. Termoplastik zırhların şekillendirilmesi kolaydır ve ışıktan, nemden etkilenmez ve standart ekipmanlarla kolaylıkla işlem yapılabilir. 7.62 NATO topu ve 5.56 topları gibi FMJ (full metal jacket: metal ceketli) mühimmat için çelik ya da seramik çarpma yüzeyine gerek yoktur

Askeri kasklar genelde parçacıklara karşı koruma için dizayn edilirler. Değişik form ve matriks sistemdeki Dyneema lifinin kullanıldığı bir çok kask 1.1 gr FSPs (roket parçacığı takliti) kullanılarak test edildi. En iyi sonuç matriks sistemde termoplastik reçine kullanılarak elde edilmektedir. Düşük ağırlıkları sebebiyle bu tip kaskların servis ömürleri uzundur ve giyimleri konforludur. Tüm diğer Dyneema ürünleri gibi güneş ışığı ve nemin bunların üzerine etkisi yoktur.

2.9.12. Koruyucu Elbiseler

- Kesilmeye karşı koruma
- Delinmeye direnç
- Törpülenmeye karşı koruma
- Eldivenler, kasklar

Dyneemanın enerji absorpsiyonu sadece balistik uygulamalarda kullanılmaz. Çarpmalara, kesmelere ve delmelere karşı da yararlanılır.

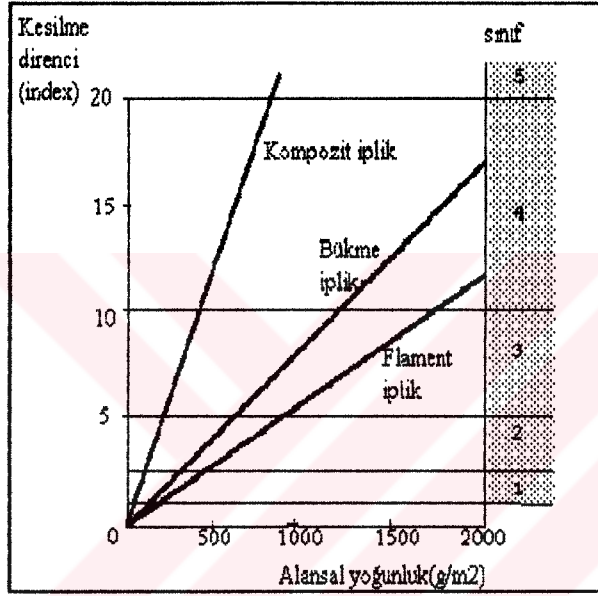


ŞEKL.16 Kompozitlerde çarpma direnci (Anonim DSM 1989)

Dyneema dokuma kumaş ve örmeleri çok iyi bir koruyucudurlar. Örneğin, kesilmeye dayanıklı eldivenler, eskrim elbiseleri ve hortumlar. Neme duyarlı ve kimyasallara dayanıklı Dyneema lifleri yıkama ve giyim sirkülasyonunda yüksek dayanıklılık garantisi verir. Karışımlardaki Dyneema lifi kuvvetlendirici cam ve karbon lifleri tahrip eden çarpma enerjisini absorbe eder. Yani karışımdaki Dyneema lifi enerjiyi absorbe ettiğinde bu çarpma enerjisi karbon ve cam liflerini tahrip edemiyor. Buna ek olarak Dynnema lif kullanımı büyük oranda ağırlık kazanımı yani ağırlıkta düşüş sağlıyor. Mesala; motor kasklarında ağırlık kazanımı 300-400 gramdır. Yani

kaskın yaklaşık olarak % 40'ı(Şekil 16).

Dyneema filament iplik, koruyucu eldiven örmeye kullanılır. Bununla birlikte bükme iplikleri (spun yarns) ve özellikle mühendislik iplikleri (engineered yarns) kesme dayanımını artırmada kısmi rol oynarlar. Mühendislik iplikleri , Dynnema filament veya esas lifler ve değişik iplikler (paslanmaz çelik, poliamid, polyester ve pamuk gibi) liflerle yapılabilir. Mühendislik iplikleri, sınıf 5 için önerilen ihtiyaçlara uygundur(Şekil 17)



ŞEKİL.17 Çeşitli yapıların kesilme dirençleri (Anonim Du Pont 1985)

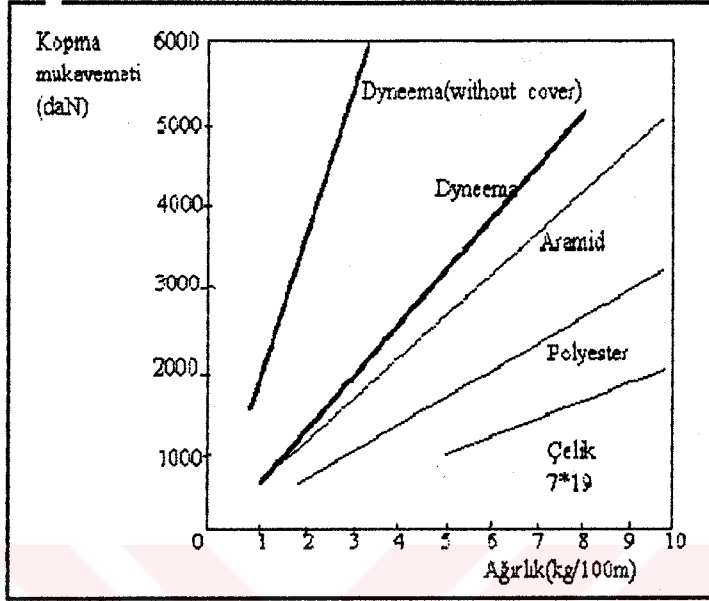
Kırılmış kılıç delmelerine karşı ilerletilmiş koruma sağlayan eskrim elbiseleri 1988 de icat edildi. % 100 Dyneema filament ipliğinin kullanıldığı elbise delme rezistansı 800 N yerine 1000 N dur. Bu çift jarsey örme ipliğinin tek katmanı ile ve herhangi bir ara panel kullanmadan gerçekleştirilir.

Törpülenmeye dayanıklı pantolonlarda, koruma yüksek enerji emilimi ile gerçekleştirilir.

2.2.13. Yelkenliler ve Spor İçin Balık Avlama

Halyardlar genelde Dyneema örgütlü bir iç ve renkli polyester kaplamaya sahiptirler. Şekil 18'de gösterildiği gibi, ağırlık bazlı Dyneema halyardları pazardaki en

güçlü ipliklidir. Uzama, tel ipliklerin uzamasından biraz daha fazladır. Böylelikle yelkenlilerde tam ve sabit bir pozisyon garantisi verir. Uzun mesafeli yelkenli yarışlarında Dyneema halyardları seçildi ve onun güvenilirliği ve kalitesi onaylandı.



ŞEKİL.18 Halyardların ağırlık ve mukavemetleri (Anonim DSM 1995)

Şimdi, düşük germeli ve uzun ömürlü ve özelliklerini kaybetmede defalarca kullanılabilen ve depolanabilen düşük germeli yelkenler Dyneema kullanılarak mümkündür. Dyneema scrim kumaşı ve kaplama arasındaki etkileşim sabittir ve mükemmel yelken üretilir. Günümüzde mükemmel sınıf yelkenleri sadece profesyoneller kullanmıyor. Yelkenlerin bir sezondan fazla dayanmasını isteyen yelkenciler de kullanabilir. Dyneema yelkenleri gerçek yelkenliler için kullanılır.

Yat sahiplerinin korkulu rüyası, ağır ve yüzen bir cisimle çarpışmaktır. Hafif cam lifi, reinforced polyesterler ve hatta tahta kaplamalar bile küçük miktarda Dynnema lifi ile birleştirilerek korunabilir. Dyneemanın yüksek enerji emilimi yapının zarar görme toleransını büyük ölçüde yükseltir. Çarpışmadan sonra kabuk zarar görebilir ve onarıma ihtiyaç duyar. Fakat Dyneema lifi kabuğa sızdırmazlık verir. Böylece çok su almaz ve güvenlik içerisinde limana döner.

Dyneema balık avlama oltaları, oltalı sporları tamamen değiştirdi. Bu örgülü oltalar çok sağlam ve az uzamalıdır. Bu sonuçlar balık avlayana balık tarafından yapılan

küçük vuruşları bile hissetme imkanı verir. Dyneema balık oltaları çok az sayıdaki iplikle örülür. Aşırı sağlam olduğu için çok incedir. Bu akıntılı suda rezistansı (direnci) düşürür ve oltayı daha uzağa atma imkanı verir. Kullanımda Dyneema oltalarının en önemli unsuru balıkla direk temastır. Avcılar balığın her temasını hissettiklerini söylüyorlar. Bu da tabii ki doğru zamanda hareketi mümkün kılıyor. Dyneema oltalarının çok az uzaması kancanın çok çabuk hareketini sağlıyor.

2.9.14. Çeşit

-Filament iplikler

-Bükümlü iplikler

-Dyneema UD66

-Dyneema fraglight

Dyneema filament ipliği normalde bükümsüzdür. Taçlı şekilde veya halat boyutlarında ve bükümlü olarak da olabilir.

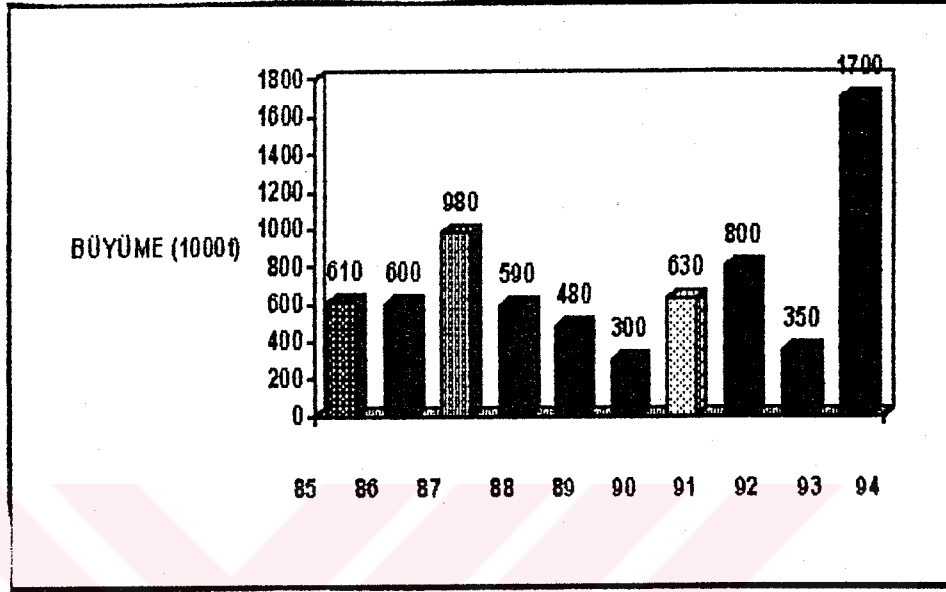
Dyneema UD66 ve Dyneema fraglight; Bunlar kurşuna dayanıklı yelek ve askeri yeleklerde kullanılır. Zırhlar ise insertler için özel çeşit Dyneema UD66 istenilen formda yapılabilir.

2.3. Dünyadaki Kimyasal Lif Üretimi

Dünyadaki lif üretimi ve tüketimi %8 arttı. 1994 yılında dünya çapındaki kimyasal lif üretimi geçen yılın 1.7 milyon tonluk düzeyini aşarak büyük bir rekor düzeyine ulaştı. (Şekil.20) Bu belirgin büyüme 1993 tekstildeki gerilemenin ardından, hemen hemen bütün bölgelerdeki ekonomik düzelme yüzündendir. Üretimdeki bu artış özellikle dünya kimyasal lif üretimindeki payı %87 artan sentetik liflere bağlanabilir.

ABD kimyasal lifler tekstil sanayisindeki iyileşmeden yararlanarak üretim ilk olarak 4 milyon çizgisini aşarak toplam %7 lik oranda artırılabilirdi. Selüloz liflerinin üretimi aynı düzeyde kalırken sentetik lifler %8 lik artışa yerleşti. PP ve diğer sentetik

liflerde %20 lik ve polyesterde (%8 lik) ortalamanın üstünde büyüme kaydedildi. Poliamidler ve akriliklerde sadece %3 ve %2 gibi çok az bir yükselme oldu.



ŞEKİL. 19 Kimyasal Liflerin Üretim Artışı (Anonim Tekstil Araştırma)

Batı avrupadaki kimyasal lif üretimi selülozik ve sentetik liflerde de buna yakın olmak üzere 3.6 milyon tonluk %6 lık artışla rekor düzeye vardı. Selülozik liflerdeki büyüme viskoz kesik lifler ve tekstil viskozunu ince dokuma iplikleri sayesinde gerçekleşmiştir. Sentetik lifler arasında polyester ve poliamid %7 ile en yüksek büyüme oranına ulaştı. Bunu %6 ile akrilikler ve %5 ile PP ve diğer sentetik lifler izledi. Her ne kadar lif ithalatı güçlü bir şekilde artış gösterdiyse de batı avrupa kimyasal lif endüstrisinin sevkiyatı da %6 dan daha fazla bir artış gösterdi. Sevkiyat batı avrupa ülkeleri dışında çok az artırılabilirken, batı avrupaya sanayi dokuma iplikleri %15 lik, tekstil lifleri (halı lifleri dahil) %7 lik bir oranda büyüme göstererek arttı. Her şey göz önünde tutulunca, batı avrupadaki lif üreticilerinin kullanım kapasitesinin oranları geliştirilebildi.

Japonya'daki kimyasal lif endüstrisinin durumu bütünüyle ekonominin zayıflığını (sadece %1 lik bir üretimle) yansıtıyordu. Sadece akrilikler için %7 lik ve polyester için %2 lik büyüme oranları kaydedildi. Diğer sentetik liflerin üretimi (PP lifleri dahil) bir yıl önceki gibi aynı düzeyde kaldı. Oysa selülozik lifler ve poliamidler (sırasıyla %2 lik ve %5 lik) bir düşüş eğilimi gösterdi.

Dünyanın geri kalanında (Asya, Latin Amerika, Doğu Avrupa) 1994'de kimyasal lif üretiminin güçlü bir şekilde genişlemesi devam etti(%11). Bu bölgelerdeki üretim 1.2 milyon tondan 12.6 milyon tona çıktı. Selülozik lifler gerilemeye devam ederken, sentetik lifler %12 lik bir toplam artışa ulaştı.

Bu grup ülkelerin dünya lif üretimine katkısı %57 ye çıktı. Bu temel artış hemen hemen bütün bölgelerde ulaşılan çift haneli büyüme oranları sonucuydu. Bunun bir istisnası doğu Avrupaydı. Burada üretimde daha ileri bir gerileme kendisini BDT devletlerinde hissettirdi. Güney doğu asya 1993 den %13 daha fazla kimyasal lif üretti. %20 den daha yüksek büyüme oranlarına Çin, Pakistan ve Malezya gibi ülkelerde ulaşıldı. Üretimde en yüksek artış (0.4 milyon ton) uzak doğudaki başlıca ülke Tayvan'ı hemen hemen yakalamayı başaran, Çin de kaydedildi.

En büyük üç üretim bölgesi olan Tayvan,Çin Halk Cumhuriyeti ve Güney Kore yine dünya kimyasal lif üretiminin toplam %30 una cevap verdi.

Polyester ince dokuma iplikleri %15, sentetik lif üretimi dünya çapında %10 luk artışla 19.4 milyon tona ulaştı. İnce dokuma iplikleri %12 lik bir büyüme yaparken, kesik lifler sadece %7 oranında arttı. En önemli sentetik lif olan polyester üretimi 11.4 milyon tona ulaştı. Burada da ince dokuma iplikleri (%15) kesik liflerden daha hızlı büyüdü. Bütün bölgeler bu büyümeye katkıda bulundu. Diğer ülkeler %13,ABD %8,batı avrupa %7ve Japonya %2.Organon 1995 sonunda dünya polyester lifler kapasitesinin 14.7 milyon ton olarak tahmin etti.

Poliamidlerle ilgili durumda, ince dokuma iplikleri (%6) kesik liflerden (%0) daha fazla başarı gösterdi. Batı avrupa ve "diğer ülkeler"de başarılan üretim büyümesiyle (%7), karşılaştırıldığında, Japonya'daki üretim (%5) gerilemeye devam etti. Akrilik liflerde de bütün bölgelerde üretimde bir büyüme oldu. "Diğer ülkeler" %14, Japonya %7, batı avrupa %4 ve ABD %2.

Diğer sentetik liflerdeki en yüksek üretim artışı (özellikle PP liflerinde) ABD'de (%20) ve "diğer ülkelerde" (%18) kaydedildi.

Selülozik liflerin üretimi dünya çapında ağırlaştı. Sadece batı avrupada %7'lik büyüme kaydedildi. Bu tekstil viskozlu ince dokuma ipliklerine ve viskozlu kesik liflere olan kuvvetli talebe bağlanmalıdır. Üretim Japonya'da ve "diğer ülkelerde" %2

gerilerken, ABD'de bir önceki yılın düzeyinde kaldı. Değişmeler diğer ülkelerde bir hayli değişik oldu. Hatta Endonezya ve Tayvan gibi çift haneli büyüme oranlarına tırmanan, güney doğu asya ülkeleri %5 büyümeye ulaşırken, Latin amerikada hafif bir azalma ve hatta doğu avrupa üretimde kesin bir düşüş (%18) gösterdi. Burada viskozlu kesik lif üretimini kesin bir şekilde azaltmak zorunda olan bilhassa ABT devletleriydi.

Yeni lyocel lifler şimdi gelişme evrelerinin başındalar. Dünya çapındaki kapasite 1995 sonunda 55000 ton/yıl ve 2000 yılında 100000 ton/yıl olacağı tahmin edilmektedir.

2.4. Yüksek Performanslı Liflerin Üstün Özellikleri

2.4.1. İncelik

Giysilik kumaşlarda kullanılan lifler yaklaşık olarak 1,5 - 5,6 denye (12-25 mmikron çapta) kalınlığındadır. Sert bir cam çubuk lif formuna getirildiği zaman esnek bir yapı kazanır. Tek bir parça lif de alabildiğince inceltildiği zaman çok yumuşak hale gelir. Ultra-süper ince liflerin yapılması fikri, sentetik liflerin doğal liflerden çok daha ince olarak üretilebildiği düşüncesinden kaynaklandı. Neticede lifler insanlar tarafından üretildikçe rahatlıkla herhangi bir kalınlıkta yapılabilmektedir. Sentetik liflerinin incelik limitinin, hemen hemen ipek lifiyle aynı çapa denk gelen 1 denye civarında olduğu kabul edilmekteydi. Ancak, yüksek teknolojiye ait "know-how" daki hızlı gelişmeler, 1 denyenin on binde biri kadar kalınlıkta ultra süper ince liflerin gerçekleşmesine imkan vermiştir. Bunlar dünyanın ilk ultra süper ince lifleridir ve gerçekten, Japonya'nın muhteşem yüksek teknolojiye sahip "know-how" meyvasıdır. Şaşırtıcı olan ise 4,16 gr lık ultra süper ince liflerin aya ulaşmaya yeterli olduğudur. (Japonya'da 4 adet 1yen'den biraz fazla ağırlıkta)

1 denye civarında süper ince lif, sıradan eğirme tekniklerinin modifiye edilmesiyle üretilebilmektedir. Ancak ultra süper ince lifleri alışlagelmiş eğirme metodlarıyla elde etmek imkansızdır. Ultra süper ince lifler bir çok şekilde üretilmektedir. Örneğin, iki tip erimiş polimer, eğirme sırasında lif olarak katılaştırıldığı zaman, farklı iki polimer bileşeni lif boyunca uzatılmaktadır.

Bu deniz-ada tipi bileşik lif eğirme olup , kesiti denizde dağılmış adacıklar görüntüsündedir. Lifler birlikte eğirildikten sonra deniz kısmını oluşturan polimer, bir çözücüde eritilmektedir ve böylece ultra süper ince lifler haline gelecek adaları oluşturan polimer kalmaktadır. Diğer bir metod ise; yukarıdaki gibi aynı şekilde, deniz ada tipi bir lif eğirildiği zaman, bir lif denetiminde, öz olarak kullanılan adacıklar haline gelecek bir polimer ve kabuk için kullanılan deniz formunu oluşturacak farklı bir polimer aynı anda huni şeklinde bir düzeden eğirilmektedir ve sonra deniz kısmı ultra süper ince lifler üretmek için çözülmektedir. Ultra süper ince liflerin çapları adacıkların sayısını ve deniz ada bileşenlerinin oranlarını değiştirmek suretiyle kontrol edilmektedir.

"Diğer bir metod melt eğirme tekniği olup, burada radyal yarıklı iç yapısı olan bir eğirme jeti memesi kullanılmaktadır. Öz ve onu saran kısımların farklı polimer bileşenleri eğirme düzesinden gönderilmektedir. Polimerler birbirleriyle uyumlu olmadıklarından, eğirme ve katılma sonrası ortaya çıkan şişme, çekme ve mekanik zorlanmalarla iki bileşen soyulmakta ve bir krizentemin taç yaprağı gibi yarılmaktadırlar. Ultra süper ince lifler, yalnızca taç yaprağı şeklinde yarıklı bileşik lifin dış kısmını oluşturan liflerin bir araya getirilmesi suretiyle yapılmaktadır. Bu tekniklerin yanında, iki veya üç metod daha ultra süper ince liflerin üretiminde denenmektedir." (Kırayoğlu 1994)

Daha ince ultra süper ince lifler daha yumuşaktırlar, ancak boya haslığında fenalaşmaların da ortaya çıktığı zayıf noktalar gözükmeye başlamaktadır. Bu yüzden, lif çapı uygulama alanlarına göre seçilmektedir. Sentetik süt için Edsaine, ipek benzeri kumaşlar için Belma, su geçirmez/nem geçirir yüksek yoğunluklu kumaşlar için Savina - DP, işlenmesi geliştirilmiş doku yapısında sentetik deri ve lenslerle gözlükler için kullanılan yüksek performanslı temizleme bezleri için Sofrina gibi materyaller, ultra süper ince liflerin özelliklerinin çoğunun sağlandığı çeşitli alanlarda kullanılmaktadırlar.

2.4.2. Mukavemet

Liflerin özelliklerinin oluşturulması hususuna gelince, lifi oluşturan molekül zincirinin değiştirilmesi ve düzenlenmesi mukavemet artışı için önemli faktörlerdir.

Ekstrem mukavemet artışı sağlamak için, yüksek polimerlerin ana zincirini oluşturan karbon, oksijen, nitrojen vs. moleküllerinin kovalent bağı, doğrusal olarak uzatılmış bir durumda düzenlenmelidir ve zincirler arası mesafe azaldığından müşterek etkiden dolayı moleküler bağların mukavemeti de artmak zorundadır. Kristal polimer durumunda bu etki polimer zincirini kristal hale getirir. Böylece modül daha fazla artar.

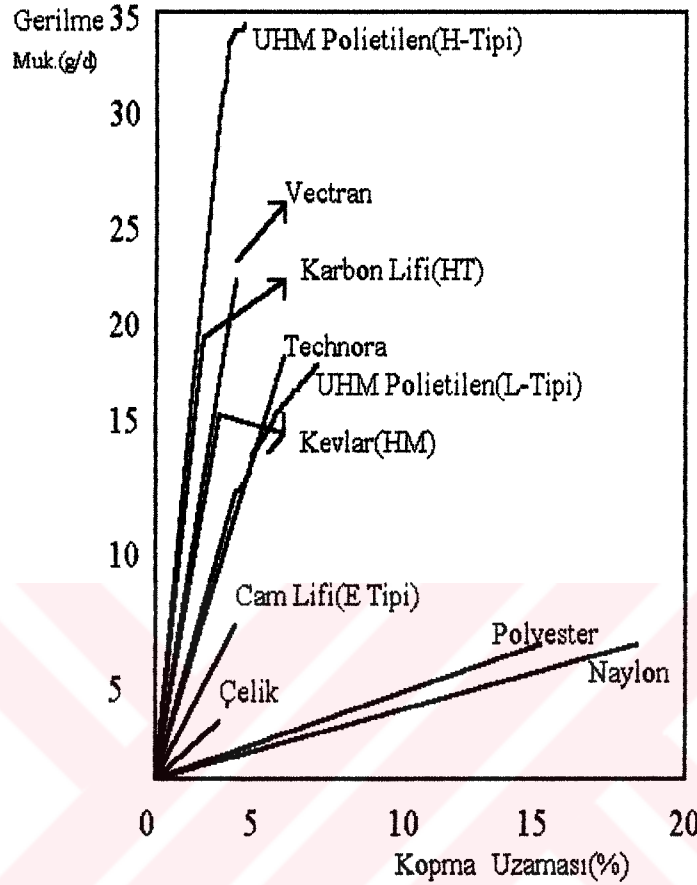
Düzeden eğirilmeleri nedeniyle sentetik liflerin iç yapısı, normal olarak karmaşık bir polimerik zincirden ibarettir. Polimerik zincir kristal durumunda olsa bile, zincir bir çok defa kırılmaktadır. Bu yüzden, moleküler zincir genişletilmedikçe lif kuvvetli olmayacaktır. Böyle eğirilen lifler , genellikle ısıtılma vs. gibi moleküllerin kolaylıkla hareket etmelerine imkan veren uygun şartlar altında çekilmekte ve ısı ile muamele edilmektedirler. Bununla beraber bu teknik molekül zincirini yeterince genişletemediğinden sağlamlık ve modül teorik değerlerine ulaşamamaktadır. Tipik bazı liflerin sağlamlıkları (gerilme mukavemeti) ve modüllerin teorik ve gerçek değerleri Çizelge.2 de verilmiştir.

ÇİZELGE. 2 Çeşitli Liflerin Mekanik Özelliklerin Teorik ve Gerçek Değerlerinin Karşılaştırılması (Dingenen 1992)

LİFLER	Gerilme muk. (g/d)		Modül(g/d)	
	Teorik Değer	Gerçek Değer	Teorik Değer	Gerçek Değer
Polietilen lifi	250	23	2.060	430
Polyester lifi	200	10	950	150
Naylon 66	215	10	1.780	50
Kevlar	165	28	1.500	1.400
Nomex	-	-	900	175
Karbon lifi	185	21	5.000	1.600

Ultra yüksek mukavemetli liflerin üretimi üzerine yapılan son araştırmalarda ilerlemeler sağlanmıştır. Bazıları zaten pratikte kullanılmaktadır. Geliştirilen ilk metod, para tipi aramid liflerin üretiminde uygulanan sıvı kristal eğirme metodu oldu. (Aromatik naylon lifleri,Kevlar). Bu metodda, sıvı-kristal halinde hazırlanan polimer-sülfirik asit çözeltisi yaş ve kuru eğirme metodlarının bir arada kullanılmasıyla lif halinde üretilmektedir. Molekül zinciri, eğirme öncesi hemen hemen tamamıyla oryante edilmiş ve kristalize hale gelmiş olduğundan, çekim olmaksızın lif, yüksek mukavemete ve

yüksek modüle ulaşmaktadır ve ısı muamelesi yoluyla performans daha da iyileştirilmektedir.



ŞEKİL. 20 Yüksek Mukavemetli ve Yüksek modüllü liflerin gerilme uzama grafiği (Şengönlü 1995)

Yüksek sağlamlıkta ve yüksek modüllü aramid liflerine biraz farklı kimyasal yapıya sahip Technora ve Tweron da dahil edilmektedir. Aromatik polyester (polyallylate lifler, Vectran)erimiş durumdan bile sıvı kristal duruma geçebilmekte, eriyik halde eğirme metodunun kullanılmasıyla yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü haline de gelebilmektedir. Bu tip liflerin tipik germe-uzama eğrileri Şekil.20 de verilmiştir. Şekil de görüldüğü gibi, gerilme mukavemeti, kopma daha büyük oluncaya kadar zorlandığında daha yüksektir ve eğri orjinine yakın daha fazla meyilli olduğunda modül daha yüksektir.

Son geliştirilen teknik jel eğirme ve ultra çekme metodu olup, bu sistemde polimer jel haline getirilir sonra, eğirme ve çekme uygulanır. Böylece sürekli olarak genişleyen molekül zinciri büyümektedir. Bu metod, Dyneema süper yüksek molekül

ağırlıklı polietilen lifleri, Tecmıcron, Tenac polioksimetilen lifleri ve ultra yüksek mukavemetli polivinil alkol liflerinin üretimi için kullanılmaktadır. Tipik ultra yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü liflerin performansları Çizelge.2 de verilmiştir.

ÇİZELGE. 3 Isıya Dayanıklı Liflerin Termal Özellikleri (Hearle 1982)

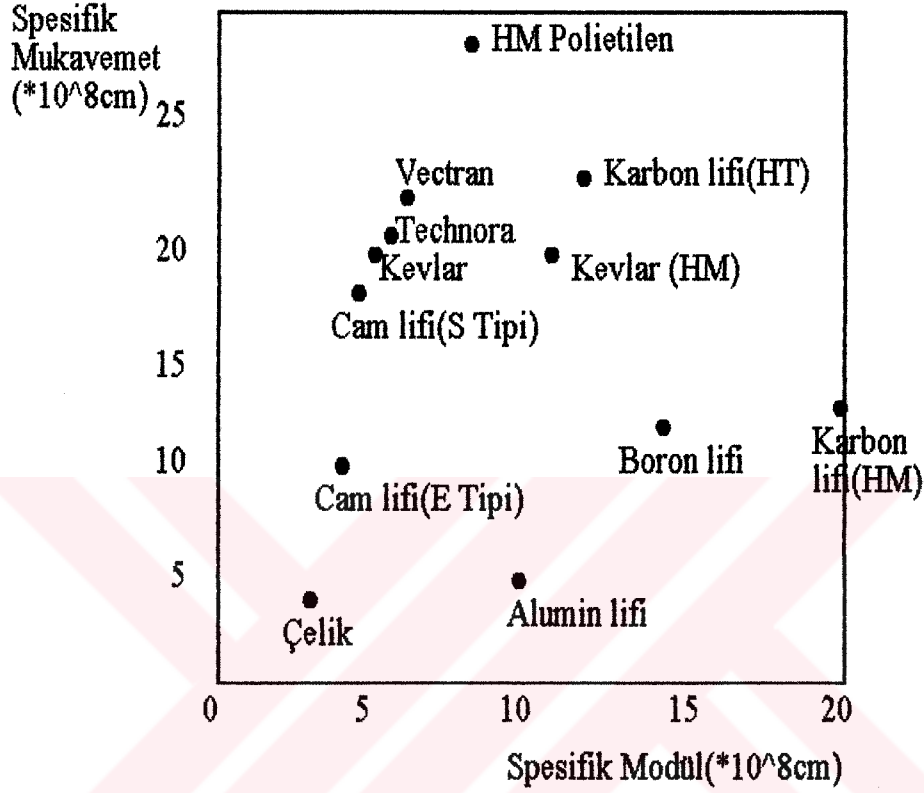
LIFLER	Erime noktası veya bozunma sıcaklığı(C)		En yüksek kullanma sıcaklığı(C)
	Havada	Nitrojende	
Karbon lifi(PAN)	3650	-	3000(asal gazda)
Karbon L.(Zift es)	3650	-	-
Aramid L.(Nomet)	425-450	450-470	204(sürekli) 232 (kısa sür)
Poliamid Lifi	450-500	500-525	-
Florin esash lif	327	-	260-270(sürekli kullanım)
Polibenzimidazol L.	300	600	290-315(kısa sür.kullan.)
Alumin L.(Saphikon)	2040	-	2000
Alumin L.(Lif FP)	-	-	1100
Alumin L.(Neste)	1700	-	1400
Cam Lifi(E Tipi)	700	-	480
Cam Lifi(S Tipi)	840	-	-
Asbest	1550	-	500
Bakır Lifi	1490	-	-
Alüminyum Lifi	660	-	-

Bundan başka, yeni yüksek teknoloji metodları, birbiri ardına geliştirilmektedir. Örneğin; kısmi-ısıtma çekme metodu, şişirme-yaş çekme gibi. Kısmi ısıtma çekme metodunda, yalnızca eğrilen polyester lifin belirli bir kısmı hemen hemen eriyik durumuna gelecek şekilde ısıtılmakta ve sonra çekilmektedir. Böylece molekül zinciri genişlemektedir. Şişirme-yaş çekme metodunda, bir şişirilme maddesiyle şişirilmiş olarak eğrilen polyamid lifleri, mümkün olan en düşük sıcaklıkta çekilmektedir.

2.4.3. Sertlik

Ultra yüksek mukavemetli lif üretimi özel bir metod kullanımıyla polimer zinciri çekerken, aromatik bir omurga yapısında rijit moleküllere, lifin ana zincirini oluşturan kimyasal bileşenlerin bağlanması yoluyla kopmaz liflerin yapılması hususunda araştırmalar yapılmaktadır. Bu ultra yüksek modüllü liflerin geliştirilmesidir. Kevlar, Vectran ve Technora dahil yukarıda bahsedilen sıvı kristal eğirme metodu yoluyla

üretileen liflerin hepsi, yüksek modüllü oldukları kadar yüksek mukavemete sahiptirler. Spesifik mukavemet ve spesifik modüller arasındaki ilişki Şekil.19 da gösterilmektedir. (mukavemet ve modülün yoğunluğa bölündüğü değerdir.



ŞEKİL. 21 Yüksek Performanslı Liflerin Mukavemet

ve Modülleri Arasındaki İlişki (Lemstra ve Kirschbaum 1987)

"İnorganik lifler olan cam lifleri, özel bir cam malzemesinin lif formuna getirilmesiyle üretilmektedir. Cam lifleri, filament ya da stapel olarak her iki şekilde üretilmektedir. Filament halindeki cam lifleri, elektrik iletmeyen ve alev geçirmez kumaşların üretiminde, stapel lifleri ise, ses geçirmez, ısı izolasyonu sağlayan ve harareti koruyucu bir materyal olarak kullanılmaktadır. Bunlara ilaveten her iki lif tipi, korozif kimyasallar için filtre bezleri ve plastikler için takviye malzemesi olarak kullanılmaktadır." (Tasuya ve Phillips 1990)

Karbon lifleri akrilik veya rayonun fırınlanmasıyla elde edilmektedir. Fırınlanma şartlarına bağlı olarak karbon lifleri yüksek mukavemetten yüksek modüle uzanan çeşitli performansları sağlayacak şekilde üretilmektedirler. Karbon lifleri,

cam lifleri gibi aynı uygulama alanlarında kullanılmaktadırlar. Karbon lifleri, ilk kez Viking Mars araştırma uyduları için kullanıldıklarında dikkatleri üzerlerine çektiler. Bundan başka, karbon liflerinin, golf sopası, tenis raketleri, olta kamışı v.s dahil sportif giysiler için kullanılması yaygınlaşmaktadır.

İnorganik liflerin diğer çeşitleri de yüksek mukavemetli ve yüksek modüllü liflerdir. Silikon karbid liflerine ilaveten, aliminyum lifler, ilkin uygun aliminyum bazlı maddelerin lif halinde biçimlendirilmesi ve sonra fırınlanmasıyla üretilmektedir. Bu lifler, yüksek sıcaklıkta yalıtkan bir madde olarak veya kuvvetlendirici kompoze materyaller için faydalı olmaktadır. Keramik lifler çeşitli bileşenlerden oluşurken, boron lifleri boron-nitritten yapılmaktadır ve aliminyum alaşımların kuvvetlendirmesi için kullanılmaktadır. Boron ve keramik lifleri mevcut durumda pahalıdır. Ancak , maliyetleri daha makul hale geldiği zaman, gelecekte çok daha geniş kullanım alanına sahip olacaklardır.

2.4.4. Sıcaklığa Dayanıklılık

"Otelde, depolarda ve hava taşıtlarında sık sık yangınla ilgili kazaların ortaya çıkması sonucu kullanılan tekstillerin emniyeti hususuna gösterilen ilgi arttı ve üstün ısı dayanımlı liflerin geliştirilmesi talebi güçlendi. Son hava ve uzay araştırmaları nedeniyle (akciğer hastalıklarına neden oldukları için, önde gelen ülkelerde yasaklanan asbestin yerini alacak ısıya dayanıklı bir lifin geliştirilmesi ile beraber), ultra yüksek sıcaklıklara dayanabilen, hafif bir lifin geliştirilmesi dünya genelinde özellikle büyük ilgi uyandırıyor." (Anonim Du Pont 1985)

Doğal ve sentetik lifler, kurutma ve ütüleme sıcaklıkları dikkate alındıkları zaman bile en yüksek 100-150 ° C sıcaklıklara dayanmak zorunda olan giysilerde kullanılmaktadır. Ancak, yatak takımlarının iç dekorasyon ve çeşitli endüstriyel malzemelerin gerektirdiği lifler, ısıyı geciktirme ve aleve dayanıklı olma özellikleri kadar, kafi derecede termal stabiliteye sahip olmalıdırlar ki, böylece yüksek sıcaklıklarda, yumuşama, erime, bozulma göstermesinler. Genel olarak ısıya dayanıklı lifler, 300-350°C ye kadar sıcaklıklarda yumuşamamalıdırlar. Lifler uzun bir süre

sıcaklığa maruz bırakıldıklarında termal bozunmanın olmadığı bir kimyasal ısı dayanımıyla birlikte orta derecede mukavemet, kopma uzaması ve katılığın korunduğu fiziksel bir ısı direnci göstermelidirler. Bundan başka, liflerin kimyasal dayanımları olması ve kolay işlenebilmeleri gibi her iki özelliğin bulunması tercih edilmektedir. Fiziksel ısı dayanımını geliştirmek için, molekül dizaynı üzerinde, aktif olarak araştırmalar yürütülmektedir. Florin, silikon ve boron gibi inorganik maddelerin ilavesi ve molekül zincirinin çapraz bağlanmasıdır. Bu günkü amaç, 500°C lik bir atmosferik sıcaklıkta 20000 saatten daha fazla süre için kullanılabilen küflenebilir polimerin geliştirilmesidir. Isıya dayanma özellikleri olan lifler örneğin cam lifleri ve karbon lifleri, aramid lifleri ve havacılık alanının yanı sıra uzay çalışmalarında kullanılan lifler Çizelge.4 de verilmiştir.

ÇİZELGE.4 Alevlenebilme Açısından Liflerin Sınıflandırılması

Alev alma	Lifler	Yanma durumu
Alev alması geciktirilmiş(I)	Aramid,poliamid, Novalok,F.R.Pamuk F.R. Viskoz	Erimez
Alev alması geciktirilmiş(II)	Polychlal, Polivinilklorid F.R.Akrilik	Kısmen erir
Alev alması geciktirilmiş(III)	F.R.Polyester F.R.Naylon F.R.Asetat	Erir
Yarı alev alması geciktirilmiş	Yün	Kısmen erir
Tutuşabilir	Polyester Naylon	Erir
Yüksek tutuşabilirlik	Pamuk,Rayon Selüloz,Akrilik	Erimez veya kısmen erir

Bundan başka, polyamid ve polifenilen sülfid, aliminyum oksit ve silisten yapılan alimin lifleri ve Tyrano gibi titanyum ve silikondan yapılan keramik lifleriyle, plastik lifler olarak hafif ve üstün ısı dayanımında olan yeni materyaller, muhtemelen daha fazla gelişme göstereceklerdir. Bu gibi maddeler, plastik, metaller ve çimento dahil, çeşitli maddelerle birlikte kullanılabilirlerdir.

"Çeşitli ürünler ve koruyucu giysiler, alev dayanıklı ve alev alması geciktirilmiş lifler pazarda yerlerini almaktadırlar. Bu ürünler, kimyasal olarak alev almayı geciktirici apre maddesi olarak uygulanan halojen, fosfor, sülfür vs içeren genel amaçlı liler kadar, polivinil klorid, polivinilden klorid ve cam liflerinden yapılmaktadır. Bundan başka, son zamanlarda fenol tipi bir Novalok lifi pazarlandı ve dikkatleri üzerinde topladı. Bu lifin erimemesi ve alev almaya karşı dayanıklı olması, lifin kendi kendine sıcaklık ayarlama özelliğine sahip olmasından ileri gelmektedir." (Ward 1984)

Isı korumalı giysilerde kullanılan liflerin gerektirdiği özellikleri, alev almazlık veya alev almayı geciktirme özelliği veya tercihen erimeme özellikleri olmalıdır. Liflerin alev almalarının geciktirilmiş olmaları özelliği, temin edilen hava miktarına ve önemsiz görülmemesi gereken, yanan bir binadan çıkan eksik yanan büyük miktarlarda gazın maruz bıraktığı zararlara sıkı şekilde bağlıdır. Lifler alev alabilirliklerine göre Çizelge.3 de sınıflandırılmıştır. Bu tabloda alev alması geciktirilmiş olarak sınıflandırılmış lifler (I), yukarıda bahsedilen performans gereksinimleriyle uygunluk göstermekte olup, ısıya dayanıklı lifler kadar faydalıdırlar. Hafif lif olma özellikleri avantaj olarak değerlendirilen ısıya dayanıklı lifler, bundan sonra büyük ölçüde talep edileceklerdir.

2.5. Yüksek Performanslı Liflerin Karşılaştırılması

Yüksek performanslı lifleri üç gruba ayırabiliriz.

a-Nomex,PBI PPS gibi tekstil lifleri

b-Boron, Silikon, Karbon gibi inorganik özellikli lifler

c-Kevlar Aramid, Karbon, Polietilen ve Cam lifleri içeren aromatik lifler gibi yüksek dayanıklı ve yüksek modüllü lifler. Bir çok son kullanımda bu sınıflandırma Kevlar Aramidin, karbon, çok güçlü polietilen ve cam lifleri ile karşılaştırmamızı sağlar.

Bizim ilgilendiğimiz fonksiyonlar, mukavemet, basınç, sertlik, sıcaklık, denge, kimyasal ve solvent dayanımı, sürtünme direnci, yorulma direnci, yıpranma direnci, ateşe dayanıklılığı gibi son kullanma performansını etkileyen fonksiyonlardır.

2.5.1 Gerilme özellikleri

Tablo 6'da seçilen yüksek performanslı liflerin fiziksel özelliklerinin özetini gösteriyor.

Bazı özel liflerin dışında yüksek performanslı liflerin kopma direnci 20-35 gpd civarında ve modülü de 500-2500 gpd. Her ikisi de konvensiyonel liflerin bir çok katı olduğu görülür. Lif yoğunluğunu hesaplamak için spesifik gerilim spesifik modül bazında çeşitli liflerin tensile özellikleri en iyi şekilde karşılaştırılır.

2.5.2. Dayanıklılık

"Dayanıklılık, gerilme modundan lifin kırılması için gerekli olan iş olarak tanımlanır ve yük uzama eğrisinin altındaki alanın hesaplanmasıyla belirlenir. Yaklaşık olarak düz yük uzama eğrisine sahip olan lifler için dayanıklılığı eğrinin altındaki üçgenin alanından bulunur. Dayanıklı lif verilen bir güç karşısında daha fazla çekilmeye sahip olması veya verilen bir çekilmede daha fazla güce sahip olması beklenir. Dayanıklılığın önemi son kullanımlar ile değişir. Otomobil lastikleri, otomotiv hortumları, ipleri ve kabloları gibi yerlerde yüksek lif dayanıklılığı önemlidir." (Hearle, Lomas ve Cook 1989)

Karbon ve inorganik liflerin, gevrek liflerin, zarar görmeye yüksek dayanıklılıkları ve kullanılmaları zordur. Buna rağmen rijit kompozit yapılar için uygundur.

Aromatik lifler arasında dayanıklılık polyester, poliamid, heterosiklik polimer ve polimidlerin derecesinde azalır. Grup olarak aromatik lifler, jel-spin polietilen life karşı dayanıklılık ve kırılmada normal uzatılmaya sahiptirler. Karbon ve cam liflerinin Kevlar lifine karşı daha gevrek oldukları bilinir.

2.5.3. Kesilme özellikleri

Çeşitli yüksek performanslı liflerin kesme özellikleri iyi bir şekilde incelenmemiş ve de yayınlanmamıştır. Buna rağmen Kevlar liflerin, kesme özelliklerinin gerilme özelliklerinden daha zayıf olduğu bilinir. Karbon ve cam liflerinin kompozitleri Kevlar 49'unkinden daha fazla kesme direnci ve modül sergiler. Yüksek performanslı

polietilen lifi kompozitlerde yayınlanan balistik performans verilerine göre yüksek kesme özelliklerine sahip olduğu görülmektedir.

2.5.4 Isısal özellikler

"İnorganik ve karbon lifleri yüksek termal direnç sağlarlar. Örneğin cam lifleri 1200°C erime ısısına sahip iken karbon lifi 4000°C erime ısısına sahiptir. Aromatik polimidler, heterosiklik polimerler, poliamid, polyester ve polietilen ısıya karşı dayanıklılığına göre sıralanır.

Kevlar liflerinin ısı stabiliteyi karbon ve cam lifleriyle karşılaştırılmalarına rağmen kompozit bir çok uygulamada yeterlidir. Bunun tersine polietilen lifleri üretilmesinde ve kullanılmasında düşük ısıdadır. Bunun nedeni 147°C erime noktasına sahiptir." (Ward 1984)

2.5.5 Solvent direnci

Karbon lifi organik ve inorganik çözücülere en duyarlı olanıdır. Polietilen, aromatik, heterosiklik, poliimid, poliazometilen çözücülere karşı dayanıklıdır fakat birkaç özel çözücüde çözülürler. Aromatik polyesterin yüksek sıcaklıklarda yaygın olarak kullanılan çözücülere karşı daha az dirençli olmaları beklenir.

2.5.6. Etki dirençleri

Genel olarak kevlar lifleri ile güçlendirilen bileşikler, cam ve karbon liflerine göre yüksek etki direnci sergilerler.

Karbon lifleri yapısından dolayı (gevrek) zayıf etki direncine sahiptir. Bunu gidermek için daha pahalı ve yüksek dayanıklı karbon lifi kullanılabilir.

2.5.7. Yapışabilirlik

Kompozit yapılarıdaki matriks ve lif arasındaki bağ kompozit performansı ve hata mekanizmasını etkiler. İyi yapışma karbon ve cam lifleri ile güçlendirilmiş kompozitler için gereklidir.

Kevlar lifleri ile güçlendirilmiş kompozitlerde düşük adhezyon tercih edilirken, yüksek güçlü polietilenin iyi adhezyonu başarmasının zor olduğu rapor edilmiştir. Şu anda yapışmanın kompozit performansı üzerine etkisi bilinmemektedir

Tekerlekler, kayışlar, hortumlar gibi lif ile güçlendirilmiş mamüllerde iyi performans için genellikle iyi adhezyon gereklidir. Buna rağmen bu, liflerin yıpranması ve yorulması sebebiyle zordur.

2.5.8. Titreşim sönmeyici

Titreşim azaltıcı uçak ve kompozit yapılarında kullanılan malzemeler için istenir. Yüksek güçlü polietilen ve Kevlar lifi ile güçlendirilen malzemeler, karbon ve cam liflerinden daha iyi titreşim azaltırlar.

2.5.9 Işığa karşı sağlamlık

Işığa karşı sağlamlık, yüksek performanslı liflerin son kullanımında ortaya çıkan bir olay olduğu için kritik bir gereklilik değildir. Buna rağmen ışığa karşı direkt bağlı olan son kullanımlarda bu önemli bir faktördür. Bütün olarak inorganik ve karbon lifleri, aromatik liflerden daha iyi ışık stabilitesine sahiptirler. Bazı kopolimer lifler ve heterosiklik lifler kevlar lifinden daha iyi ışık stabilitesi sağlarlar.

2.5.10 Sürünme(CREEP)

Sürünme belli zaman içinde belli tansiyon altında lif uzunluğunun değişmesidir. Kevlar, değişik basınç ve sıcaklıklarda teknora lifinden daha az lif uzaması verir. İnorganik ve karbon lifleri, aromatik liflerden daha az uzama verir. Yüksek güçlü polietilenin en yüksek sürünmeye sahip olmasını bekleriz.

2.5.11. Boyutsal stabilite

Yüksek güçlü polietilenin stabilitesi bilinmemektedir. Fakat onun oldukça büzülmüş lif yapısı nedeniyle kevlardan daha zayıf olması beklenir.

Kevlar lifi çok düşük ısı genişlemesine ve yükseltelen sıcaklıklarda ihmal edilebilecek büzülmeye sahiptir. Karbon ve cam lifleri hem axial hem de radyal yönlerden farklıdır.

2.5.12. Yorgunluk direnci

Liflerin yorgunluk direnci için standart test yöntemleri mevcut değildir. Naylon ve polyester gibi geleneksel lifler benzer şartlar altında Kevlar liflerinden daha iyi davranırlar. Bundan bir sonuç çıkarabiliriz. Yorgunluk direnci, liflerin lateral yapısı ve sertlik ile ilişkilidir. Oldukça kristal, oldukça oryante olmuş liflerin normal liflerden belli yük altında daha hızlı yapısal çöküntü olması beklenir. Bu yüzden inorganik ve karbon lifleri, aromatik ve yüksek güçlü polietilenden daha zayıf dirence sahip olması gerekir.

2.5.13 Yıpranma direnci

Yıpranmadan oluşan yapısal zarar nedeniyle lif hatası olduğu zaman yıpranma direnci bazen yorulma direncine bağlıdır. Polietilen, aromatik polyester, aramid ve karbon gibi liflerde yıpranma direnci azalan yöndedir.

2.5.14. Yanma direnci

"Geleneksel liflerin yanma direnci yangın azaltıcı olarak, inorganik halojen substitution ile başarılmıştır. Bu lifler genellikle duman oluşmasıyla yanacaklardır. Aromatik kondenzasyon polimerleri grup halinde yandıkları zaman az duman üretirler. Alifatik-aromatik polimerler daha az dumanlı ve daha az alevli yanarlar. Aromatik polimerler arasında polibenzamidazoller, polioxazoller ve polimidler gibi heterosiklik polimerler çok yüksek yanma direnci sergilerler. Çizelge 5 çeşitli polimerlerin oksijen indeks limit değerlerini gösteriyor." (Anonim Du Pont 1985)

ÇİZELGE. 5 Oksijen İndeks Limit Değerleri (Kırayoğlu 1994)

POLİMER	Oksijen indeks limit değeri
PBI	41.5
MPD-BPDI	41.0
POP-BI	34-35
HOOCMPD-I	32-32.5
PPD-T	28.5-29
MPD-I	28.5-29
Naylon66	20.8
PET	17.1
Polietilen	16.5

Bu değerler LOI saptanmasında lif spesifikasyonları kullanıldığı zaman aynı olmak zorunda değildirler. Aromatik polimerler koruyucu oluştururlar ve yüksek LOI verme eğilimindedirler. Naylon, polyester ve polietilen, aromatik polimerlerden oldukça daha az yanma direncine sahiptir. Karbon lifleri sadece yüksek sıcaklıkta yanacağı için yanma dirençli olduğu düşünülmelidir. Yüksek güçlü polietilen lifleri yanmaya dayanamayacak kadar çok düşük sıcaklıklarda eriyecektir.

2.5.15 Nem kazanma özellikleri

Yüksek güçlü polietilen hidrofobdur ve çok düşük nem kazanmaya sahiptir. Diğer organik lifler gibi kevlar, cam lifi ve karbon lifinden daha fazla olan % 3-6 nem kazanmaya sahiptir. Yüksek nem kazanma kompozit uygulamalarda istenmez. Çünkü ilave ağırlık ve ara fazın bozulmasına yol açar.

2.5.16 Kompozit davranışı

"Liflerin yapı ve dayanıklılığı nedeniyle master batches, kasketler ve sürtünme türlerinin yapımında kullanılan kevlar pulp ve elastomerlerin karışımı yapılabilir. Bunun zıttına yüksek kesme karışımı sırasında kırılmaya eğilimli gevrek oldukları için karbon ve cam lifleri çok sıkı birleştirilemezler." (Karahan 1994)

2.4.17 Balistik enerji absorpsiyonu

Balistik yapıların enerji absorpsiyonu davranışı lif özelliklerine bağlıdır. Karbon lifleri zayıf enerji absorpsiyonuna sahiptir ve balistik uygulamalar için uygun değildir. Çünkü oldukça gevrekler. Kevlar 29 ve 129 oldukça düşük olan yoğunluğunda

iyi enerji emerler. 1970 in ortalarından beri onlar yumuşak ve sert koruyucular için çok kullanılan liflerdir.

Buna rağmen cam lifi yüksek olan yoğunluktaki kompozitlerde iyi balistik performans yaparlar. Çok yakında yüksek güçlü polietilen liflerinin kapasiteleri mükemmel enerji emme ve iyi balistik dirence sahip oldukları gösterilmiştir. Böyle yüksek performans, polietilenin hafif ağırlığına, yüksek modülüne ve yüksek dayanıklılığına bağlanabilir.

ÇİZELGE.6 Yüksek Performanslı Liflerin Karşılaştırılması

LİF TİPİ	yoğun- luk (g/cc)	mukavemet gpd(GPa)	uzama (%)	modül gpd(GPa)	spesif. mukav. N/tex	spesif. modül N/tex	lif inceliği mm	max kullanım sıcaklığı (°C)
Kevlar 29	1.43	23 (2.9)	3.6	550 (70)	8.8	2.1	12	250
Kevlar 49	1.45	23 (2.9)	2.8	950 (135)	8.8	3.6	12	250
Kevlar 119	1.44	24 (3.1)	4.4	430 (55)	9.2	1.6	12	250
Kevlar 129	1.45	26.5 (3.4)	3.3	780 (99)	10.1	3	12	250
Kevlar 149	1.47	18 (2.3)	1.5	1100 (143)	6.9	4.2	12	250
Nomex	1.38	5 (0.6)	22	140 (17)	1.9	0.5		250
Technora	1.39	27 (3.3)	4.3	570 (70)	10.3	2.2	12	250
Ekonel	1.4	31 (3.8)	2.6	1100 (136)	11.8	4.2		150
Vectran	1.47	25 (3.2)		700 (91)	9.6	2.7		150
PBI	1.43	3.1 (0.4)	30	45 (5.7)	1.2	0.2		250
PBT	1.57	25 (3.5)	1.3	2690 (373)	9.6	10.3		350
PBO	1.57	24.6 (3.4)		2930 (406)	9.4	11.2		350
AB PBO	1.44	24.6 (3.1)		2430 (309)	9.4	9.2		350
Spectra 900	0.97	30 (2.6)	3.5	1400 (120)	11.5	5.3	38	100
Spectra 1000	0.97	35 (3.0)	2.7	2000 (171)	13.4	7.6	28	100
Thornel	1.8	10.8 (1.7)		1940 (308)	4.1	7.4	4-8	500
P55 Med M Thornel	1.96	10.8 (1.86)	0.38	3300 (517)	4.1	12.6	4-8	600
P100 HM Celion	1.8	25 (4.0)	1.8	1440 (230)	9.6	5.5		500
3000 HS Boron	2.5	11.6 (2.55)	1.0	1800 (400)	4.4	6.9	33- 140	2000
SiO	2.8	16 (4.0)	0.6	1700 (420)	6.1	6.5	10-12	1300
Alumina	3.25	6.3 (1.8)	1.2	730 (210)	2.4	2.8	17	1200
Nextel	2.5	7.8 (1.72)	2	690 (152)	3.0	2.6	13	1200
E glass	2.55	11.6 (2.6)	3	320 (72)	4.4	1.2	5-25	350
S glass	2.48	21.9 (4.8)	5.3	390 (85)	8.4	1.5	5-15	300
Steel	7.8	11 (7.6)	4.8	220 (150)	4.2	0.8		500
Dacron	1.38	9.2 (1.1)	15	115 (14)	3.5	0.4	25	150
Naylon 66	1.14	9 (0.9)	19	50 (8)	3.4	0.2	25	150

2.6. Kurşun Geçirmez Kumaşlar

"Kurşun geçirmeyen engeller poliaramidler ve yüksek mukavemetli polietilenler, Evimizdeki plastik sūrahide kullanılan malzemenin aynısı. Bu iki malzeme çeşitli biçimlerde işlenerek sonuçta çelikten daha fazla dayanma gücüne erişebilir. Balistik kumaşlar belirli derecede esnekliğe de ihtiyaç duyarlar. Bu sayede esnemelerine paralel olarak kurşunun enerjisini de absorbe ederler. Böylece gittikçe yavaşlayan kurşun sonunda durur. Yelek kurşunu durdurduğu gibi kurşunun vuruş darbe ve sarsıntısını güvenli bir düzeye getirir." (Kappeli ve Gorp 1990)

Balistik kumaşlar mutlaka yüksek dalga kesme hızına sahip olmalıdır veya başka bir deyişle darbe noktasından enerjiyi hızlı bir şekilde kumaş boyunca aktarmalıdır. Balistik kumaşlar dokunarak elde edilir

Belli bir hızda giden kurşunu durdurabilmek için belli bir yoğunlukta ve ağırlıkta balistik malzemeye ihtiyaç vardır. Yeleklerin performans standartları Amerikan Ulusal Adalet Enstitüsü tarafından tayin edilmektedir. Bu yelekler yumuşak kurşunlu tabanca mermileri için dizayn edilmiştir. Bu kurşunlar bir dirençle karşılaştığında mantar halini almaktadır.

Yelek, taşıyıcı adı verilen harici bir kabuğa sahiptir. Bubalistik paket bunun içerisinde yer alır. Bunların yanında da sıkıştırma işlemi için bir kemer mekanizması vardır. Göğsümüze vuran kurşun vuruş noktasında balistik malzemeyi içe doğru eğmektedir.

"Özel balistik koruma sadece taşıyanın hareketliliğini çok fazla daraltmazsa iyidir. İyi bir koruma kıyafeti hafif olmalıdır. Bu konuda geçmişe göre yeni ürünlerle gelişim oldu. Bunlar çelik, naylon ve son unda para Aramid lifi. Devlet analizleri harp olaylarında ölmüş yada yaralanmış olan kişilerin çoğunlukla ufak ve az enerjili parçalardan oluştuğunu gösterdi. " (Dam ve Marko 1990)

Hafif balistik koruma kıyafetleri yaralanma sayısını bütün dünyada 1/3'e indirmiş ve bütün dünyada askeri ve polis güçlerinin güvenini kazanmıştır. Bu konuda son senelerde çok önemli adımlar atılmıştır.En önemli nitelik elastik ve dayanıklı oluşudur. Yeni Kevlar para Aramid lif bu iki niteliğe sahip , En yeni işleme metotları ile hafif ve rahat koruma kıyafetleri yapılabiliyor.

Bu korunma kıyafetleri değişik alanlarda kullanılıyor. Örneğin kesilmeme, kurşun geçirmeme ev yıpranmama gibi. Bu özellikler yeni 'DYNEEMA' polietilen liflerinde var.

Dyneema iplikleri çok iyi olan tekstil makinalarında işlenebiliyor. Tek yada başka liflerle beraber motor kasnaklarında da kullanılıyor. Balistikte mermiye karşı korunma için önem taşıyor ve bu nitelik Dyneema da olduğu için kurşun geçirmeyen yelek, kask v.s. de kullanılıyor.

Korunma yeleği çoğunlukla çelikten, 1970 lerden itibaren Almanyada polislerde kullanılıyordu. Kullanılan yelek az sayıdaydı, çünkü yelekler çok ağırdı ve polisler giymek istemiyordu. 1970 ile 1980 arasında Almanya polisine değişik yelekler sunuldu. Çünkü aramid lifinden çok daha hafif yelekler yapılabilirdi. 1979 da dört değişik alanda kullanılan yelekler polise ve askeriyeye sunuldu. 1988de yeleklerin dayanıklılığı denetlendi. Eski yelekler yenilerine göre daha uzun süre dayanıklıydı. Görevlilere az sayıda silahlı saldırı olduğu için bu güne kadar az sayıda görevlinin hayatı çelik yelek sayesinde kurtuldu.

Tenfor özel nitelikli yeni bir organik lif. Tenforun ana maddesi orta molekül ağırlığında polietilen polimer, Bu lif yüksek kimyasal direncinden ve dayanıklılığından dolayı koruma kıyafetleri endüstrisinde çok iyi olarak kullanılıyor.

2.7. Liflerin ince Yapılarının Saptanmasında Kullanılan Yöntemler

Lif maddelerinde polimer yapıları birçok değişik yöntemle saptanabilir. Birçok spektroskopik yöntem ve çözelti özellikleri zincir yapısı ile ilgili bilgiler verir, fakat kristal yapısını vermezler. Bunun için elektron saçınım, nötron saçınım ve X-ışın yöntemleri kullanılır. Bu yöntemler yaklaşık olarak aynı bilgiler verirler. Ancak deneylerin uygulanabilirlikleri bakımından en uygun ve kolay olanı "X-ışını" yöntemidir. Gerek deneysel ve gerekse teorik hesaplamalar için X-ışın yöntemini geniş açılı ve küçük açılı X-ışın saçınımı diye ikiye ayırmak yararlı olur. Geniş açılı saçımında Bragg saçınım açısı 20°-90° ye kadar olan açılar için polimerde etkili olur.

2.7.1. X- Işınları

X-ışınların elektromanyetik spektrumun dalga boyu 0,1-100 Å° olan bölgesidir. Bu ışınların üretilmesi için hedef olarak alınan element atomları hızlandırılmış elektron

demetiyle ışınlandırılır. Elektrotlar en iç yörüngelerinde (K, L gibi) bir elektron koparılır ve bu elektronun yeri daha dıştaki yörüngelerdeki elektronlar doldururlar. Elektron geçişi meydana gelirken yörüngeler arası enerji farkı nedeniyle ışınlama olur. Bu ışınlar X-ışınlarıdır. Elektronun bir yörüngeden diğerine geçişi tamamlanmış seçici kurallara göre olduğundan her element için kendine özgü dalga boyu ve şiddetinde x-ışını karakteristik pikleri elde edilir.

"X-ışınları elde etmek için tungsten filamentinde (tel) 12-20 voltluk gerilimi elde edilen elektronlar, hedef atomuna atomun elektron bağlama enerjisine bağlı olarak 10 kv tan daha yüksek gerilimle gerdilir. Eğer elektronları gönderme voltajı düşük ise dış yörüngelerdeki elektronlar koparlar ve beyaz süre ışın denilen çok dalga boyulu ışınlar elde edilir." (Hearle 1982)

X-ışınları gözle görünmez, doğru boyunca yayılır, fotoğraf filmlerinde görülen ışınlar gibi etkiler ve bir çok ortamda kolayca geçebilen yüksüz elektromanyetik ışınlarıdır. Madde içinden geçtiklerinden, maddenin niteliği, kalınlığı (+) ve ışının dalga boyuna bağlı olarak soğrulur.

X- ışınları maddeyle etkileşince saçınımına uğrar, saçınan ışın şiddeti yansımalarının yapıldığı yüzeydeki elektron yoğunluğuna bağlıdır.

2.7.2. Kristal Yapısı ve Kristal Sistemleri

Verilen polimerlerde, atom veya moleküller düzenli olarak kullanılmışsa (iç düzenlilik) polimer- kristal yapıdır denir. Böyle bir düzenlilik için polimer-zincirinin düzenli bir yapıda ve zincir yığınmasının da düzenli olması gerekir. Kristal matriksinin (üç boyutlu) olarak kaydırmayla tekrarlanabilen en küçük hacim parçasına birim hücre denir.

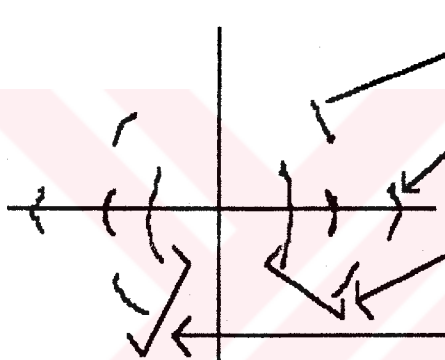
Birim hücre kapalı bir kutu gibi olduğundan belirlenmesi için kenar uzunluğu ve üç açı olmak üzere altı parametre kullanılır. Bu parametrelerin kombinasyonlarıyla yedi bağımsız hücre türü elde edilir. Bunlara kristal sistemleri denir.

2.7.3. Polimer Yapısının Geniş Açı X Işını Yöntemi ile Karşılaştırılması

Üç boyutlu kristal yapı analizi için 0,1-0,5 mm veya daha büyük boyutlu tek kristalin kullanılması zorunludur. Bu kristalin aynı zamanda hiç bir safsızlık ve düzensizlik içermemesi gerekir. Polimerler için bu tür tek kristallerin elde edilmesi güç

olduğu için iyice yönlendirilmiş polimer fiberleri kullanılır. Fiberlerin x-ışın fotoğrafları tek kristallerin dönüş fotoğrafı gibidir.

Polimerik maddelerin diğer bir özelliği molekül titreşiminin büyük olmasıdır. Bunun için teorik hesaplamada kullanılan sıcaklık titreşim katsayısı (B) normal organik moleküllerde 5-10 arasında değiştiği halde polimerlerde 15-20 değerlerindedir. Bu bir çok yansımanın görülmesine veya çakışmasına neden olur. Elde edilen yansımalar zincirlerin uzanım yönünde ve tekrarlanan birimleri için olur.

Geniş açılı X ışını resmi	Difraksiyon resmindeki değişimler	Numune Yapısının Özellikleri			
		Küçük boyutlu kristaller	Oryantasyon derecesi	Kristal kafesteki şekil bozukluğu	Amorf yapının bulunması
		Çizginin genişlemesi	xxx		xx
		Yansımaların ark uzunluğu		xxx	
		Bragg açısındaki değişim	x		xxx
		Şiddetli zemin yansıması			

ŞEKİL. 22 Lif Yapısının Röntgen Filminden Analizi (Hearle 1982)

2.7.4. Optik Mikroskop

Kullanılan analitik incelemelerin geçmişi ışığı yansıtan mikroskoplar katı ve saydam olmayan polimerlerin yapısını göstermekte kullanılır.

Bazı materyaller ince bir film halinde hazırlanırlar. (Mikroskop camına bir kalıp halinde yerleştirilir.) Bu şekilde çok küçük ayrıntılar görülebilir. Polarize ışık mikroskobu ve zıt fazlardan yararlanan mikroskoplar en çok kullanılan tekniklerdir.

Polarize ışık mikroskobunun avantajı, kristalli maddelerin polarize ışık düzlemini döndürme yeteneğine sahiptirler. Zıt fazlardan yararlanan mikroskoplar (Zıt faz mikroskobu) değişik reflektif indekslerine sahip ışığın absorpsiyonuna göre liflerin daha fazla yapısal özelliklerini gözlemeye daha fazla müsaade ederler. Basit ışık ve polarize ışık mikroskopları lifleri analiz etmekte kullanılırlar.

2.7.5. Taramalı Elektron Mikroskop (SEM)

Geçen 1960 larda taramalı elektron mikroskobu çok miktarda kullanıldı. Çok amaçlı aletlerdir ve kullanılması kolaydır. Bu mikroskoplar polimerleri incelemeye kullanılır. Fakat bazı kısıtlamalar vardır. Eğer madde iletken olmazsa yüksek enerjili elektronların parlamasından dolayı yapısal zararlar meydana gelir. Bunlar kumaşların yüzeyleri hakkında çok iyi bilgi verir. Polimerik örnekler çok dikkatle ve üstte belirtilen problemleri önleyecek şekilde hazırlanmalıdır.

SEM lif kırıkları ve yapısal değişimleri büyük bir detay içerisinde inceleme imkanı verir. SEM' in ilave avantajları da örneği her yönden incelemek ve geniş bir alanı büyütme yeteneğidir.

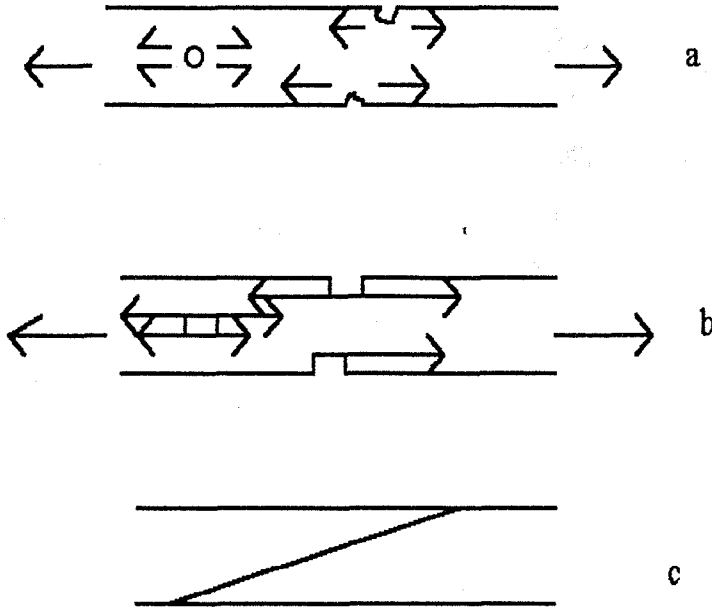
SEM mikroskobunda elektronlar elektron tabancası tarafından üretilir. ve kolondan aşağıya doğru geçen bir kiriş oluşturur ve örnek üzerinde parlar. Örnekler mikroskobun içindeki örnek odasına yerleştirilmiş tutuculara koyulur. Tutucuların boyutu örnek boyutlarına bağlıdır.

Şarj problemlerini halletmek için lifler tutucuya yerleştirildikten sonra ince iletken bir yüzeyle kaplanır. Altın kaplama için en uygun bulunmuştur.

2.8. Yüksek Performanslı Liflerde Görülen Eksenel Çatlaklar

Para-aramid Kevlar ve Yüksek modüllü polietilen gibi aşırı yönlendirilmiş, aşırı şeffaf çizgisel polimer lifleri çok yüksek direnç (2 N/Tex veya GPa dan daha fazla) ve çizgi gibi bir çizgisel basınç gerginlik eğrisi gösterir.

Lif kusursuz homojen ve katışıksız gerilimle karşı karşıya olsaydı, lif eksenlerine karşı basınç ve bundan dolayı da eksensel çatlama için herhangi bir neden olmazdı. Ancak lifin yüzeyinde veya içinde herhangi süreksizlik veya kusur varsa bu Şekil 23(a) da gösterildiği gibi kırılma gerilimine sebep olacaktır. Lif üzerindeki yük artınca, kırılma gerginliği, sonuç olarak enine kenetleyici güçleri alt ederek ve eksensel bir çatlak oluşmasına sebep olarak artar.

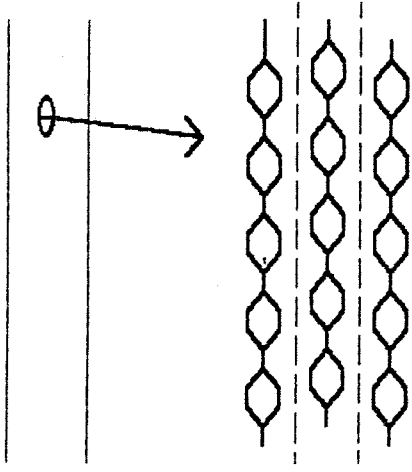


ŞEKİL. 23 Lifte görülen çatlaklar

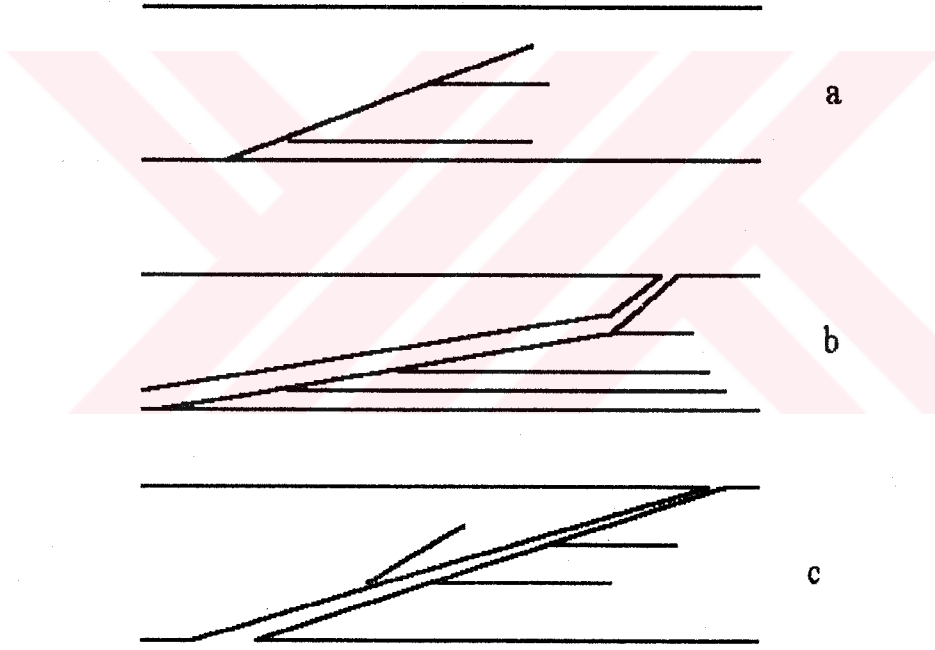
- a- kopukluklarda kırılma gerginlikleri
- b- tekil veya çoğul kırılma gerginlikleri
- c- lif eksenine açı teşkil eden çatlak

Şekil 23(a) Gerilim altında olan bir lifteki kopukluklarda kırılma gerginlikleri. (b) Tekil veya çoğul çatlaklara sebep olan kırılma gerginlikleri. (c) Lifte çaprazlama devam eden bir çatlak meydana getiren lif eksenine açı teşkil eden çatlak .

Çatlak hafifçe eksen dışında ise bu sonunda lifi geçer ve bir kopmaya neden olur. Şekil 23(c). Şekil 23'de şema halinde gösterildiği gibi, birbiriyle bağlantılı moleküller içindeki atomlar arası paylaşılan elektron çiftlerinin teşkil ettiği bağı, geniş ölçüdeki gerginlik gerilimi kırmadan önce küçük bir kırılma gerginliği bile moleküller arası zayıf bağı yeneceğinden , böylece aksama meydana gelir. Aradaki fark yapısal kopuklukla vurgulanabilir.



Şekil.24 Moleküller arası bağlara tezat teşkil eden lif eksenine paralel güçlü atomlar arası paylaşılan elektron çiftleri arasındaki bağın şematik resimlemesi.



ŞEKİL 25 Lifteki kusurdan dolayı meydana gelen çatlak

Gerilim kopukluklarının çoğunda, diğer uç tek bir çatlama sergilerken, bir ucun bir çok çatlak sergilediği bulunmuştur. Bu, maddedeki herhangi asimetriklik veya test yönteminden değil ama geometrinin bir sonucudur. Şekil 25 (a) da yüzeydeki bir kusurdan tek bir çatlak oluşur ve ondan sonra bir çok çatlak vermek üzere çatallaşarak bölünür. Bununla beraber, Şekil 25 (b) deki gibi bir ucu tek bir çatlak, diğerine bir çok

çatlak vererek, bütün çatlaklar aynı hızla oluşursa, dışarda olan lifin ucuna ilk önce ulaşmalıdır. İçteki çatlaklardan birisi daha hızlı gelişse bile, bu her iki uçta çok çatlaklı basit oluşum değil, ama Şekil 25 (c) deki gibi bir uçta yeniden araya giren çatlaklarla, daha karışık bir şekil olur.

Şekil 25 (a) Bütün çatlakların aynı hızla üredığı, lifin bir ucundaki çatallanmayla ilgili üreyen çatallanma (b) yarıлма diğer uca vardığında, kırılmanın bir ucunda tek yarıлма ve diğer ucunda ise çok yarıлма vardır.(c) İçteki çatlaklardan birisi daha hızlı gelişirse, kırılan liflerde değişik bir yarıлма şekli gözlemlenir.

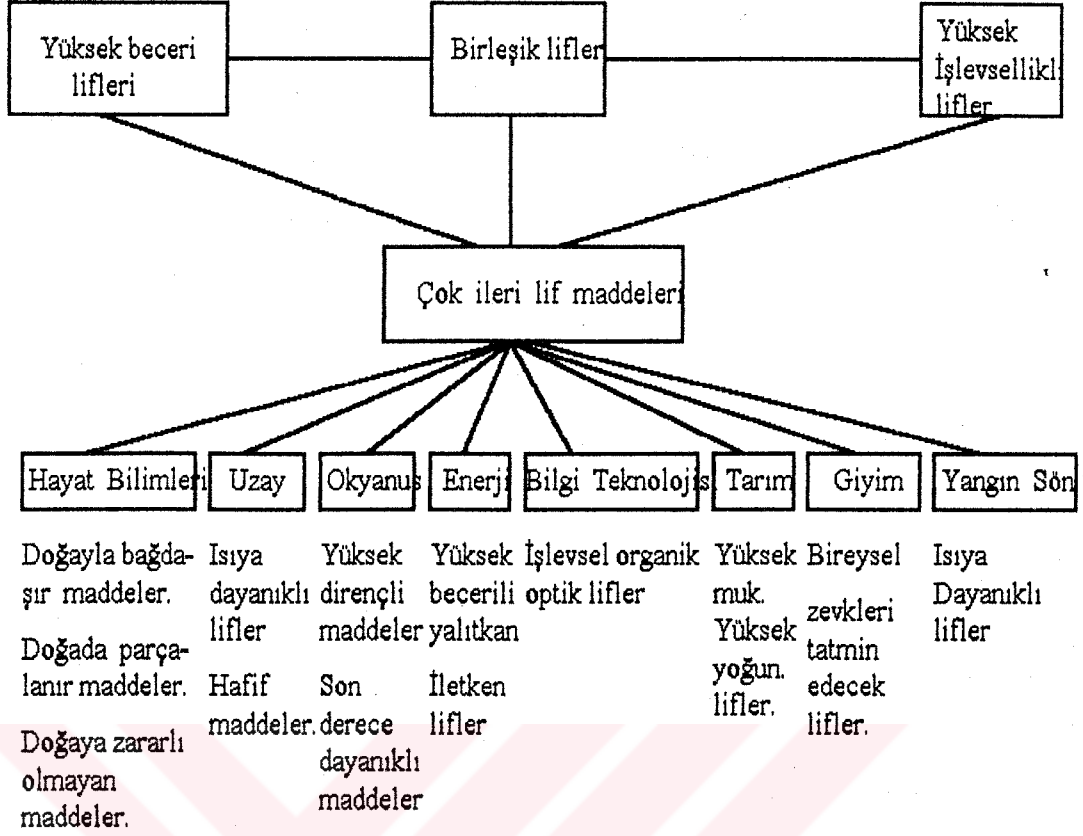
2.9. Yüksek Performanslı Liflerin Geleceği

"Yüksek performanslı lifler şimdi uzay teknolojisi, otomobil teknolojisi, okyanusla ilgili gelişmeler, optik şebekeler, boş zamanlar sanayisi ile güvenlik/korunma giysileri ve sürtünme maddeleri gibi maddelerin üretiminde geniş olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar başlıca madeni kısımların yerine geçmek ve enerji kullanımını sınırlı tutmak amacıyla yükün azaltılması içindir. Bundan dolayı hafif yüksek mukavemetli lif maddelerinin geliştirilmesine acilen ihtiyaç vardır. Yüksek performanslı lif giyim eşyası alanına uygulanmak maksadıyla çözülmesi gereken çeşitli sorunlar var. Yüksek performanslı liflerin uzaması (% 3-4) dır. Bu da onların giysi imalatı potansiyelini azaltır. Onların giyim rahatlığı özelliği iyi değildir, sürekli boya da tutmaz daha şekilsiz bölgeler saydam sıvıda eğrilmiş liflerin boyanması için en kullanışlı olduğundan, yüksek performanslı lifler renk alanını ve renk parlaklığını sınırlayan renklerle karıştırılarak boyanabilir. Yüksek performanslı lifler moda sanayisinde kullanılmak için çok fazla pahalıdır. Bundan dolayı yüksek performanslı lifler uygulama alanını eşsiz fizik niteliklerinden yararlanılarak giyim dışında bulmalıdır. Böylece yüksek performanslı lif için gelecekteki beklentiler mukavemet ve modül bakımından daha ileri düzeyde yüksek-beceri gelişmesine bağlıdır. " (Tasuya ve Phillips 1990)

Mukavemet ve modülü sınırlayıcı değerler her sentetik lif için kuramsal olarak hesaplanabilir. Her ne kadar gözlenen değerler ölçüm yöntemiyle gelişirse de , aramid lifin (KEVLAR 49) modül ve mukavemeti kendi kuramsal değerinin % 90 ile % 17 sine

ulaşabilir. Polietilen gibi daha az katı polimerler durumunda şimdiye kadar ulşılan azami mukavemet, kuramsal sınırlayıcı değerin yaklaşık % 10'u dur. Gerçek ve kuramsal değerler arasındaki mukavemet farkı hala büyüktür ve bir çok araştırmacı bu boşluğu azaltmak ve en sonunda kuramsal olarak ön görülen sınırlayıcı değere yakın modül ve mukavemete sahip lifleri üretmek için yarışmaktadırlar. Sonucu, beklenmedik şekilde geniş bilim ve teknoloji alanını etkileyecek olan, bu şeyi başarmak için yarışma var. Yalnız yüksek beceri değil ama aynı zaman yüksek işlevsellik katmak için de bundan başka yeni maddeler de geliştirilecektir. ACM molekülsele alaşımların, özellikle bu sonuncu alanda da etken ilerleme yapması beklenilmektedir. Molekülsele alaşımlar, güçlendirici etkileri makroskopik liflerden olan güçlendirici malzemeleri molekülsele olarak dağılmış katı makromoleküllere mikronize ederek onların güçlendirici etkilerini artıracığından özellikle ilgi çekicidir. Katı ve esnek makromoleküllerin molekülsele bir bileşigi organik maddeler arasında bu güne kadar bulunmuş en yüksek ısıya dayanıklılığı(500° c de kararlı)sergiledi. Deighton Üniversitesinden profesör Deighton da aliminyumdan daha üstün bir beceriye sahip bir molekülsele alaşım geliştirdi.

Lifler alanında doğanın bize öğreteceği hala pek çok şey var. Bir lif saydam ve amorf bölgelerden oluşur, ama doğal liflerdeki amorf bölge özellikle hala belli değildir. Bir ipek böceğinin tam bir enerji tasarrufuyla eğirmesini nasıl üstlendiğinin ayrıntıları hala esrarını korumaktadır. Bu sentetik lifleri yeni işlevler ve insan giysileri için geliştirmek bakımından, doğal liflerin temel işlevleri hakkında daha fazla şeyler öğrenmemiz gerçeğine işaret eder. Yüksek beceri ve yüksek işlevselliği olan lif maddelerine olan istek rahat insan faaliyetini desteklemek için artacaktır. Eğer "süper-ötesi lif" ile bunula ilgili uygulamalar teknolojisi kurulabilirse, ortaya çıkan sanayi yapısı sosyal çevreyi daha büyük bir şekilde etkileyebilir. (ŞEKİL 26) Belli lif işlevlerini tasarlamak ve böylece ideal lifi üretmek için yeni bir lif bilimi sistemi kurulmalıdır. Köklü bir araştırma bu gelişmeleri desteklemelidir. Doğal polimerlerin incelenmesinin bizi yeni yüksek işlevselliikli polimerlere sevkdebileceği şimdi açıkca ortaya çıkmaktadır. Örneğin doğal polimerler hakkındaki bilgi şimdi yeni doğayla bağdaşır polimerlerin gelişmesine götürmektedir.



ŞEKİL. 26 İleri Lif Maddelerinin Gelişimi (Tasuya ve Phillips 1990)

Bu teknolojinin uluslararası geliştirilebilmesi için avrupa, Japonya ve ABD'de daha iyi ve daha etkin bir sanayi-üniversite-devlet işbirliği sistemine ihtiyaç duyuluyor. Yüksek öğretim sistemleri de lif bilimi alanında daha fazla araştırmacı eğitmelidir. Lifi büyük bir potansiyeli ve insanın hizmetinde yararlanılması ve uygulanması gereken henüz bilinmeyen işlevleri var.

3. MATERYAL ve METOD

Bu çalışmanın temel amaçları şunlardır.

1. Yüksek performanslı Dyneema liflerinin mekanik performansının (Kopma mukavemeti, Kopma uzaması, Modül) bulunması.
2. Dokuma işlemi sonucunda lif performansındaki değişikliğin incelenmesi.

Dyneema liflerinin mekanik performansına dayanarak liflerin, ipliklerin ve kumaşların çekme deneyleri yapılmıştır. Deneyler bobindeki liflerden (dokunmamış) ve kumaştaki değişik bölgelerdeki lifler seçilerek yapılmıştır. Çekme deneylerinde önce lifler çekilmiş daha sonra iplik numuneleri çekilmiştir. Kumaş numuneleri Instron test aletinin çenelerine tutturulamamış ve deney esnasında çenelerden kaymıştır.

Deneylerin ikinci bölümü TÜBİTAK MAM (Marmara Araştırma Merkezi) Malzeme bölümünde yapılmıştır. burada yapılan deneyler Optik mikroskop, SEM(Elektron taramalı mikroskop) ve X Işınları difraksiyonu deneyleridir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan DYNEEMA lifleri, DSM firmasından, lifleri yapıştırırmada kullanılan EPOXY, LOCTITE firmasından sağlanmıştır.

3.1.1. Lifler

Deneylerde 2 tip lif kullanılmıştır.

1. DYNEEMA SK60 İpliği 400 filament içerir. İnceliği 440 dtex'tir.

Lifin teknik özellikleri

Kopma Mukavemeti= 2.8 N/tex

Kopma Uzaması = % 3.5

Modül = 91 N/tex

İncelik = 0.141 dtex

2. DYNEEMA SK66: İpliği 400 filament içerir. İnceliği 440 dtex'tir.

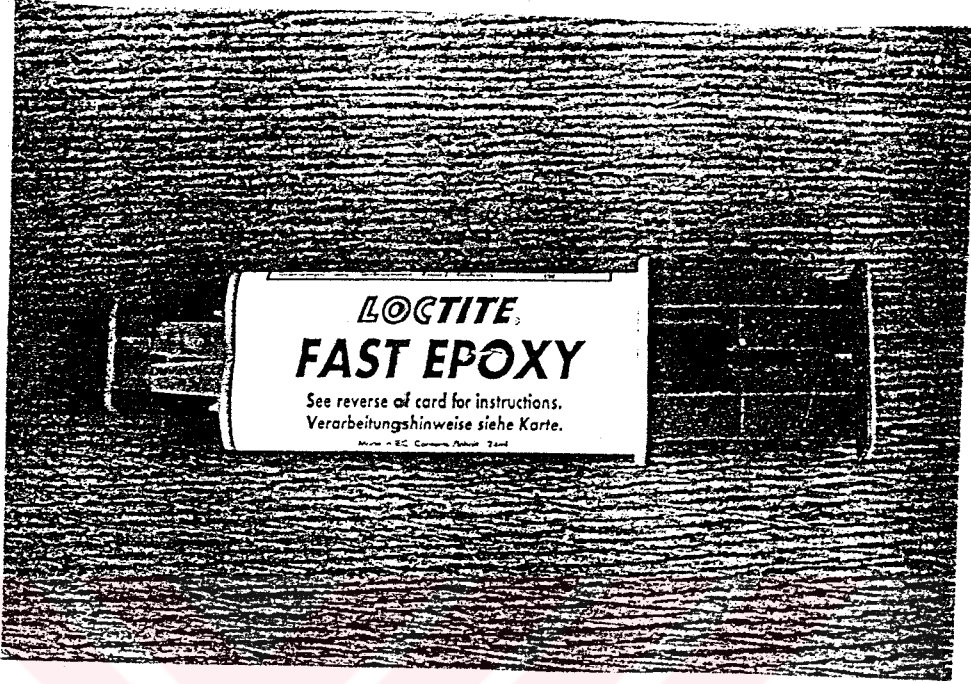
Lifin teknik özellikleri:

Kopma Mukavemeti= 3.3 N/tex

Kopma Uzaması = % 3.7

Modül = 101 N/tex

İncelik = 0.141 dtex



RESİM.1 Deneylerde kullanılan EPOXY yapıştırıcı

3.1.2 Kumaşlar

1. DYNEEMA SK65 : Lif ve İpliklerin testleri yapılmıştır. Kumaş halinde yapılan teste başarılı olunamadı

Kumaş özellikleri:

Atkı sıklığı = 10 tel/cm

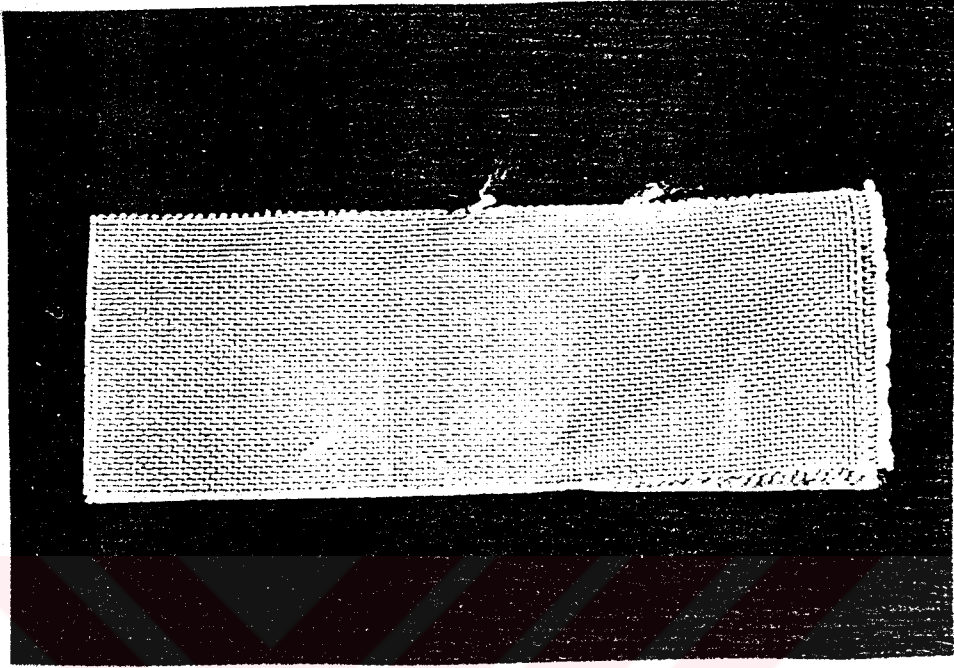
Çözü sıklığı = 10 tel/cm

Atkı numarası = 1760 dtex

Çözü numarası = 1760 dtex

Gramaj = 365 gr/m²

Doku şekli = Bezayağı



RESİM.2 Deneylerde kullanılan Dyneema SK65 kumaşı

2. DYNEEMA SK66: Lif ve İplik halinde testleri yapılmıştır. Kumaş halinde yapılan testte başarılı olunamadı.

Kumaş özellikleri:

Atkı sıklığı = 17 tel/cm

Çözümlü sıklığı = 18 tel/cm

Atkı numarası = 440 dtex

Çözümlü numarası = 440 dtex

Gramaj = 170 gr/m²

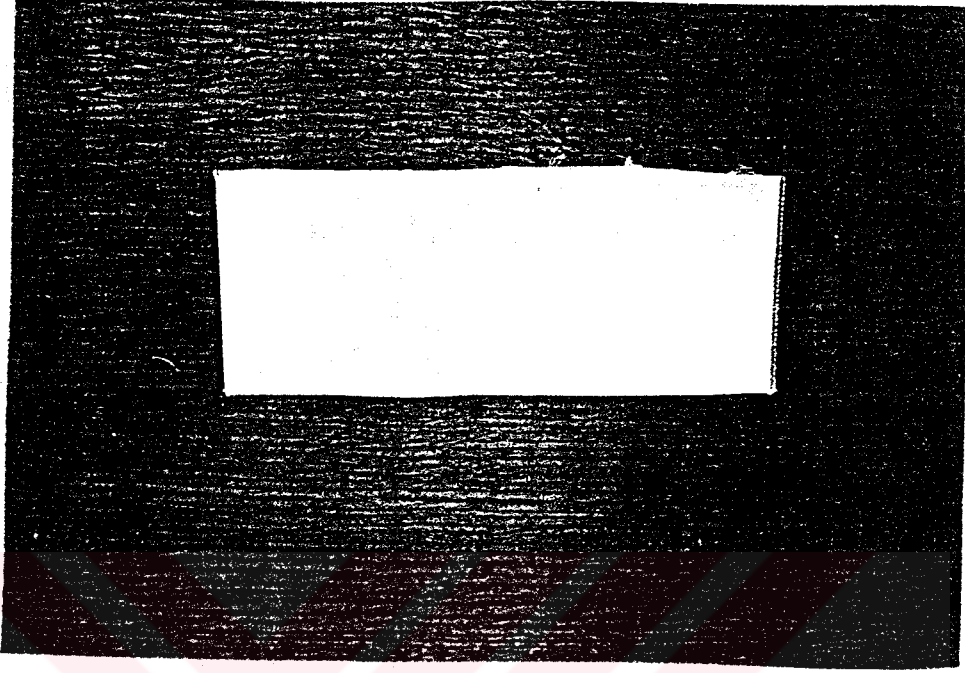
Doku şekli = Bezayağı

Lif özellikleri:

Kopma mukavemeti= 3.3 N/tex

Kopma uzaması = % 3.7

Modül = 101 N/tex



RESİM.3 Deneylerde kullanılan Dyneema SK66 kumaşı

3.2. Metod

Yapılan deneyler üç aşamada gerçekleştirildi

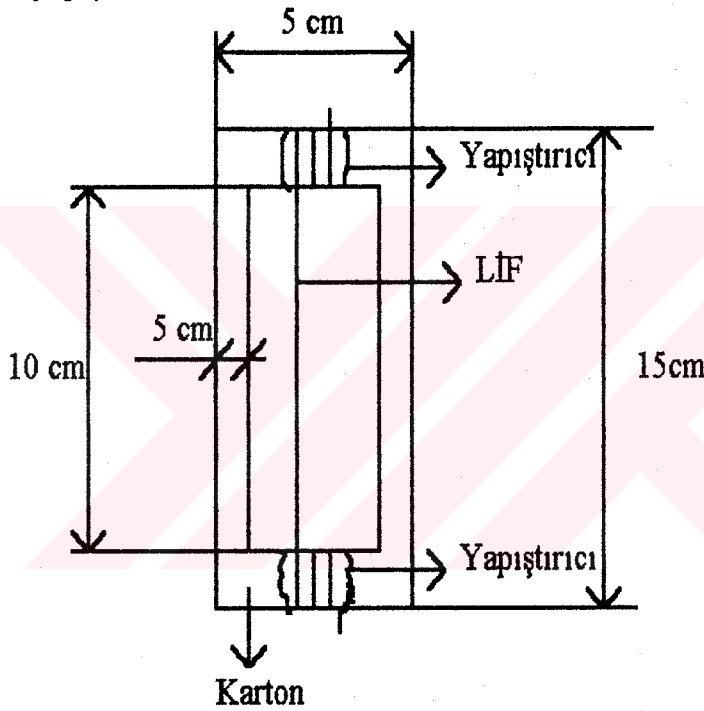
1. Kopartma deneyleri : Dyneema liflerinin mekanik performanslarının bulunması için yukarıda anlatılan şekilde numuneler hazırlanıp lif çekme özellikleri için standart test metodu olan ASTM D-3822-82 standartlarıyla bulunmuştur. Çeneler arasındaki mesafe lifler için 100 mm, iplikler için 500 mm, kumaşlar için ise 3 inç (75.6 mm) alınmıştır. Ölçümler 4301 model instron makinasında sabit çekim hızında (25 mm/dak), standart ortam şartlarında (21°C ve %65 relatif nem) gerçekleştirilmiştir.

2. Mikroskobik deneyler: Bu deneylerde liflerin yüzeyi ve kesiti hakkında bilgilenmek ve bunların fotoğraflarının çekilmesi şeklinde gerçekleştirildi. Bobinden ve Kumaştaki değişik bölgelerdeki lifler optik mikroskop ve SEM (elektron taramalı mikroskop) altındaki görüntüleri incelenip fotoğrafları alındı.

3. İnce yapı deneyleri: Liflerin ince yapısının hakkında bilgi sahibi olmak için X ışınları deneyleri yapıldı. Deneyler PHILIPS Morris makinasında Cu/Ni filtre altında incelendi elde edilen kristalizasyon pikleri alındı.

3.2.1. Kullanılan Cihazlar ve Ekipman

Liflerin ve ipliklerin çekme deneyleri için 4301 model Instron test makinasında yapıldı. Dyneema lifleri yüksek mukavemetleri ve düşük sürtünme katsayılarından dolayı Instron çekirme çenelerine tam olarak tutturulamazlar. Bunun için Şekil 26 da görüldüğü gibi özel olarak hazırlanmış kartonlar üzerine lifler epoxy ile yapıştırıldı.



ŞEKİL. 26 Liflerin Kopartılmasında Hazırlanan Örnek

TÜBİTAK MAM da yapılan SEM (elektron taramalı mikroskop) deneylerinde numune lifler özel olarak altın tozu ile kaplandı , X ışınları deneylerinde ise özel olarak hazırlanmış parçalar üzerine lifler yerleştirilip test edildi

3.2.2. Değerlendirme Metodları

Yukarıdaki deneylerden elde edilen sayısal veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Dokunmuş ve dokunmamış liflerin kopma mukavemetleri, kopma uzamaları ve modülleri varyans analizi kullanılarak analiz edilmiştir. Diğer

deneylere elde edilen fotoğraflar subjektif olarak değerlendirilmiştir. X ışınlarından elde edilen kristalizasyon pikleri ise piklerin dar veya geniş olarak oluşup oluşmadığı şeklinde değerlendirildi.

3.2.3. Varyans Analizi

Varyans analizi ile grup ortalamaları arasındaki farklar test edildi.

$$S_w^2 = \frac{\sum \sum (y_i - \bar{y})^2}{\sum df}$$

$$S_y^2 = \frac{\sum (\bar{y} - \bar{\bar{y}})^2}{k-1}$$

$$S_A^2 = n * S_y^2$$

$$F_{\text{istatistik}} = \frac{S_A^2}{S_w^2}$$

$$F_{\text{Tablo } k-1, n-k, \alpha}$$

Varyans analizinin amacı, iki veya daha fazla işlemin birbirinden farklı olup olmadığını ortaya çıkarmaktır. Varyans analizini kullanabilmek için aşağıdaki kabuller yapılır.

1. Deney ünitelerinin tamamen tesadüfi olması .
2. Grup içinde hata terimlerinin bağımsız olması.
3. Grup içinde hata terimlerinin normal dağılım yapmış olması.
4. Bütün grupların varyanslarının homojen olması.

Burada

- N : Toplam gözlem sayısı
k : İşlem seviyesi sayısı
 n_j : j seviyede elde edilen gözlem sayısı
 α : Serbestlik derecesi
 S_w^2 : Grup içindeki varyans
 S_y^2 : Grup ortalamalarının varyansı
 S_A^2 : Gruplar arasındaki varyans
Fistatistik : İstatistiki karşılaştırma değeri
Ftablo : Kabul değeri

Elde edilen F değeri F bölünmesi tablosundan $k-1$ ve $n-k$ serbestlik derecesi ile belirlenen kritik F değerinin üzerinde bulunduğu takdirde orjinal hipotez red edilecektir.

H_0 : Grup ortalamaları arasında fark yoktur. (Orjinal hipotez)

H_1 : Grup ortalamaları arasında fark vardır.

4. BULGULAR

4.1. Liflerden Elde Edilen Bulgular

Çekme deneylerinden elde edilen özellikler kopma mukavemeti, kopma uzaması ve modüldür. Sonuçlar 12' deneyin ortalamasıdır. Deney sonuçlarının tam listesi ise Ek-1'de verilmiştir.

ÇİZELGE.7 Liflerden Elde Edilen Değerlerin Ortalamaları

	Kopma uzaması (%)	Kopma mukavem. (N/TEX)	Modül (N/TEX)
Dyneema SK 60	5.486	2.786	70.87
Dyneema SK 66	4.951	2.957	72.58
Dyneema SK 65	3.600	3.100	97.00
Dyneema SK 66 çözgü	10.354	3.005	79.85
Dyneema SK66 atkı	7.350	3.374	81.97
Dyneema SK 65 çözgü	6.870	3.726	78.87
Dyneema SK 65 atkı	7.368	3.753	78.30

4.1.1. Dyneema SK66 Kopma Mukavemeti İçin Varyans Analizi

H₀: Kopma mukavemetleri seçilen bölgelere göre farklılık göstermez.

H₁: Kopma mukavemetleri seçilen bölgelere göre farklılık gösterir.

	Atkı	Çözgü	Bobin
\bar{y}	3.004	3.377	3.017
$\sum y_i$	36.051	40.526	36.209
$\sum (y_i - \bar{y})^2$	2.570	0.281	0.057

$$\bar{y} = 3132$$

$$\sum (\bar{y} - \bar{y})^2 = 84.82$$

$$S_w^2 = 0.0725$$

$$S_y^2 = 0.0450$$

$$S_A^2 = 0.5400$$

$$F_{\text{STATİSTİK}} = 7.44$$

$$F_{2,33,0.05} = 19.5$$

$F_{\text{TABLO}} > F_{\text{STATİSTİK}}$ olduğundan H_1 hipotezi reddedilir. Grup ortalamaları arasında fark yoktur.

4.1.2. Dyneema SK66 Kopma Uzaması İçin Varyans Analizi

H_0 = Kopma uzamaları seçilen bölgelere göre farklılık göstermez.

H_1 = Kopma uzamaları seçilen bölgelere göre farklılık gösterir.

	Atkı	Çözü	Bobin
\bar{y}	7.34	9.83	5.14
$\sum y_i$	88.07	118	61.69
$\sum (y_i - \bar{y})^2$	14.13	6.46	1.34

$$\bar{\bar{y}} = 7.44$$
$$\sum (\bar{y} - \bar{\bar{y}})^2 = 11.01$$

$$S_w^2 = 0.664$$

$$S_y^2 = 5.505$$

$$S_A^2 = 66.06$$

$$F_{\text{STATİSTİK}} = 100$$

$$F_{2,33,0.05} = 19.5$$

$F_{\text{STATİSTİK}} > F_{\text{TABLO}}$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilir. Kopma uzamaları gruplar arasında farklılık vardır.

4.1.3. Dyneema SK66 Modül İçin Varyans Analizi

	Atkı	Çözü	Bobin	
\bar{y}	81.98	82.34	71.72	$\bar{y} = 76.68$
$\sum y_i$	983.83	988.18	860.66	$\sum (\bar{y} - \bar{y})^2 = 84.72$
$\sum (\bar{y} - y_i)^2$	258.88	324.80	574.92	

$$S_w^2 = 35.11$$

$$S_y^2 = 42.36$$

$$S_A^2 = 508.12$$

$$F_{\text{STATİSTİK}} = 14.47$$

$$F_{2,33,0.05} = 19.5$$

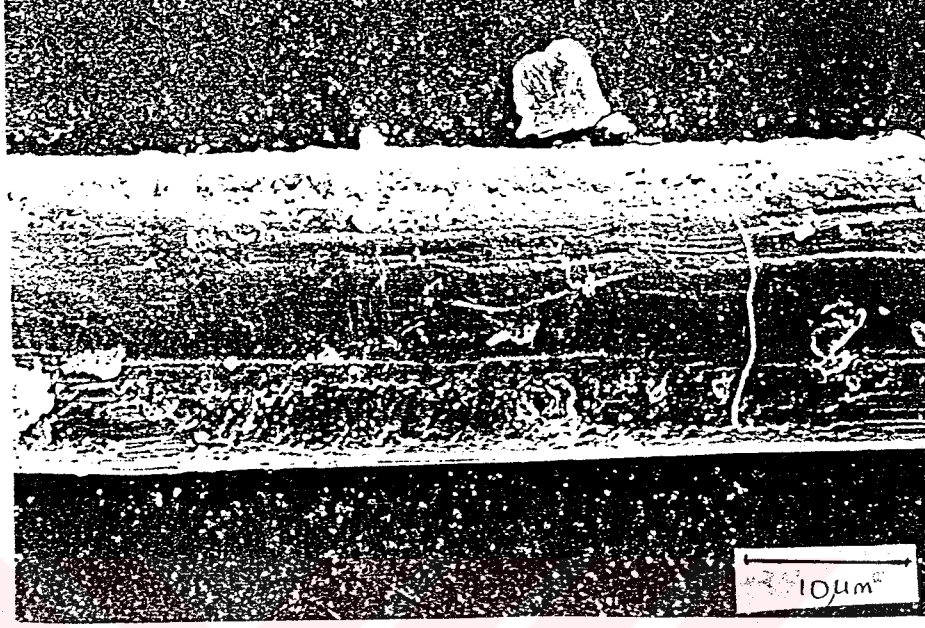
$F_{\text{STATİSTİK}} > F_{\text{TABLO}}$ olduğundan H_0 hipotezi reddedilir. Modüller seçilen bölgelere göre farklılık göstermez.

4.2. İpliklerden Elde Edilen Bulgular

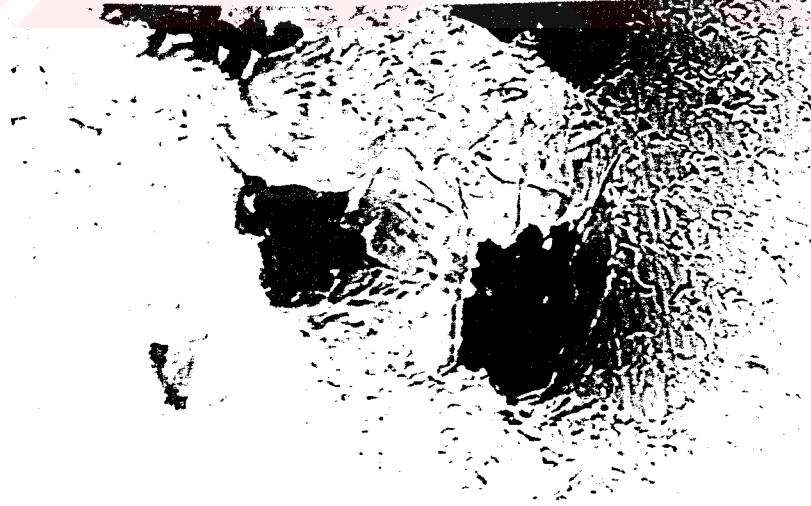
ÇİZELGE. 8 İpliklerden Elde Edilen sonuçlar

	Kopma muk(N/tez)	Kopma uz.(%)	Modül (N/tez)
Dyneema SK65 Atkı	2.203	3.528	59.20
Dyneema SK65 Çözü	2.207	3.083	73.13
Dyneema SK66 Atkı	2.143	5.029	44.56
Dyneema SK66 Çözü	2.334	8.644	30.01

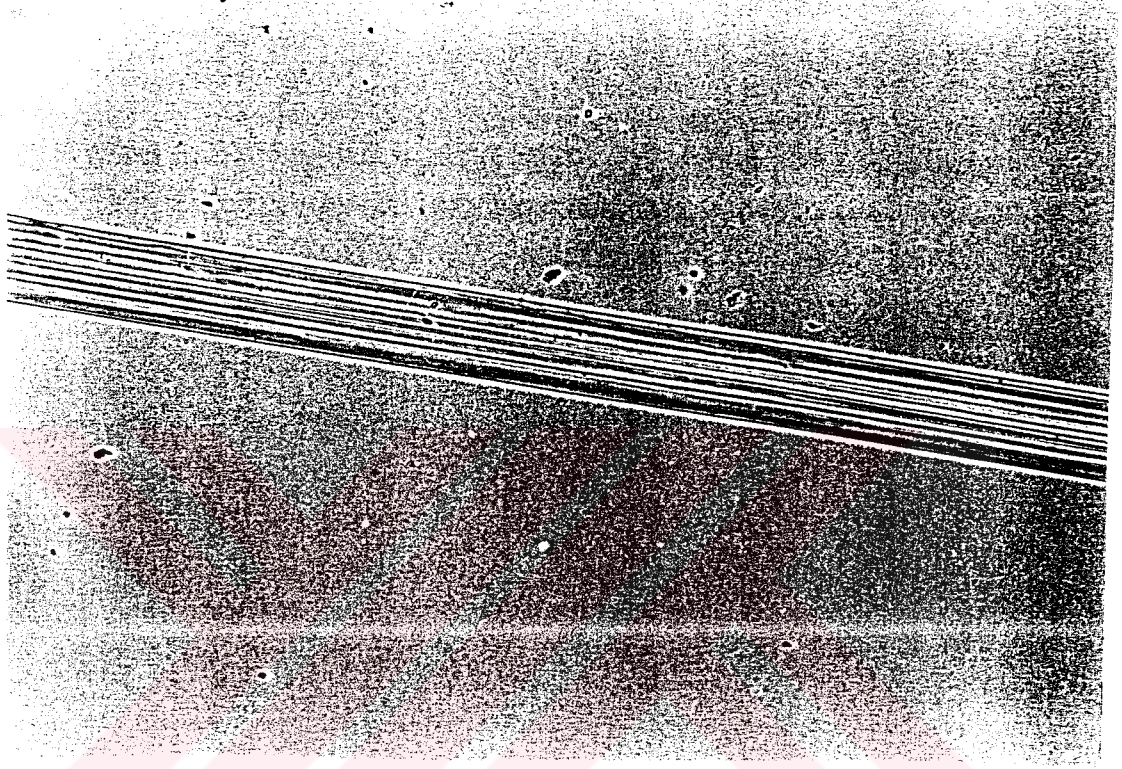
4.3. Optik Mikroskopta Çekilen Fotoğraflar



RESİM.4 Dyneema SK66 tek lifin boyuna görüntüsü (SEM)



RESİM.5 Dyneema SK65 enine kesit görüntüsü (x 20)



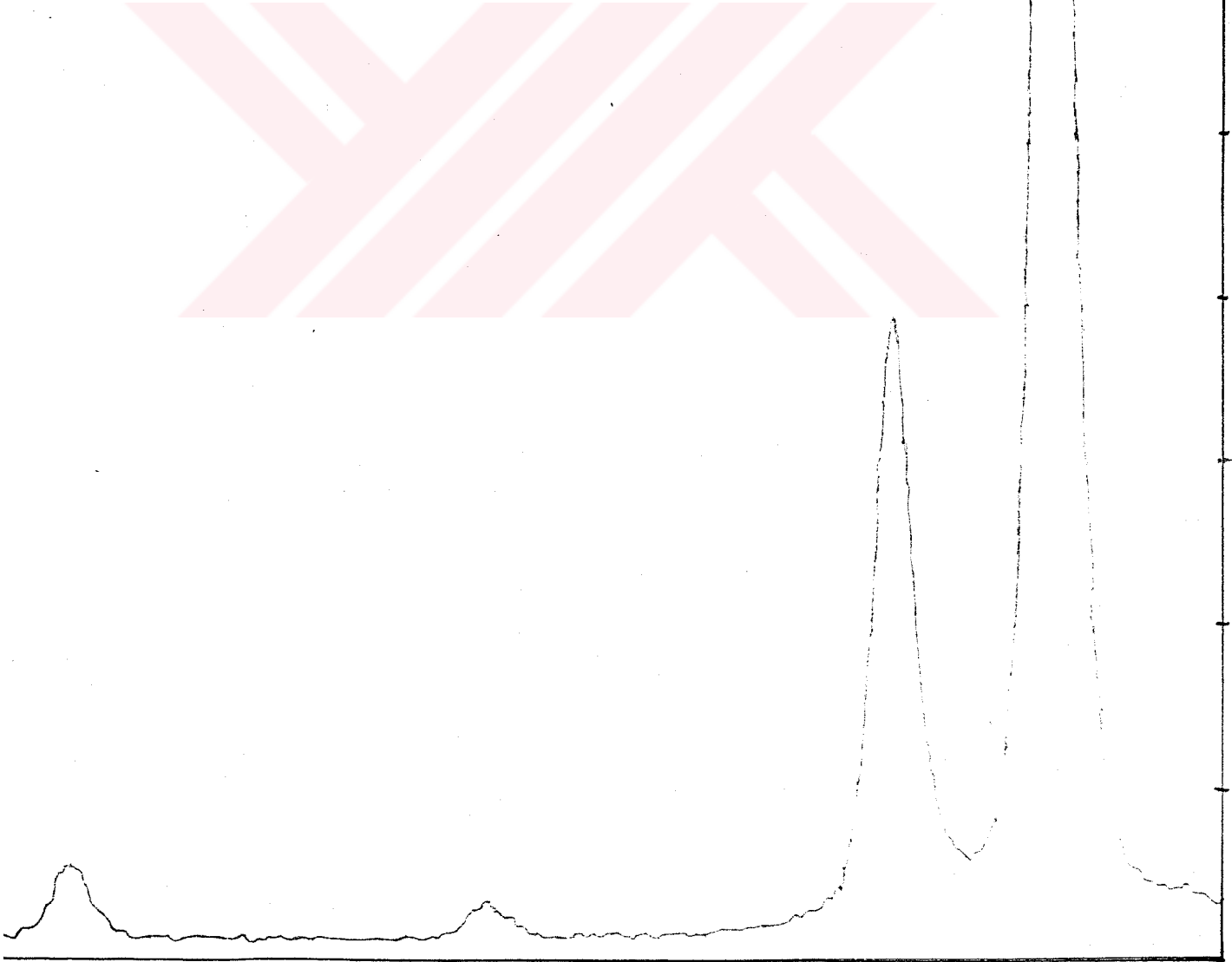
RESİM.6 Dyneema SK60 tek lifin boyuna görüntüsü (x 40)

ŞEKİL. 28 Dyneema SK66 atkı lifi X ışınları difraksiyonu pikleri

KV 4° 20 5°

MA 7

Range 4000

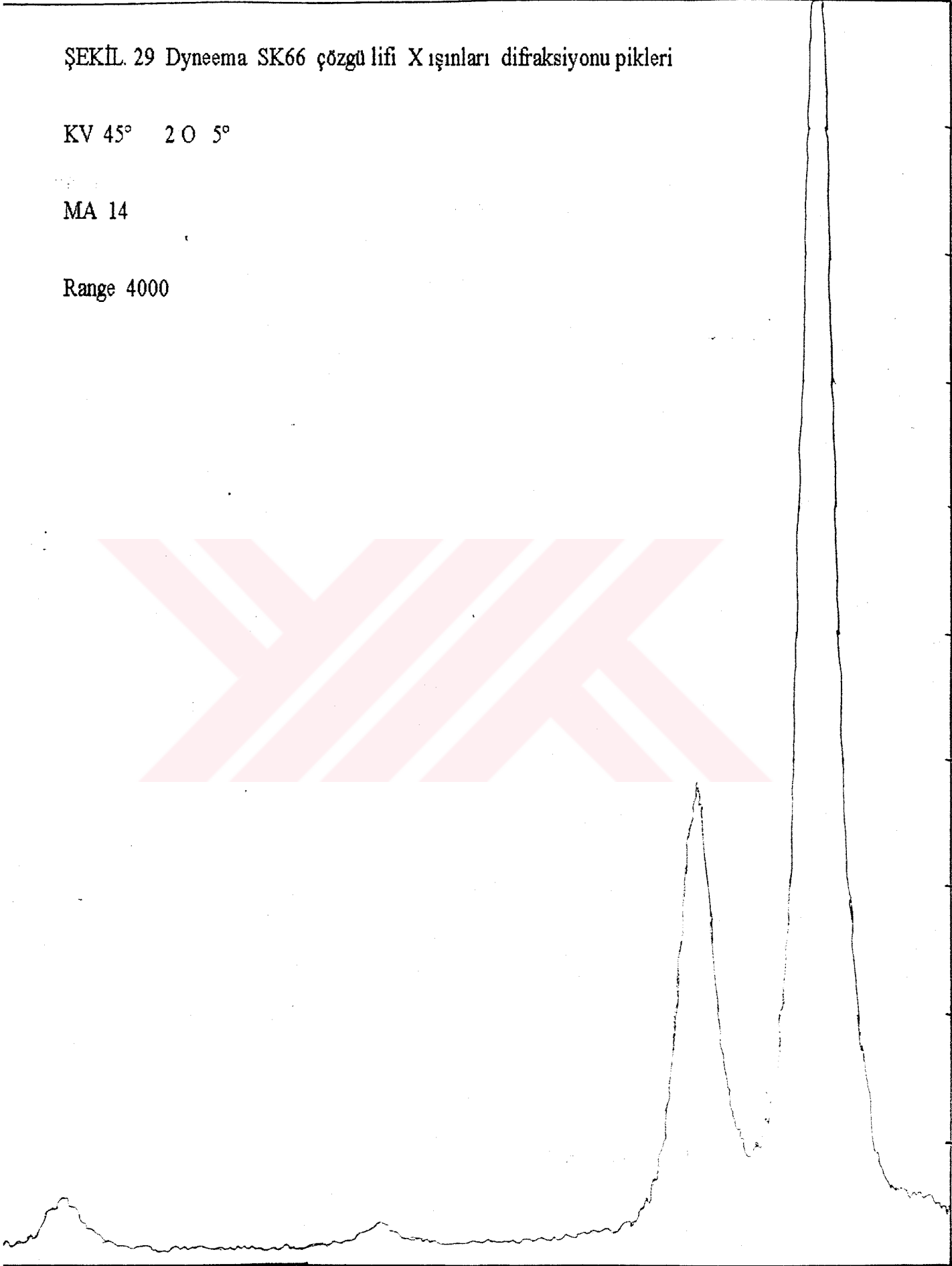


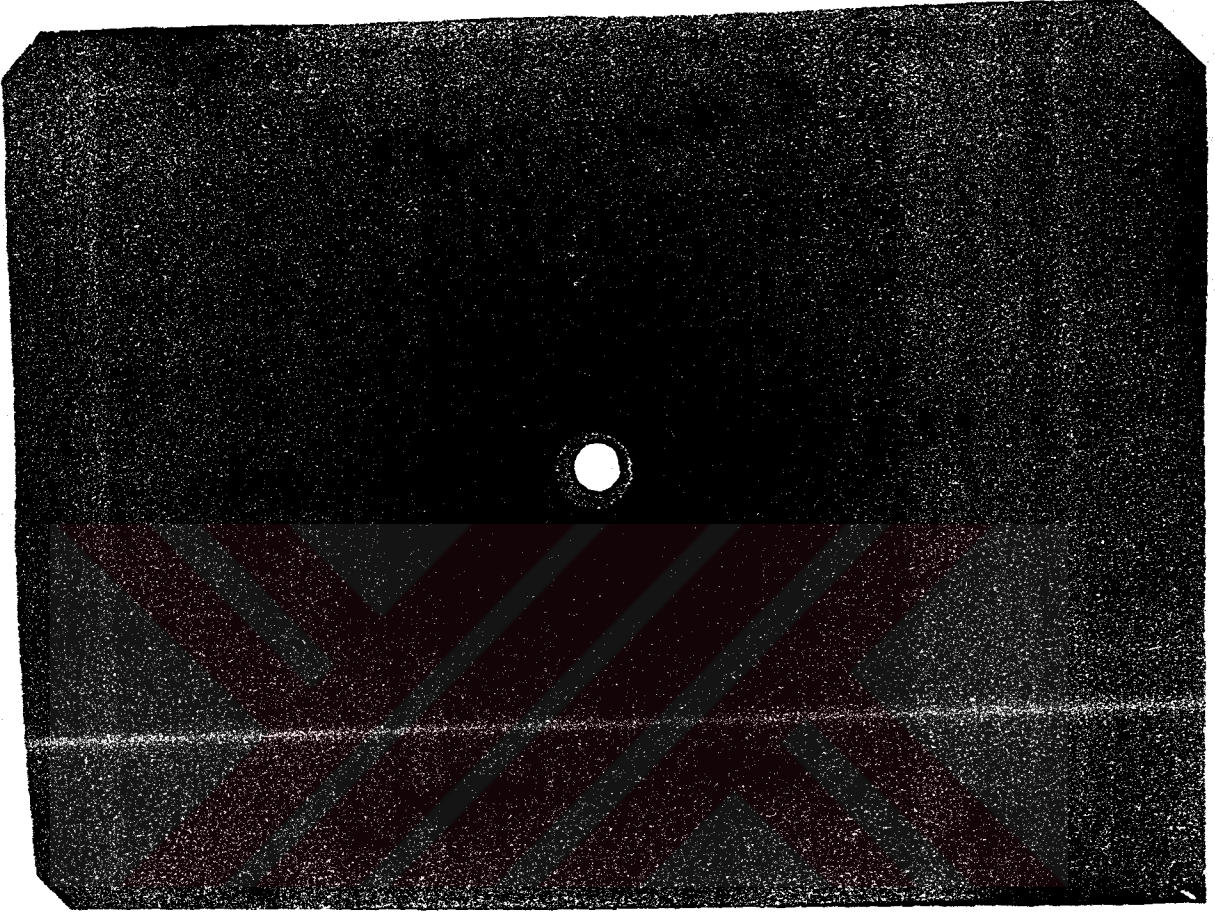
ŞEKİL. 29 Dyneema SK66 çözgü lifi X ışınları difraksiyonu pikleri

KV 45° 2θ 5°

MA 14

Range 4000

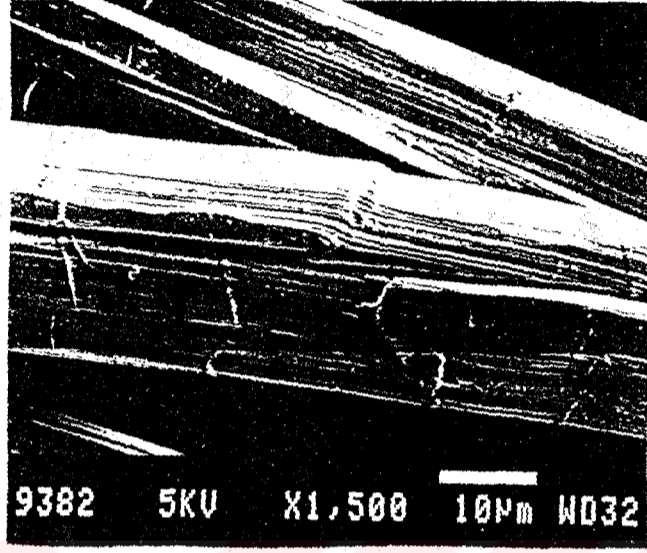




RESİM.7 Dyneema SK66 röntgen filmi

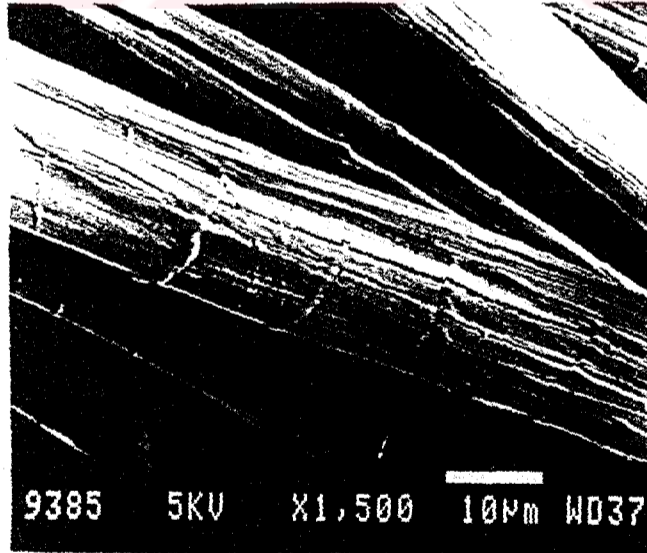
Resimde görülen orjin etrafındaki çizgilerin kısa olması test edilen lifin kristal yapıda olduğunu göstermektedir. Çizgilerin boyu kısaldıkça lifin kristalizasyonunun artması anlamına gelmektedir.

4.5. SEM SONUÇLARI



RESİM.8 Dyneema SK66 Atkı Lifi

1500 büyültmede yapılan incelemede atkı liflerinde lif eksenine paralel çatlaklar gözlemlendi ayrıca liflerde hasar olduğu görüldü.



RESİM.9 Dyneema SK66 çözgü lifi

Aynı şekilde çözgü liflerinde de 1500 büyültme de enine ve boyuna çatlaklar gözlemlendi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Çekme Deneylerinin Değerlendirilmesi:

Çekme deneyleri hem bobinden ve hem de kumaşlardan alınan liflere ve ipliklere uygulanmıştır. Çizelge 7 ve Çizelge 8 de sonuçlar verilmiştir.

Tablodaki değerlerdeki kopma uzamaları değerlerinin yüksek olma nedeni deneyler sırasında kaçınılmaz olan kaymaların bulunmasıdır. Bu nedenle modül değerleri de beklenenden daha az bulunmuştur. Bobinden alınan Dyneema SK 66 lifinin kopma mukavemeti 3.017 N/Tex iken dokunmuş kumaştan alınan çözgü ve atkı ipliklerinden uzaklaştırılan liflerin sırasıyla 3.004 N/tex ve 3.377 N/tex kopma mukavemetine sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde Dyneema SK 65 bobinden alınan lif 3.100 N/tex mukavemete sahip iken, kumaştan alınan çözgü ve atkı liflerinin sırasıyla 3.752 N/tex ve 3.719 N/tex mukavemetlerine sahip olduğu görülmüştür. Her iki durumda da atkı ipliği formunda dokuma esnasında az bir mukavemet artışı gözlenmiştir.

5.2. Optik Mikroskop Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Deneylere başlamadan önce optik mikroskop altında lifler önce düşük daha sonra yüksek büyütme oranlarında incelenmiştir. Liflerin kesit incelenmesi de yapılmıştır. Liflerin kesitlerinin pamuk lif kesitlerine benzer böbrek şeklinde olduğu ve boyuna görüntülerinin düzgün olduğu kaydedilmiştir. (Resim 5)

5.3. SEM Sonuçlarının Değerlendirilmesi

SEM deneyleri normal bobinden ve dokunmuş kumaşlardan alınan liflerin analizi için yapılmıştır.

Normal bobinden alınan liflerin yüzeylerinde fazla bir aşınma gözlenmez iken dokunmuş kumaşların atkı ve çözgü ipliklerinden alınan liflerde eksensel çatlaklar ve kırılma çizgileri gözlemlenmiştir. bu da dokuma işlemiyle liflere zarar verildiğini göstermektedir. Atkı ve çözgü ipliklerinden dikkatlice uzaklaştırılan liflerdeki hasar miktarları ve türleri aynıdır. (Resim 8, 9)

5.4 . X Işınları Deneylerinin Değerlendirilmesi

X-ışınları deneyi hem bobinden hem de dokunmuş kumaştan alınan çözü ve atkı liflerine uygulanmıştır. Bu deneyler kopma mukavemetlerinde gözlenen farklılıklarının ince yapıyla ilgili olup olmadığının analizi için yapılmıştır. Her üç lifte de yüksek kristaliniteyi gösteren pikler gözlenmiştir. Ancak kristal büyüklüğü (veya kristal bölge büyüklüğü) ile ilgili olan pik genişliklerinde farklılıklar gözlenmiştir. Pik genişliği olarak pik boyunun yarısının genişliği genel olarak alınır. Kullanılan deney aletinin yeterince hassas olmaması nedeniyle ölçümler alınamamıştır. Çözü lifinden alınan X-ışınları diyagramında her iki pik genişliğinde artış olduğu gözlenmiştir. bu da kristal boyunda veya bölgede azalmaların ve mükemmellikten uzaklaşmalar olduğunu gösterir. Bu durumda çözü ipliklerinin uygulanan gerilimin fazlalağı nedeniyle daha çok hasara uğradığı sonucunu verir.

ÖZET

Bu çalışmada yüksek performanslı polietilen liflerinden üretilen Dyneema liflerinin mekanik performansı (kopma mukavemeti, kopma uzaması, modülü) ve ince yapısı araştırılmıştır.

Dokuma işleminin lif mukavemeti üzerine etkisini bulabilmek için çekme deneyleri yapılmıştır. Çekme deneylerinden elde edilen sonuçları desteklemek için X ışınları difraksiyonu deneyleri yapılmıştır. Lif yüzeyi hakkında bilgi edinmek için Optik mikroskop ve SEM deneyleri yapılmıştır.

Liflerin performansındaki değişikliği tesbit edebilmek için çekme deneyleri ve X ışınları deneyleri yapıldı. Ayrıca Optik mikroskop ve SEM (Taramalı elektron mikroskobu) incelemeleri yapıldı.



KAYNAKLAR

1. Anonim (1995/4), Dünyadaki Kimyasal Lif üretimi, Tekstil Araştırma Dergisi, sayfa 28
2. Bosley D. E. , Oblique Strein Markings In Oriented Polimers(1968), Textile Research Journal, sayfa 144-148,
3. Çavuşoğlu A(1996)., Kurşun Geçirmez Kumaşlar, Teknik Gelişim, Ocak- Nisan Sayı 12 , sayfa 10-11,
4. Dam H.R. ve Marko G.(1990/10), Balistik Yeleklerin Almanyada Kullanılması, Melliand Textilbericte, sayfa 102
5. Dingenen J.(1992/5), Technical Textiel International, sayfa 24
6. Anonim DSM (1995), Dyneema Kataloğu
7. Anonim DSM Publication (1989), Advances In Gel- Spinning Technology and Dyneema Fibre Application
8. Anonim (1985) Du Pont, Kevlar Kataloğu
9. Hearle J.W.S.(1982), Polymers and Their Properties, Ellis Harwood ltd., İngiltere
10. Hearle J.W.S., Lomas B., ve Cook W.D.(1989), Fibre Failure and Wear Of Materials, Ellis Harwood ltd. , İngiltere
11. Kappeli P., Gorp H.M.(1990/10), Kurşun Geçirmez Kumaşlar, Melliand Textilberichte, sayfa 84
12. Karahan M.(1994), Kompozit Malzemeler için Yüksek Performanslı Spectra Liflerinde Arabirim Kuvvetinin Çeşitli Kimyasallar Etkisinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, sayfa 14-15
13. Kırayoğlu B.(1994), Süper Lifler Sınırları Zorluyor, Sagem, Mayıs sayfa 2-7
14. Lemstra P.J. ve Kirschaum R.(1987), Developments In Oriented Polimers, Elsevier App. Sci. İngiltere

16. Smith P., ve Lemstra P.J.(1980), Journal Material Science, sayfa 505, sayı 15
17. Şengönlü A.(1993), Studies Of The Time-dependence and Fatigue Behaviour Of Gelspun Polyethylene Fibres, Doktora Tezi, UMIST, İngiltere
18. Şengönlü A.(1995), Dyneema Elyafın Özellikleri ve Kullanım Alanları, Tekstil Teknik, Nisan sayfa 30-35
19. Şengönlü A.(1995), Yüksek Performanslı Polietilen Liflerinde Gözlenen Kırılma Çizgilerinin İncelenmesi, Tekstil Teknik, Kasım sayfa 32-36
20. Tasuya H. ve Phillips G.O.(1990), New Fibres, Ellis Harwood Ltd., sayfa 1-17, 45-46, USA
21. Ward I.M.(1971), Mechanical Properties Of Solid Polimers, John Wiley & Sons, London
22. Ward I.M.(1984), Recent Developments In The Science and Technology Of Ultra High Modulus Polyolefines, sayfa 140-141

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında çalışmamı yönlendiren ve her konuda yardımcı olan tez danışmanı hocam Yrd. Doç. Dr. Aslı ŞENGÖNÜL 'e teşekkürü bir borç bilirim.

Deneylerin bir bölümünü gerçekleştirdiğim Tübitak MAM malzeme bölümü görevlilerine teşekkür ederim



ÖZGEÇMİŞ

15.08.1971 yılında Kayseride doğdu. İlk ve orta öğrenimini Kayseride tamamladıktan sonra 1990 yılında Ege üniversitesi Müh. Fak. Tekstil mühendisliği bölümüne girdi. 1994 yılında mezun olduktan sonra aynı yıl Uludağ üniversitesi Tekstil mühendisliği bölümünde Yüksek lisans eğitimine başladı. Halen İnegölde bulunan Politeks A.Ş.'de çalışmaktadır.



EK-1 . LİF SONUÇLARI

Dyneema SK66 lifi Kopma mukavemeti sonuçları			
Deney sayısı	Atkı lifi	Çözgü lifi	Bobin
1	2.783	3.395	3.070
2	3.328	3.355	2.999
3	2.687	3.673	3.123
4	2.924	3.535	3.077
5	2.978	3.460	3.035
6	3.450	3.195	2.915
7	3.313	3.307	3.003
8	3.357	3.282	2.951
9	3.318	3.577	3.008
10	3.035	3.351	2.930
11	3.004	3.130	3.135
12	2.874	3.266	2.960
Ortalama	3.004	3.377	3.017

Dyneema SK66 lifi kopma uzaması sonuçları			
Deney say.	Atkı lifi	Çözgü lifi	Bobin
1	7.03	9.32	5.10
2	8.25	10.56	5.02
3	6.25	10.28	4.92
4	8.72	10.29	5.47
5	6.84	10.46	5.44
6	8.25	9.60	4.78
7	8.35	9.32	4.56
8	8.10	8.02	4.79
9	7.88	10.92	5.20
10	6.31	9.55	5.45
11	7.51	9.84	5.76
12	6.58	9.84	5.20
Ortalama	7.34	9.83	5.14

Dyneema SK66 lifi Modül sonuçları			
Deney sayısı	Atkı lifi	Çözgü lifi	Bobin
1	85.13	85.56	66.62
2	76.34	84.80	69.44
3	81.00	81.60	82.85
4	77.08	78.87	65.80
5	86.20	70.79	64.36
6	82.13	87.59	67.37
7	84.67	86.93	74.11
8	79.61	84.01	88.50
9	81.99	86.94	69.34
10	81.32	84.41	69.86
11	75.48	82.61	67.43
12	92.88	73.07	75.98
Ortalama	81.98	82.34	71.72

Dyneema SK65 Lifi sonuçları						
	Kopma mukavemeti		Kopma uzaması		Modül	
1	3.120	3.904	8.35	7.54	69.65	69.85
2	3.515	3.119	5.45	6.29	82.17	90.63
3	3.850	3.810	7.13	6.97	73.95	80.92
4	4.008	3.848	7.01	6.44	82.50	75.67
5	3.816	3.262	7.42	6.91	78.06	76.67
6	3.935	3.638	7.17	7.63	92.31	74.23
7	3.679	3.939	7.17	6.94	76.25	72.59
8	3.952	4.030	7.04	7.19	72.48	80.26
9	3.955	3.579	7.64	6.17	70.46	77.46
10	3.782	3.964	9.40	5.55	81.47	84.33
11	3.504	3.924	8.00	6.68	78.33	82.35
12	3.509	4.017	6.64	8.12	82.49	82.66
ort.	3.719	3.752	7.37	6.87	78.28	78.97

Dyneema SK60 lifi deney sonuçları			
Deney sayısı	Kopma muk(N/tex)	Kopma uzaması(%)	Modül (N/tex)
1	2.865	6.11	58.13
2	2.650	4.92	67.42
3	2.851	4.74	77.44
4	2.565	8.19	75.43
5	2.491	4.60	67.54
6	2.915	5.41	59.63
7	2.665	5.30	68.30
8	2.765	4.47	86.30
9	3.004	4.79	80.71
10	2.896	5.74	77.80
11	2.904	5.40	64.00
12	2.884	6.20	67.73
ortalama	2.788	5.49	70.87

EK-2 İPLİKLERDEN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Dyneema SK66 Çözgü ipliği sonuçları			
№	Kopma muk(N/tex)	Kopma uzaması(%)	Modül (N/tex)
1	2.361	7.49	34.20
2	2.432	8.55	30.37
3	2.405	9.30	28.21
4	2.341	9.54	26.94
5	2.302	8.67	28.79
6	2.345	8.69	29.42
7	2.267	8.82	29.39
8	2.320	8.68	28.78
9	2.251	9.25	34.75
10	2.341	8.66	30.73
11	2.254	8.87	27.62
12	2.361	8.16	31.13
13	2.395	8.05	32.22
14	2.300	8.42	29.61
ort.	2.334	8.65	30.01

Dyneema SK66 atkı ipliği sonuçları			
n	Kopma muk(N/teş)	Kopma uzaması(%)	Modül(N/teş)
1	1.916	4.85	43.14
2	2.083	5.01	44.54
3	2.139	5.10	47.93
4	2.132	4.85	42.93
5	2.264	4.77	45.20
6	2.056	4.74	45.37
7	2.316	5.60	45.82
8	2.117	5.21	41.96
9	2.115	5.10	42.10
10	2.236	4.78	44.08
11	2.134	4.86	44.27
12	2.221	5.50	46.09
ORT.	2.143	5.03	44.56

Dyneema SK65 Çözgü ipliğ sonuçları			
n	Kopma muk(N/tex)	Kopma uzaması(%)	Modül (N/tex)
1	2.166	3.34	74.84
2	2.408	3.39	74.72
3	2.276	3.16	74.28
4	2.134	2.84	72.76
5	2.214	3.14	73.13
6	2.059	2.85	73.85
7	2.398	3.14	73.48
8	2.043	2.85	70.79
9	2.266	3.42	74.39
10	2.125	2.99	72.43
11	2.186	3.18	71.47
12	2.297	3.25	74.70
13	2.164	2.83	73.95
14	2.006	2.65	71.01
15	2.336	2.92	71.16
ortalama	2.207	3.08	73.13

Dyneema SK65 atkı ipliği sonuçları			
İl	Kopma muk(N/tex)	Kopma uzaması(%)	Modül(N/tex)
1	2.227	3.75	59.88
2	2.234	3.84	58.33
3	2.247	3.80	59.28
4	2.258	3.86	58.50
5	2.052	3.43	60.39
6	2.175	3.27	59.85
7	2.226	3.42	58.66
8	2.230	3.33	59.24
9	2.156	3.33	60.01
10	2.224	3.26	57.86
ORT.	2.203	3.53	59.20