

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKNİK TEKSTİLLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tekstil Müh. Aykut Burak ÇELİKKANAT
Enstitü No: 503981110

Anabilim Dalı: Tekstil Mühendisliği
Programı: Tekstil Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Cevza CANDAN

ARALIK 2002

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEKNİK TEKSTİLLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Tekstil Müh. Aykut Burak ÇELİKKANAT
Enstitü No: 503981110

Anabilim Dalı: Tekstil Mühendisliği
Programı: Tekstil Mühendisliği

Tez Danışmanı: Doç.Dr. Cevza CANDAN

ARALIK 2002

ÖNSÖZ

Teknik tekstiller sektörümüzde üzerinde çok fazla durulmayan bir konu. Üniversite müfredatlarına yeni girmeye başladı. Yeni yeni ciddi ve çok sayıda makaleler , araştırmalar görmekteyiz Türkçe dergilerde.

Hazırladığımız tez ile eksik taşlardan birini tamamlamaya ve konuya genel bir çerçeve çizmeye çalıştık.

Benden desteğini esirgemeyen ve bu tezin oluşmasına büyük desteği olan Danışman Hocam Doç. Dr.Cevza CANDAN'a müteşekkirim.

Bu tip araştırmaların devam ettirilmesi dileği ile.....

Aralık, 2002

Aykut B.ÇELİKKANAT

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
1.GİRİŞ	1
1.1.Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları	1
1.2.Yüksek Performans Lifler	3
1.2.2.Genel Özellikleri ve Avantajları	4
2.1.2.Ürün Geliştirme Olanakları	6
2.YÜKSEK PERFORMANS LİFLER	8
2.1.Giriş	8
2.2.Aramid Lifleri	8
2.2.1.Meta-Aramidler	9
2.2.2.Para-Aramidler	9
2.2.3.Lif Oluşumu ve Üretimleri	9
2.2.4.Lif Yapısı	12
2.2.5.Özellikler ve Performans	16
2.2.6.Kimyasal Özellikler	23
2.2.7.Kullanım Alanları	27
2.3.Cam Lifleri	28
2.3.1.Lif Tipleri ve Kompozisyonlar	28
2.3.2.Üretim Prosesleri	30
2.3.3.Özellikler	31
2.3.4.Kullanım Alanları ve Son Gelişmeler	32
2.4.Karbon Lifleri	35
2.4.1.Karbon Liflerinin Sınıflandırılması	35
2.4.2.Üretim Prosesler	36
2.4.2.1.PAN Bazlı Karbon Liflerinin Üretimi	36
2.4.2.2.Rayon Bazlı Karbon Liflerinin Üretimi	39
2.4.2.3.Mezofaz Zift Bazlı Karbon Liflerini Üretimi	40
2.4.3.Lif Yapısı	41
2.4.4.Özellikler	41
2.4.5.Kullanım Alanları ve Yeni Gelişmeler	43

2.5.Seramik Lifleri	45
2.5.1.Sınıflandırma ve Lif Oluşumu	45
2.5.2.Kompozisyon ve Lif Yapısı	47
2.5.3.Özellikler	48
2.5.4.Kullanım Alanları ve Yeni Gelişmeler	49
2.6.Polietilen Lifleri	50
2.6.1.Lif Oluşumu	50
2.6.2.Lif Yapısı	52
2.6.3.Özellikler	53
2.6.4.Kullanım Alanları ve Yeni Gelişmeler	56
2.7.Elastomerler	59
2.7.1.Lastik – Kauçuk	59
2.7.2.Spandex	59
2.8.Diğer Lifler	60
3.DOKUSUZ YÜZEYLER	62
3.1.Dokusuz Yüzey Üretimi	62
3.1.1.Lif – Hammadde Seçimi	63
3.1.2.Tülbent Formasyonu	64
3.1.3.Tülbent Yapısının Güçlendirilmesi	64
3.1.4.Dülbent Terbiyesi ve Dönüşümü	64
3.2.Dokusuz Yüzeylerin Sınıflandırılması	64
3.2.1.Tülbent Formasyonuna Göre Sınıflandırma	64
3.2.1.1.Kuru Serimli Dokusuz Yüzeyler	64
3.2.1.2.Yaş Serimli Tülbentler	66
3.2.1.3.Polimer Serimli Tülbentler	68
3.2.1.4.Kompozit Tülbentler	68
3.2.2.Tülbent Yapısına Göre Sınıflandırma	68
3.2.2.1.Noktasal Bağlama	68
3.2.2.2.Bölgesel Bağlama	69
3.2.2.3.Mekanik Bağlama	69
3.2.2.4.Kimyasal Bağlama	72
3.2.2.5.İsıl Bağlama	73
3.2.3.Tülbent Yapısına Göre Sınıflandırma	74
3.2.3.1.Lif Tabanlı Dokusuz Yüzeyler	74
3.2.3.2.Lif Tipine Göre Sınıflandırma	74
3.3.Dokusuz Yüzeylerin Terbiyesi	74

3.3.1.Mekanik Terbiye	74
3.3.2.Kimyasal Terbiye	75
3.4.Dokusuz Yüzeylerin Genel Özellikleri	76
3.5.Dokusuz Yüzeylerin Kullanım Alanları	76
4.TEKNİK TEKSTİLLERİN KULLANIM ALANLARI	77
4.1.Koruyucu Elbiseler	77
4.1.1.Su Geçirmezlik ve Su Geçirmez Nefes Alabilen Elbiseler	77
4.1.2.Yanmaz Kumaşlardan Mamul ve Isı Yalıtımlı Elbiseler	77
4.1.2.1.Yanmanın Önlenmesi	80
4.1.2.2.Doğal Alev Almaz Lifler	81
4.1.2.3.Kimyasal Yollar ile Isıl ve Aleve Karşı Dayanım Sağlama Yöntemleri	82
4.1.2.4.Kumaş Yapısının Isıl Özelliklere Etkisi	84
4.1.2.5.Isı Transferi Şekilleri	86
4.1.3.Kurşun Geçirmez Elbiseler	90
4.1.4.Antimikrobiyel Koruma	94
4.1.5.Radyasyona Karşı Korunma	94
4.1.6.Diğer	95
4.2.Otomotivde Kullanılan Tekstiller	96
4.2.1.Otomotivde Kullanılan Lifler	97
4.2.2.Otomotivde Döşemelik Kumaşlar	98
4.2.3.Paspaslar ve Çeşitleri	101
4.2.4.Aksesuarlar	101
4.2.5.Lastikler	102
4.2.6.Güvenlik Ekipmanları	106
4.2.7.Diğer	107
4.3.Filtrasyon	108
4.3.1.Lif Bazlı Dokusuz Yüzey Filtreler	109
4.3.2.Filtrasyon Mekanizması	109
4.3.2.1.Çarpışma ve Etki	110
4.3.2.2.Birleşme	111
4.3.2.3.Durdurma ve Eleme	112
4.3.3.Dokusuz Yüzey Filtrelerde Sıkça Kullanılan Lifler.	112
4.3.4.Lif Bazlı Filtre Yapıları	113
4.3.5.Filtrasyon için Dokusuz Yüzey Tasarımı	117
4.3.6.Triboelektrik Efekt	119

4.4.Jeotekstiller	121
4.4.1.Jeosentetikler	123
4.4.2.Jeotekstil Tipleri	123
4.4.3 Jeotekstil Liflerini Oluşturan Temel Polimerler	124
4.4.4.Jeotekstillerin Önemli Özellikleri	125
4.4.5.Mekanik Özellikler	128
4.4.6.Filtrasyon Özellikleri	132
4.4.7.Kimyasal Dayanım	134
4.4.8.Doğal Liflerden Yapılan Jeotekstiller	136
4.4.9.Toprak Destekleme	136
4.5.Tıbbi Uygulamalar	138
4.5.1.Medikal ve Hijyen Tekstil Üretimi	138
4.5.2.Medikal Tekstillerin Sınıflandırılması	138
4.5.3.Hijyen Tekstillerin Çeşitleri	139
4.5.4.Üretimleri	139
4.6.Kompozitler ve Güçlendirilmiş Tekstil Malzemeleri	139
4.7.Spor Giyime Yönelik Malzemeler	140
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	141
KAYNAKLAR	143
EKLER	145
ÖZGEÇMİŞ	148

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Teknik tekstillerin kullanım alanları	2
Tablo 1.2. Bazı yüksek performanslı liflerin 1992 yılındaki fiyatları	4
Tablo 1.3. Yüksek performanslı liflerin özelliklerine göre gruplandırılması	5
Tablo 2.1. Isıl işlemlerin mukavemete etkisi	12
Tablo 2.2. Aramidlerin kullanım dayanımı	20
Tablo 2.3. Çeşitli liflerin basma modülleri	21
Tablo 2.4. Ultraviyole radyasyonun mukavemet özelliklerine etkisi	21
Tablo 2.5. Para-aramid liflerinin çeşitli özellikleri	23
Tablo 2.6. Molekül tasarımının özelliklere etkisi	23
Tablo 2.7. Aramidlerin genel kullanım alanları	27
Tablo 2.8. Cam liflerinin kütleli kompozisyon oranları %	29
Tablo 2.9. Çeşitli cam liflerinin özelliklerinin karşılaştırılması	32
Tablo 2.10. PAN liflerinin karbonizasyonu	38
Tablo 2.11. Karbon liflerinin önemli özellikleri	43
Tablo 2.12. Bazı ticari seramik liflerinin kompozisyonları	47
Tablo 2.13. Seramik liflerinin maksimum kullanım sıcaklıkları	48
Tablo 2.14. Yüksek Performans PE lifinin bazı özellikleri	55
Tablo 3.1. Dokusuz yüzeylelerin kullanım alanları	76
Tablo 4.1. Bazı liflerin ısı iletim sıcaklıkları	78
Tablo.4.2. Bazı alev almaz liflerin özellikleri	81
Tablo.4.3. Bazı alev almaz liflerin özellikleri	82
Tablo.4.4. Çeşitli liflerin ısı dayanımları	83
Tablo.4.5. Alev almaz liflerin kullanım alanları	84
Tablo4.6. çeşitli alev almaz elbiselerin karşılaştırılması	86
Tablo.4.7. Kumaş deseninin ısı özelliklere etkisi	87
Tablo.4.8. Kumaşların koruma derecelendirmesi.	87
Tablo.4.9. Gramajın ısı özelliklere etkisi	88
Tablo.4.10. Formüla pilotlarının kıyafetlerinin detayları	88
Tablo.4.11. Bir itfaiye erinin elbiselerinde olması gerekli özellikler	89
Tablo 4.12. Çeşitli ülkelerde kullanılan İtfaiye elbiselerinin özellikleri	89
Tablo 4.13. Modern bir otomobildeki tekstil malzemelerini kullanım yüzdeleri	97
Tablo 4.14. Ülkelere göre kullanılan döşemelik kumaş tipi oranları.	99

Tablo 4.15.	1995 yılındaki piyasa verileri.	101
Tablo 4.16.	Otomobillerdeki diğer kullanımlar	102
Tablo 4.17.	Lastiklerde kullanılan liflerin özellikleri	104
Tablo 4.18.	Lastiklerde kullanılan liflerin bir karşılaştırmalı özellikleri	105
Tablo 4.19.	Sıcaklık etkisi ile oluşan mukavemet kaybı	105
Tablo 4.20.	Üç değişik hava yastığı kumaşına ait teknik detaylar	107
Tablo 4.21.	Destek , filtrasyon , ve binder olarak filtrelemede sıkça kullanılan lifler.	113
Tablo 4.22.	Lif özelliklerinin filtrasyona etkisi	113
Tablo 4.23.	Lif Bazlı Filtrenin çalışma prensibi	114
Tablo 4.24.	Kuru Serimli (A) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları	114
Tablo 4.25.	Yaş Serimli (B) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları	115
Tablo 4.26.	Polimer Serimli (C) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları	115
Tablo 4.27.	Lif Bazlı Filtrelerin filtrasyon /ayırma kullanım alanları	116
Tablo 4.28.	Araç hava filtresinde yapılan devey sonuçları	118
Tablo 4.30.	Liflerin tribo elektrik serileri	120
Tablo.4.31.	Jeosentetikler için önerilen maksimum gün ışığına maruz kalma süreleri.	128

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1	: Çeşitli yüksek performans lif grupları	5
Şekil 1.2.	: Kullanım alanlarına göre lif grupları	6
Şekil 2.1.	: Para ve meta aramidlerin yapıları	9
Şekil 2.2.	: Para-aramid'lerin lif oluşumları.....	10
Şekil 2.3.	: Kevlar (a) ve Technora'nın (b) üretim prosesleri	10
Şekil 2.4.	: Technora'nın üretim prosesleri.....	11
Şekil 2.5.	: P-aramid üretimi için kuru-jet yaş çekim işleminin şematik gösterimi.....	13
Şekil 2.6.	: Piyasada bulunabilen çeşitli aramidlerin kimyasal yapıları	13
Şekil 2.7.	: Rezonans stabilizasyonunu gösteren PPTA molekül yapısı...	14
Şekil 2.8.	: PPTA'nın X-Işınları ile ortaya çıkarılan birim kristal hücresi....	14
Şekil 2.9.	: Çeşitli lif yerleşim şekilleri.....	15
Şekil 2.10.	: P-aramid liflerinin radyal morfolojisi.....	15
Şekil 2.11.	: PPTA liflerinin kopuk uçları a) ilmek kopuşu b) kopuk uçlar....	16
Şekil 2.12.	: P-aramid liflerindeki lif modülü ile kristal oryantasyonu arasındaki ilişki.....	17
Şekil 2.13.	: HTFAramidlerde basma kuvveti sonrası oluşan katlı yapı.....	17
Şekil 2.14.	: PPTA lifinin basma - uzama grafiği.....	18
Şekil 2.15.	: Baskı altında PPTA lifinin moleküler eğilmesi.....	18
Şekil 2.16.	: Katlı bir lifin kopmuş hali.....	19
Şekil 2.17.	: Değişik endüstriyel liflerin çekme uzama davranışları.....	19
Şekil 2.18.	: Technora lifinin ısı dayanımı.....	20
Şekil 2.19.	: Kevlar ve Technora'nın sıcaklığa bağlı çekme özellikleri.....	22
Şekil 2.20.	: Aramidlerin viskozite zaman bağıntıları.....	24
Şekil 2.21.	: Aramid liflerinin hidroliz sonucu mukavemet değişimi.....	24
Şekil 2.22.	: Suyu daldırılmış liflerin hidrolitik dayanımı.....	25
Şekil 2.23.	: UV ışınlarının aramidler üzerine etkisi.....	26
Şekil.2.24.	: Sonsuz filament cam liflerinin iki kademeli üretim sistemi.....	30
Şekil 2.25.	: Sonsuz filament cam liflerin tek basamak üretim şeması.....	31
Şekil 2.26.	: Çeşitli yüksek performans liflerin darbe mukavemetleri.....	32
Şekil 2.27	: Desteklenmiş Plastiklerde kullanılan delikli S – 2 Cam lifi.....	33
Şekil 2.28.	: Delik hacminin mukavemete etkisi.....	34
Şekil 2.29.	: PAN öncüsünden oksidatif stabilizasyon ile basamak polimerin oluşması.....	37

Şekil 2.30.	: PAN öncüsünün karbonizasyon süreci içindeki değişimi.....	39
Şekil 2.31.	: Rayon öncüsünden karbon lifi elde edilme kademeleri.....	40
Şekil 2.32.	: Karbon içindeki temel yüzeylerin yerleşimi.....	41
Şekil 2.33.	: Karbonun ısı işlem sıcaklığı ile Young Modülü arasındaki ilişki.....	42
Şekil 2.34.	: Ticari uçaklardaki karbon kompozitlerinin uygulamalarına birkaç örnek.....	44
Şekil 2.35.	: Sonsuz silikon karbit seraamik liflerinin hazırlık aşamaları.....	46
Şekil 2.36.	: Isıl işlemlerin en son silikon karbit lifinin kristallliği üzerine etkisi.....	48
Şekil 2.37.	: Yüksek performans PE lifi elde etmek için izlenmesi gereken yollar.....	51
Şekil 2.38.	: Eriyikten çekim prosesinin şematik gösterimi.....	51
Şekil 2.39.	: Ultra çekim sırasında PE lifindeki moleküler değişim.....	52
Şekil 2.40.	: Aynı sıcaklıkta çekilen PE monofilamentinin şiş-kebab yapısı.	53
Şekil 2.41.	: PE ve diğer liflerin kopma uzunlukları.....	54
Şekil 2.42.	: PE ve diğer liflerin sürtme ve esneklik dayanımları.....	56
Şekil.2.43.	: Cam ve cam/PE karışımından yapılan destekleyici omurgalar.	57
Şekil.2.44.	: Eskrimde kullanılan PE kıyafetler.....	58
Şekil.3.1.	: Dokusuz yüzeylerin üretim şekilleri.....	63
Sekil.3.2.	: Tülbent oluşum tekniğine göre dokusuz yüzeylerin sınıflandırılması.....	65
Şekil.3.3.	: Taranmış tülbent oluşum teknikleri.....	66
Şekil.3.4.	: Hava serimli tülbent oluşum tekniği.....	67
Şekil.3.5.	: Yaş serimli tülbent oluşum tekniği.....	67
Şekil 3.6.	: Polimer serimli tülbent oluşum tekniği.....	68
Şekil.3.7.	: Noktasal ve bölgesel bağlamaya birer örnek.....	69
Şekil.3.8.	: İğne vuruşu ile bağlama tekniği.....	70
Şekil.3.9.	: İlmek ile bağlama tekniği.....	71
Şekil.3.10.	: Su jeti ile bağlama tekniği.....	71
Şekil.3.11.	: Sprey ve emdirmeli tülbent bağlama teknikleri.....	72
Şekil.3.12.	: Isıl kalandırlamanın şematik gösterimi.....	73
Şekil.4.1.	: Tekil alevin tekstil yapısı üzerindeki gösterimi.....	79
Şekil 4.2.	: Liflerin yanması.....	79
Şekil 4.3.	: Gramajın koruma indeksine etkisi.....	84
Şekil 4.4.	: Toplam giysi kalınlığının koruma indeksine etkisi.....	85
Şekil 4.5.	: Nylon 6.6. ve aramid lid-flerinin balistik karşılaştırması.....	90

Şekil 4.6.	: Yumuşak ve sert materyallerin balistik davranışlarının karşılaştırılması.....	91
Şekil 4.7.	: Merminin enerji kaybı ile kumaş gramajı arası bağıntı.....	92
Şekil 4.8.	: Merminin ilk temas anı.....	93
Şekil 4.9.	: Merminin durma anı.....	93
Şekil 4.10.	: Otomotivde kullanılan döşemelik kumaşlara birkaç örnek.....	98
Şekil 4.11.	: İplik boyalı ve kumaş boyalı üretim şekilleri.....	99
Şekil 4.12.	: Alev ile laminasyon tekniği.....	100
Şekil 4.13.	: Tamamen sünger dolgulu otomobil koltuklarının yapısı.....	100
Şekil.4.14.	: Tekstil ve diğer tip katmanların görüldüğü lastik kesidi.....	103
Şekil.4.15.	: Ticari olarak bulunabilen lastik tipleri.....	103
Şekil.4.16.	: Kord ipliklerinin lastik haline getirilişinin şematik gösterimi.....	105
Şekil. 4.17.	: Emniyet kemeri üretim şekilleri.....	106
Şekil 4.17.	: Lif bazlı filtreler.....	109
Şekil 4.18.	: Tek lifin partikül toplama mekanizması.....	110
Şekil 4.19.	: Çarpışma ve etki ile sağlanan değişik miktarlarda partikül toplama durumları.....	111
Şekil 4.20.	: Selulozik lifler üzerinde filtreleme sonrası yağ birikmesi.....	111
Şekil 4.21.	: Birleşme ile sarkıt – dikit benzeri yapı oluşturan su damlaları..	112
Şekil 4.22.	: Yağlı su filtrasyonu sırasında ince çaplı metal lifler üzerinde birleşen yağ damlaları.....	112
Şekil 4.23.	: Otomobil yağ filtresinin kesilmiş görüntüsü.....	115
Şekil 4.24.	: Pileli otomobil ön hava filtresinin kesilmiş görüntüsü.....	116
Şekil 4.25.	: Jet uçakları yakıt filtresi.....	117
Şekil 4.26.	: Filtre verimliliği ile $W/(DAV)^2$ arası bağıntı.....	118
Şekil 4.27.	: Ağaç hamuru , polyester ve mikro cam elyafından yapılmış yağ filtresinin kesit görünümü.....	119
Şekil 4.28.	: Tipik kuvvet-uzama seviyeleri.....	126
Şekil 4.29.	: Üç ana tipteki jeosentetik konstrüksiyonunun sergilediği farklı kuvvet-uzama eğrileri.....	129
Şekil 4.30.	: Farklı jeosentetik polimer konstrüksiyonları için krip direncinin yaklaşık sınırları.....	130
Şekil 4.31.	: İnşaat mühendisliğinde kullanılan jeotekstiller için bazı değişik drenaj ve filtrasyon uygulamaları.....	132
Şekil 4.32.	: Bir jeotekstil tarafından oluşturulan dahili toprak filtresi bölgesi.	133
Şekil 4.33.	: O90 ve D90 arasındaki ilişki.....	135
Şekil 4.34.	: Desteklenmiş toprak prensibi.....	137

TEKNİK TEKSTİLLER

ÖZET

Teknik kullanımlar tekstil endüstrisinin yeni bir koludur. Son yıllarda oldukça gelişen bu konuda ülkemizde çok fazla araştırma ve yatırım bulunmamaktadır. Konu genel olarak yüksek performanslı tekstil ürünleri ile ve tekstil sanayi dışında kullanılan tekstil ara mamul ve mamullerini kapsamaktadır. Konu hakkındaki genel açıklama ilk bölümde yapılmıştır.

İkinci bölümde yüksek performanslı tekstil lifleri incelenmiştir. Teknik tekstiller de konvansiyonel liflerin de kullanımı yoğundur. Fakat konvansiyonel lifler hakkında çok fazla kaynak bulunmaktadır. Bu yüzden tez çalışmasında sadece yüksek performanslı liflere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde yine teknik tekstiller de çok kullanılan ve genelde tekstil mühendisliği müfredatlarında çok anlatılmayan dokusuz yüzey kumaş üretimi açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde ise teknik tekstillerin koruyucu elbiseler , otomotiv , filtrasyon , jeotekstiller , medikal tekstiller gibi çeşitli kullanımları detaylı şekilde açıklanmıştır. Burada daha önceki bölümlerde bahsedilen yüksek performans lifler ile dokusuz yüzeylerin son kullanım aşamaları özetlenmektedir.

TECHNICAL TEXTILES

SUMMARY

Technical end uses are the branches in the textile industry. There are not many researches and investments about this matter at the recent years at our country. This subject is generally composed of high performance textiles and industrial end-uses of conventional textiles in other industries. A general brief about the subject is given at the first chapter.

Second chapter includes high performance textile fibers. Technical textiles composed of conventional textiles are also available but only the high performance ones described at this study due that there are too many sources about conventional textiles.

Third chapter is about the production and performance of non woven fabrics that are commonly used in technical end uses and are not described well in textile engineering curriculum.

End uses like protective clothing , automotive textiles , textiles for filtration geotextiles , medical textiles are mentioned at the fourth chapter. End uses of the materials that are described at the previous chapters are described at this chapter.

1.GİRİŞ

1.1.Teknik Tekstiller ve Kullanım Alanları

Teknik tekstiller önceleri elbise yani giyecek ve mefruşat olmayan tekstil malzemeleri olarak tanımlanırdı. Bu tanıma hala savunanlar bulunmaktadır. [11] Fakat bu tanım günümüz uygulamalarını anlatmaktan geri kalmıştır. Örneğin bir koruyucu elbise bu tanıma göre teknik tekstil olmaktan uzaktır.

Yine başka bir tanım “Yüksek performans sağlayan tekstil ürünleri teknik tekstillerdir.” Der.[12] Fakat bir tekstil ürününün yüksek performanslı olmaması teknik bir kullanıma engel değildir. Örneğin polyester elyaf üretiminde çıkan telefler yaylı yatak sanayinde dolgu malzemesi olarak kullanılabilir. Teknik bir uygulamadır fakat yüksek performans gerektirmez.

Sınırı mukavemet , esneklik gibi değerler ile koyan bilim adamlarına da literatürde rastlanmaktadır. Fakat bu sınır teknik tekstilleri belirten bir sınır olmaktan ziyade hammaddeleri performanslarına göre gruplayan bir yapıdadır. Genelde yüksek performans liflerin teknik tekstillerde kullanıldığı doğrudur. Fakat günümüzde teknik tekstillerde sadece yüksek performans lifler kullanılmamaktadır. Bu yüzden matematiksel değerler sadece yüksek performans lifler konvansiyonel liflerden ayrılabilen , normal ve teknik tekstilleri net bir ayıramamaktadır.

Teknik tekstilleri sınıflandırmanın da en az tanımlamak kadar güç olduğu görülmektedir. Çoğu zaman kullanım alanlarına göre sınıflandırılırlar. Ayrıca yüksek performanslı lifler şeklinde sınıflandırmalara da rastlanır. [1] Fakat bit tekstilin “Teknik Tekstil” tanımına uyabilmesi için her zaman yüksek performanslı olması gerekmez. [13] Örneğin sargı bezi olarak kullanılan pamuklu bezler sıradan dokuma kumaşlardır. Tek özellikleri hijyen edilmiş olmalarıdır. Öte yandan “Koruyucu Elbise ” denilen tanım da çok yerleşik bir tanım değildir. Zira çok basit bir kazak da kullanıcıyı soğuktan korur , genellikle dağcıların kullandığı Gore-Tex montlar da. Aradaki yalıtkanlık farkı bir ürüne “Teknik” demek için yeterli değildir. Burada karşılaşılan sorun endüstriyel kullanımlar dışında kalan , yani giyim amaçlı kullanılan Teknik Tekstillerin sınıflandırılmasıdır. Koruyucu elbiseler özel kullanımlar olmaktan çıkıp günlük giysilerimize de yansımaya başladıkça ayırım daha da zorlaşmaktadır.

Dünyada her geçen sene teknik tekstil kullanımı artmakta ve yeni kullanım alanları bulunmaktadır. Bunlar çoğu zaman bir tekstil ürününe sahip olmak amacıyla alınmayan ürünlerdir ve parçası oldukları ürüne çoğu zaman yüksek bir performans sağlarlar. Bu ürünler çoğu zaman alev almaz , dayanıklı ve hafif istenir. Fakat bu son kullanıcı tarafından pek hissedilen bir durum değildir.

Günümüzün teknoloji dünyasında tekstil ürünlerinin özel kullanımları çok önem kazanmaya başlamıştır. Örneğin 1991 Körfez Savaşı'nda koruyucu elbiseler oldukça fazla kullanılmıştır. Çoğu bot ve ayakkabılar Gore-Tex veya Thinsulate lisanslı ısı ve su geçirmez özellikteki tekstiller ile donatılmıştır. Jeotekstiller ve inşaat uygulamaları çok önem kazanmıştır ve sektör her geçen gün yeni kullanım alanlarına hitap ederek büyümektedir.

Aşağıdaki tabloda çeşitli sektörlerde tekstillerin kullanıldığı çeşitli ürünlerden örnekler görülmektedir.

Tablo 1.1. Teknik tekstillerin kullanım alanları

Sektör	Uygulamalar
Uzay Teknolojisi	Çeşitli iç ve dış aksesuarlar , ısı kalkanları , roket ağızlıkları , astronot giysileri
Otomotiv	Kayışlar ,döşemeler ,üstü açık arabaların tenteleri , üst astarlar , hortumlar , emniyet kemerleri , koltuk Döşemeleri
İnşaat	Çeşitli erezyon kayma vs. önleyici jeotekstiller , çeşitli elyaf tabanlı yalıtım malzemeleri
Tıp	Bandajlar , takma kemikler , tek kullanımlık çarşafklar , hastane önlükleri , ameliyat eldivenleri ve maskeleri
Çeşitli Koruyucu Elbiseler	İtfaiye elbiseleri , dökümhane ve petrol işçileri kıyafetleri , yarış arabası ve jet pilotları giysileri , kimyasal savaş üniformaları
Ofis Gereçleri	Kitap kapları (cilt bezleri) , çeşitli bez zarflar , yazıcı ve daktilo şeritleri
Çeşitli Ev Gereçleri	Fırçalar , diş ipleri , hava filtreleri , bahçe eldivenleri , sigara filtreleri , halat , sicim ve çeşitli müzik aletlerinin telleri (klasik gitar , bağlama vs.) çeşitli temizlik bezleri , makyaj pamukları
Günlük Kullanıma Yönelik Ürünler	Sırt çantaları , balık ağları , can yelekleri , çeşitli kask ve miğferler , şişme botlar , halatlar , çeşitli sporlar için üretilen giysiler

Tabloda 1.1.'de de görüldüğü üzere bütün bu kullanım alanları sınıflandırmayı oldukça zorlaştırmaktadır. Sınıflandırmaya başlarken aşağıda önerildiği şekilde bir grupta yapmak mümkün gözükmemektedir..

1. Son kullanımı tekstil mamulu olan ve olağanüstü durumlarda kullanılan yüksek performanslı ürünler. (Koruyucu elbiseler , eldivenler , paspaslar vs.)
2. Başka sanayi ürünlerinin belli parçalarını oluşturan yüksek performanslı tekstil ürünleri (Filtreler , borular , döşemeler , çocuk bezleri vs.)
3. Kullanımı giyim dışı olan fakat tamamen tekstil ürünü olan malzemeler (sargı bezleri , halatlar vs.)
4. Kompozit ürünlerde farklı biçimlerde çeşitli malzemeler ile birleşen tekstil ara mamul veya mamulleri (elyaf destekli kompozitler vs.)

Bu gruplandırmalar ile de bir grup içinde çeşitli sektörler için ürünler bir araya toplanmaktadır. Gelişen ürün çeşitliliği ile teknik tekstiller ve normal tekstiller arası sınırın çizilmesi zorlaşmaktadır.

1.2.Yüksek Performans Lifler

Yüksek performanslı liflerin ortaya çıkışı tekstile yeni pazarlar açılmasına sebep olmuştur. Sıradan liflerle karşılaştırıldığında çok pahalı olan bu lifler genelde kullanıldıkları yerlerde ikame malzemelere göre daha yüksek performans , hafiflik vs gibi özelliklere sahip oldukları için tercih edilirler. Normal lifler ile karşılaştırıldıklarında bu lifler oldukça pahalı ve kar payı yüksek lifler olarak tanımlanırlar. Bu lifler ileride geniş şekilde açıklanacaktır. Yüksek performanslı lifler konusunda ilk çalışmalar 1960'ların başında Kwolek , Blades ve arkadaşları tarafından Dupont çatısı altında A.B.D.'nde gerçekleştirilmiştir. [1] Bu çalışmaları 1970'lerde yüksek performanslı polyetilen liflerinin geliştirilmesi izledi. 1980'lerden itibaren de karbon liflerinin geliştirilmesi ile yüksek performanslı liflerin ticari pazarı yavaş yavaş oluşmaya başladı. 1970'lerde ve 1980'lerin başında kompozitlerde kullanılmak üzere aramid , karbon , cam , yüksek molekül ağırlıklı Polietilen ve seramik liflerinde çok çeşitli gelişmeler oldu ve bu liflerin pazarları hızlı bir gelişme sürecine girdi. 1992 yılına gelindiğinde sentetik ve rejenere liflerin üretimi yaklaşık %3 oranında artmasına rağmen i yüksek performanslı liflerin üretimindeki artış %10 gibi değerlere ulaşmıştı. [22] Bu liflerin üretimi ve tüketimi genel olarak Avrupa , Amerika ve Japonya ile sınırlı kalmıştır. Japonya'daki üretim ve gelişmeler diğer ülkelere nazaran daha hızlıdır.

Bu sektörün gelişimi de muhtemelen bugüne kadar olan durumundan çok daha hızlı olacaktır. En büyük gelişmelerin seramik ve ultra yüksek mukavemetli ve modüllü polyetilen liflerinde olması beklenmektedir. Ayrıca koruyucu elbiseler endüstrisi ve fiberoptik kablo uygulamaları gibi sektörlerde p-aramidlerin pazar payını arttıracığı düşünülmektedir. Tablo 1.2.'de yüksek performanslı liflerin 1992 yılına ait pazar fiyatları görülmektedir.

Tablo 1.2.Bazı yüksek performanslı liflerin 1992 yılındaki fiyatları [15]

Lif:	Fiyat: (USD/kg)
Karbon / Grafit	66,15
Para-aramid	33,07
S-2 Cam Lifi	12,72
Seramik	399,75
Yüksek modüllü polyetilen	70,12
Boron	1070,97

Günümüzde yüksek performanslı lifler genelde çok özel kullanımlarda , bu kullanıma uygunlukları sebebiyle tercih edilmektedirler.

1.2.1.Genel Özellikleri ve Avantajları

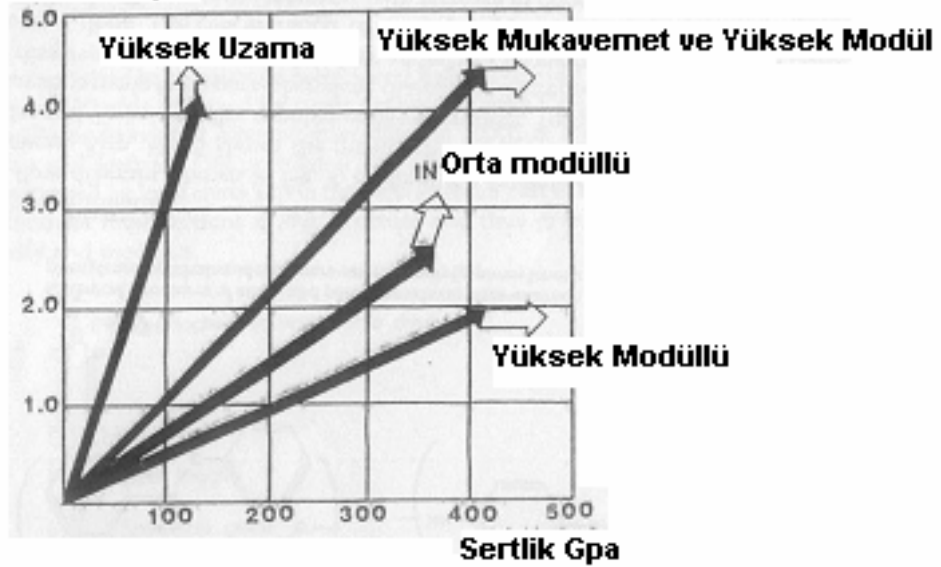
1980'ler ile yüksek performanslı liflerin ticari dönemi başladı ve bu lifler genelde mekanik performansları sebebi ile göze çarptılar (genel olarak yüksek mukavemet ile orta&yüksek modül). Bunun dışında yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmaları da değişik endüstrilerde kullanım alanları bulmalarını sağladı. Bu liflerin genel özellikleri tablo 1.3.'de belirtilmiştir.

Yüksek performanslı liflerin metal ve ağır materyallere nazaran avantajları vardır. Bunlar yüksek mukavemet , yüksek modül , hafiflik , ısıya ve kimyasallara karşı dayanım vs. McIntyre ısı dayanım ve mekanik dayanım olarak bu lifleri ik gruba ayırmıştır (1988). Şekil 1.1. çeşitli yüksek performanslı liflerin g/denye ve G.Pascal cinsinden mukavemetlerini ve modüllerini göstermektedir. Bu yüksek özellikler genelde teorik kristal yapıya çok yakın olmanın bir sonucudur.

Tablo 1.3.Yüksek performanslı liflerin özelliklerine göre gruplandırılması

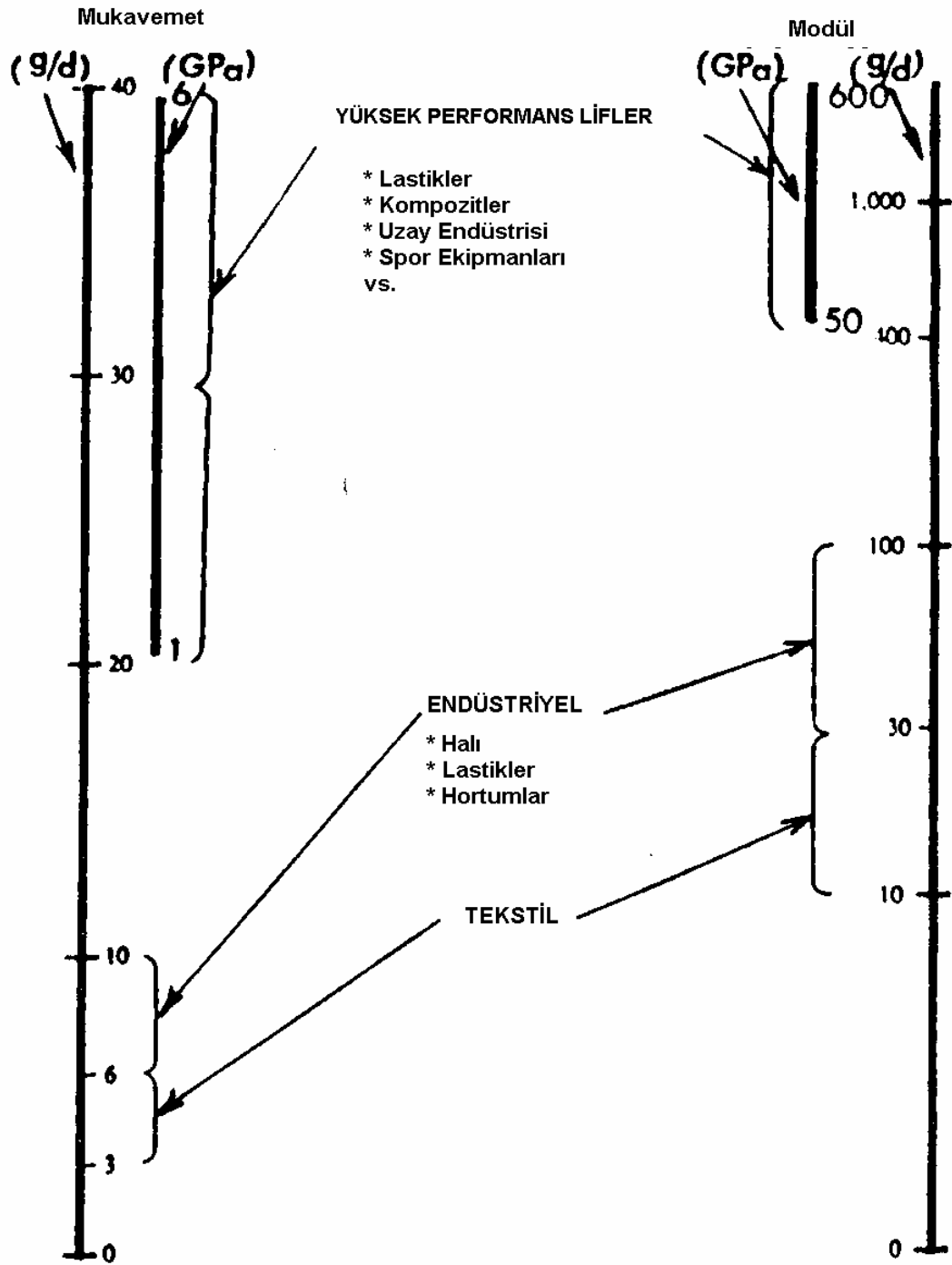
Özellik	Uygun Lif Tipi
Mukavemet ve sertlik	P-aramid , Cam elyafı , Karbon , Polyetilen İnorganik ve aromatik kopolimerler
Isıya dayanıklılık	M-aramid , PTFE , İnorganikler
Isıya dayanıklılık + Mekanik Performans	Karbon , Seramik
Kimyasallara Dayanıklılık	PTFE
Diğer özel kullanımlar	Cam elyafı (optik lif)

Mukavemet Gpa



Şekil 1.1.Çeşitli yüksek performans lif grupları [1]

Değişik mukavemet özellikleri ve davranışlarına göre yüksek performanslı lifler dört gruba ayrılabilir. Bu gruplar aşağıdaki şekil 1.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.2.Kullanım alanlarına göre lif grupları [1]

1.2.2.Ürün Geliştirme Olanakları

Bilimsel ve ekonomik olarak kompozitler bu lifler için ana gelişim dalıdır. Kompozitler günümüzde uzay endüstrisi , otomotiv , kafes sistemleri , spor gereçleri , ve ağır makine endüstrisi içerisinde kullanım alanları bulmaktadır. Kompozitlerin teknik olarak en büyük yararları , ağırlıklarına göre çok mukavemetli olmaları ve

kullanılacak ürünlerdeki muhtemel gerilmelere dayanacak şekilde istenilen özellikleri kolayca almalarıdır. Lif destekli kompozit sistemlerinde bazen iki değişik lif bir araya getirilerek üstün özellikler elde edilir. Bunlara hibrit sistemler denir. Örneğin para aramidler karbon ve cama göre kopmadan neredeyse iki kat enerji toplayabilirler. Fakat kopma mukavemetleri cam ve karbona göre daha azdır. Farklı özelliklere sahip bu lifler çeşitli kombinasyonlar içinde istenen özellikleri verebilirler. Bu tip hibrit kompozitler güvenlik amaçlı olarak havacılık ve yük taşımacılığı gibi dallarda kullanılırlar. [1,15,22]

Yüksek performanslı liflerin diğer önemli kullanım alanları da koruyucu elbiseler , gemi halatları ve endüstriyel kumaşlar gibi dallardır. Genel uygulama alanlarına yüksek performanslı lifleri İleri kompozit materyaller , Koruyucu elbiseler , Yüksek sıcaklığa dayanan kompozitler , “Akıllı” materyaller şeklinde sınıflandırmak da mümkündür.

Bu tez kapsamında ilk bölümde önerilen dört madde içine giren ürünler teknik tekstiller olarak kabul edilmiş ve açıklanmaya çalışılmıştır. İlk bölümde standart tekstil lifleri dışındaki yüksek performanslı hammaddelerin ve teknik tekstillerde önemli yer tutan dokusuz yüzey kumaşların detayları genel kullanım alanları ile anlatılmıştır. İkinci bölümde ise sektörlere göre çeşitli kullanım alanları ve birinci bölümde anlatılan hammaddelerin son kullanım halleri açıklanmıştır. İki yönlü değerlendirme ile birçok kaynaktan daha farklı bir bakış açısı yakalanmıştır. Hammadde ve mamullerin üretim aşamaları çok detaylandırılmamış , daha çok ürün ve performans üzerine yoğunlaşmıştır.

Çizilen bu sınırlar içinde olan ürünler teknik tekstiller grubu olarak kabul edilmiş ve konvansiyonel üretim şekilleri tez kapsamı içine alınmamıştır.

Kompozit malzemeler tekstil biliminden ziyade malzeme bilimine girdiği için bu konuda sadece genel bir açıklama yapılmıştır.Yine elastomerler konusuna teknik uygulamaları çok fazla olmadığı için genel olarak değinilmiştir.

Kullanım alanları açıklanırken de tekstil bilimini en çok ilgilendiren , kullanımını en fazla olan ürünlere ve sahalara daha fazla önem verilmiştir.

2.YÜKSEK PERFORMANS LİFLER

2.1.Giriş

Bu bölümde daha önce bahsedilen yüksek performans lifler ayrı ayrı irdelenmiş ; kimyasal yapıları ve mekanik performansları liflerin önem sırasına göre belirtilmiştir.

Yüksek performans liflerin kullanım alanları ise genel olarak anlatılmıştır.

2.2.Aramid Lifleri

Aromatik Polyamidler sınıfı alifatik polyamidlerden tamamen farklı özellikler gösterdiği için bunlara Amerika Federal Ticaret Komisyonu tarafından 1974 'de "Aramid" ismi verilmiştir. Ticari olarak ilk Aramid lifi A.B.D.'de DuPont tarafından 1965'de tanıtılmıştır. Bu meta-aramid'in ismi Nomex'ti. [24]

McIntyre yüksek performanslı lifleri genel olarak iki gruba ayırmıştır (1988). Birinci grup alev almaz lifleri , ikinci grup yüksek mukavemetli ve modüllü lifleri kapsamaktadır. Aramidler grubunda her iki sınıfa da uyabilecek lifler bulunmaktadır.[1]

Su anda ticari başarı gösterebilmiş iki çeşit aramid bulunmaktadır. Bunların ikisi de teknik olarak yüksek performans liflerine girer. Birinci grup yine meta-aramid gruba girer ve orta bir modül ve mukavemete sahip olmasına rağmen mükemmel bir ısı dayanımı vardır. 600 –800 C 'ye kadar bozunma veya erime gözlenmez. Isıya ve elektriğe karşı koruma gereken kullanımlarda mükemmel bir performans sergiler. Dupont'un Nomex'i ve Teijin firmasının Conex'i buna örnektir. Bu aramidler McIntyre'in ilk sınıfına koyulabilir.[22]

İkinci sınıfa giren aramidler ise DuPont'un 1970'lerin başında tanıttığı para aramid liflerinden Kevlar'dır. Bu lif yüksek modüllü ve mukavemetli lifler sınıfında yüksek sıcaklığa da dayanabilen bir lif olarak göze çarpıyordu. O günkü piyasa koşullarında "asbest gibi ısıya dayanıklı ve cam kadar sert" bir elyaf üretmek piyasadaki büyük bir boşluğu doldurmak manasına geliyordu.[15]

1992 yılında p-aramid liflerinin toplam tüketimi 18.000 ton idi. Bu büyük bir rakam gibi görünmesine rağmen o günkü kapasitenin ancak yarısına eşitti. Dupont'un aramidleri poly(p-phenylene terephalamide) yapıtaşlı olup çeşitli özelliklerde tipleri bulunmaktadır. Bunlar Kevlar 29 , Kevlar 49 , Kevlar 149 ve Kevlar 981'dir. Dupont

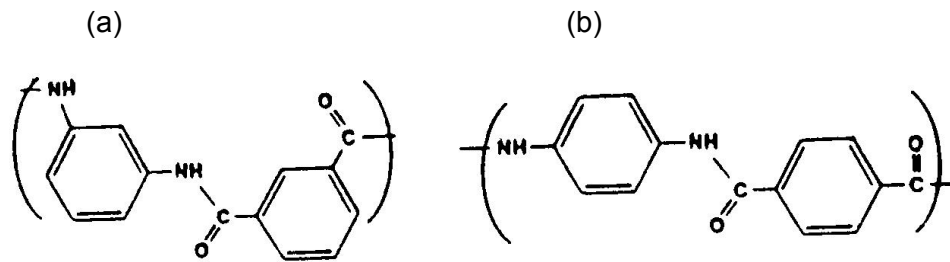
dışına Akzo Nobel firması Twaron adlı ürünüyle Teijin firması da kopolimer bir aramid olan Technora ile piyasaya dahil oldu. Technora poly(p-phenylene terephthalamide) ile poly(3,4-oksidiphenylene terephthalamide) 'in kopolimerleşmesinden oluşuyordu. Bu sektörde sonraları Hoechst de Technora'ya yapı olarak çok benzeyen bir ürün ile piyasaya dahil oldu. [22]

2.2.1.Meta-Aramidler

Meta – aramidler genelde ısı dayanımları ile göze çarpan liflerdir. Bu yüzden ısı ve alev dayanıklı koruyucu elbiselerin üretiminde ve çeşitli ısı ve elektriksel izolasyon uygulamalarında sıkça kullanılırlar. Bu liflerin en önemlisi DuPont firmasının ürettiği Nomex'tir. Teijin firması da Conex isimli bir ürün ile bu piyasada yer almaktadır.

2.2.2.Para-Aramidler

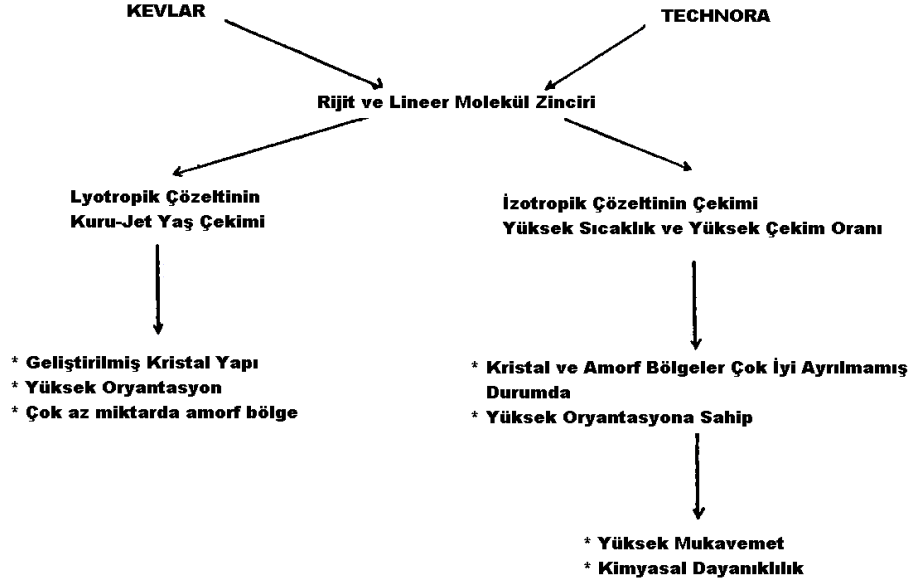
Para – aramidler genellikle yüksek mukavemet gerektiren uygulamalarda kullanım alanı bulmuşlardır. Bunlar şekil 2.1.'de görülmektedir.



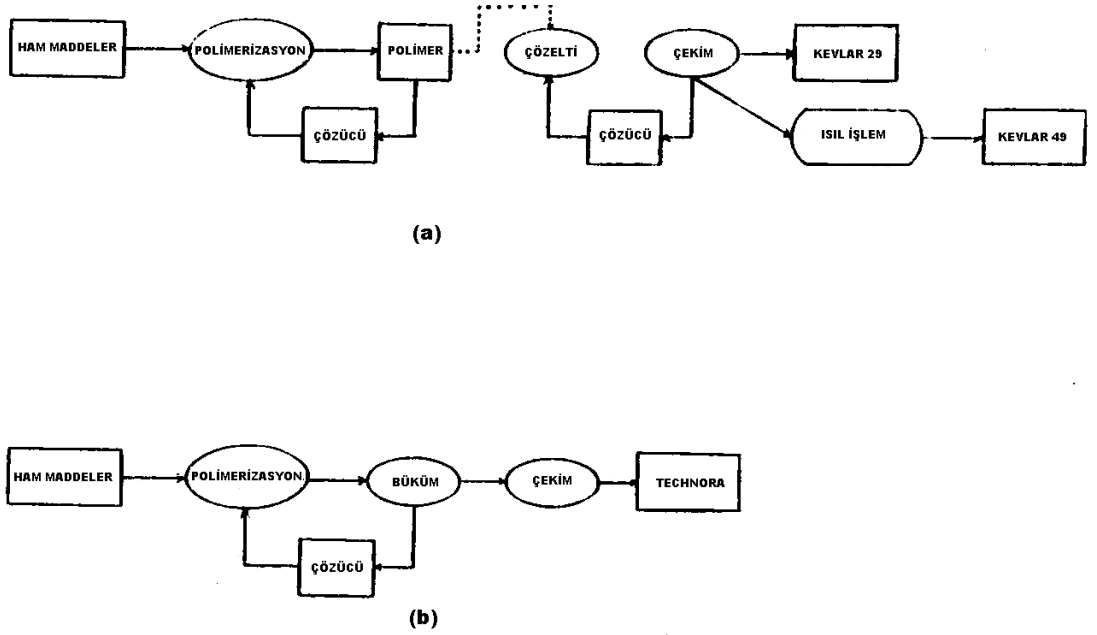
Şekil 2.1.Para ve meta aramidlerin yapıları ((a)Meta-aramid:poly(m-phenyleneisophthalamide) (b)Para-aramid: poly(p-phenyleneterephthalamide)

2.2.3.Lif Oluşumu ve Üretimleri

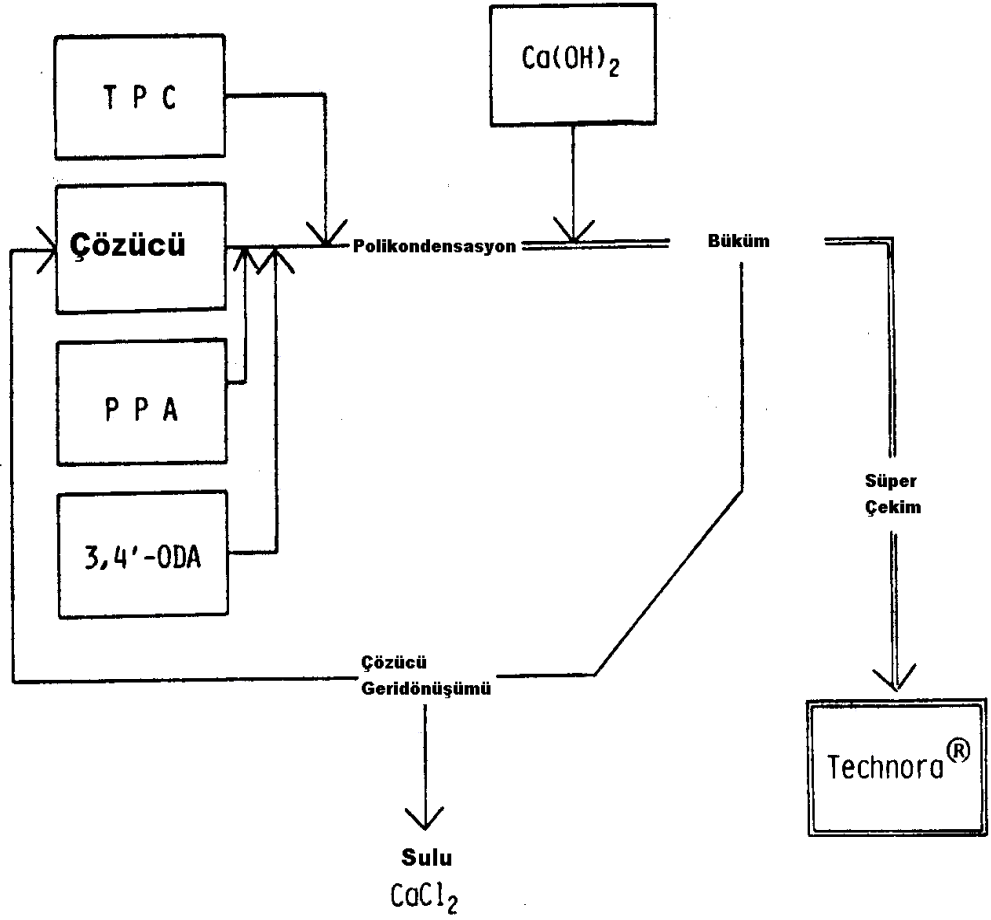
Şekil 2.2.'de p-aramid polimerlerinin genel üretim şeması görülmektedir. Ayrıca şekil 2.3.'de ise Kevlar ve Technora'nın üretim şemaları görülmektedir.



Şekil 2.2.Para-aramid'lerin lif oluşumları [22]



Şekil 2.3.Kevlar (a) ve Technora'nın (b) üretim prosesleri [22]



Şekil 2.4. Technora'nın üretim prosesleri [22]

Kevlar para-phenylene diamine ve terephthaloyl klorit'ten üretilmektedir. Bu maddeler önce bir çözücü ile eritilerek daha sonra üzerlerine kuvvetli bir asit olan H_2SO_4 ilave edilir. Bu karışımın konsantrasyonu çok önemlidir. Genel olarak konsantrasyon artışı ile , oluşan lifin mukavemeti , doğru orantılı olarak artar. Fakat mukavemet konusunda çekim prosesi ve viskozite de dikkate alınması gereken hususlardır. Bu eriyikten $70 - 90 ^\circ C$ sıcaklıkta filamentler çekilir. Buradan sonra kısa bir havalandırmayı izleyen koagülasyon banyosuna tabi tutulurlar. Bu banyo su veya dilute sülfürik asit'ten oluşabilir. Banyo sıcaklığının $25 ^\circ C$ olması uygundur. Çok yüksek mukavemetli lif üretilmek istenirse bu sıcaklı $5 ^\circ C$ gibi arttırılabilir. Bu banyodan sonra lifler yıkanır , kurutulur ve bobine sarılır. Şekil 2.5. kuru-jet yaş çekim sistemi ile p-aramidlerin üretimini göstermektedir. Müteakip ısıl işlem Kevlara değişik şekillerde uygulanabilir. Genelde ısıl işlem , gergin haldeki materyalin sıcak

nitrojen gibi bir sakın atmosfer içinden 150 – 550 °C 'lerde geçmesi ile uygulanır. Isıl işlem şartları mukavemet özelliklerine direkt olarak etkimektedir. [8] Bu etki tablo 2.1.'deki değerler ile görülmektedir.

Tablo 2.1.Isıl işlemlerin mukavemete etkisi (Bütün örnekler yıkamadan sonra 150 °C 'de hava ile kurutulmuştur.)

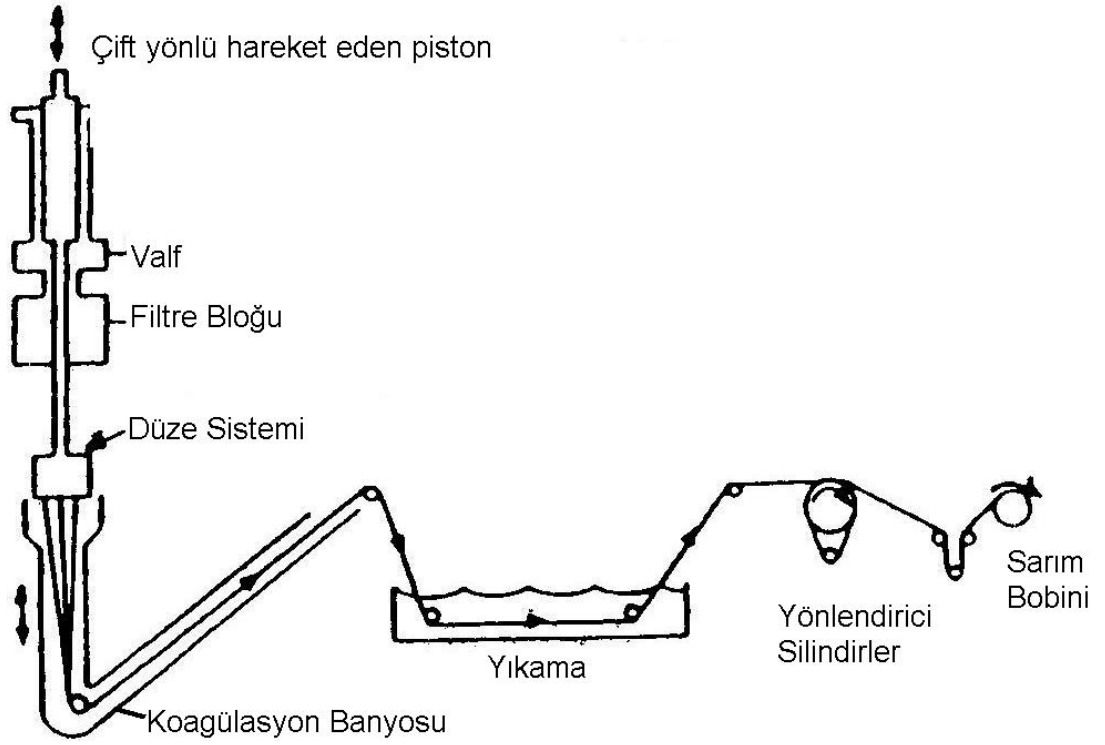
Sıcaklık °C	Süre (s)	Gerilim (g/dtex)	Mukavemet (Gpa)	Modül (Gpa)	Uzama (%)
Çekim ile aynı sıcaklıkta	-	-	3,46	87,1	4,3
250	3	5,4	3,61	107,1	3,5
400	3	3,6	2,81	114,1	2,7
550	6	1,8	2,85	133,8	2,1

Technora , para-phenylene diamine ve 3-4 ODA (diaminodiphenylether) 'in terephthaloyl klorit ile çözelti içinde tepkimesi ve polikondensasyonu ile oluşur. Bu karışım Ca(OH)₂ veya CaO ile çekime uygun sabit bir eriyik elde etmek için nötralize edilir. Çekim işlemi N-Metil Pyrrolidone veya Kalsiyum Klorit içeren sulu bir koagülasyon banyosu içerisinde ve yüksek sıcaklıkta yapılır. Bu sıcaklık 500 °C civarındadır ve çekim oranı yaklaşık 10'dur.Ozawa ve Matsuda bu şartlarda yapılan bir üretimde kristal en yüksek gerilim altındaki kristal bölgelerde bölgesel olarak molekül zincirlerinin yapıştığını belirtmişlerdir. Bu yapıdaki bozuklukların oluşmasını önler ve mukavemet ve modülde ciddi bir artış sağlar.

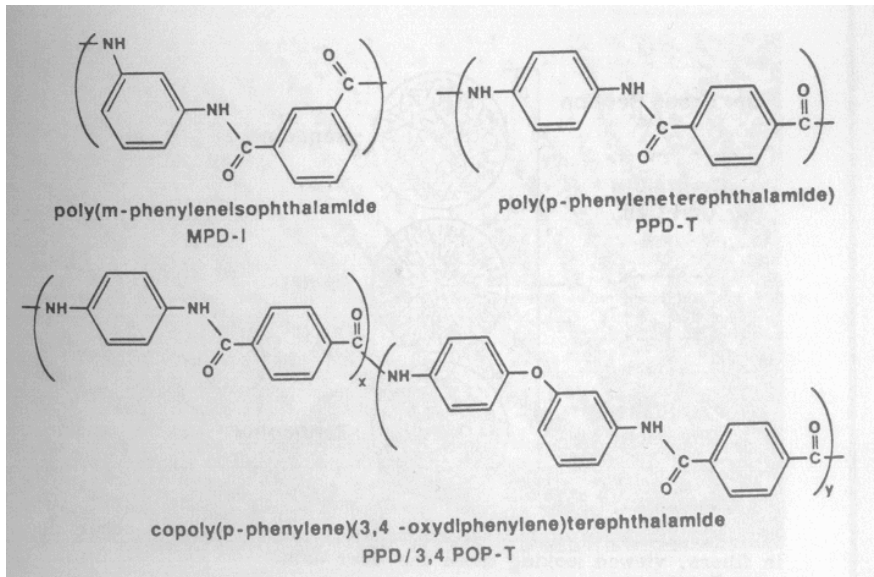
2.2.4.Lif Yapısı

P-aramidler ticari olarak çeşitli yapılarda bulunabilmektedirler. Bunlardan bazıları şekil 2.6.'da gösterilmiştir.

PPTA [Poly(p-phenylene terephthalamide)] * diğer sentetik liflere nazaran çok daha az esnek bir liftir. Normalde p-aramid erimez ve herhangi bir çözelti içinde çözünmez. PPTA lifleri yüksek kristal yapılardır. Şekil 2.7.'de PPTA'nın birim kristal hücre yapısı görünmektedir. Moleküller hidrojen ile birbirine bağlı paralel yüzeyler halinde dizilmişlerdir. Bu yapının teorik özkütlesi 1,48 g/cm³ tür. (PPTA bazı kaynaklarda PPD-T olarak da geçmektedir.)



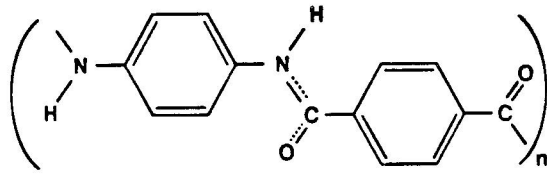
Şekil 2.5.P-aramid üretimi için kuru-jet yaş çekim işleminin şematik gösterimi [15]



Şekil 2.6.Piyasada bulunabilen çeşitli aramidlerin kimyasal yapıları [25]

PPTA molekülünün rijit lineerliği ile amid gruplarının düzgün yerleşimi hidrojen bağları için iyi bir ortam sağlamakta ve yüksek kristal bir yapıya olanak vermektedir. Aromatik zincirin Para – yerleştirilmiş bağları sadece çok az bir miktar esnekliğe izin vermektedir. Ayrıca karbon nitrojen arası bağlar çift bağ karakteri göstererek moleküle dönme rijitliği kazandırmaktadır.[22]

Lif üretimi sırasında polimer eriyiği çok yüksek bir çekime uğratarak oryantasyon ve kristalizasyon maksimize edilir.

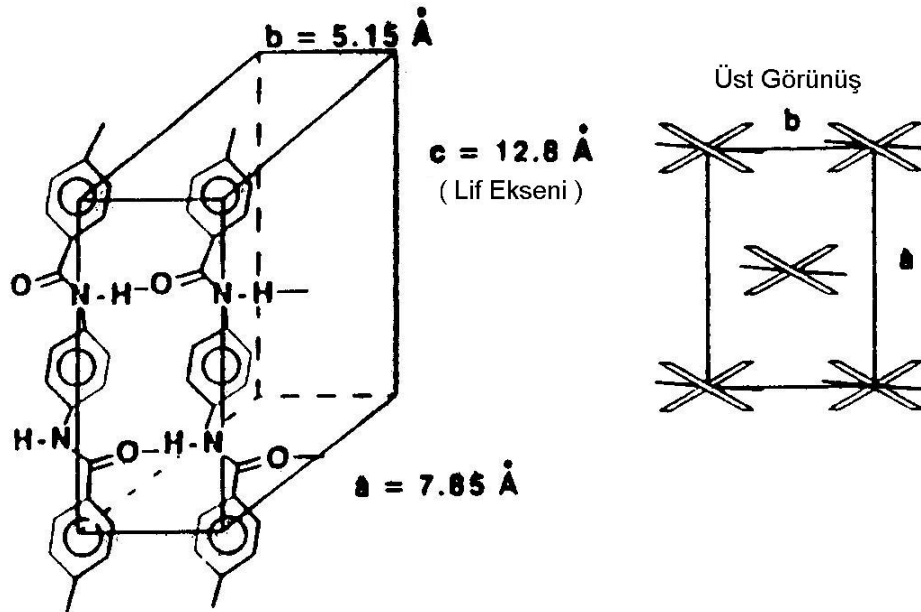


Şekil 2.7.Rezonans stabilizasyonunu gösteren PPTA molekül yapısı [1]

Para – yerleşimli bağlar : Yüksek frekans , doğal rijitlik

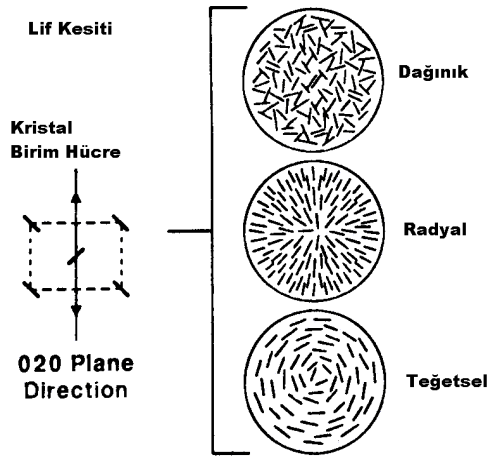
Karbon – Nitrojen bağı : Çift bağ karakteri , limitli rotasyon

PPTA lifleri yüksek kristal maddelerdir. Şekil 2.8.'de X-Işınları ile elde edilmiş olan bu yapı görülmektedir. Moleküller hidrogen bağlı yüzeyler şeklinde yerleşmiş durumdadır. Şekilde sadece hücresel yapının ön yüzeyinde olan iki tane zincir görülmektedir. Bu zincirlerden iki tane arka yüzeyde , bir tane de hücrenin tam ortasında bulunmaktadır. Yapıdaki benzen halkaları yapının doluluğunun maksimuma yaklaşmasına izin vermektedir. Bu hücrenin teorik özkütlesi 1.48 g/cm^3 'tür. Pratikte bu değer 1.45 g/cm^3 olarak elde edilmiştir. olarak elde edilmiştir.



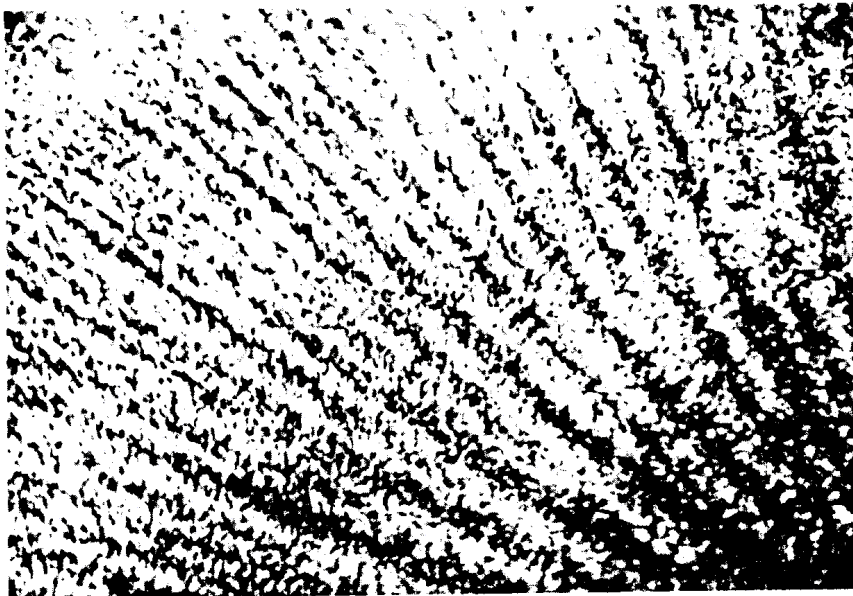
Şekil 2.8.PPTA'nın X-Işınları ile ortaya çıkarılan birim kristal hücresi [1]

P-aramidlerin kristalliğine etki eden bir unsur da kristal dizilimidir. Şekil 2.9. bu dizilime ait üç örneği göstermektedir. Bu örneklerden ikincisi olan radyal kristal yapı kuru-jet ıslak çekim sistemi ile elde edilen aromatik polyamid liflerin genel yapısıdır ve sadece bu liflere özgüdür. . Bu yapı hiçbir sentetik elyaf için elde edilememiştir. Diğer bütün yüksek oryantasyonlu lifler genelde en üstte gösterilen dağınık bir yapıya sahiptirler.



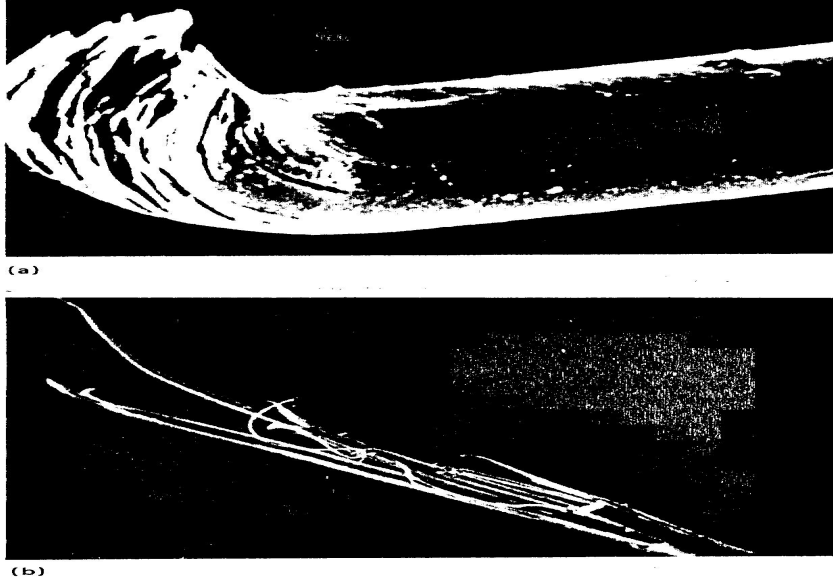
Şekil 2.9.Çeşitli lif yerleşim şekilleri.[22]

Bu radyal yapı daha sonra optik yöntemlerle izlenmiştir ve şekil 2.10.'da görülen resimler elde edilmiştir.



Şekil 2.10.P-aramid liflerinin radyal morfolojisi [1]

Ayrıca p-aramidlerin mekanik özelliklere oldukça etkisi bulunan yüksek fibrilli bir yapısı vardır. Şekil 2.11. ilmek durumunda ve gerilme altında kopmuş PPTA liflerini göstermektedir.



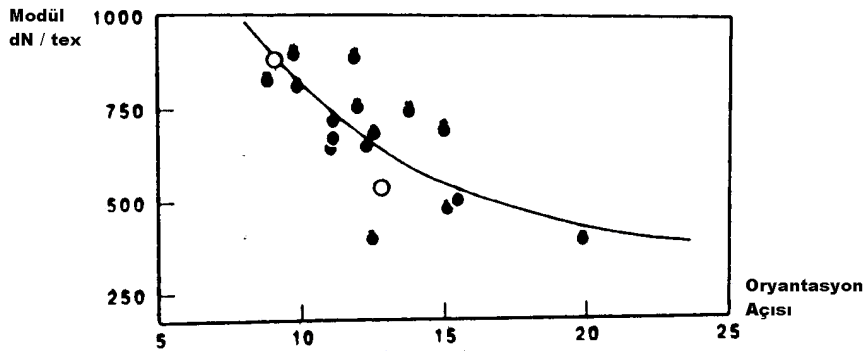
Şekil 2.11. PPTA liflerinin kopuk uçları a) ilmek kopuşu b) kopuk uçlar

2.2.5.Özellikler ve Performans

P-aramid liflerin özelliklerini etkileyen en önemli faktör son kullanım amaçlarıdır. Zira son kullanım amacına göre lif özellikleri belirlenir ve buna uygun lif seçilir. Bu konuda lif yapısı ile mekanik özellikler arası ilişkiyi anlamak önemlidir. Mukavemet , uzama , sertlik gibi özellikler üzerinde ufak değişiklikler yapılarak lif son kullanıma daha uygun bir hale getirilebilir. Örneğin PPTA'nın teorik modülü 1500 dN/tex iken bugün ticari olarak üretilen lifler 440 – 900 dN/tex değerleri arasında değişmektedir. Bu üretim sırasındaki çekim gerilimi ve sıcaklığın değişik olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca teorik olarak p-aramidlerin mukavemetleri 120 dN/tex civarındadır. Fakat ticari olarak üretilen p-aramidlerin ortalama mukavemeti 21 dN/tex'dir. 25 dN/tex mukavemetli tipler uzay endüstrisinde kullanılmaktadır.

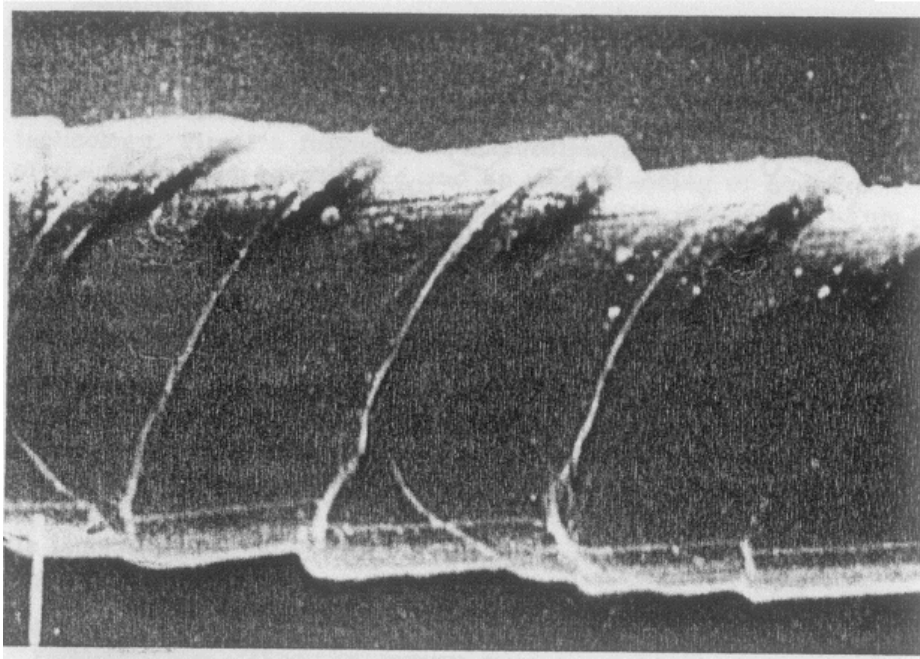
Tanner p-aramidleri 'asbest kadar ısıya dayanıklı ve cam kadar sert' olarak tanımlamıştır. [15] Bu özellikler sayesinde p-aramidler çeşitli uygulama alanları bulmuşlardır. Diğer lifler gibi p-aramidlerin de kopma mukavemetleri molekül ağırlıklarına , kristalliğe , moleküler oryantasyona ve moleküler yapıdaki çeşitli hataların olup olmamasına bağlıdır. Fakat diğer liflerin aksine p-aramidlerin mukavemetleri dış kabuk ve merkez yapılarına da bağlıdır. Bununla açıklanmak istenen oryantasyon açısı , para-kristallik gibi değerlerdir. Barton'un X-ışını

çalışmaları para-kristallik değişim faktörü ile Kevlar'ın mukavemeti arasında bir ters orantı olduğunu göstermiştir. Araştırmalar çok yüksek mukavemet istenen bir p-aramid lifi için bu oryantasyon açısının 12° 'nin altında olması gerektiğini göstermiştir. Gerilim altında uygulanan ısıl işlemler aramidlerin kristallliğini arttırmaktadır. Bu tip yöntemlerle mekanik özellikleri daha iyi aramidler elde edilmiştir. Örneğin Kevlar 981 en yüksek mukavemetli Kevlar türevidir.

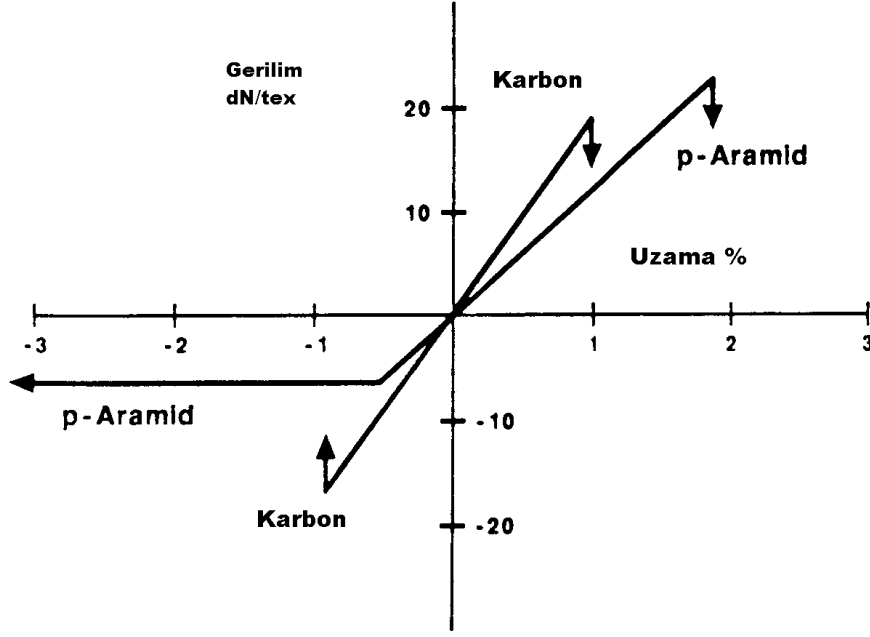


Şekil 2.12.P-aramid liflerindeki lif modülü ile kristal oryantasyonu arasındaki ilişki

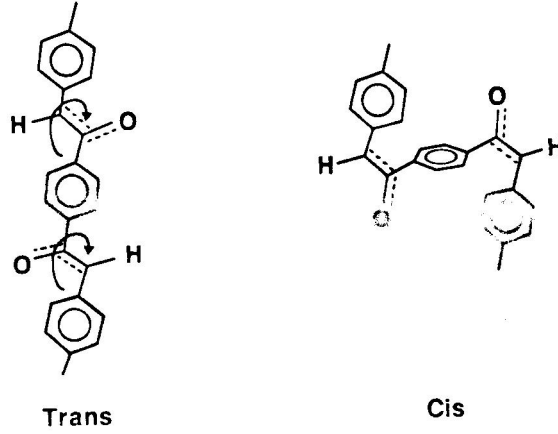
Modül / Oryantasyon arasındaki ilişki şekil 2.14.'deki görüldüğü üzere yorumlanmalıdır. Grafikte en yüksek modüle denk gelen oryantasyon açısı $12-19^\circ$ arasındadır. P-Aramid liflerinin çekme – uzama özellikleri elastik bir uzama karakteri gösterirken , lifler basma kuvveti karşısında ise bir değerden sonra sıkıştırılamaz. Basma kuvveti etkisinde lif katmanlı bir yapıya ulaşır.



Şekil 2.13.HTFAramidlerde basma kuvveti sonrası oluşan katlı yapı.

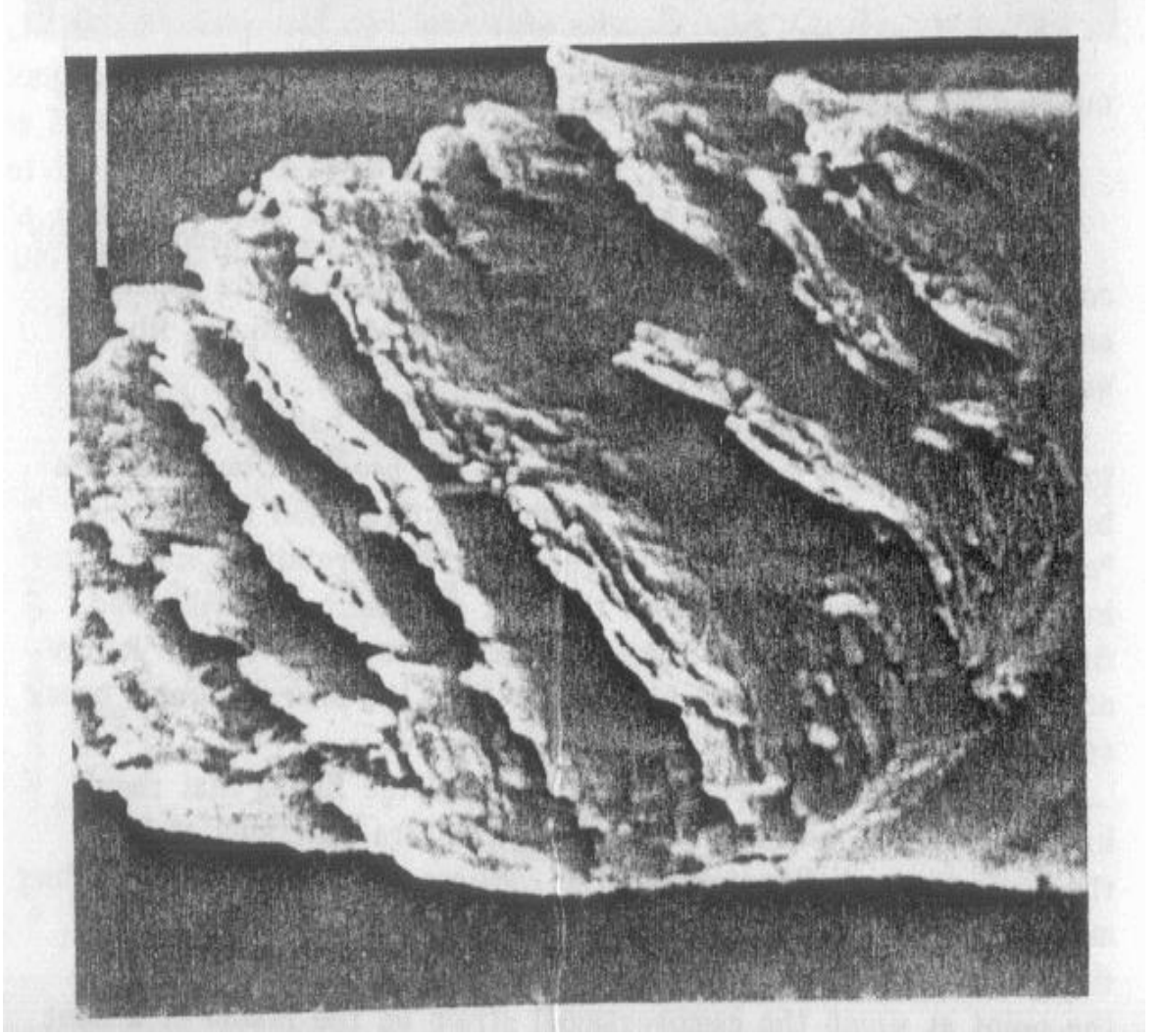


Şekil 2.14.PPTA lifinin basma - uzama grafiği [1]

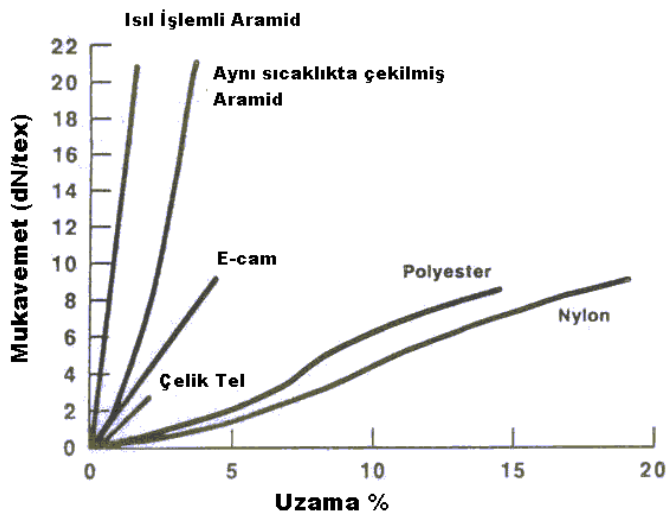


Şekil 2.15. Baskı altında PPTA lifinin moleküler eğilmesi

PPTA'dan üretilen liflerin diğer sentetik lifler gibi belli bir camsı geçiş sıcaklığı bulunmamaktadır. Fakat lifler gerilim altında yapılan ısıtılardan etkilenirler. Aynı sıcaklıkta çekilden diğer lifler gibi kuru-jet ıslak çekim metodu ile üretilen bir aramid lifini gererek çekmek mümkün değildir. En fazlası ile 500 °C gibi sıcaklıklarda %5'lik bir çekme elde edilebilir. Bu şartlar altında aramid lifinin oryantasyonu (12-15° 'den 9° ve altına) ve kristalizasyonu halen artırılabilir durumdadır. Bu şekilde elde edilen en büyük artış modüldedir. (500 dN/tex'den 900 dN/tex'e kadar). Aramid liflerinin çekme uzama grafikleri şekil 2.17.'de gösterilmiştir.

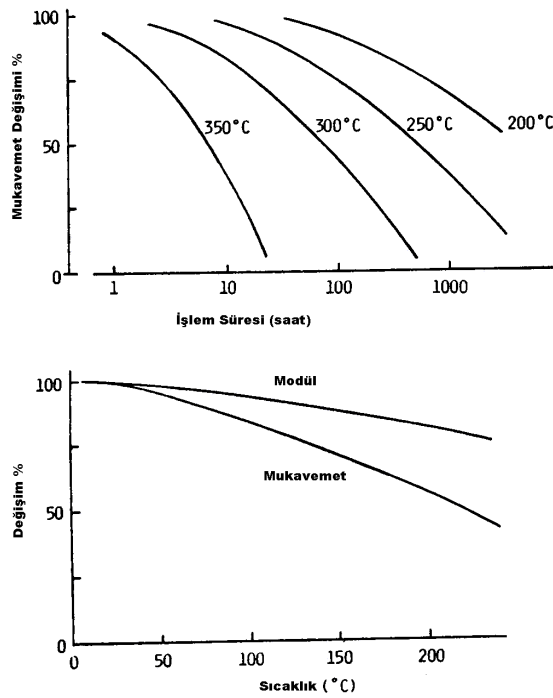


Şekil 2.16. Katlı bir lifin kopmuş hali



Şekil 2.17. Değişik endüstriyel liflerin çekme uzama davranışları [22]

P-aramidler sıcaklık artışı ile belli bir mukavemet ve modül kaybına uğrarlar. Bu davranış örnek olarak Technora lifi için şekil 2.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.18.Technora lifinin ısı dayanımı [22]

Tablo 2.2.Aramidlerin kullanım dayanımı (* = Yırtılana kadar yapılan sürtme devirlerinin sayısı) [22]

Kord Tipi	Eğilmeden Sonrası Mukavemet Kaybı	Sürtünme Dayanımı *	
		Çeliğe Karşı	Kendine Karşı
Technora	%52	884	287
PPTA	%36	234	120

Tipe göre değişik olsa da genelde p-aramid lifleri yüksek basma kuvvetlerine karşı kullanım uygun değildir. Dobb normal ve gümüş sülfat emdirilmiş haldeki Kevlar 981 liflerinin mukavemet özelliklerini incelemiş ve gümüş sülfat ilavesi ile çekme özelliklerinde bir düşüşü i basma özelliklerinde ise bir iyileşme gözlenmiştir. Kristal gümüş sülfatın orjinal boşlukları doldurarak basma gerilimini yaydığı ve liflerin basma kuvveti karşısında erken kopmasının önlenildiği düşünülmektedir. Fakat yine gümüş sülfat önceden olmuş moleküler duvarları bir nevi iğneleyerek onlara zarar vermekte ve mukavemette bir düşüşe yol açmaktadır.

Yine Dobb'a göre liflerin basma yüküne karşı olan davranışları liflerin kopma davranışları hakkında bize bir kestirim verememektedir. Fakat bu davranış lifin enerji absorbe etme davranışı üzerine bilgi verir. Tablo 2.3.'de Kevlar ve Nylon liflerinin kesme ve basma modülleri görülmektedir. [15]

Tablo 2.3.Çeşitli liflerin basma modülleri

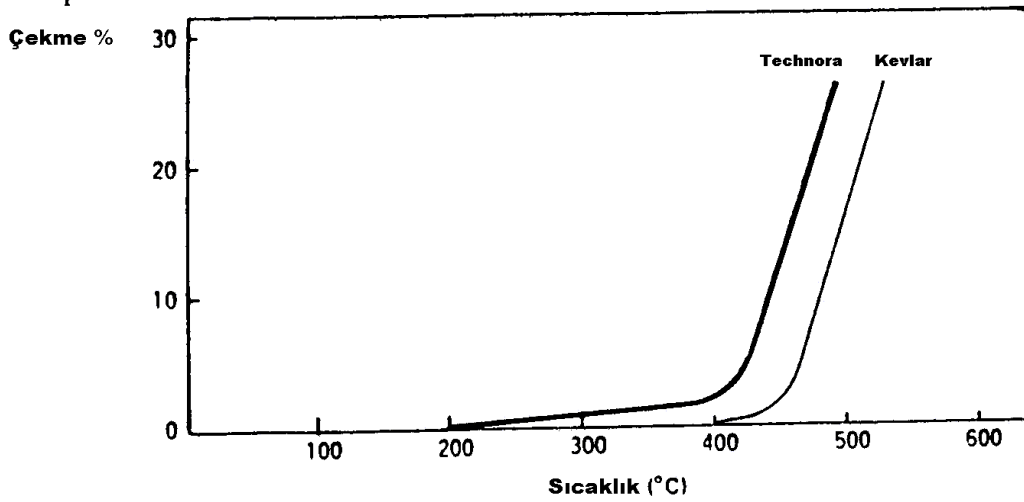
Lif Tipi	Basma Modülü (GPa)	Kesme Modülü (Gpa)
Kevlar 29	0.77	1.82
Kevlar 49	0.76	1.62
Nylon	0.40	0.31

Aramidler genelde ışığa karşı pek dayanıklı değildir. 3 ay gibi bir süre güneş altında bekletilen bir aramid mukavemetinin yarıya yakını kaybeder. Ultra viole ışınları elyaf rengini sarıdan kahverengine çevirir. Bu yüzden (outdoor) dışarıda kullanılacak olan aramidlerin bir malzeme ile kaplanması tavsiye edilir. Kevlar 149 ve Technora ultraviole altında ciddi bir mukavemet kaybına uğramaktadır. Ayrıca Kevlar 149 modulde de biraz kayıba uğramaktadır. Aynı şartlarda Kevlar 49'da modulde bir değişim olmamaktadır.

Tablo 2.4.Ultraviole radyasyonun mukavemet özelliklerine etkisi

Lif Tipi	Gün	Çekme Mukavemeti(Gpa)	Kopma Uzaması %	Başlangıç Modülü (Gpa)	Ortalama Modül (Gpa)
Kevlar 149	0	2,48	1,4	144	177
	1	1,8	1,04	147	173
	2	1,35	0,82	147	165
	4	1,03	0,67	143	154
	7	0,81	0,61	137	133
	14	0,7	0,54	134	130
Technora (T200)	0	3,45	4,52	86	76
	1	3,12	4,1	87	76
	2	2,69	3,59	84	75
	7	2,18	3,01	85	72
	14	1,8	2,6	86	69

Morgan Kevlar 49 elyaflarının hidrolitik davranışları üzerine çalışmış ve hidrolitik alçalmanın neme , zamana , sıcaklığa ve gerginliğe bağlı olduğunu bulmuştur. P-aramid liflerinin fibrilk yapısının da lif özelliklerine etkisi büyüktür. Fibriller koagülasyondan ve katılaşmadan geçen oryante kristal yapıların artıklarıdır ve mukavemet üzerinde ters etkileri vardır. Diğer taraftan bu yapılar ısı ve gerginlik karşısında çok mukavimdirler. Bu özellikleri çeşitli mühendislik uygulamaları için önemlidir. Isıya bağlı çekme Kevlar için 400 °C 'ye kadar neredeyse sıfırdır. Technora bu sıcaklıkta yaklaşık %2'lik bir çekme gösterir. Bu özellikler şekil 2.9.'da grafikte gösterilmiştir.[1]



Şekil 2.19.Kevlar ve Technora'nın sıcaklığa bağlı çekme özellikleri

Tablo 2.4. ticari olarak bulunabilen çeşitli p-aramid liflerinin özelliklerini ve karşılaştırmasını göstermektedir.P-aramidlerin kimyasal yapılarından hesaplanan teorik mukavemetleri ve modülleri sırası ile 21 Gpa ve 194 Gpa'dır. Bu değerler pratikte elde edilen değerlerden çok farklı değildir. İyi bir kombinasyon ile p-aramid lifinden karbondan bile daha dayanıklı bir yapı elde edilebilir. P-aramidlerin dezavantajları düşük basma mukavemetleri ve yorulma ve fibrilleşme eğilimleridir. Gerilim altında p-aramidler hemen hemen elastik uzama / gerilim davranışı gösterirler. Fakat basma kuvveti altında sadece %0,4 oranında kısalırlar. Basma kuvveti dolaşık bantların oluşmasına yol açar. Şekil 2.15'de bu bantlar görülmektedir. Bu bantlar gerilim altında sert bir şekilde keskin uçlar bırakarak koparlar. Bu yüksek fibrilleşmiş kopuk uçlar olarak tanımlanan bölgeler normal p-aramid davranışına tamamen ters bir davranış göstermektedir.

Tablo 2.5.Para-aramid liflerinin çeşitli özellikleri [26]

	Kevlar (DuPont)	Twaron (AKZO)	Technora (Teijin)
Mukavemet (gpd / GPA)	21 - 25 / 2,65 - 3,20	21 - 23 / 2,60 - 2,85	24 - 28 / 3,00 -
Modül (gpd / GPA)	450 - 1000 / 57 - 127	440 - 800 / 54 - 99	450 - 850 / 55 - 104
Uzama %	2,0 - 4,0	3,2 - 3,8	4,4 - 4,6
Camsı Geçiş Sıcaklığı (C)	360		
Erime Sıcaklığı (C)	560d		>500d
Özkütle (g/cm ³)	1,44	1,4	1,39
Kristallik %	72	71	73
Oryantasyon %	91	91	92
Kristal Büyüklüğü (nO)	49		23

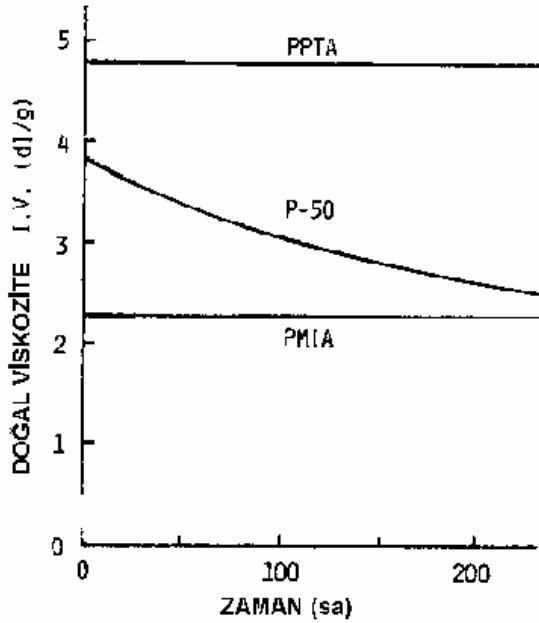
2.2.6.Kimyasal Özellikler

PPTA molekülü %8 – 9'luk Sülfirik asit çözeltisinde optik ve izotropik olmayan bir çözülmeye uğrar. %20'lik bir çözelti içine 90 °C 'de çekim için uygundur. Kuru-Jet Islak çekimde , germe işlemi çekim ile aynı sıcaklıkta yapılsa bile yüksek mukavemetli ve modüllü lif elde edilmektedir. Bu maliyetlerin düşmesini de sağlamaktadır. İstenen lif özelliklerine bağlı olarak moleküler yapı çeşitli şekillerde değiştirilebilir. [1]

Tablo 2.6.Molekül tasarımının özelliklere etkisi [1]

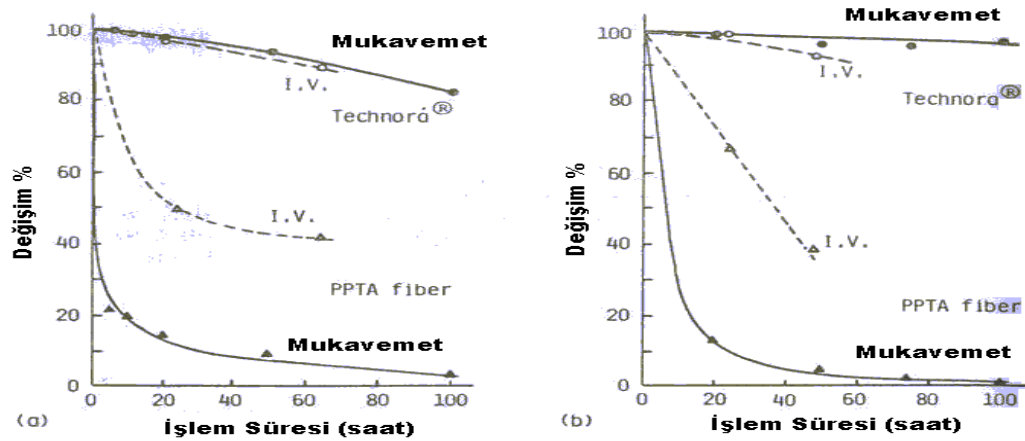
Amaç	Molekül Tasarımı
Isıl Dayanım	Tamamen aromatik polyamid olmalı Stabil olmayan bağlantılar olmamalı (Üretan , üre alkalin vs.)
Çözünürlük	Simetrik olmayan kopolimer yapısı olmalı -O- , -CO- , -SO ₂ - gibi yapılar bulunmalı Esterleşmiş amidler olmalı
Isı altında çekime uygunluk	Yüksek molekül ağırlığı olmalı Zincir esnekliği –O- , -CO- ve -SO ₂ - gibi yapılar ile arttırılmalı
Boyutsal Stabilité	Rijit molekül yapısı olmalı Polimer kristalliğinde belli bir düzen içerisinde süreklilik olmalı

Şekil 2.20 %98'lik sülfirik asit içerisinde tipik aramid polimerlerinin öz viskozitelerini göstermektedir. Buradan P-50' nin yapısında eterleşme olduğu görülmektedir. P-50 güçlü asitlerden daha kolay etkilenmektedir.



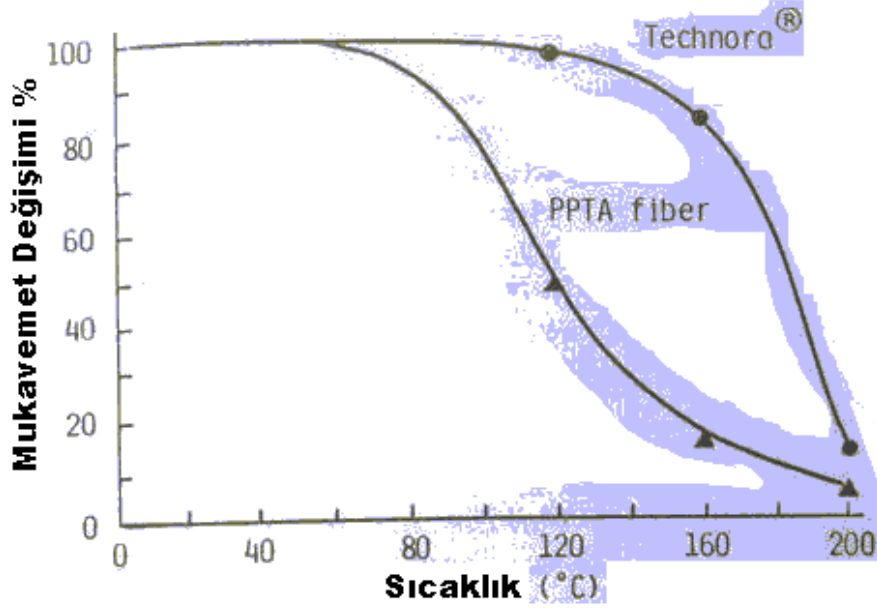
Şekil 2.20. Aramidlerin viskozite zaman bağıntıları [22]

Şekil 2.21.'de ise aramid liflerinin çeşitli çözücüler ile hidrolize zorlanma sonrası davranışları görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere Technora diğer liflere nazaran bu zorlamadan neredeyse hiç etkilenmemektedir.

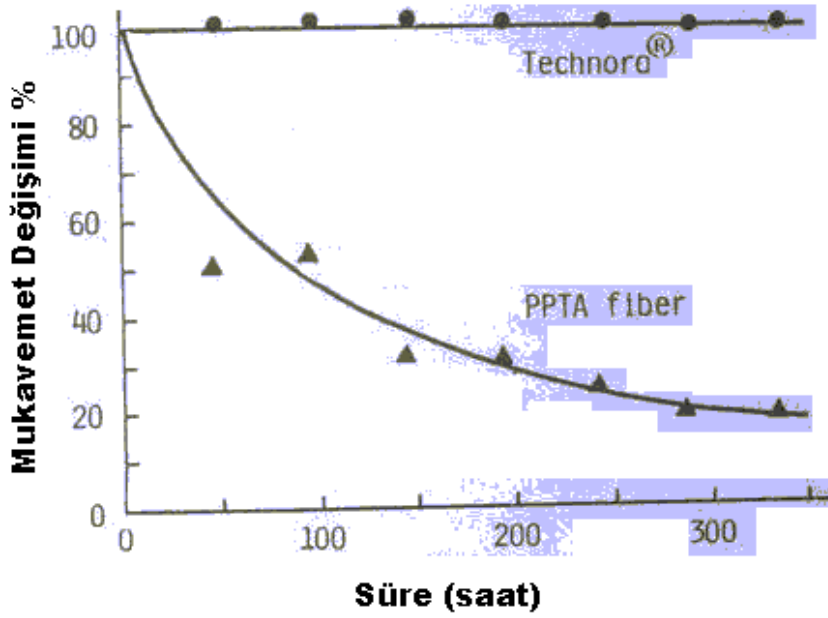


Şekil 2.21. Aramid liflerinin hidroliz sonucu mukavemet değişimi a) %10'luk NaOH b) %20'lik H2SO4 [22]

Technoranın saf sulu ortamda çeşitli koşullara gösterdiği davranış ise şekil 2.22.'de gösterilmiştir.

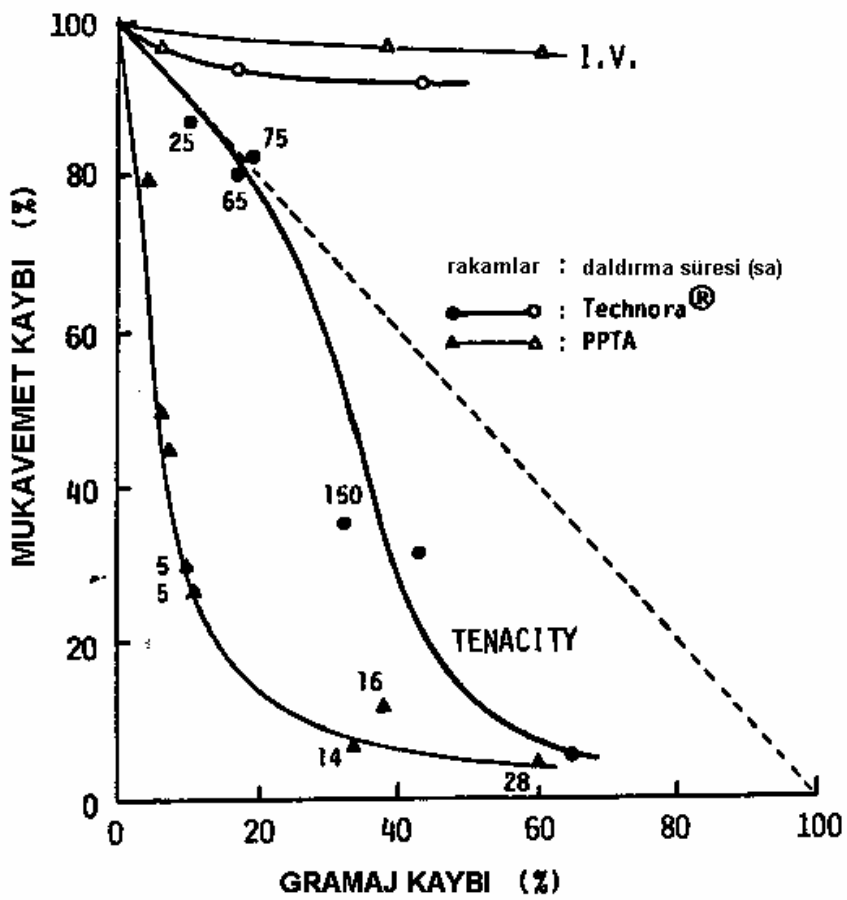


(a)



Şekil 2.22.Suya daldırılmış liflerin hidrolitik dayanımı a) 100 saatlik daldırma b) 120OC'lik daldırma [22]

Şekil 2.23. ise hipoklorit çözeltisi altında aramid liflerinin davranışı görülmektedir. PPTA lifi %10'luk NaClI çözeltisi içerisinde 5 saat tutulduktan sonra viskozitesinde çok az bir değişim olmasına rağmen kütlesinin %10'unu ve mukavemetinin %70'ini kaybetmektedir. Bu lifin ince silindirik kabuk ile kalın bir ilikten oluşan heterojen yapısının bir sonucudur. Bu yapı mekanik olarak iyi özelliklere sahip olsa da kimyasal etkilere karşı çok kuvvetli değildir. Diğer taraftan Technora 70 saatlik tepkimeye kadar ideal doğruya yakın bir davranış göstermektedir. Bu noktaya kadar Technora yaklaşık %20'lik bir mukavemet ve kütle kaybına uğramaktadır.



Şekil 2.23.UV ışınlarının aramidler üzerine etkisi [22]

2.2.7.Kullanım Alanları

P-aramidler genelde yüksek mukavemet ve modüllerine uygun olarak dinamik enerji sönümlendirmesinde kullanılırlar. Bu en bilinen şekliyle balistik olaylarda kullanılır. P aramidlerin genel kullanım alanları tablo 2.6.'da açıklanmıştır.

Tablo 2.7.Aramidlerin genel kullanım alanları [1,8,15,22]

Koruyucu Materyal olarak;	Balistik koruma
	Kesilmeye karşı koruma (güvenlik eldivenleri ve yüksek riskli iş ve spordaki ayakkabı ve kıyafetler)
	Yüksek sıcaklığa karşı koruma (serpintiden korunma gibi)
Endüstriyel malzeme olarak;	Filtre kumaşları (ısıya dayanıklı ve sit geçirmez olarak)
	Dokula kayışlar , dar kumaşlar
	İnşaat mühendisliği malzemeleri (elektrik şebekesi destekleme , bağlayıcı torbalar , deniz yatağının çökmesini önleyici kumaşlar vs.)
	Halat , kord , kablo ve kordon
	Yüksek performans dokusuz yüzeyler (ısı geçirmez keçeler)
Elyaf destekli Plastik kompozitler	Termoset plastik kompozitler (uçak parçaları , spor eşyalar , basınç kapları , elektrik devre kartları)
	Termoplastik kompozitler ((iş makinası ve elektronik ekipman parçaları)
Asbest ikamesi olan malzemeler	Motor contaları
	Sürtünme elemanları (fren ve debriyaj balataları)
	Paketleme (bez paket)
Çimento güçlendirici malzeme olarak	İnşaat mühendisliği malzemeleri (endüstriyel malzemeler dışında kalanlar – boru veya önceden gerilime uğratılmış kiriş)
	Bina malzemeleri (taban ve tavan yapıları)

2.3.Cam Lifleri

Cam materyali neredeyse uygarlık kadar eski bir tarihe sahiptir. Fakat camın güçlendirici materyal olarak kullanımı nispeten yeni bir fikirdir. Cam 16. ve 17. yüzyıllarda dekoratif materyal olarak kullanılmıştır. 1893'de califinden yapılmış bir elbise 'Colombian Exposition' da tanıtılmıştır.

Cam oryantasyon veya kristalizasyona sahip olmayan inorganik bir materyaldir. Griffith çalışmaları ile 1920'de camın yüksek performans özelliklerini ortaya çıkarmıştır. Camın karışımını oluşturan genel maddeler silikondioksit , kalsiumoksit , alüminyumoksit , boronoksit ile bazı metaloksitlerdir. Yapı olarak cam izotropik üç boyutlu ağ yapısına sahiptir.

Cam lifinin yüksek performanslı lif olarak ticari tarihçesi Owens Illinois ve Corning Glass firmalarının ortak yatırımı ile başlar. Bu başlangıç ile cam elyafı üretimi 1970'lere kadar her yıl ortalama % 15 – 25 oranında artmıştır. Müteakip yıllarda cam elyafı pazarını aramid i karbon lifleri ve güçlendirilmiş kompozitlere bırakmıştır.[1]

Yine de cam şu anda en önemli güçlendirici materyallerden biridir. Son on yıl içerisinde cam elyafı tüketimi yaklaşık % 8 – 10 civarında artmıştır. Yüksek performanslı cam elyaflarının en önemli üreticileri Owens Corning , Wentrotex , Ashltrom ve Pilkinton'dur.

2.3.1.Lif Tipleri ve Kompozisyonlar

Bütün ticari cam tipleri için temel yapıtaş silikadır. Silika çeşitli oksitlerin 1300 – 1600 °C arasında eritilmesi ile elde edilir. Çok çeşitli yapı ve özellikte ticari cam elyafı ürünleri bulunmaktadır.

1. A – Cam : Alkali içerec cam kompozisyonudur. Çok nadiren lif üretimi için kullanılır.
2. AR – Cam : Alkaliye dayanıklı (AR : Alkali Rezistant) cam kompozisyonudur. Çimento destekleyici eleman olarak kullanılır.
3. C – Cam : Kimyasallara dayanıklı (C : Chemical Resistant) cam kompozisyonudur. Lif üretimi için kullanılır.
4. E – Cam : Yüksek elektrik dayanımı olan cam kompozisyonudur. (E : Elecrctically Resistant)

5. HS – Cam : Yüksek mukavemetli (HS : High Strength) cam lifidir. Magnezyum – Silika – Alumina ve küçük miktarlarda diğer oksitlerden içerir.
6. S – Cam : HS – Cam’a benzer bir yapısı vardır. Bu lifin kullanımı gittikçe artmaktadır.

Cam liflerinin toplam üretiminin yaklaşık %90’ı E – Cam’dır. Bu tip cam sıklıkla cam destekli plastikler endüstrisinde (GRP : Glass Reinforced Plastics) kullanılmaktadır. Daha yeni bir lif olan AR lifi hidrolik dolgu malzemesi olarak derilim ve kopmaya karşı destekleyici elemanlarda kullanılmaktadır.

Tablo 2.8.Cam liflerinin kütleli kompozisyon oranları % [15]

Bileşenler	AR – Cam	C – Cam	E – Cam	S – Cam
SiO ₂	62.2	65	55.2	65
ZrO ₂	16.7	-	-	-
TiO ₂	0.1	-	-	-
Al ₂ O ₃	0.74	4	14.8	25
Fe ₂ O ₃	0.09	0.3	0.3	-
B ₂ O ₃	-	5	7.3	-
CaO	5.2	14	18.7	-
MgO	0.16	3	3.3	10
Na ₂ O	14.3	8.5	0.3	-
K ₂ O	0.4	-	0.2	-
LiO ₂	-	-	-	-
F ₂	-	-	0.3	-

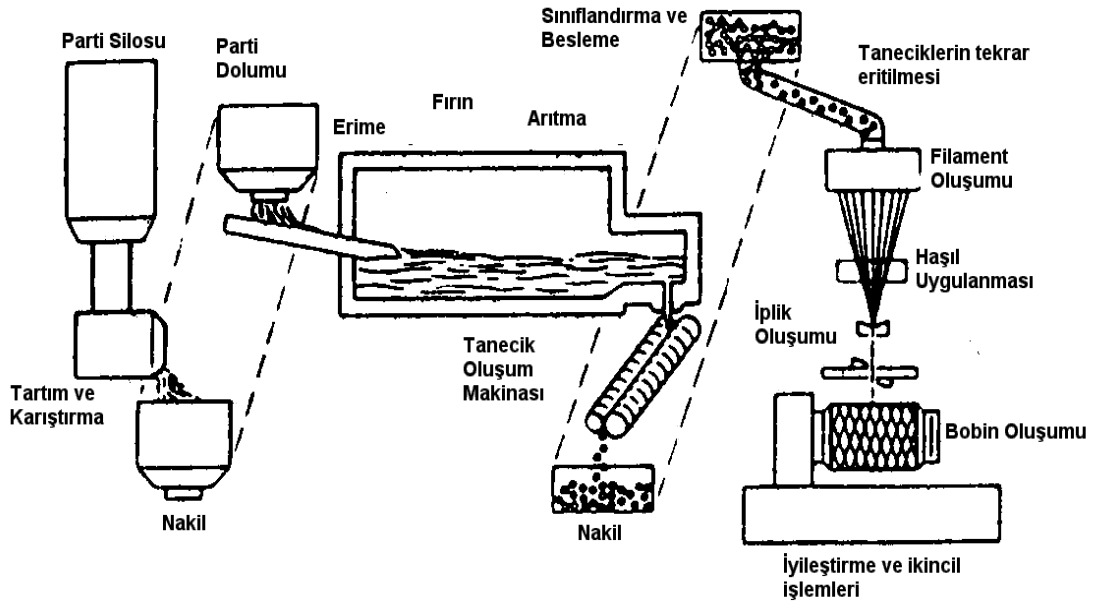
AR – Cam yapısında ciddi miktarlarda ZrO₂ berındırmaktadır ve alkalilere karşı dayanımının esas sebebi budur.

2.3.2.Üretim Prosesleri

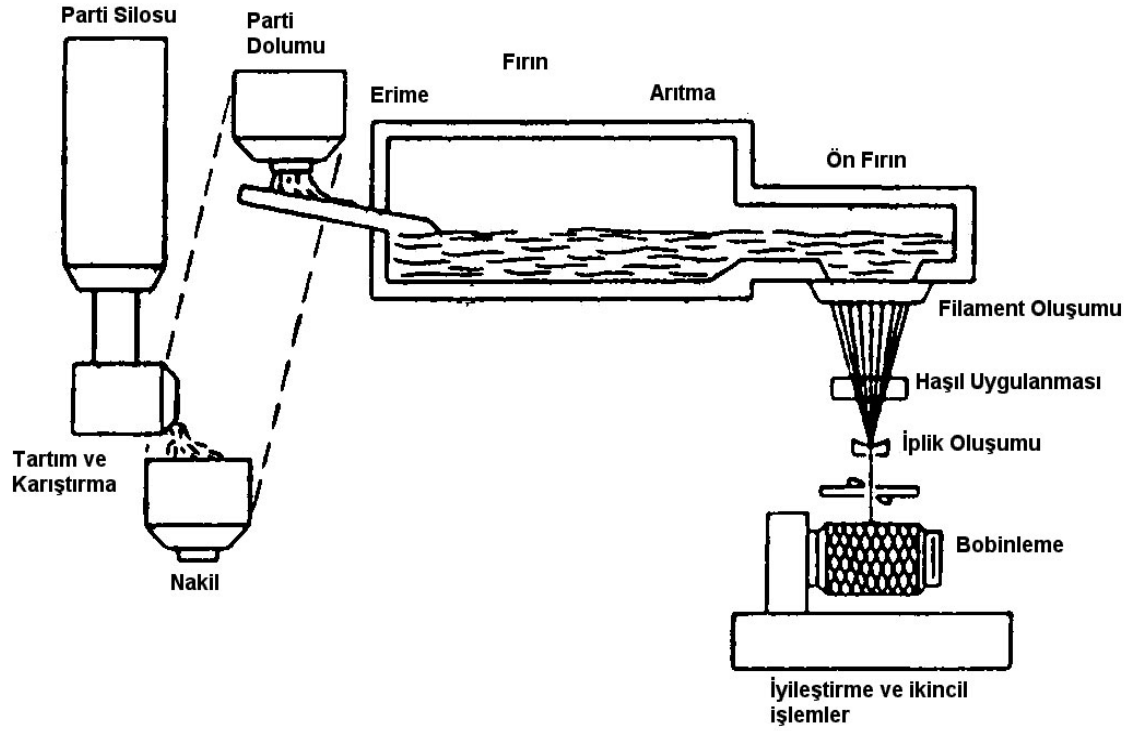
Kontinu filament cam lifleri genelde yüksek performans uygulamalarında kullanılır. İlk olarak Owens Corning tarafından gerçekleştirilen filament cam üretimi temel olarak iki aşamadan oluşmaktadır.

1. Cam Üretimi : Bu bölüm hammaddelerin eritilmesinden oluşur. Bütün komponentler 1700 °C gibi bir sıcaklıkta eritilir. Komponentler karıştırılarak ve eritilerek homojen cam elde edilir. Cam çipse benzer bilyalar halinde üretilir.
2. Lif Çekimi : Bu bölümde bilyalar tekrar eritilir ve düzelerle iletilir. Bu düzelerde minimum 200 delik bulunmaktadır. Lif çekiminden sonra cam lifi bir bobin üzerine sarılır ve performansının artması için haşılır.

Bu iki kademenin sürekli olduğu sistemlerde bulunmaktadır. Bu iki sistem şekil 2.24. ve 2.25.'de gösterilmiştir.



Şekil.2.24.Sonsuz filament cam liflerinin iki kademeli üretim sistemi



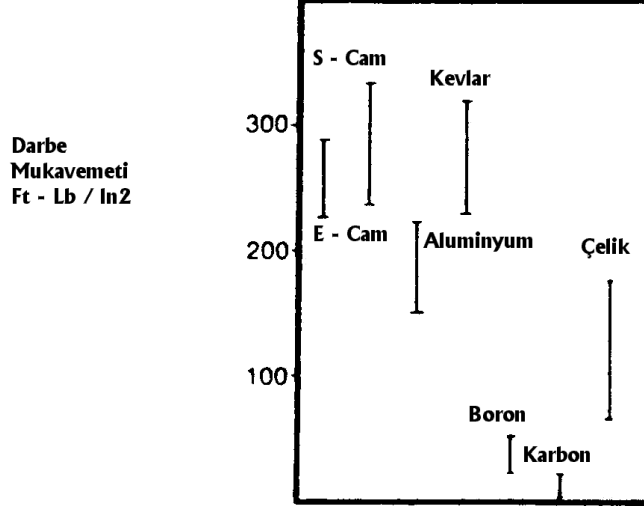
Şekil 2.25. Sonsuz filament cam liflerin tek basamak üretim şeması [1]

İlk şekilde kademeli ikinci şekilde kontinu cam lifi üretimi şematik olarak gösterilmektedir. Ticari uygulamalarda ufak tefek bazı farklar olabilmektedir. Cam lifi kesiti genelde dairesel olmakla beraber çeşitli değişik kesitlerde de üretim yapılmaktadır.

2.3.3.Özellikler

Cam lifleri yüksek mukavemetli , alev almaz ve ısı geçirmez yapıdadır. Ayrıca kimyasallara , , neme ve çeşitli organizmalara karşı çok dayanıklıdır. Camın mukavemeti kompozisyona , lif çapına ve lif çekim sıcaklığına bağlıdır. Örneğin A-Cam'ın mukavemet / çap oranı oldukça lineerdir fakat E-Cam'ın mukavemeti çapına çok bağlı değildir.

E-Cam normalde yüksek performans lif olarak göz önüne alınır. Fakat günümüzde S-Cam mekanik performans uygulamalarında ekonomik olması yönünden öne çıkmaktadır. Owens Corning S-2 denilen yeni bir S-Cam geliştirmiştir ve bu lif iyi bir mukavemet / maliyet oranı ile aramid ve karbon liflerine alternatif olmuştur. S-2 iyi bir mukavemet , sertlik ve yorulma dayanımı ile beraber iyi denebilecek bir ısı dayanımı ve radar görünmezliği sunmaktadır. S-Cam'ın mukavemeti sadece E-Cam'a göre değil , diğer yüksek performans lif çeşitlerine göre de iyi bir seviyededir.



Şekil 2.26.Çeşitli yüksek performans liflerin darbe mukavemetleri

Cam elyafın mukavemeti yüzeyin zarar görmesi ile ciddi oranda düşer. Bu yüzden yüksek performans özellikler bir yüzey koruması ile desteklenmelidir. E-Cam'ın mineral asitlerine karşı da çok kötü bir dayanımı vardır.

Tablo 2.9.Çeşitli cam liflerinin özelliklerinin karşılaştırılması

Özellik	E – Cam	AR – Cam	S – Cam
Mukavemet (Gpa)	3.5	3.5	4.6
Modül (Gpa)	73.5	175	86.8
Uzama (%)	4.8	2	5.4
Özkütle (g/cc)	2.57	2.68	2.46
Kırılma İndisi	1.547	1.561	-
Genleşme Katsayısı ($10^7 / ^\circ\text{C}$)	6.1 – 6.3	-	5.0 – 5.1

2.3.4.Kullanım Alanları ve Son Gelişmeler

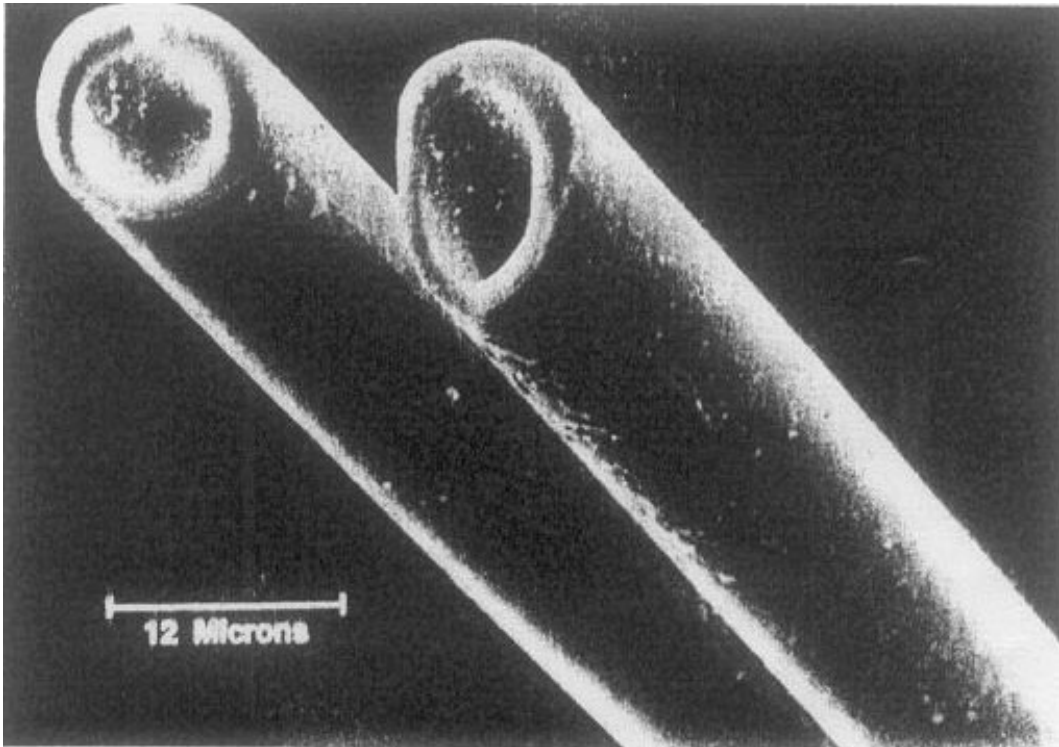
Cam lifinin genel kullanım alanları aşağıdaki gibidir.

1. Uçak ve uzay sanayi
2. Çeşitli alet ve ekipmanlar
3. Konstrüksiyon
4. Korozyona dayanıklı ürünler
5. Fiber optik kablolar

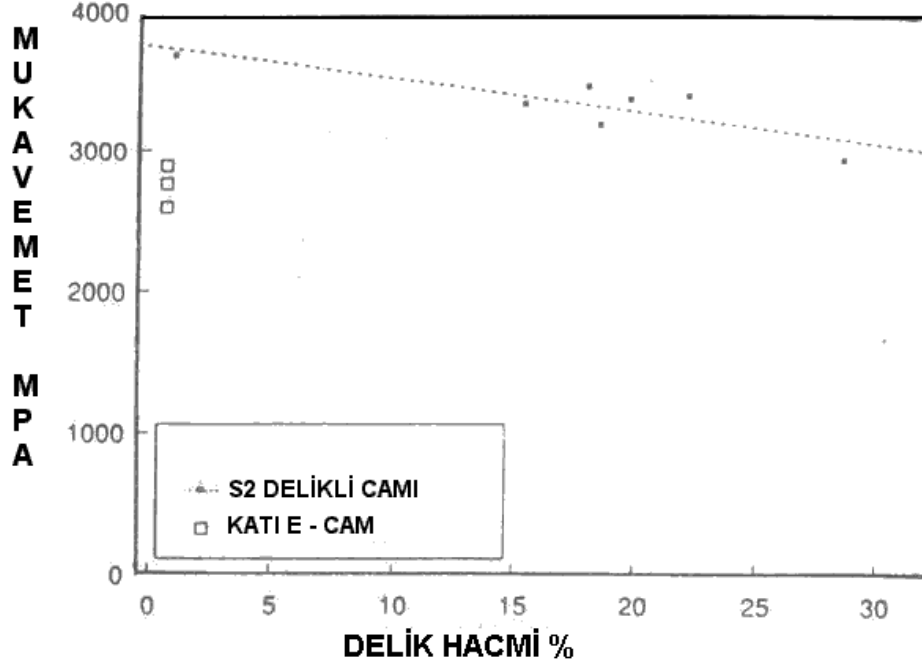
Cam liflerinin elyaftan filamente , kumaşa kadar çok çeşitli son kullanım biçimleri vardır. Cam lifi için en önemli kullanım alanı cam destekli plastiklerdir. Bu ürünler daha çok otomotiv , spor ekipmanları tipi ürünlerdir. Ayrıca cam lifleri hafif uçak parçaları üretiminde kullanılmaktadır. Owens Corning dekoratif ve endüstriyel dokuma kumaşların çözgüsünde kullanılmak üzere telstürize iplikler de üretmektedir.

Cam lifleri günümüzde alev almaz özellikleri , kolay bozulmamaları ve sağlığa kötü yönde etkileri olmamaları açısından asbest'e rakip durumdadırlar.

S-Cam'ın E-Cam'dan daha yüksek bir modül ve mukavemeti vardır. Eşit ağırlık için S-Cam daha yüksek mukavemet ve yorulma dayanımı verir. Bu yüzden helikopter ve uçaklarda uçuş kabini zırhı , helikopter zırhı , koltuklar ve zemin için kullanılır. S-Cam bunun yanında radar sistemleri ile zor görünen bir yapıdadır ve bu özellik askeriyede kullanılmaktadır.



Şekil 2.27.Desteklenmiş Plastiklerde kullanılan delikli S – 2 Cam lifi



Şekil 2.28.Delik hacminin mukavemete etkisi

Cam Lifleri ayrıca oto lastikleri desteklemede kullanılmaktadır.

AR-Cam çimento ve beton destekleyici olarak başarılı şekilde kullanılmaktadır. Bu tip uygulamalara bir örnek otopanlara kaplanan çatlama önleyici yüzeylerdir.

Cam liflerinin en önemli kullanım alanlarında biri de fiber optik kablolardır. Cam elyafı dikkate değer dalga boyu aralığı , mukavemeti ve uzun süre dayanıklı olabilmesi gibi özellikleri ile bu iş için oldukça uygundur. Cam elyafı ile yapılan iletimlerde kayıp miktarı günümüz teknolojisi ile 20 db/km değerlerine düşürülmüştür. Bu kablolar kominikasyon amaçlı her tip ses ve veri taşınmasında kullanılabilir.

Kontinu tel cam liflerinin erezyona karşı kullanıldığı uygulamalar bulunmaktadır. Cam elyafı kaplı kumaşlar inşaat sektöründe çeşitli konstrüksiyonlarda destekleyici eleman olarak kullanılmaktadır. Cam elyafının inşaatta başka bir uygulama alanı ise cam elyafı destekli beton tabakaların çeşitli ısıtma elemanları ile beraber zemin ısıtmasında kullanılmasıdır.

2.4.Karbon Lifleri

Karbon liflerinin ilk kullanımı 1879'da Edison'un lambalarda karbon filamentleri kullanmak için patent almasına rastlar. Fakat gerçek anlamda ilk kullanım 1950'lerin sonudur. Uçak ve uzay endüstrisinin ihtiyaçları bunda en önemli etken olmuştur. İlk başarılı ticari uygulama İngiltere Farnborough'da Kraliyet Havacılık Kurumu'nda (Royal Aircraft Establishment) William Watt ve ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir. 1960'ların başından itibaren karbon liflerinin gerçek tarihi başlamıştır ve karbon lifi ile kompozitlerinin kullanımı yüksek performanslarına bağlı olarak giderek artmıştır. Günümüzde bu ürünlerin toplam üretiminin yaklaşık %50 si Japonya'da ve toplam tüketiminin %60' A.B.D.'de gerçekleştirilmektedir. Ayrıca karbon liflerinin günümüzdeki toplam üretim kapasitesi toplam talepten fazladır. Bu durum üreticileri alternatif pazarlar aramaya itmektedir. Karbon lifi üretiminde en önemli firma Toray Industries'dir. Bunun dışındaki önemli üreticiler Celanese , Hercules , Union Carbide , Mitsubishi Rayon , Nippon Carbon , Amoco ve Kuhera gibi firmalardır.[15]

Karbon ve grafit yapılarının her ikisi de ana yapıtaşı olarak karbon elementinden oluşmuştur. Tekstil tanımına göre karbon lifi yapısında en az %90 oranında karbon ihtiva eden liftir. Öncü (precursor) diye tabir edilen çok çeşitli hammaddelerin değişik şekillerde işlenmesi ile değişik morfoloji ve özelliklerde karbon lifleri üretilir. Bir öncü maddeden beklenen , karbon lifi yapısına dönüşümün kolayca sağlanabilmesi açısından , ihtiva ettiği karbon elementi miktarının mümkün olduğunca fazla olmasıdır. Karbon liflerinin üretim şekilleri , yapısı , özellikleri ve son kullanımlarında öncü malzemeler çok önemli bir etkidir.

2.4.1.Karbon Liflerinin Sınıflandırılması

Modüle Göre:

1. Ultra yüksek modüllü tip (UHM) : Modülü 500 Gpa üzeri olan karbon lifleridir. Union Carbide firmasının P120 tipi (820 Gpa) buna bir örnektir. Bu lif mezfaz – pitch bazlıdır.
2. Yüksek modüllü tip (HM) : Modülü 300 – 500 Gpa arası olup mukavemet / modül oranı $5 - 7 \cdot 10^{-3}$ civarı olan karbon lifleri bu gruba girer. Toray'ın PAN bazlı M50 modeli (500 Gpa) bu gruba iyi bir örnektir.
3. Orta Modüllü (IM) : Modülü 300 Gpa'ya kadar olup mukavemet / modül oranı 10^{-2} civarı olan karbon lifleri bu gruba girer. Örnek olarak Toray'ın PAN bazlı M30 modeli (294 Gpa) gösterilebilir.

4. Düşük Modüllü (LM) : Modülü 100 Gpa'dan düşük olan karbon lifleri bu gruba girer. Isotropik bir yapısı olan bu liflerin genelde düşük mukavemet özellikleri vardır.

Mukavemete Göre:

1. Ultra Yüksek Mukavemetli (UHS) : Mukavemeti 5 Gpa'dan yüksek olup mukavemet / sertlik oranı $2 - 3 \cdot 10^{-2}$ olan karbon lifleri bu gruba girer. Örnek olarak Toray'ın PAN bazlı T1000 modeli (7.06 Gpa) gösterilebilir.
2. Yüksek Mukavemetli (HS) : Mukavemeti 3 Gpa'dan yüksek olup mukavemet / sertlik oranı $1.5 - 2 \cdot 10^{-2}$ olan karbon lifleri bu gruba girer. Hercules'in PAN bazlı AS-6 modeli (4.14 Gpa) bu gruba bir örnektir.

Son Isıl İşlemlerine Göre:

1. Son işlem sıcaklığı 2000 °C üzeri olan karbon lifleri : Bu gruba yüksek modüllü tipler girer.
2. Son işlem sıcaklığı 1500 °C civarı olan karbon lifleri : Bu gruba yüksek mukavemetli tipler girer.
3. Son işlem sıcaklığı 1000 °C'ye kadar olan karbon lifleri : Bu gruba düşük modüllü ve mukavemetli tipler girer.

2.4.2.Üretim Prosesleri

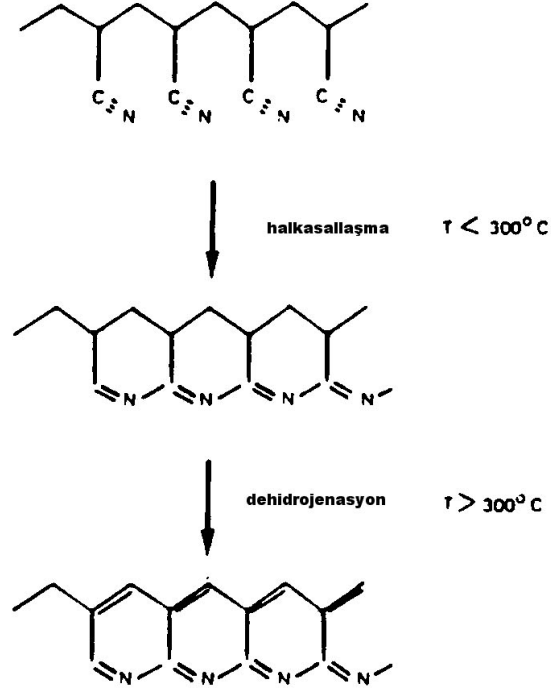
Karbon liflerinin üretiminde en önemli öncü materyaller Polyakrilonitril (PAN) , selülozik lifler (viskoz – rayon , pamuk) ve zift gibi yapılardır. 1960'dan 1980'e kadar A.B.D.'de karbon liflerinin öncülere bağlı olarak değişik üretim olanakları konusunda çok çeşitli patentler alınmıştır. Üretim şekillerini aşağıda anlatıldığı üzere öncü lif tipine göre ayırmak en uygunudur.

2.4.2.1.PAN Bazlı Karbon Liflerinin Üretimi

Bugünün yüksek teknoloji karbon lifleri , istenen molekül oryantasyon ve kristalliğine sahip , genelde nitrojen de ihtiva eden aromatik polimerlerdir. PAN bazlı karbon lifleri diğer öncülere göre çok daha fazla ticari ilgi görmüştür. PAN'dan karbon lifi üretiminde ana üç basamak bulunmaktadır.

1. 200 – 300 °C'de oksidatif stabilizasyon.
2. 1000 °C'de karbonizasyon (1500 °C'ye kadar çıkabilir).
3. Lif tipine bağlı olarak 1500 – 3000 °C arası grafitizasyon.

PAN öncüsü ilk safhada gergin bir şekilde tutularak 200 – 300 °C'de oksidasyona uğrar. Bu işlem PAN'ı plastik olmayan halkasal bir bileşiğe dönüştürür. Watt ve Johnson bu işlem için 150 – 400 °C aralığını tavsiye etmiştir. Bu yapının oluşması iki basamakta gerçekleşmektedir. Bu basamaklar halkasallaşma ve dehidrojenasyon'dur.



Şekil 2.29.PAN öncüsünden oksidatif stabilizasyon ile basamak polimerin oluşması [25]

Bu iki basamak sırasında sıcaklık da kademeli olarak artırılır. Stabilizasyonun tamamlanması için birkaç saat beklenmesi tavsiye edilir. Lifin gergin tutulmasının sebebi oksidasyon sırasında lifin gevşemesini ve oryantasyonunu kaybetmesini önlemektir. Germe sırasındaki uzama miktarı üretim şekline göre değişebilir. Johnson bu konuda %12'den az bir uzamanın kabul edilebilir olduğunu savunmuştur.

Yeni bir patent PAN öncülerinin hızlı stabilizasyonunu savunmaktadır. Bu patentte ilk safha materyalden maksimum plastikliğin elde edildiği sıcaklıkta gerçekleşmektedir (çekim %10 – 50). İkinci safha 0.01 – 0.2 g/denye gerginlikte 200 – 300 °C sıcaklıkta gerçekleşmektedir. Toplam işlem süresi 15 – 60 dakikadır (oksijen atmosferi içerisinde geçen süre).

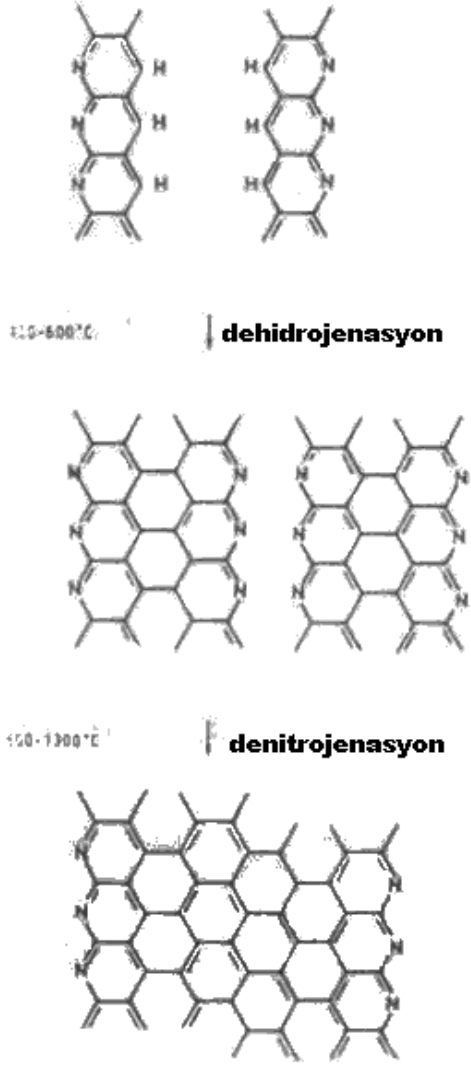
Oksidatif proses ile lifler yüksek sıcaklıklardaki işlemlere dayanım kazanırlar. Oksidasyon sonrası lifler 1000 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda gergisiz olarak karbonize edilirler. Karbonize işlemi sırasında karbon dışı yapılar (CHN , NH₃ , H₂) uzaklaştırılırlar ve başlangıçtaki PAN'ın yaklaşık yarı ağırlığında bir yapı elde edilir.

Tablo 2.10.PAN liflerinin karbonizasyonu [1]

Sıcaklık °C	Oksidize edilmeyen lifler	Oksidize lifler
Ön oksidasyon 220		OH , CO ve COOH gruplarını içeren yükselen polimerinin oluşumu
220 – 300	Yükseltme oluşumuna göre ekzotermik Yükselmeyen polimerin bozunması	Az bir miktar ekzotermik Yükselmeyen polimerin bozunması
300 – 400	Yükselmeyen polimerin bozunması	Polimer çapraz bağlarının oluşması
400 – 700	NH ₃ , HCN , CH ₄ ve H ₂ 'nin oluşumu	CH ₄ ve H ₂ nin nispeten daha az oranda oluşumu
700 – 1000	HCN ve N ₂ nin yükselen polimerden oluşumu Ana yapının oluşması	

Karbonizasyon iki safhadan oluşur. 400 – 600 °C arasında denitrojenasyon işlemi yapılır ve 700 °C'de nitrojen eliminasyonu devam eder ve 900 °C'de maksimum düzeyine ulaşır. 1300 °C'de lif içerisindeki nitrojen minimum düzeydedir.

Karbonizasyon sonrası elde edilen lifler karbon dışı yapılardan hemen hemen arınmıştır ve grafit benzer bir yapı oluşmuştur. 2500 °C'nin üzerindeki ısı işlemler ile (grafitizasyon) oryantasyon ve kristallik lif ekseninde artırılır.



Şekil 2.30.PAN öncüsünün karbonizasyon süreci içindeki değişimi [1]

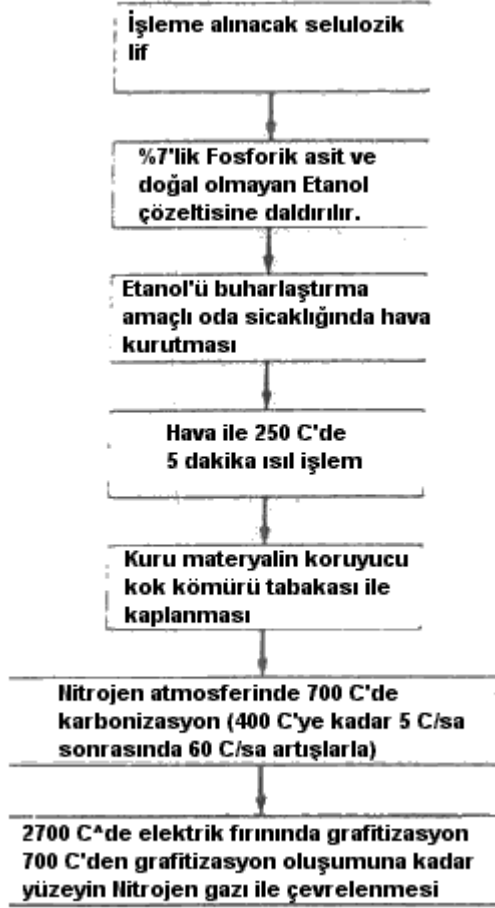
2.4.2.2.Rayon Bazlı Karbon Liflerinin Üretimi

Rayondan karbon lifi üretiminde üç basamak vardır.

1. Stabilizasyon (25 – 400 °C)
2. Karbonizasyon (400 – 700 °C)
3. Grafitizasyon (700 – 2700 °C)

Stabilizasyon temelde bir oksidasyon prosesidir ve yine üç basamaktan oluşur.

1. Suyun fiziksel dışa atımı (25 – 150 °C)
2. Selülozik yapının dehidrasyonu (150 – 240 °C)
3. Dairesel bağların temel kopuşu , eter C – O bağlarının yerine C – C bağlarının oluşması ve aromatisasyon (240 – 400 °C)



Şekil 2.31.Rayon öncüsünden karbon lifi elde edilme kademeleri

400 – 700 °C arası karbon bazlı yapı grafitte benzer aromatik bir yapıya dönüşür fakat bu işlem ile oryantasyon bozulur. Grafitizasyon ile oryantasyonu arttırmak mümkündür.

2.4.2.3.Mezofaz Zift Bazlı Karbon Liflerini Üretimi

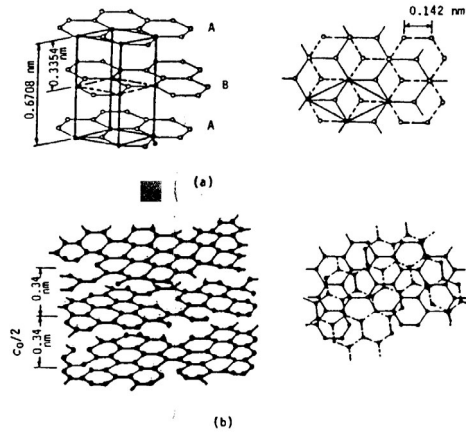
Eğer bir hidrokarbon karışımının termodinamik yapısı biliniyorsa çeşitli karbon lifi üretme imkanları da olabilir. Ziftin bazı componentlerinden karbon lifi üretilmesi de bu mantık çerçevesinde gerçekleşmektedir. Ziftin uygun çözücü sistem ile karbon lifi üretimine hazır hale getirilmesi mümkündür. Yüksek molekül ağırlıklı aromatik ziftlerin genelde doğal yapıları anizotropiktir. Bunlara mezofaz denir. Çekim sonrası mezofaz moleküller oryante edilip lif eksenine paralel hale getirilirve termodinamik olarak sağlam bir yapı elde edilir. Gerçek dönüşümden önce zift çekime uğrayacak lif haline gelir. Bu üretimin genel işlemleri sırası ile aşağıdaki gibidir.

1. Ticari zift => Mezofaza polimerizasyon
2. Eriyikten çekim
3. Hava ortamı içinde stabilizasyon
4. Karbonizasyon
5. Grafitizasyon

Zift öncüsü 350 °C'de ısıtılarak mezofaz zift dönüşür. Bu yapı hem izotropik hem de anizotropik yapıları içerir. Çekim sonrası izotropik bölüm yumuşama noktasından daha düşük bir sıcaklıkta enjekte edilebilecek duruma gelir. Bundan sonra lif 1000 °C'de karbonizasyona uğrar. Bu metodun avantajı stabilizasyon ve grafitizasyon safhalarında herhangi bir germe işlemine gerek olmamasıdır.

2.4.3.Lif Yapısı

Karbon lifinin yapısı X ışını ve elektron mikroskobu yöntemleri ile ortaya çıkarılmıştır. Grafitin aksine karbon lifinin üç boyutlu düzenli bir yapısı yoktur.

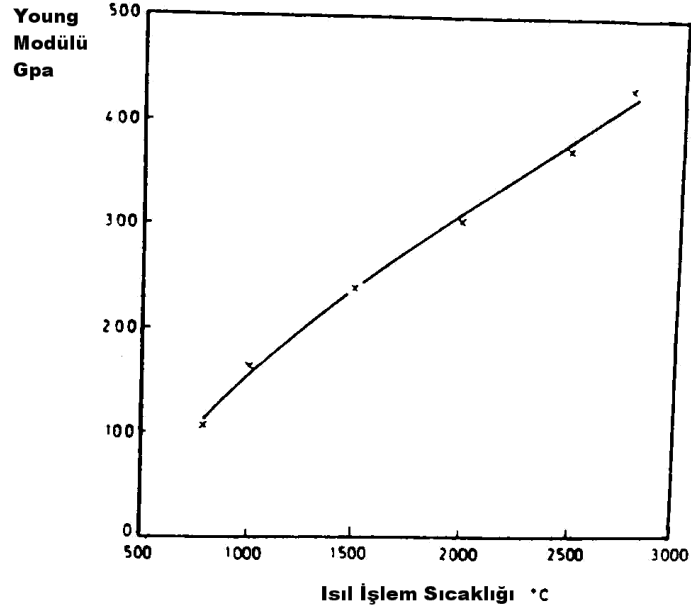


Şekil 2.32.Karbon içindeki temel yüzeylerin yerleşimi a) grafitik karbon b) turbostatik karbon

2.4.4.Özellikler

Genel olarak PAN lifinin mukavemetinin yüksek olması , üretilecek olan karbon lifinin de mukavemetli olması anlamına gelir.PAN öncüsünün mukavemeti oksidasyon işleminin ilk safhasında ciddi biçimde düşer uzama oranı ilk önce artar sonra azalır. Karbonizasyon sırasında ısıtma sıcaklığının artışı ile oryantasyon ciddi bir biçimde artar. Karbonizasyon sonrası lifin Young Modülü'nde de ciddi bir artış olur. Mukavemet özelliklerinde lifin kabuk ve kor yapılarının da çok etkisi

vardır. Eğer orta Őiddette bir stabilizasyon uygulandı ise gerilim altında karbonizasyon ile modül ve mukavemet ciddi bir biçimde artar. Yüksek modüllü bir lifte kristaller lif yönünde katmanlar halinde yerleşmiş olmalıdır. Donnet ve Bansal'a göre Young Modülü grafitik kristallerin oryantasyonuna bağlıdır. Örneğin lif eksenine 35° açılı kristallerden oluşmuş lifin Young Modülü 103 Gpa iken aç 10° 'ye düştüğünde 410 Gpa değerlerine ulaşılmaktadır. Diğer bir yandan karbon lifinin mukavemeti öncü materyale , işlem koşullarına , ısıl işlem sıcaklığına ve çeşitli hatalar ile yabancı maddelerin yapıda bulunup bulunmamasına bağlıdır. PAN bazlı liflerde mukavemet ısıl işlem sıcaklığı ile artar ve 1500 °C'de maksimum değerine ulaşır. Daha yüksek sıcaklıklarda yine düşme eğilimi gösterir. Buna rağmen modül sıcaklıkla her zaman artma eğilimindedir.



Şekil 2.33.Karbonun ısıl işlem sıcaklığı ile Young Modülü arasındaki ilişki

Diğer yüksek performanslı liflerle karşılaştırıldığında karbon lifleri oldukça yüksek mukavemet ile öne çıkarlar. Bazı yöntemler ile mukavemet daha da yukarı çekilmek istenmektedir.

Tablo 2.11.Karbon liflerinin önemli özellikleri

Özellik	PAN bazlı Lif	Zift bazlı Lif
Mukavemet (Gpa)	1,8 – 7,0	1,4 – 3,0
Modül (Gpa)	230 – 540	140 – 820
Kopma Uzaması %	0,4 – 2,4	0,2 – 1,3
Özkütle (g/cm ³)	1,75 – 1,95	2,0 – 2,2

Karbon liflerinin basma kuvvetine karşı dayanımları ise Melanitis ve Galoitis tarafından Raman Spektroskopik Yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Bu testte lifler lif boyunca bir baskı kuvvetine tabi tutulmuşlardır. Zift bazlı karbon lifleri bu testte kağıt yapraklarına benzer düzgün yapılara dönüşmektedir. PAN bazlılar ise iç bozunmalara uğramaktadır. Lif eksenine dik yapılan basma kuvvetine karşı dayanımda ise PAN bazlı karbonlar daha mukavim çıkmıştır.

Genel olarak karbon lifleri oldukça kırılığandır. Lif içindeki katmanlar güçlü kovalent bağlar ile bağlıdır. Fakat sayfa yaprağına benzer bu yapı kolay kırınımına olanak vermektedir. Lif eğilme gerilmesi altında çok rahat kırılmaktadır.

2.4.5.Kullanım Alanları ve Yeni Gelişmeler

Karbon lifinin genel kullanım alanları aşağıdaki gibidir.

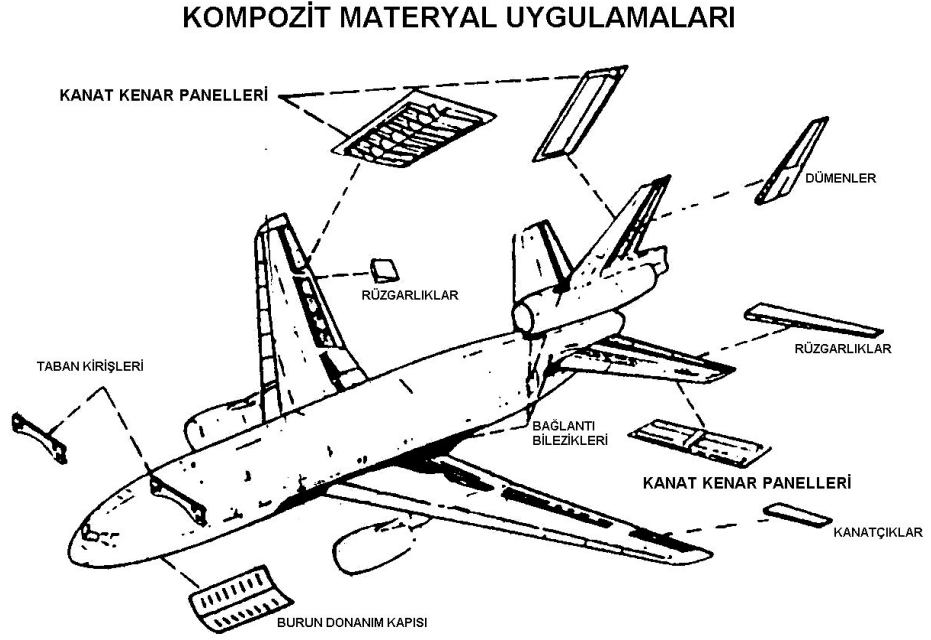
1. Uçak ve uzay endüstrisi
2. Otomotiv
3. Spor ekipmanları
4. Gemicilik
5. Genel mühendislik uygulamaları

Karbon liflerinin uçak ve uzay endüstrisinde kullanılmalarının ana sebepleri aşağıdaki gibidir.

1. Ağırlık göz önüne alındığında karbon liflerinin özgül mukavemetleri metallere göre yaklaşık yedi kat fazla , kopma mukavemetleri ise yaklaşık 5 kat fazladır.
2. Sıcaklıkla genişleme eğilimleri çok düşüktür.
3. Çelik ve alüminyumdan daha iyi bir yorulma dayanımı bulunmaktadır.
4. Performans / maliyet oranı yönünden oldukça avantajlıdır.

Uygun bir mukavemet ve sertlik verildiğinde karbon lifleri uzay ve uçak endüstrisi için vazgeçilmez bir materyal olmaktadır. Karbon lifleri ile yapılan parçalar ikame

diğer metallerden yapılan parçalardan yaklaşık %30 daha hafiftir. Uçaklar üzerinde kullanılan karbon lifi uygulamaları şekil 2.34.'de görölmektedir.



Şekil 2.34. Ticari uçaklardaki karbon kompozitlerinin uygulamalarına birkaç örnek

Karbon liflerinin en büyük avantajları sertlikleri ve genleşmeme eğilimleridir. Ayrıca karbon lifi kompozitleri çok iyi ısı yalıtımı elemanları olarak kullanılabilir. Bu tip uygulamalara bir örnek uçakların ve uzay mekiklerinin ateşleme bölümlerinin izolasyonudur.

Spor endüstrisinde de karbon liflerinin tenis raketi , hokey sopaları , kayaklar , oltalar , yarış arabaları , bisikletler , yarış motorları gibi çok çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Bu uygulamalardaki en büyük kazanım mukavemet ve hafifliktir.

Karbon liflerinin kimyasal dayanımı da iyi seviyededir. Bu lif iyi bir korozyon dayanımı verir. Bu yüzden karbon liflerinden kimyasal ve yakıt tankları yapımında da yararlanılmaktadır.

Karbon liflerinin biyolojik uygunluğu tüm diğer materyallerden daha iyidir. Karbon lifleri yumuşak dokular , kan ve kemik ile oldukça uyumludur. Bu yüzden karbon kompozitleri protez ve kemik nakillerinde kullanılır.

2.5.Seramik Lifleri

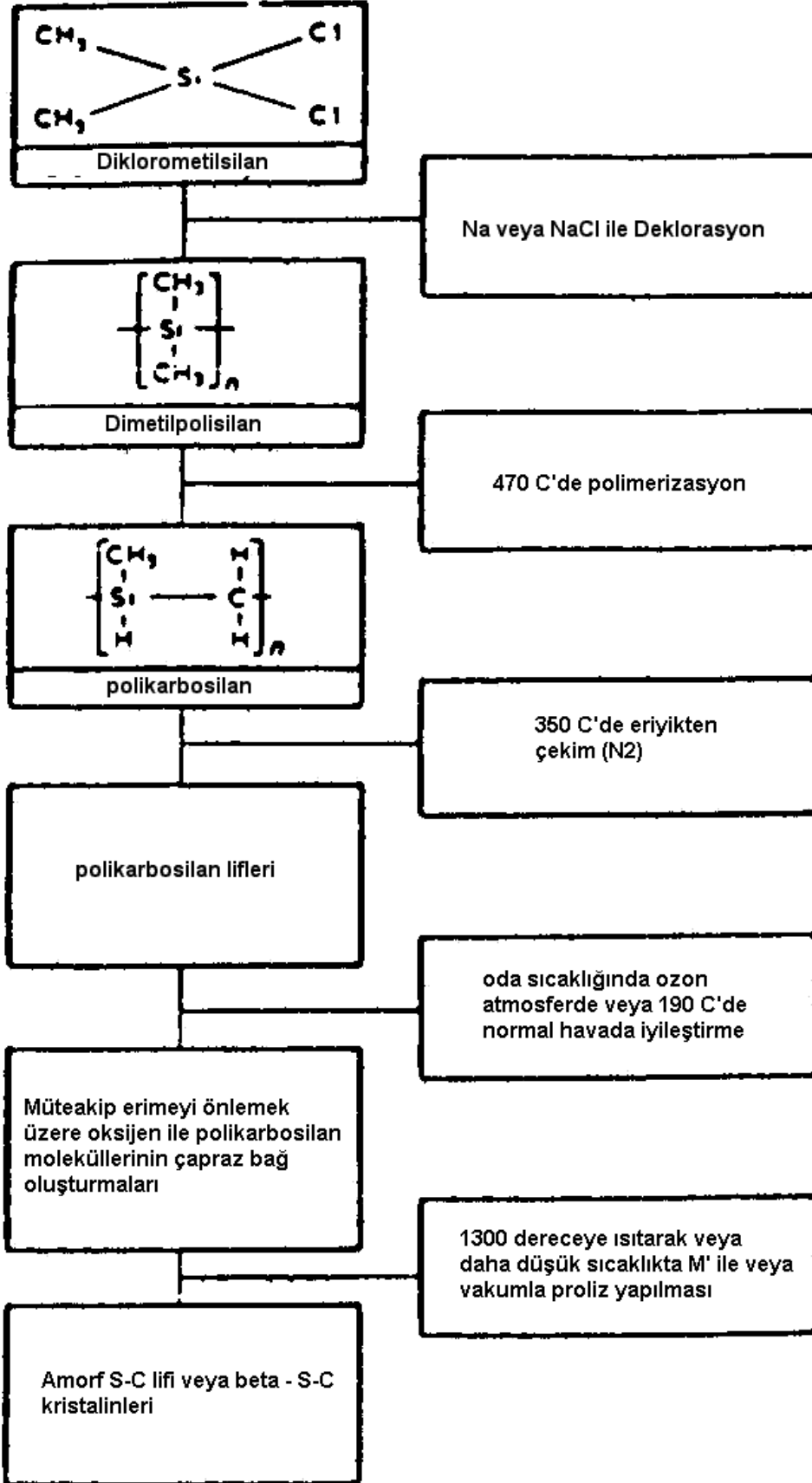
Seramik lifi metal oksit i metal karbit , metal nitrit ve bunun gibi karışımlardan oluşan kolay işlenemeyen bir polikristal lif olarak tanımlanır. Bu tanımda silikon ve boron metal olarak kabul edilir. 1950'lerden sonra uzay , metal , nükleer ve kimya endüstrilerindeki gelişmeler cam liflerinden bile daha yüksek sıcaklıklara dayanabilen malzemelere ihtiyaç duyulmasını sağladı. Ayrıca uzay endüstrisinde hafif , güçlü ve sert malzemelere çeşitli mekanik konstrüksiyonlarda ihtiyaç duyuldu. Silikon karbit , silikon oksit , silikon nitrit ve alumina silikat gibi kolay erimeyen maddeler çok geniş kullanım alanı buldular. 1980'lerden itibaren üzerinde araştırma yapılan seramik lifleri genelde alumina , alumino silikat ve silikon karbit bazlıdır. Alumina bazlı seramik liflerinin en önemli üreticileri ICI (SAFIMAX) , 3M (Nextel) , Dupond (PRD-166) ve Sumitomo (ALF) 'dur. Silikon bazlı seramik liflerinin en önemli üreticileri ise Nippon Carbon (NICALON) , Dow Corning / Celanese (MPS) , Ube Chemicals (TYRANO) ve Rhone Poulenc'dir (FIBREAMIC)

2.5.1.Sınıflandırma ve Lif Oluşumu

Alumina / Alumino Silikat kompozisyonlarında genel olarak iki grup bulunmaktadır. Birinci grup 1260 °C'ye kadar dayanıklıdır ve % 40 – 50 oranında alumina içerir. Bu grubun kimyasal yapısında ufak değişiklikler yapılarak dayanımı 1400 °C'ye kadar çıkartılabilir. İkinci grubun farklı bir kristal morfolojisi vardır ve yaklaşık %70 oranında alumina içerir. Bu grup lifler 1600 °C'ye kadar dayanabilmektedir ve ticari olarak daha başarılı olmuşlardır.

Alumina liflerinin sentezlenmesi Alüminyum CHELAT öncüsü ile herhangi bir polimer ilavesi yapılmadan gerçekleştirilir. Öncüden eriyik çekimi ile alfa – alumina elde edilir. Bu yapının 1300 °C'deki bir ısıl işlemde sonra uniform ve sabit bir tane büyüklüğü vardır. Bu işlemde sonra lifler tetragonal zirconia şeklinde bir molekül yapısına sahip olurlar.

Sumitomo'nun yeni aldığı bir patentte alüminyum yapıya su karıştırılarak **polyanoxan** (PAO) elde edilir ve bu yapı 28 °C'de %35 bağıl nemde çekilerek öncü yapı elde edilir. Silikon karbit bazlı filament iplikler Yajima ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş ve Nippon Carbon tarafından Nicalon adı ile 1981'de piyasaya sunulmuştur. Bu ipliklerin hazırlanış şeması şekil 2.35.'deki gibidir.



Şekil 2.35.Sonsuz silikon karbit seramik liflerinin hazırlık aşamaları

İşlem diklorometilsilan'ın deklorasyonu ile başlar. Deklorasyon erimiş metalik sodyum ile yapılır. Oluşan madde katı dimetilpolisilan'dır. Bu yapı argon atmosferi içinde polimerleşerek polikarbosilan'a dönüşür. 350 °C'de yapılan eriyikten çekim ile polimer elde edilir. Erimeyi desteklemek için lifler 30 dakika 190 °C'de hava içinde durur. Öncü lifi silikon karbit haline getirmek için 850 – 1300 °C arası ısı işlem uygulanır. İyi mukavemet ve yüksek ısı dayanım elde etmek için bu işlemin optimum sıcaklığı 1200 °C olarak bulunmuştur.

Nicalon'un yapısındaki oksijen miktarı azaltılarak dayanımı 1200 °C'den 1400 °C'ye kadar çıkartılabilmektedir. Ayrıca yeni bir metotta boron içeren polikarbosilan reçinesinden polikristalin silikon karbit elde edilmiştir ve ısı dayanım 1600 °C'nin üzerine çıkartılabilmektedir.[1]

2.5.2.Kompozisyon ve Lif Yapısı

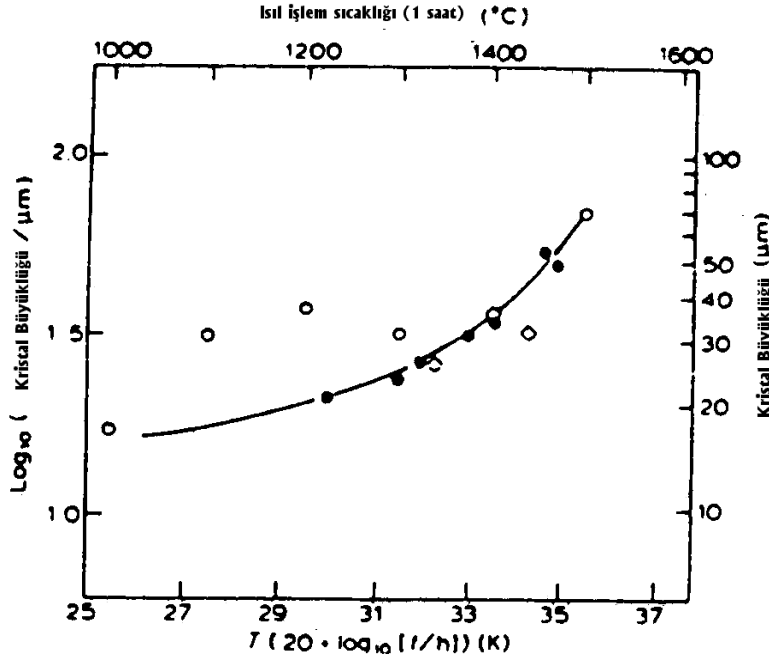
Seramik lifinin yapısal morfolojisi kimyasal yapısına ve işlem koşullarına bağlıdır. Tablo 2.11.'de ticari başarıya ulaşmış bazı seramik liflerinin kompozisyonları görülmektedir.

Tablo 2.12.Bazı ticari seramik liflerinin kompozisyonları

Lif Tipi	Kompozisyon %	Üretici Firma
Safimax	%96 AL ₂ O ₃	ICI
PRD – 166	%80 alfa- AL ₂ O ₃ %20 ZrO ₂	Dupont
Nextel 312	%62 AL ₂ O ₃ %14 B ₂ O ₃ %24 SiO ₂	3M
Nicalon	%65 SiC %15 C %20 SiO ₂	Nippon Carbon
MPs	%69 Si %30 C %1 O	Dow Corning / Celanese
Fibreamic	%57 Si %13 C %22 N %8 O	Rhone Poulenc

Alumina bazlı seramik liflerinin polikristal mikro yapısı vardır. Çekme kuvvetlerine karşı çok iyi mekanik dayanım elde etmek için yüksek özkütle , küçük molekül yapısı , düşük gözenek yapısı ve düşük kristallik gereklidir.

Ticari silikon karbit bazlı seramik liflerinde silikon , karbon , ve oksijen amorf kombinasyonunun 1200 – 1500 °C arası bir ısı işlem ile kristal beta – silikon karbide , grafit ve amorf silikon okside dönüşmesi ile oluşur. Amorf yapının atomik yapısı bilinmemektedir. Şekil 2.36.'da ısı işlemin silikon karbit üzerindeki etkisi görülmektedir.



Şekil 2.36. Isıl işlemlerin en son silikon karbit lifinin kristalliği üzerine etkisi

2.5.3.Özellikler

Seramik liflerinin en önemli özellikleri yüksek mukavemetleri , yüksek modülleri , ısı yalıtkanlıkları ile ısı ve fiziksel etkilere karşı yüksek dayanımlarıdır. Seramik lifleri bazen 1800°C 'nin bile üzerinde ve uzun süreli işlemlerde iyi dayanım gösterirler. Tablo 2.12.'de bazı seramik liflerinin maksimum kullanım sıcaklıkları görülmektedir. Kısa süreli kullanımlar söz konusu ise seramik lifleri erime sıcaklıklarına çok yakın sıcaklıklarda dahi kullanılabilirler.

Tablo 2.13. Seramik liflerinin maksimum kullanım sıcaklıkları

Lif Tipi	Maksimum kullanım sıcaklığı $^{\circ}\text{C}$		
	Oksidize atmosfer	Non – oksidize atmosfer	Erime sıcaklığı
AL ₂ O ₃	1540	1600	2040
AL ₂ O ₃ – SiO ₂	1300	1300	1760
AL ₂ O ₃ –SiO ₂ –B ₂ O ₃	1427	1427	1740
SiC	1800	1800	2690
Si ₃ N ₄	1300	1800	1900

Küçük çaplı seramik lifleri metal , cam ve seramik güçlendirici malzeme olarak ilgi görmektedirler. Ticari olarak 1000°C 'nin üzerinde dayanımı olan seramik lifleri bu

sıcaklıklardaki uzun süreli işlemlerde mekanik özellikleri yönünden kayba uğrarlar. Seramik lifi kompozitlerinin özellikleri lif ve matris özellikleri ile liflerin birbiri arasındaki ilişkiye bağlıdır. Yüksek modüllü lifler genelde kırılmandır ve küçük çapları vardır (10 – 20 Mm). Bu özellikleri hasarsız olarak lifleri çeşitli özellikleri açısından test etmeyi zora sokar.

Alumina bazlı seramik lifi kompozitleri yüksek sıcaklıklarda çok iyi bir sürtme dayanımı sağlarlar.

Alumina / zirconia tipi seramik liflerin (PRD – 166) ölçümlerinde young modülleri 380 Gpa ve kopma mukavemetleri de 1.2 Gpa bulunmuştur. Bu lif 1400 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda mukavemetinin %35'ini hemen kaybetmektedir. Fakat müteakip 100 saat içerisinde mukavemet kaybı olmamaktadır.

Silikon karbit lifi normalde çok kırılman bir liftir.

2.5.4.Kullanım Alanları ve Yeni Gelişmeler

Yüksek sıcaklıktaki mekanik performansına , akışkan gazlara ve kimyasal dayanımlarına istinaden seramik liflerinin çok çeşitli kullanım alanları vardır.

1. Yüksek mukavemet ,sertlik ve yüksek ısı yalıtkanlığı gerektiren kompozit teknolojileri
2. Uzun süreli ısı izolasyonu
3. Yüksek sıcaklıkta gaz filtrasyonu

Seramik lifleri uzay ve kimya endüstrisinde güçlendirici malzeme olarak sıklıkla kullanılmaktadır. En büyük kullanım alanlarından biri yüksek sıcaklıkta zorlanmaya uğrayan metal konstrüksiyonlardır. Motor teknolojisi buna örnek gösterilebilir. Diğer ilginç uygulamalar yanma odaları , yüzey stabilizasyonu i genişleme yuvaları ve çeşitli kasklardır.

Birçok hafif seramik lifi kompozitleri yüksek sıcaklığa dayanım özelliği sağlamaktadır.

2.6.Polietilen Lifleri

Yüksek performanslı PE lifleri yüksek mukavemet ve sertlik değerleri ile beraber iyi bir mukavemet / ağırlık oranına sahiptir ve ticari olarak dünyada birçok firmada üretilmektedir. PE liflerinden yüksek mukavemet elde edilmesi için aşağıdaki etkenler önemlidir.

1. (-CH₂-) yapıtaşının yüksek kristallik ve oryantasyon ile desteklenmesi gerekir.
2. Minimum zincir kıvrımı sağlayarak esnekliği yüksek bir molekül elde edilmelidir. Molekül sert olmamalı fakat kristal yapıda olmalıdır.
3. Çok yüksek molekül ağırlığında lineer bir molekül elde edilmeye çalışılmalıdır.

Üretici firmalar çeşitli özellikleri sağlayacak şekillerde çok çeşitli tiplerde PE lifleri geliştirmişlerdir. PE hem eriyikten hem de çözültiden çekilebilir.Önemli üreticiler Dutch Tate Mines (DYNEEMA) , Alliad – Signal Production (SPECTRA) , Mitsui (TEKMİLON) , Celanese ve Montefiber'dır.

2.6.1.Lif Oluşumu

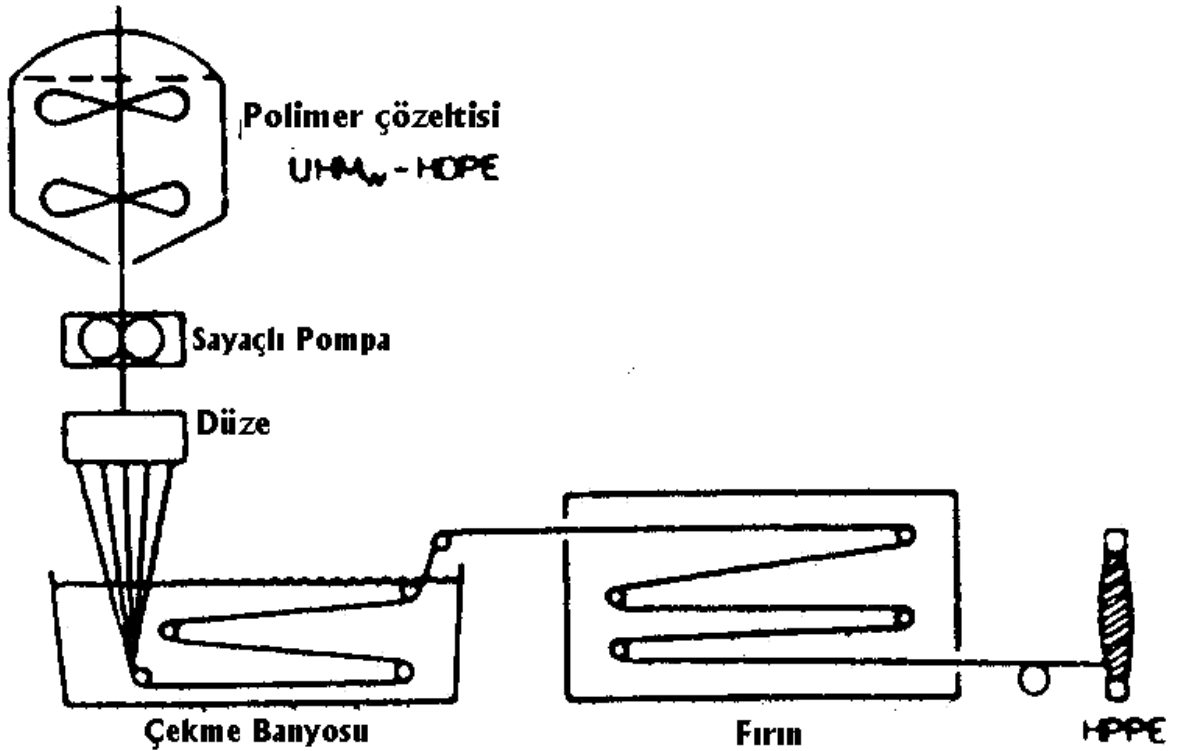
Yüksek performanslı PE liflerinin üretiminde eriyikten veya çözültiden çekim sistemlerinin her ikisi de kullanılır. Eriyikten çekim sisteminde yüksek molekül PE lifleri de elde edilebilse de , sistem daha çok düşük molekül ağırlıklı PE lifleri için daha uygundur. Bu proses ile yüksek modüllü fakat nispeten düşük mukavemetli lifler elde edilir. Çözültiden çekimde ise ultra yüksek molekül ağırlıklı PE özel bir çekim işlemine tabi tutularak elde edilir. Bu sistem ile hem yüksek mukavemetli , hem de yüksek modüllü lifler elde edilir. Şekil 2.37.'de her iki sistemin de üretim ağaçları görülmektedir.,

Çözültiden çekim sistemi ticari olarak daha fazla başarı kazanmıştır ve bu sisteme "eriyikten çekim" 'de denir. Bu sistem Groningen Üniversitesi tarafından geliştirilmiş ve daha sonra DNS tarafından patenti alınmıştır. İşlemin ana kademeleri aşağıdaki gibidir.

YÜKSEK MODÜLLÜ POLİETİLEN LİFİNİ ELDE ETME YOLLARI



Şekil 2.37.Yüksek performans PE lifi elde etmek için izlenmesi gereken yollar



Şekil 2.38.Eriyikten çekim prosesinin şematik gösterimi

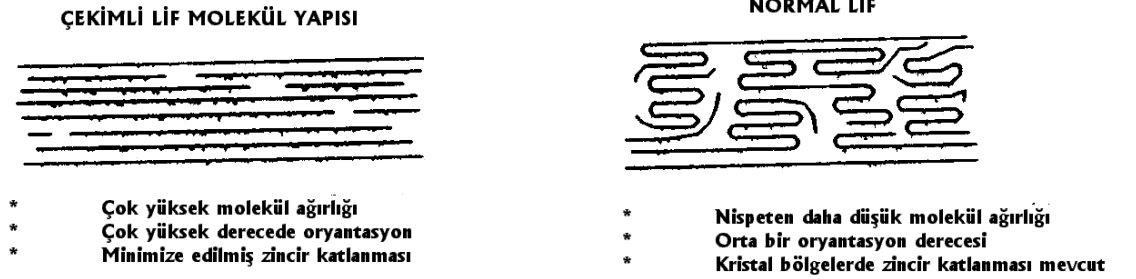
1. Ultra yüksek moleküllü PE'nin sürekli ekstrüzyonu
2. Çekime müteakip "bir çözücünün buharlaşması" veya "kurutma işlemi" ile jelleşme ve kristalizasyonun sağlanması
3. Ultra çekim ve çözücünün artıklarının uzaklaştırılması

Shulz ve arkadaşlarına göre PE jel liflerinin soğuk çekiminde çekim oranı 20'ye kadar çıkabilir. Fakat lif mukavemeti sıcak çekime göre daha düşük olacaktır. Sıcak çekimde çekim oranının artması mukavemeti de arttırmaktadır.

1980'lerin sonunda Snic Fibre yüksek mukavemetli ve modüllü PE liflerinin eriyikten çekim ile elde edilmesi üzerine yeni bir metot bulmuştur. DSM firması da aramidlere göre 2 kat , çeliğe göre 15 kat daha mukavim PE liflerinin üretilebildiği yeni bir gel-spinning yöntemi geliştirmiştir.

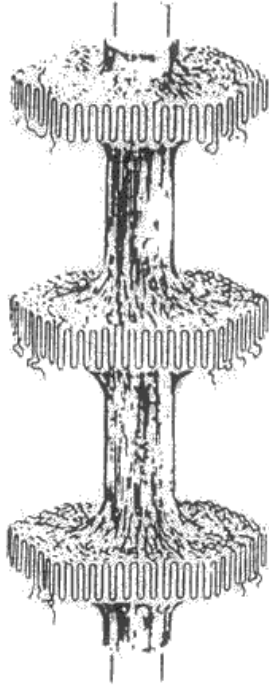
2.6.2.Lif Yapısı

Ultra yüksek modüllü PE lifini elde etmek için ultra çekim gerekmektedir. Ultra çekim kıvrılmış haldeki kristallerin kopartılması ve daha sonra uzun zincirli mikrofibril yapısına gelmesidir.



Şekil 2.39.Ultra çekim sırasında PE lifinde meydana gelen moleküler değişim

Yüksek modüllü ve aynı sıcaklıkta çekilmiş PE filamentler "şiş kebab" denilen bir yapıya sahiptir. Bu yapı noktasal çekim ile düzeltilir. Fakat düzeltim işlemi için çok yüksek sıcaklık gerekmektedir. Ayrıca materyallerin en baştan yüksek sıcaklıklarda çekilmesi (nispeten yüksek hızlarda) şiş kebab yapısını düzgün fibrillere çevirmektedir.



Şekil 2.40. Aynı sıcaklıkta çekilen PE monofilamentinin şiş-kebab yapısı

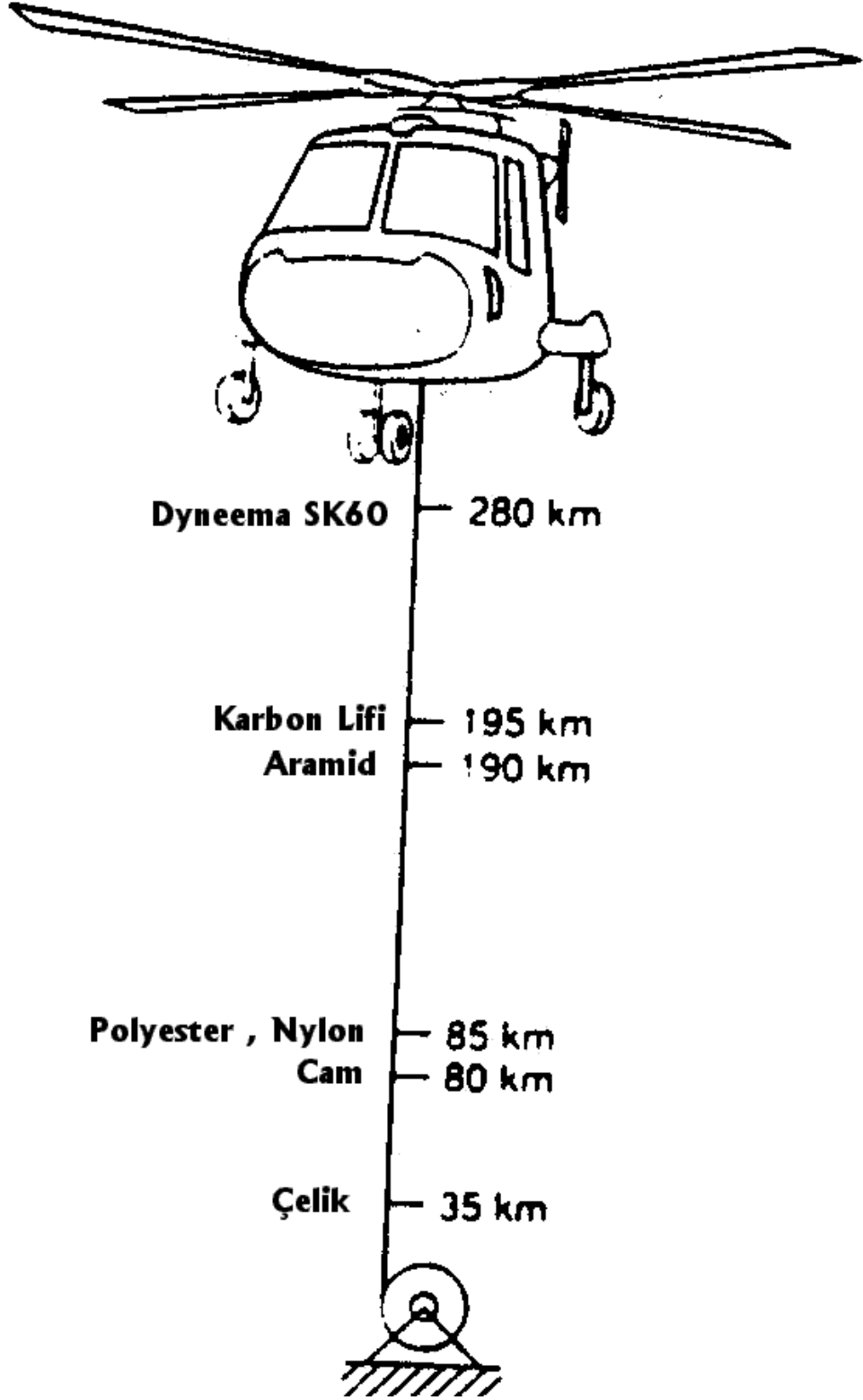
^{15}C Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) tekniği ile Tzou gel-spun ve ultra yüksek molekül ağırlıklı PE liflerinin yapısını incelemiştir. Çalışmalar göstermiştir ki lif yapısı içerisinde iki kristal ve bir amorf bölge bulunmaktadır. Bazı yüksek modüllü PE liflerinde (örneğin Dyneema) yapısal heterojenlik bulunabildiği için yer yer yumuşak bölgelere rastlanabilmektedir.

2.6.3.Özellikler

PE liflerinin ticari başarı sağlamasının en önemli etkenleri aşağıdadır.

1. Yüksek özgül mukavemet ve özgül modül ile beraber yüksek kopma enerjisi
2. Düşük özgül ağırlık
3. Çok iyi sürtme dayanımı
4. Mükemmel elektriksel ve kimyasal dayanım
5. İyi bir UV dayanımı
6. Düşük nem alma

Yüksek performanslı PE liflerinin yüksek mukavemet ve düşük uzaması vardır. Kendi boyu ile kopma uzunluğu 280 km'dir.



Şekil 2.41. PE ve diğer liflerin kopma uzunlukları

Ultra Yüksek modüllü PE lifinin (UHMPE) özellikleri oryantasyon miktarına bağlı değildir. Kristalizaasyon koşullarındaki herhangi bir sapma UHMPE2nin mekanik özelliklerinde değişime yol açar. Gel-spun PE lifinin mukavemeti 30 g/denye gibi

değerlere ulaşır. Yüksek mukavemet ve modül özellikleri elektron ışınımı yöntemi ile artırılabilir.

Gel-spinning metodu ile elde edilen PE liflerinde çeşitli çekim oranları kullanılarak mukavemet özellikleri değiştirilebilir. 30'un üzerindeki çekim oranlarında mukavemet homojenliği çok iyi biçimde sağlanmaktadır.

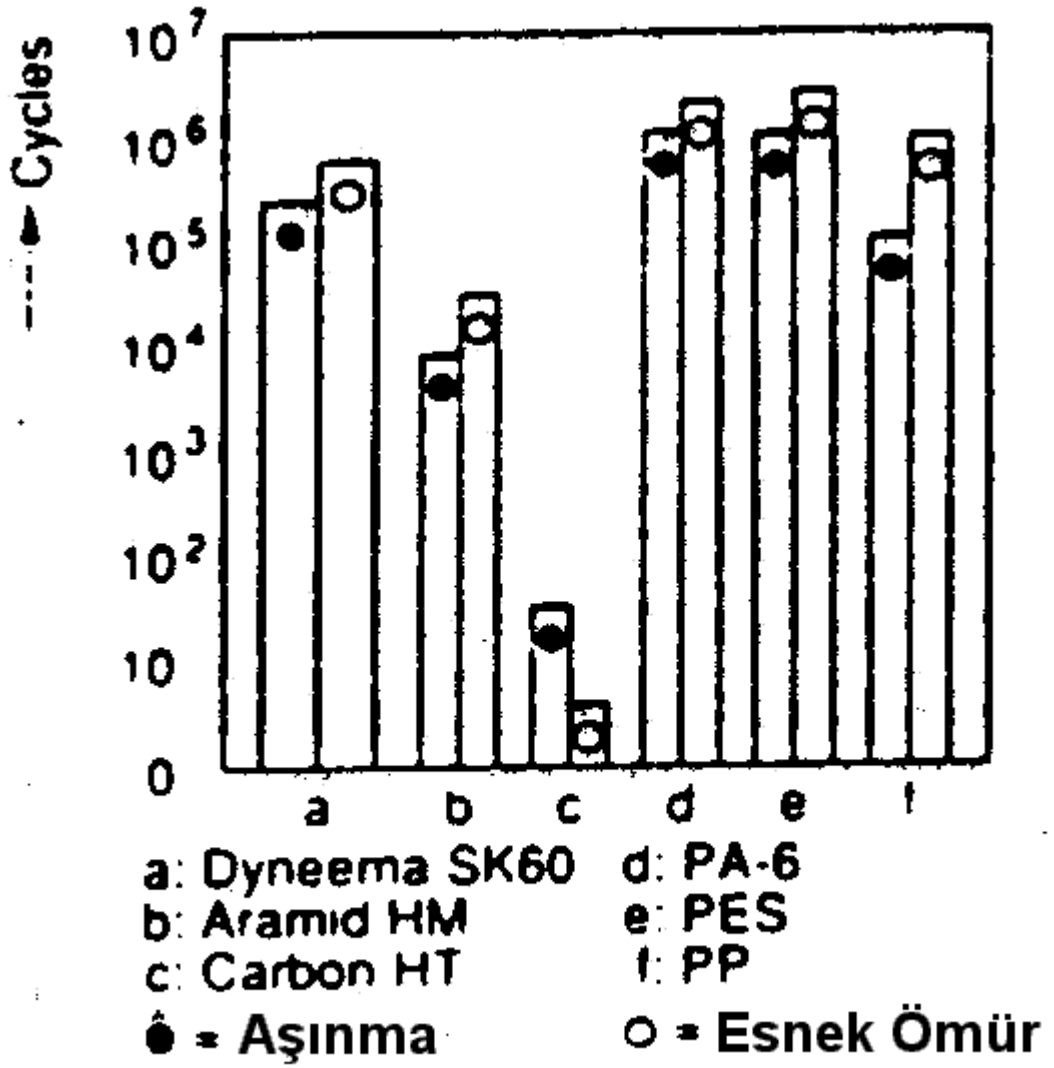
Tablo 2.14.Yüksek Performans PE lifinin bazı özellikleri

Özellikler	Lif Tipi	
	Çözültiden Çekim Gel Spun	Eriyikten çekim Melt Spun
Mukavemet (Gpa)	2.6 – 2.7	1.3
Mukavemet(g/denye)	30	18 – 20
Modül (Gpa)	87 – 117	60
Özgül Modül (g/denye)	1000 – 1400	400 – 600
Kopma Uzaması (%)	3.5	5.0
Özkütle (g/cm ³)	0.97	0.96

Eriyikten çekim liflerin mukavemeti hata konsantrasyonuna ve filament çapına bağlıdır. Gel-spun'lar bu konuda çok daha farklı davranırlar. PE liflerinin mukavemeti kristal bölgelerden ziyade düzensiz bölgelerin dağılım durumuna bağlıdır. Ultra veya yüksek çekimli yüksek molekül ağırlıklı PE liflerinin mukavemeti filament çapı ve propilen komonomer oranı ile değişir. Bu yapı Young Modülü standart lif davranışına uymaz.

Yüksek modüllü PE liflerinin çeşitli dış etkilere dayanıklı bir kimyasal ve kristal yapısı vardır. Deniz suyu içerisindeki dayanımı hiçbir fonksiyonel problem çıkarmaz. Yüksek bir modüle ek olara PE liflerinin yüksek aşınma dayanımı vardır. Şekil 2.42.'de PE'nin aşınma dayanımı ile esnek ömrü arası bağlantı görülmektedir.

Yüksek performans liflerin de limitleri vardır. PE'nin erime noktası çok düşüktür ve çeşitli matrislerde yapışma özelliği kötüdür. Bu yüzden kompozitlerde kullanımı zordur. Özel bir yüzey işlemi ile lif yüzeyine yapışkan özellik kazandırılabilir.



Şekil 2.42. PE ve diğer liflerin sürtme ve esneklik dayanımları

2.6.4. Kullanım Alanları ve Yeni gelişmeler

PE'nin bazı kullanım alanları aşağıda görülmektedir.

1. Tekne yelkenleri
2. Gemi halatları
3. Koruyucu elbiseler
4. Kompozitler (spor ekipmanları , basınçlı kaplar , gemi omurgası ve çeşitli zırhlar)
5. Beton destekleme

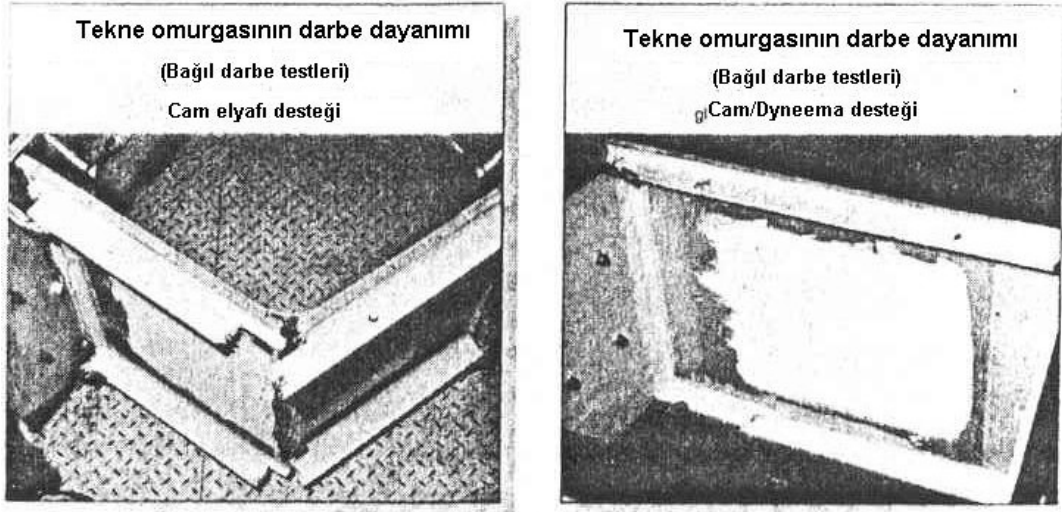
6. Balık ağları

7. Medikal aşılar

Hafiflik , yüksek mukavemet ve düşük Creep PE liflerinin gemi yelkenlerinde kullanılmasının başlıca sebepleridir. İyi bir kombinasyon yelkenlerin kullanım anında şeklinin bozulmasını önler. Hafiflik , yüksek mukavemet , çok iyi sürtme dayanımı ve düşük nem alma özellikleri bir arada sağlanırsa çok iyi bir gemi halatı elde edilir. PE liflerinin A.B.D.'deki en iyi pazarı gemi halatlarıdır.

Balık ağları da büyüyen bir sektördür. Dyneema en yaygın trol ağıdır. İzlanda dünyadaki en büyük PE balık ağı üreticisidir.

Uzun dayanım , yüksek sertlik , hafiflik ve iyi bir esneklik özellikleri bir araya getirilerek PE lifleri tekne omurgalarında kullanılır. PE'nin ayrıca çok iyi bir darbe dayanımı vardır ve cam , karbon lifleri ile kompozitler üretilerek darbe dayanımı özellikleri geliştirilir.



Şekil.2.43. Cam ve cam/PE karışımından yapılan destekleyici omurgalar

PE kompozitlerinden yapılmış çok çeşitli kask ve başlıklar dağcılar ve madenciler tarafından kullanılmaktadır. Darbe mukavemetinde sadece E-cam yüksek modüllü PE lifine alternatif gösterilebilmektedir. PE'nin diğer ilginç kullanım alanları roket motor blokları ve basınç kaplarıdır. PE'nin basınç altında patlama performans faktörü aramidlerden yaklaşık %45 daha fazladır.

PE lifi ayrıca kesmeye , dikişe ve balistik darbelere karşı korumalarda kullanılır. Yüksek modüllü PE liflerinin aramid ve cam liflerine göre çok daha iyi bir dayanımı vardır. PE'den yapılan bir kurşun geçirmez yelek aynı koruma değerine sahip çelik yelekten %60 oranında daha hafiftir ve çok daha rahattır. PE lifleri risk barındıran

işler ve spor uygulamaları için de çok uygun bulunmuştur. UHMPE ile koruyucu eldivenler , eskrim giysileri gibi ürünler yapılmaktadır.



Şekil.2.44. Eskrimde kullanılan PE kıyafetler

PE lifinden yapılan bir koruyucu elbise yaklaşık 1000 N kuvvete kadar delinmez.

Düşük güç faktörü ve dielektrik katsayısı ile PE lifleri üzerine gelen sinyalleri çok az saptırır ve bu yüzden radar koruyucu bir özelliğe sahiptir. Ayrıca jeotekstil alanında da çeşitli uygulamalar vardır. PE'den yapılan ağlar erozyon önleyici olarak kullanılmaktadır.

2.7.Elastomerler

ASTM (American Society of Testing and Materials) 'ye göre elastomer , belli yük altında en az kendi boyunun iki katına elastik olarak uzayabilen ve yük kaldırıldığında çabuk bir şekilde eski haline dönebilen doğal veya sentetik bir polimerdir. Bu gruba lastik – kauçuk , spandex ve anidex girer. Anidex günümüzde üretilmemektedir.

Tekstil sektöründe iki çeşit elastiklik istenir. Bunlardan birincisi “Power Stretch” dinamik elastiklikdir. Bu tip elastiklik için yüksek geri dönüşüm direncine sahip elastomerler kullanılır. En önemli kullanım alanları , tıbbi destek mamulleri , bayan mayoları , jartiyerler , kayışlar ve çorap askılarıdır.

“Comfort Stretch” konfor elastikliği sadece elastiklik istenen ürünler için kullanılır. Bu ürünler görünüm açısından normal kumaşlardan farklı değildir ve genelde dinamik elastisiteye sahip kumaşlardan hafiftirler.

2.7.1.Lastik – Kauçuk

Lastik doğal veya sentetik kauçuktan elde edilmiş olan bir elastomerdir. Doğal kauçuk en ucuz ve eski elastomerdir. Hevea Brasiliensis ağacının koagülasyonu ile elde edilir. 1905 de kauçuk çeşitli şeritler halinde kesilerek iplik olarak kullanılmaya başlanmıştır. 2. Dünya savaşı sırasında sentetik kauçuk geliştirilmiştir.

Kauçuğunu 7 – 9 katına kadar uzayabilme gibi çok iyi bir elastikliği vardır. Fakat 5 – 1 g/d gibi düşük bir mukavemeti vardır ki bu özelliği belli bir değerden daha ince değerlerde üretilmelerini engeller. Aynı mukavemetteki kauçuk ipliği spandexin üç katı kalınlığındadır. Ayrıca düşük boyama imkanları ve kötü görünümü yüzünden kauçuk , her zaman başka bir elyaf veya iplikle beraber çeşitli şekillerde kullanılmıştır.

Kauçuk birçok kullanım alanını spandexe bırakmıştır. Fakat halen dar elastik kumaşlarda kullanılmaktadır. Genellikle sentetik kauçuk kullanılır çünkü bulması daha kolaydır. Fakat çeşitli performans eksiklikleri kauçuğun eksik yönleridir.

2.7.2.Spandex

Uzun yıllar süren çalışmalardan sonra Du Pont 1958'de ilk üretilmiş elastik lifi “ Spandex – Lycra ” yı tanıttı. Kauçuğa göre çok daha mukavemetli olmaları

yüzünden çok ilgi çektiler. Su anda pek çok firma tarafında spandex üretimi gerçekleştirilmektedir.

Spandex lifleri polyester veya polyether moleküllerinin di – isocyanate ile reaksiyonundan elde edilen uzun molekül zincirleridir. Islak çekim veya eriyikten çekim sistemleriyle üretilebilirler.

Spandex mono ve multi filament olarak çok çeşitli denyelerde üretilir. Monofilamentler dairesel kesitlidir. Multifilamentler ise iki dairenin birleşmesine benzer bir sekle sahiptirler. Genelde gri veya beyaz renkte satılırlar.

20 denyeden 4300 denyeye kadar çeşitli numaralarda üretilirler. 20 denye daha çok iç çamaşırlarında kullanılır. 40 ve 70 denye spandx dış giyim için uygundur. 1500 – 2400 denyeler ise bayan mayoları gibi mamullerde kullanılır.

2.8.Diğer Lifler

1. PBZT ve PBO : Yüksek mukavemete sahip polimerlerdir.
2. Quartz : Isıya ve kimyasallara çok dayanıklı %99 silikon bazlı bir maddedir. Uçak uzay ve füze sanayinde kullanılır.
3. Copolymer Polyester – Vectra / Vectran : Yüksek mukavemeti olan ve ısıya karşı direnci yüksek olan bir polyester çeşididir.
4. Poly(p-xylylene) : PPX lifleri de denir. Yüksek mukavemet ve modüle sahiplerdir. Kompozitler ve gemi halatlarında kullanılır.
5. Azlon : Protein bazlı bir polimerdir. Tek başına kullanılmaz ve kullanım alanları oldukça azdır.
6. Metal Lifler : Metalden , plastik kaplı metalden , metal kaplı plastikten veya metal kaplı core'dan oluşan üretilmiş bir liftir. Döşemelik amaçlı kullanımları bulunmaktadır. (Statik elektrik halıları vs.)
7. Novoloid : En az % 85 oranında Novolac bulunduran yapay bir liftir. Yanmazlık (koruyucu elbiseler) için kullanılırlar.
8. Nytril : Vinil di nitril yapıtaşından oluşmuş liflerdir. Su anda üretilmemektedir.
9. PBI : Uzay programlarında kullanılan bir tip elyafıdır. Isı ve kimyasallara dirençlidir.
10. Saran : Yapıtaşı Vinil Dien Klorit olan elyaflardır. Ticari olarak çok yaygın değildir. Nemden etkilenmez ve kolay lekelenmez. Endüstriyel kumaşlarda kullanılır.

11. Sulfar : Yapıtaşı polysülfid'tir. Filtre kumaşlarda , itfaiyeci elbiselerinde ve elektrik izolasyonunda kullanılır.
12. Vinal : Yapıtaşı vinil alkoldür. Günümüzde üretilmemektedir. Çeşitli balık ağı , filtreleme elemanları gibi şekillerde kullanılmıştır.
13. Vinyon : Yapıtaşı Vinil klorit'tir. Yapısına göre mukavemet uzama gibi değerleri çok değişir. Yanmaz kumaşlardan battaniyelere kadar pek çok çeşitli kullanımı vardır.
14. Asbest : Kanseri riski yüzünden günümüzde tekstil alanında kullanımı gittikçe azalmıştır
15. Polyakrilat : Çoğu kimyasallara karşı dirençlidir. Fakat nitrik , sülfirik asit gibi kimyasallardan zarar görür.
16. Polykromatik Lifler : Isıya göre renk değiştirirler.
17. Polyüre : Üre'nin polimeridir. Mukavemetli , düşük özkütleli , az nem alan , kimyasallara dayanıklı ve sıcaktan orta düzeyde etkilenen liflerdir. Genelde endüstriyel amaçlı kullanılırlar.
18. TetraFloroEtilen : Teflon adı ile Du Pont tarafından üretilmektedir. Gore tex yapısında da kullanılır. Mekanik özellikleri oldukça iyidir ve yanmazlar. Elektrik bantları , filtreler gibi şekillerde kullanılır.
19. Çift komponentli lifler : Bunlar Chinon , Cordelan , Hydrofil , Kermel , Mirafi , Novolac gibi elyaflardır. İki değişik yapıtaşları vardır ve bu şekilde çeşitli yeni özellikler elde edilir.

3.DOKUSUZ YÜZEYLER

Dokusuz yüzey kumaş teknolojisi tekstil endüstrisinin en modern dallarından biridir ve birçok üründe kullanılmaktadır. Son 30 yıl içerisinde bu endüstri oldukça büyük bir ilerleme kaydetmiştir.

Dokusuz yüzeylerin kompleks doğası şekil 3.1.'de belirtilmiştir. ASTM'nin tanımına göre dokusuz yüzeyler liflerin birbirine bağlanması , puntalanması veya her iki şekilde kimyasal , mekanik , termal veya çözelti halde bir araya gelmesi ile oluşan yapılardır. Bu tanım kağıdı tufting , dokuma , örme veya keçeleştirme ile oluşan kumaşları kapsamaz.

Dokusuz yüzeyler liflerin mekanik olarak rijit bir hale gelecek şekilde (genellikle esnek olarak) mekanik veya kimyasal bağlı yapılardır. Konvansiyonel olarak üretilen kumaşlara oranla çok daha ekonomik olmaları önemli bir avantajlarıdır. Çünkü üretim hatlarındaki safhalar çok azdır. Kumaş formasyonunun basitliği ve üretim verimliliğinin çok yüksek olması pekçok endüstriyel alanda nonwovenları avantajlı düzeye çıkarmaktadır. Fakat moda , dış giyim uygulamaları , güzel tuşe ve döküm esneklik , mukavemet vs. Tipi özellikler istendiğinde dokusuz yüzeylerin dezavantajı ortaya çıkmaktadır. Fakat bu özelliklerin geliştirilmesi yönünde pekçok araştırma yapılmaktadır.

3.1.Dokusuz Yüzey Üretimi

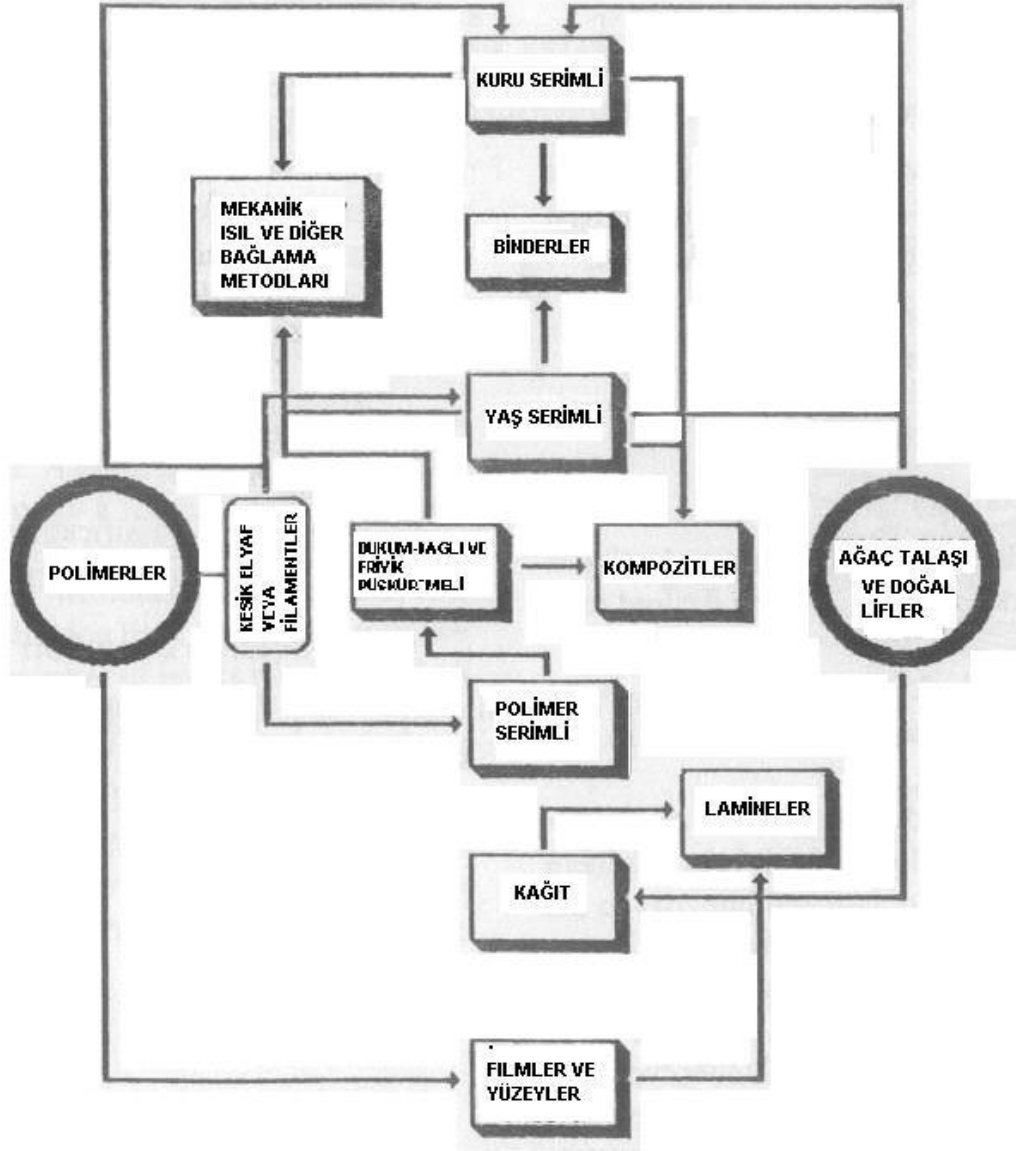
Dokusuz yüzey üretimi, dokuma ve örmeden çok farklıdır. Genel olarak üretim basamakları

Lif veya hammadde seçimi

Tülbent – Tela formasyonu

Tülbent – Tela yapısının güçlendirilmesi

Tülbent – Tela terbiyesi ve dönüşümü



Şekil.3.1.Dokusuz yüzeylerin üretim şekilleri [21]

3.1.1.Lif – Hammadde Seçimi

Lif ve hammadde seçimi maliyet , üretim kolaylıkları ve istenen son kullanım özelliklerine bağlıdır.

Lifler dokusuz yüzeylerin ana bloklarıdır. Doğal veyapay elyafların birçoğu dokusuz yüzey üretiminde kullanılmaktadır.

Hammadeler birleştirici (binder) ve terbiye kimyasallarından oluşur. Temelde binderler kuru serimli tülbentlerde mukavemet ve beraberliği arttırmak için kullanılırlar. Bazı binderler sadece yapıştırıcı olmaktan başka özelliklere de sahiptir. Birçok durumda binde yumuşatıcı , yanmaz , su itici , anti statik özellikleri veren apre elemanı olarak görev yapar.

3.1.2.Tülbent Formasyonu

Liflerin çok güçlü olmayan bir yüzey oluşturmak üzere serilmesine tülbent formasyonu denir. Tülbent bu safhada zayıftır. İşlem uzunluğu formasyon tekniğinin çeşidine bağlıdır.

3.1.3.Tülbent Yapısının Güçlendirilmesi

Tülbent formasyonu tamamlandıktan sonra birbirine ancak az bir kuvvetle tutunan lifleri birbirine bağlamak gerekir. Buna tülbent yapısının güçlendirilmesi denir ve yapının mukavemet ve rijitliği arttırılır. Çok çeşitli güçlendirme teknikleri bulunmaktadır.

3.1.4.Dlbent Terbiyesi ve Dönüşümü

Tülbent terbiyesi güçlendirme işleminden sonra yapılır. Apre işlemleri tuşeyi iyileştirmek , ve bazende hava alma , absorbe etme , su iticilik gibi ozellikleri arttırmak için yapılır. Terbiye mekanik ve kimyasal olarak ikiye ayrılır. Mekanik terbiye sürtme krepleştirme , kabartma yapma, kalender ve laminasyondan oluşur. Kimyasal terbiye boya , baskı , antistatik ve antimikrobiyel işlemleri kapsar.

Terbiyeden sonra genelde dokusuz yüzeyler entegre bir makina ile direkt olarak son kullanım ürünlerine çevrilirler. rnek olarak ıslak mendiller , gösterilebilir. Dönüşüm işlemleri sarma (winding) , parlatma (glitting) , katlama (folding) kesme , dikme , sterilizasyon , emdirme (impregnation) ve paketleme işlemlerinin birini veya birden fazlasını kapsar.

3.2.Dokusuz Yüzeylerin Sınıflandırılması

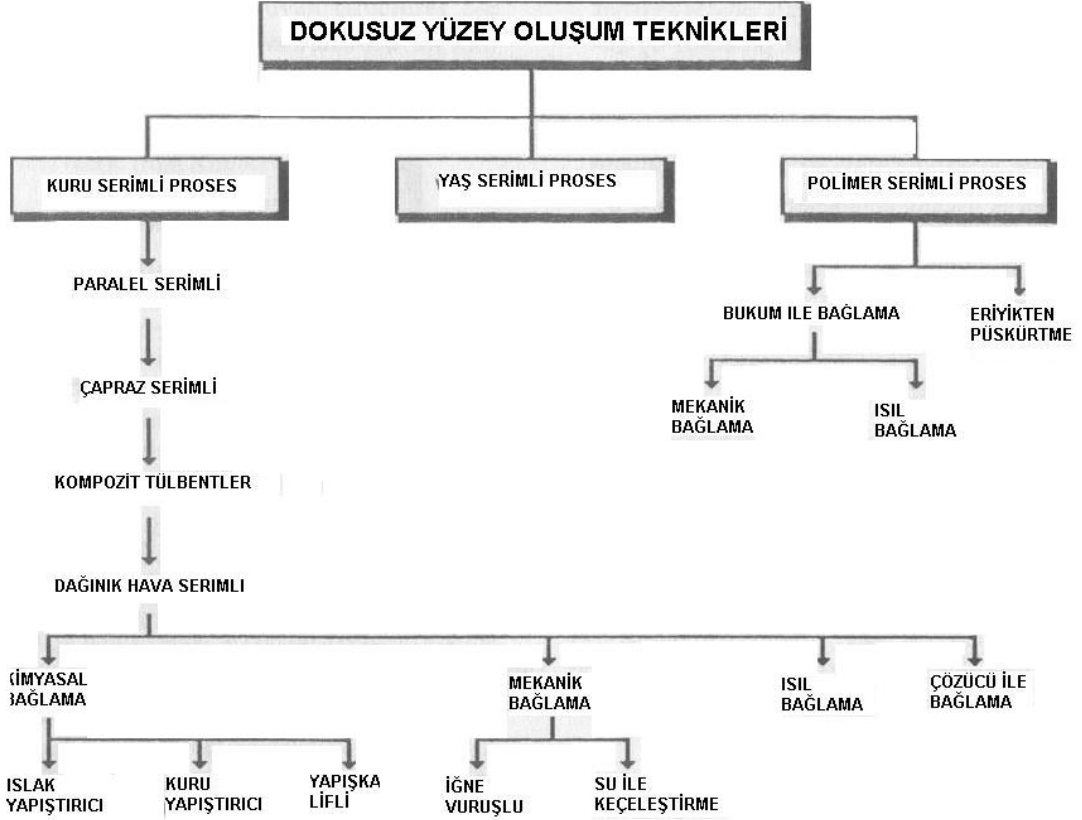
Dokusuz yüzeyler tülbent formasyonu , tülbent dönüşüm işlemleri , tülbent yapısı veya lif tipi gibi pekçok değişik ozelliğe göre sınıflandırılabilir. Bunların arasında en kabul görmüş olanı tülbent formasyon tekniğine göre olanıdır.

3.2.1.Tülbent Formasyonuna Göre Sınıflandırma

Islak serimli , kuru serimli ve polimer serimli olmak üzere e ayrılır. Buna kompozit sistemler de eklenebilir.

3.2.1.1.Kuru Serimli Dokusuz Yüzeyler

Kuru serim , doğal veya sentetik kesik elyafların tarak veya hava serim makinası ile tülbent haline getirilmesidir.



Sekil.3.2.Tülbent oluşum tekniğine göre dokusuz yüzeylerin sınıflandırılması [21]

3.2.1.1.a.Taranmış Tülbentler

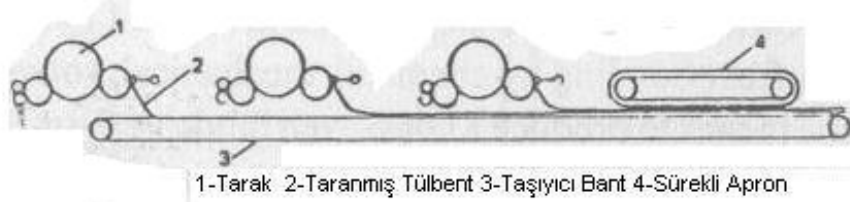
Bu tülbentler konvansiyonel taraklar kullanılarak hazırlanır. Kullanılan tarak makinaları iplik eğirme öncesi kullanılanlardan pek farklı değildir. Fakat tek bir taraktan çıkan tülbent çok ince olduğundan müteakip birkaç tarak üst üste serim yapacak şekilde kullanılır. Bu taraklar **şekilde** görüldüğü üzere yerleştirildiğinde kompozit yapılı bir tülbent elde edilir.

3.2.1.1.b.Hava Serimli Tülbentler

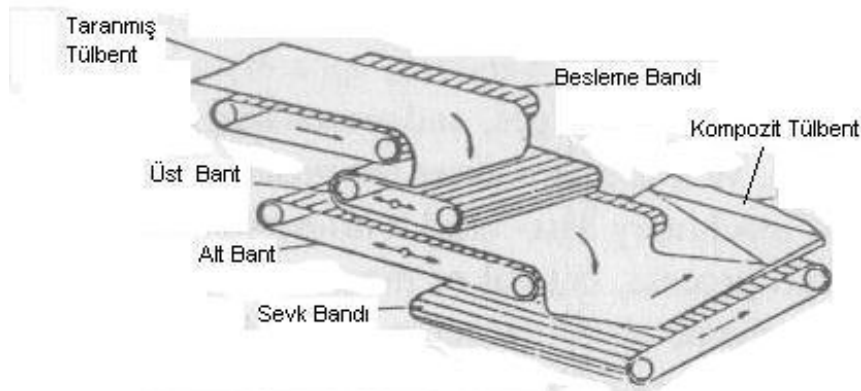
Hava serimi özel hava serim makinaları veya mekanik lif karıştırıcı makinalar ile yapılır. Lifler önce havada muhafaza edilmekte , sonra dağınık olarak bir taşıyıcı bant üzerine serilmektedirler. Tülbentin lif oryantasyonu oldukça kötüdür. 75 mm uzunluğa kadar elyaf işlenebilmektedir. Dağınık serimde en iyi bilinen makina Rando-Webber'dir. Curlator Corp tarafından üretilmektedir.

Taranmış veya hava serimli tülbent belirli bir boyutsal stabilitesi olan kumaşa dönüştürülmek üzere kimyasal , mekanik , solvent veya termal işlemlere tabi tutulur ve lifler arası bağların oluşması sağlanır. Tülbent ağırlığı 90 ons/yd²'ye (200 g/m²)

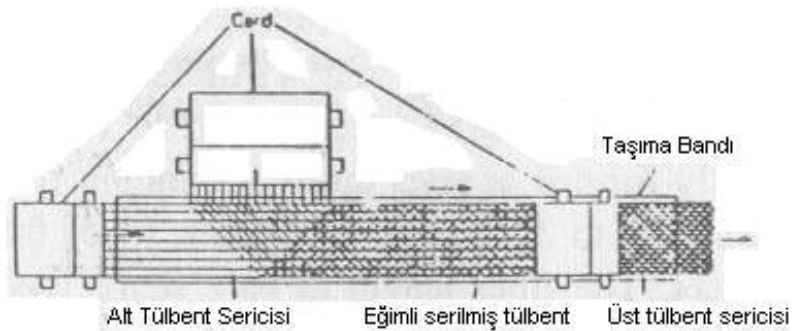
kadar çıkabilmektedir. Bu tip kumaşlar giysi iç astarları , halı arka kaplamaları , çocuk bezleri , filtreler , mendiller ve hijyen uygulamaları gibi alanlarda kullanılır.



a) Paralel serim için tarakların sıralı dizilimi



b) Çapraz serim için tarak dizilimi



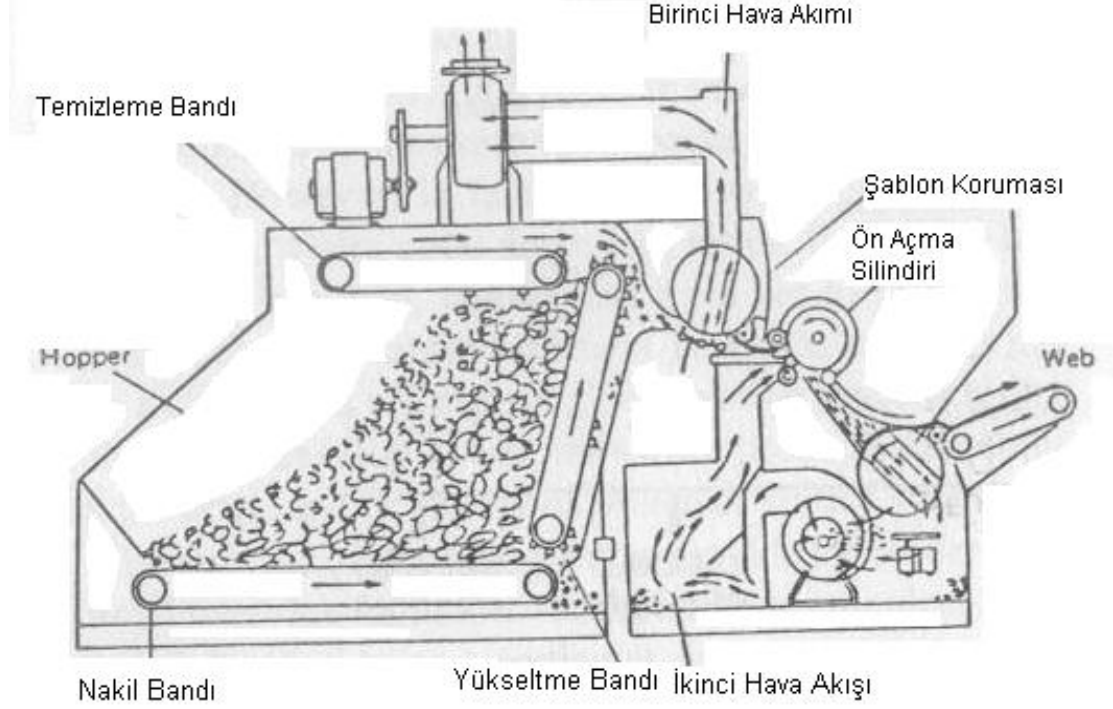
c) Kompozit tülbent elde etmek üzere kombine tarak dizilimi

Şekil.3.3.Taranmış tülbent oluşum teknikleri [21]

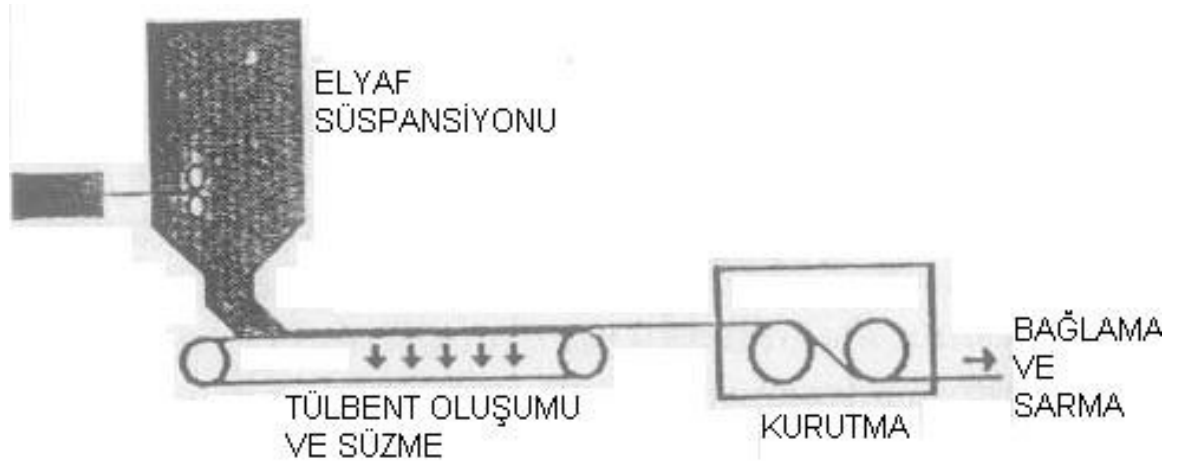
3.2.1.2.Yaş Serimli Tülbentler

Yaş serimli tülbentler kağıt yapımına benzer bir şekilde üretilirler. Yaş serim sisteminde doğal ya da sentetik lifler bulamaç gibi bir dispersiyonu oluşturacak şekilde kimyasallar ve su ile karıştırılır. Bu karışımın oranı lif ağırlığının yaklaşık % 0,01 – 0,5 'i arasındadır. Bulamaç hareketli bir band üzerine dökülür ve müteakip safhada su liflerin üzerinden alınarak tülbent oluşumu sağlanır. Üretim hızı tekstil lifleri kullanıldığında 300 m/dak 'dır ve talaş kullanıldığında 2500 m/dak'ya kadar çıkabilmektedir. Ticari proseslerde ancak 10 mm'ye kadar uzunlukta lifler

kullanılabilmektedir. Tülbent gramajı 0,3 – 16 ons/yd² arasındır. Poşet çaylar , havlu ve mendiller , medikal uygulamalar gibi ticari kullanım alanları vardır.[21,23]



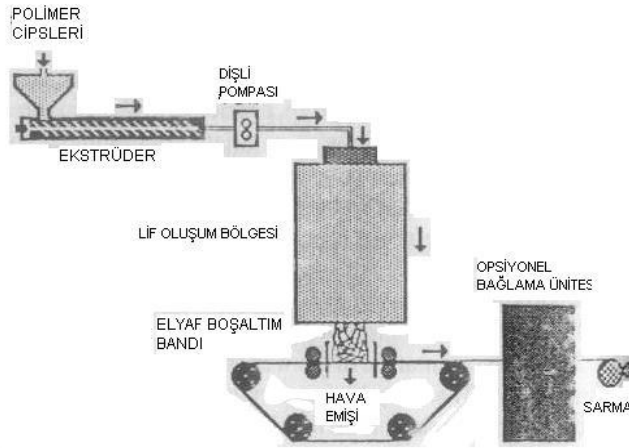
Şekil.3.4.Hava serimli tülbent oluşum tekniği



Şekil.3.5.Yaş serimli tülbent oluşum tekniği

3.2.1.3. Polimer Serimli Tülbentler

Polimer serimli yapılar lif ekstrzasyonu ile üretilirler. Aynen sentetik iplik üretiminde olduğu gibi cips halindeki polimer ekstrüderde eritilerek lif veya filament elde edilmesi sağlanır. Bu filament veya elyaflar hareketli bir band üzerine dökülerek sürekli bir tülbent oluşumu sağlanır ve termal ,mekanik yöntemlerle stabilizasyon elde edilir. Çoğu polimer serimli tlbentlerde lif kontinü liftir ve lif çapı 0,5 – 50 mm arasındadır. Tülbent gramajı 0,5 – 20 ons/yd² civarındadır. Genelde halı altlıklarında , paketlenme materyali olarak , dayanıklı kağıt , jeotekstilller ve hijyen mamullerinde kullanılırlar.



Şekil 3.6. Polimer serimli tülbent oluşum tekniği [

3.2.1.4. Kompozit Tülbentler

Kompozit dokusuz tzeyler genellikle önceden üretilmiş kumaşlara uygulanan laminasyon ve kaplama teknikleri ile üretilirler. Buna en iyi rnek Kimberly Clark Corp tarafından geliştirilmiş olan SMS (spunbond-melt blown-spunbond) kumaŐıdır.

3.2.2. Tülbent Yapısına Göre Sınıflandırma

Tülbent yapısı veya lif bağlama Şekilleri mekanik , termal ve kimyasal olmak üzere  temel gruba ayrılır. Rijit bir yapı elde edebilmek için bu tekniklerin iki veya  birarada kullanılmaktadır. Mekanik bağlama yöntemini saymaz isek kimyasal ve termal teknikler ikiye ayrılabilir.

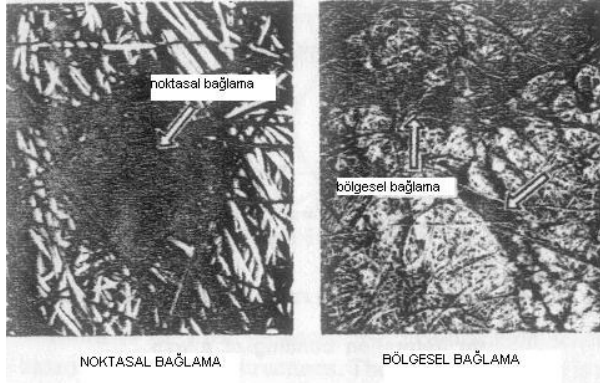
3.2.2.1. Noktasal Bağlama

Filament veya elyafların küçük alanlarda bir nevi puntalanarak birleştirilmesi işlemidir. Bu bağlama ısı , basınç , yapıştırıcılar gibi yardımcı elemanlar ile yapılır. Noktasal bağlama yzeyssel olarak tülbentin ancak %10 gibi bir bölümüne yapılır.

Kumaşın %90 lık bölümü puntalanmamış olarak kalır. Bu yüzden elde edilen kumaş daha yumuşak tuşelidir.

3.2.2.2.Bölgesel Bağlama

Bu sistemde tela üzerinde bağlama yapılabilecek heryere işlem uygulanır. Her lif veya filament bir diğeri ile kenetlenmiştir. İşlem genellikle sıcak hava ve buhar şeklindeki ısı ve basınç etkisi ile uygulanır. Bu bağlama tuşeyi noktasal birlertirmeye göre daha da sertleştirir. Çıkan ürünlerde kağıda benzer bir karakter gözlenir.



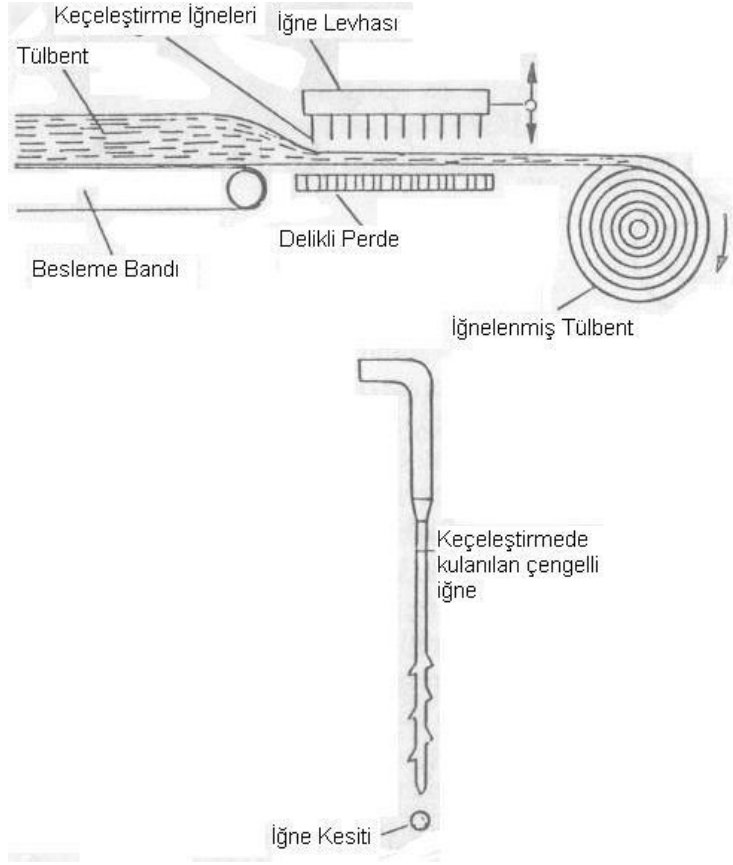
Şekil.3.7.Noktasal ve bölgesel bağlamaya birer örnek

3.2.2.3.Mekanik Bağlama

Tülbent birleştirilirken iğne vuruşu , düğümleme ve büküm ile bağlama gibi yöntemler kullanılır.

3.2.2.3.a.İğne Vuruşu

Bu sistemde lifler bir yüzey üzerine yerleştirilmiş iğneler yardımı ile keçeleştirilerek dokusuz yüzey oluşumu sağlanır. Keçelerin oranı iğne dizilimine , iğne uzunluğuna ve iğne üzerindeki çentiklerin yapısına (Barlo şekli) bağlıdır. İğne vuruşu ile oluşan keçeleşme noktası üç boyutlu değişken noktalar. Bu sistem birçok tela oluşumunda kullanılmakta ve termal bağlamadan çok daha az kontrole gereksinim duymaktadır. Ayrıca bu sistem 800 g/m² gibi çok ağır dokusuz yüzeylerin üretilebildiği tek sistemdir. 100 g/m² 'nin altındaki gramajlarda kumaşın uniform özelliğini kaybetmesine yol açmasından ötürü uygun değildir. Genellikle kuru serimli veya polimer serimli tülbentler iğne vuruşu sisteminde kullanılır. Jeotekstiller , halı telaları , otomobil halılar ve blanketler genel kullanım alanlarıdır.



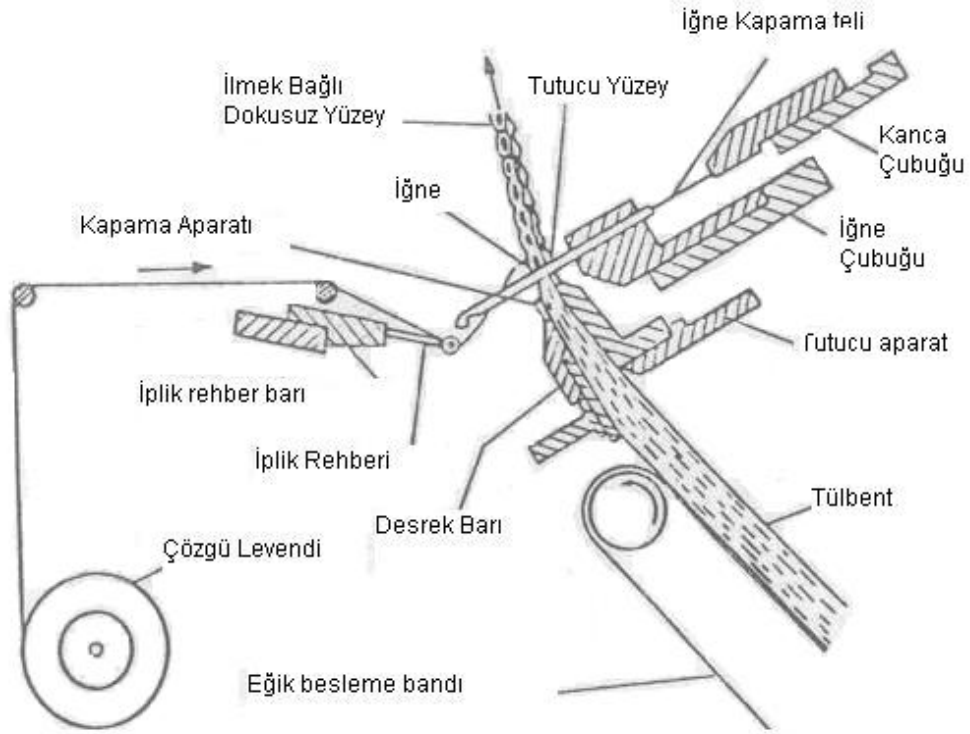
Şekil.3.8.İğne vuruşu ile bağlama tekniği

3.2.2.3.b.İmek ile Bağlama

İmek ile bağlamada genellikle konvansiyonel düz taranmış tülbentle üst üste bindirilerek havlı bir yapı oluşturulur. Sonra bu yapı makinanın ilmek bölümüne beslenir. Burada tülbent boylamasına ilmeklerle düğümlenerek sağlam bir dokusuz yüzey oluşturulur. Kullanılan iplikler doğal veya yapay elyaftan üretilmiş olabilir. Bu kumaşlar dekorasyon amaçlı ve suni deri , ayakkabı gibi ürünler için taban kumaşı olarak kullanılır.

3.2.2.3.c.Su jeti ile Bağlama

Bu sistem hidroentangling (su yardımı ile karıştırma) olarak da bilinir. İşlem sırasında yüksek basınçlı su jetleri iğneler yerine lifleri birbirine dolaştırır. Genellikle stapel lifli ve hava serimli bir tülbent bir bant üzerine serilir ve yüksek basınçlı jetler arasından geçer. Lifler çeşitli yönlerde dağılmaya ve dolaşmaya başlarlar. Tülbent daha sonra daha stabil bir hal alması için binder ile sıvanır.



Şekil.3.9.İmek ile bağlama tekniği

Liflerin dolaşmasına karşı temel yağının değiştirilmesi ile çekici dantel gibi tasarımlar veya basit desenler üretilebilir. Du jeti ile bağlanmış kumaşlar yumuşak tutumlu ve iyi dökümlülük özelliğine sahiptir. Ama kumaş büküldüğünde tekrar eski durumuna gelemes Polyester lif bu yolla ev eşyalarında , yatak eşyalarında ve giysilerde kullanılmaktadır. Diğer genel kullanım alanları ise toz emici ve medikal kumaşlar , medikal giysiler , ve uçaklardaki bazı kaplamalardır.

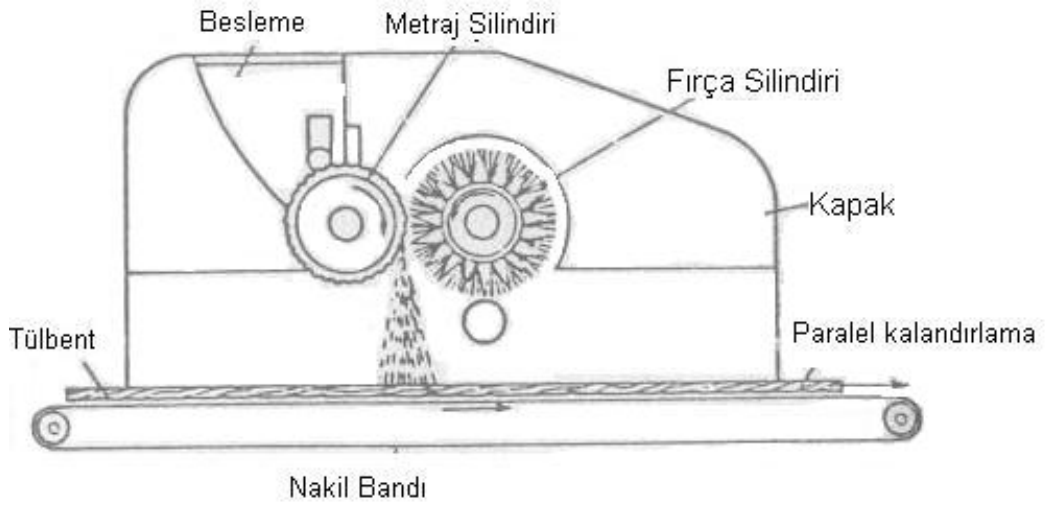


Şekil.3.10.Su jeti ile bağlama tekniği

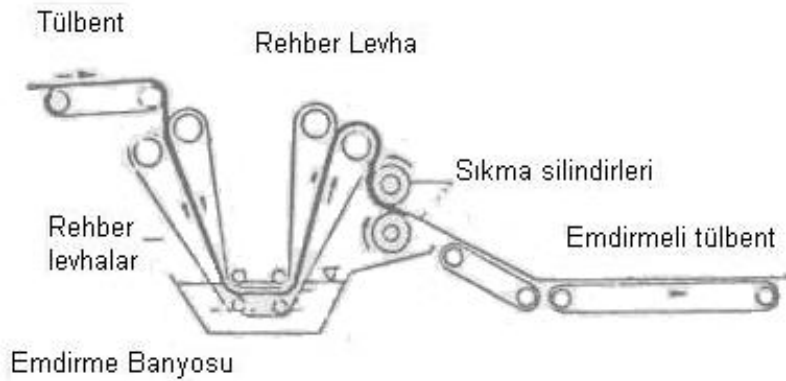
3.2.2.4.Kimyasal Bağlama

Kimyasal – yapıştırıcı bağlama prosesinde polimer lateks veya polimer çözeltisi lifli yapının içine ve çevresine dökülmekte ve ısıl işlem ile bağ yapısı sağlanmaktadır. Bağlayıcı kimyasal genelde tülbentin üzerine sprej şeklinde dökülür. Yapıştırıcı tülbent içine çok çeşitli şekillerde yayılır. Sprej halinde birleştirmede yapıştırıcı tülbent yüzeyine oldukça yakındır ve bu durum tülbentin mukavemetini biraz arttırarak hacimli bir yapı oluşturur.

Yapıştırıcının dökülmesi baskı ile de yapılabilir. Baskılı bağlamada değişken oranlarda açıklık , esneklik , hava alma ve hacimlilik baskı desenine bağlı olarak sağlanabilir.



a) Tülbentin sprej bağlanması



b) Tülbentin emdirme ile bağlanması

Şekil.3.11.Sprej ve emdirmeli tülbent bağlama teknikleri

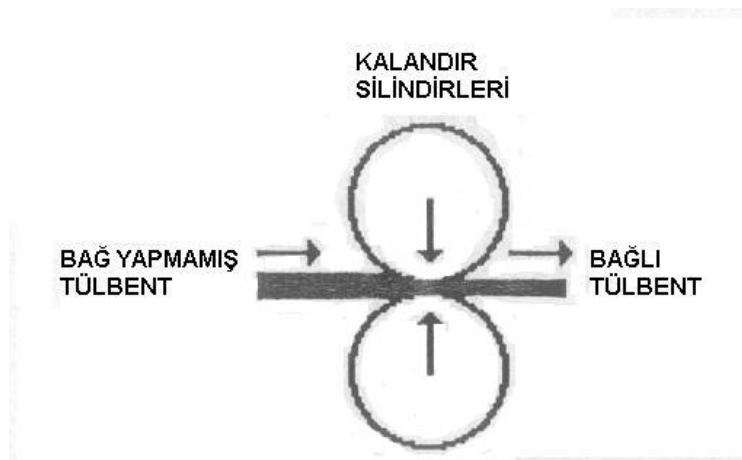
3.2.2.5. Isıl Bağlama

Isıl bağlama genel olarak sıcaklık etkisi ile lifler arası bağlar yaratmaktır.

Birinci yöntemde ekstrüderden çıkan polimer sıcak hava jetleri ile çok ince filamentleri oluşturacak şekilde bir yüzey üzerine rastgele serilir. Püskürtme sırasında filamentler değişik uzunluklarda liflere kırılırlar. Lifler 5 – 1000 g/m² aralığında tülbent oluşturmak için sıcak hava ile hareketli bir bant üzerine serilir. Daha sonra ısıl bağ oluşturulur. Akrilik dışında prkçok lif oluşum polimerinin bu sistemde kullanılabilmesine rağmen en yaygın olarak kullanılanı polipropilindir. Filamentlerin çok ince olmasından ötürü kumaşlar yumuşak ve iyi dökümlü olurlar. Muhtemel kullanım alanları giyim için izolasyon vatkası ve kumaşları , çadır bezi filtre ve pil ayırıcını içerir.

Yine diğer bir yöntem ekstrüderden sonra düzeden de çıkan polimerin hareketli bir bant üzerine serilmesidir. Bu metodla 10 g/m² 'den daha az ağırlıkta kumaşlar elde edilebilir. Tülbentin ısıl bağından başka kimyasal ve fiziksel bağlama şekilleri de kullanılabilir. Bu kumaşlar istenirse boya baskı işlemlerinden de geçirilebilir. Bu yöntemle üretilen Polyester , polietilen ve polipropilen kumaşlar özellikle inşaat mühendisliği uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu kumaşlar düşük tüylenme eğilimleri , yüksek emicilik , uygun yüzey dokusu gibi özelliklerinden dolayı duvar kaplamaları , tek kullanımlık giysiler , tıp ve ev eşyalarında kullanılırlar.

Termoplastik lifler de çaprazlama dizilerek eritilerek ısıl bağ oluşumu sağlanabilir. Eritme bir silindir , bir ışık kaynağı veya ultrasonik dalga kaynağı gibi araçlarla ısı ve basıncın birlikte kullanımı ile sağlanır. Prosese giren tülbent kuru serimli , ıslak serimli veya polimer serimli olabilir.



Şekil.3.12. Isıl kalandırlamanın şemataik gösterimi

3.2.3.Tülbent Yapısına Göre Sınıflandırma

3.2.3.1.Lif Tabanlı Dokusuz Yüzeyler

Bu grup yapısında dominant olarak lif bulunduran yapıları kapsar. Bağlama işlemi mekanik , binderli , termal veya kimyasal olabilir.

3.2.3.1.a.Ağ Tipi Yapılar

Ekstrüder ile oluşturulan bütün tekstil yapılar ile film veya bir ağ yapısı oluşturacak polimerler ile üretilen dokusuz yüzeyler bu gruba girer. Ağ yapısı düzgün veya dağınık olabilir.

3.2.3.1.b.Karmaşık Yapılar

Çok çeşitli birincile ve ikincil yapılar kendi içerisinde bulunduran kumaşlardır. Bu yapıların en az birinin tekstil yapısı olarak kabul edilebilmesi gerekmektedir. En iyi örnek ilmek bağlı kumaşlardır.

3.2.3.2.Lif Tipine Göre Sınıflandırma

3.2.3.2.a.Doğal Lif Yapılı Dokusuz Yüzeyler

Pamuk , yün , jüt gibi liflerden oluşan yapılardır.

3.2.3.2.b.Yapay lif yapılı dokusuz yüzeyler

Rayon , polyester , polipropilen , nylon , akrilik , kevlar , nomex , karbon , cam vb. Birçok yüksek performans lifleri içinde bulunduran yapılardır.

3.2.3.2.c.Harmonik Lif Yapılı Dokusuz Yüzeyler.

İki veya daha fazla lif karışımından oluşan dokusuz yüzeylerdir. Bu yapılar dolğal/doğal , doğal/yapay veya yapay/yapay lif karışımlı olabilirler. Karışımlar genelde mukavemet özelliklerinin artırılması için yapılır. Bazı dokusuz yüzeylerde karışım liflerinden biri binder olarak görev yapar.

3.3.Dokusuz Yüzeylerin Terbiyesi

Çoğu zaman dokusuz yüzeyler terbiye işlemine gereksinim duyarlar. Fakat yine de terbiye işlemi görmeden satılan dokusuz yüzeylerin de miktarı oldukça fazladır. Dokusuz yüzeylere iki çeşit terbiye yapılır.

3.3.1.Mekanik Terbiye

Terbiye prosesleri kalandır , şardon , kabartma yapma , laminasyon , krepleştirme ve ezme işlemlerini kapsar.

Kalandır dokusuz yüzeyi sıcak veya soğuk silindirler demeti içerisinde geçirme işlemidir. Değişik efektler elde etmek üzere farklı silindir kombinasyonları da kullanılır. Kalandır yumuşaklığı , parlaklığı arttırmada , özel yüzey efekti elde etmekte ve daha yoğun , tok toşe elde etmekte kullanılır.

Şardon yüzeydeki lifleri kaldırarak kürk benzeri bir efekt elde etmek için kullanılır. Kabartma ile istenilen bir desen ya da kalıp basınçlı silindirler vasıtasıyla tülbent üzerine geçirilir. Laminasyon ile iki farklı yüzey birleştirilerek değişik materyallerin değişik özellikleri tek bir üründe elde edilir. Krepleştirme işlemi ile tülbent yüzey alanının artırılarak uzama ve esneklik özellikleri değiştirilir. Ezme işlemi ile kumaş daha yoğun ve stabil bir yapıya ulaşır. Ezme kumaş yüzeyinde kırıklıklar meydana getirilerek esneklik , tuşe ve döküm özelliklerini değiştirir.

3.3.2. Kimyasal Terbiye

Kimyasal terbiye işlemleri kasar , boya , baskı , yüzey düzgünleştirme , haşıl , antimikrobiyel apre ve yanmaz apre gibi proseslerdir.

Dokusuz yüzeylerin kasar işlemi çeşitli binder ve resinlerin kumaş üzerinde bulunması sebebiyle özel bir proses gerektirir. Kasar sadece doğal elyaf bulduran ham dokusuz yüzeylere yapılır. Dokusuz yüzeyler ayrıca ekonomik faydalarına göre boyanabilir. Tülbent formunda boyama daha problemli olduğu için genelde kumaş safhası tercih edilir. Boyama genelde birleştirme elemana boyar madde eklenmesi şeklinde yapılır. Birleştirme elemanı lif ile beraber rengi de yapıştırır.

Dokusuz yüzeyler fiziksel yapılarından bağımsız olarak çok rahat baskı işlemine tabi tutulabilirler. Çok tüylü-düşük mukavemetli dokusuz yüzeyler düz baskı metodları ile basılır. Yüksek mukavemetli dokusuz yüzeyler rotasyon baskı ile basılır. Rötüşlar ve çizgiler gibi desenler de basılabilmektedir.

Yüzey düzgünleştirme temel olarak dekoratif materyallerin kumaş yüzeyine eklenmesidir.

Haşılama kumaşın haşıl kimyasalı içerisinde geçirilmesi , sıkılması ve kurutulmasıdır. Sürtme dayanımını , kopma mukavemetini , boyutsal stabiliteyi ve küflenme dayanımını arttırmak için yapılır.

Antimikrobiyel apre bakteri veya mikro organizmalara karşı kullanılacak kumaşlara yapılır. Halı nevresim ve medikal kumaşlara uygulanır.

Yanmaz apre çok çeşitli şekillerde verilir. Genellikle bir alev almaz kimyasal binder yardımı ile kumaşa yapıştırılır. Bu apre yanma riski yüksek alanlarda , çocuk giysilerinde , otel ve hastanelerde kullanılır.

3.4.Dokusuz Yüzeylerin Genel Özellikleri

Tuşeleri çok yumuşak veya çok sert olarak ayarlanabilir. Fakat bu değişim diğer özelliklerde de ciddi değişikliklere yol açar.Dökümleri normal kumaşlar ile kağıdın arasındadır. Görünüm yönünden bazı istinalar dışında normal kumaşlardan daha az çekicidirler. Fakat fiyatları ikame normal kumaşlardan daha düşüktür.

Yeterli derecede uzamaya elverişlidirler.Yüzey alanları her zaman normal kumaşlardan yüksektir.Hacimleri ayarlanabilmekle beraber genelde normal kumaşlardan yüksektir.

Konvansiyonel kumaşların özellikleri içerdikleri elyafların iplik içerisindeki ve ipliklerin kumaş içerisindeki dizilimine bağlıdır. Dokusuz yüzeylerin özellikleri ise elyaf özelliklerine , kumaş yapı geometrisine ve elyaflar arası bağların tipine bağlıdır. Bu özellikler değiştirilerek istenen tipte kumaş elde edilir.

3.5.Dokusuz Yüzeylerin Kullanım Alanları

Tablo 3.1.Dokusuz yüzeylerin kullanım alanları

Sektör	Kullanım Alanları	Kullanım Sebebi
Otomotiv	Otomobil yer döşemeleri için arkalık , bagaj astarı , iç kapı paneli , koltuk döşemeleri	
İnşaat	Jeotekstiller olarak erezyon kontrol , trenyolu yatakları stabilizasyonu , kanal ve rezervuar iç koruması	Kimyasal ve fiziksel dayanım ile yüksek mukavemet/fiyat oranıdır. Rahat kontrol edilebilen bir yapısı vardır.
Tekstil	Giysilerde astar veya içlik	Şekillerini korumaları , esneklikleri , ısı yalıtım özellikleri
Ev Tekstili	Yatak örtüsü , klozet aksesuarları , masa örtüleri , temizlik bezleri , pencere gölgelikleri , toz bezleri vs.	
Medikal	Çocuk bezleri , pedler , tek kullanımlık ameliyat elbiseleri , steril paketler	İnsan tenini kuru ve rahat tutan yapısı , ekonomik olmaları , nefes almaları , sıvı sızdırmasına karşı dayanımları , kolaylıkla sterilize edilebilmeleri , bakteri geçirmemeleri
Paketleme	Medikal steril paketler , floppy disk paketleri , yüksek performans zarflar	

4.TEKNİK TEKSTİLLERİN KULLANIM ALANLARI

4.1.Koruyucu Elbiseler

Çeşitli risk ortamlarında çalışan itfaiyeciler , güvenlik personelleri , otomobil yarış pilotları , tıbbi personel vb. gibi insanların dış etkilerden korunması amacı ile üretilen kıyafetlere “Koruyucu Elbiseler” denir. Bu tip ürünler yüksek sıcaklığa dayanabilen ve yüksek mukavemete sahip olan “Yüksek Performanslı Lifler” veya iplik yapılarındaki yapılan ufak değişiklikler ile çeşitli apreler sayesinde üretilirler.

4.1.1.Su Geçirmezlik ve Su Geçirmez Nefes Alabilen Elbiseler

Kayak giysileri , yağmurluklar , ve dağcılık sporunda kullanılan elbiseler için çok çeşitli su geçirmez tasarımlar yapılmıştır. Genelde nylon iplikten mamul kumaşlar dış yüzey olarak uygulanır. Profesyonel kullanımlar için Gore-Tex'den mamul astar da giysiye eklenebilir.

PVC , Poliüretan gibi çeşitli kaplama kimyasalları ile de su geçirmezlik sağlanabilmektedir. Su geçirmezlik apresi terbiyede fularda verilmektedir.

Politetrafloroetilen (PTFE) ve Gore-Tex laminasyonu ile hem su geçirmez , hem de nefes alabilen kumaşlar elde edilebilmektedir. Gore-Tex kumaş esasında ince liflerin birleştirdiği birçok yumrudan oluşan bir yapı olarak tanımlanabilecek çok ince bir PTFE filmidir. Bu şekilde gaz halindeki su molekülünün içeri girmesi engellenmez. Sadece polar bağlar yüzünden daha büyük moleküller oluşturan sıvı haldeki suyun içeri girişi önlenir.

Bazı su geçirmez kumaşlar sıcak tutmaları açısından alüminyum bir tabaka ile de kaplanabilirler.

4.1.2.Yanmaz Kumaşlardan Mamul ve Isı Yalıtımlı Elbiseler

Bu özellik hem sivil hem de askeri uygulamalarda izlenebilmektedir. Isı direkt alevle , iletim ile , ışımaya ile , eriyik metaller teması ile veya sıcak gazlar ile etki edebilir.

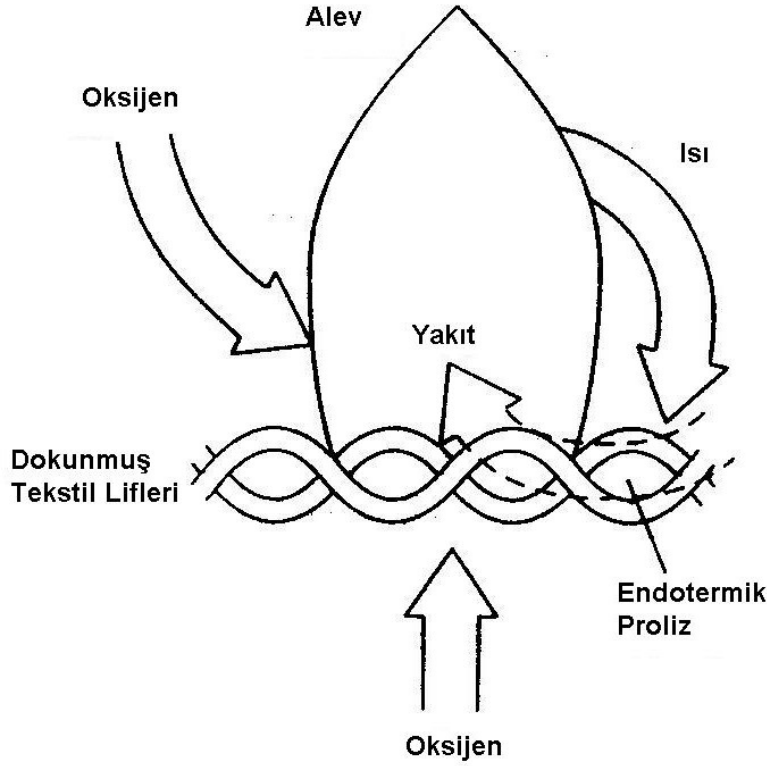
Isı yalıtımlı elbiseler aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır.

1. Alev karşı dayanıklılık
2. Elbise bir bütün olarak güvenilir olmalıdır. Etkiye karşı dayanımı şüphe götürmemelidir
3. Elbise kullanıcısına zaman kazandıracak şekilde ısı transferini yavaşlatan özellikte olmalıdır.
4. Yağ , su veya diğer sıvıları içine geçirmeyen özellikte olmalıdır.

Tablo 4.1. Bazı liflerin ısı iletim sıcaklıkları [2]

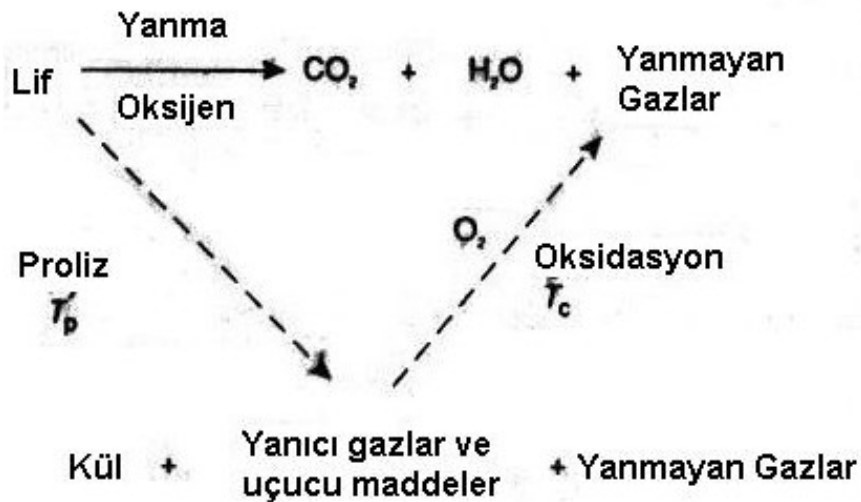
Lif	Yumuşamaya Başladığı Sıcaklık °C	Erime Sıcaklığı °C	Proliz Sıcaklığı °C	Tutuşma Sıcaklığı °C	$\Delta H(kj / g)$	LOI
Yün			245	600	27	25
Pamuk			350	350	19	18,4
Viskoz			350	420	19	18,9
Triasetat	172	290	305	540	-	18,4
Nylon 6	50	215	431	450	39	20-21,5
Nylon 6.6	50	265	403	530	32	20-21
Polyester	80-90	255	420-477	480	24	20-21,5
Akrilik	100	>220	290	>250	32	18,2
Polipropilen	-20	165	469	550	44	18,6
Modakrilik	<80	>240	273	690	-	29-30
PVC	<80	>180	>180	450	21	37-39
PVDC	-17	180-210	>220	532	11	60
PTFE	126	>327	400	560	4	95
Oksidize Akrilik	640	-	55			
Nomex	275	375	310	500	30	28,5-30
Kevlar	340	560	590	550	-	29
PBI	400		>500	500	-	40-42

Tekstil ürünlerinin yanması ısınma , gazifikasyonu (yakıt oluşumu) sağlayan dekompozisyon , tutuşma ve alevin yayılması gibi olaylardan oluşan şekil 4.1.'deki gibi kompleks bir durumdur.



Şekil.4.1.Tekil alevin tekstil yapısı üzerindeki gösterimi

Bir lif ısıya tutulduğunda T_p derecesinde proliz olur. Eğer uçucu sıvılar ve gazlar yanıcı ise ileriki yanmalarda yakıt gibi davranırlar. Prolizden sonra sıcaklık T_c değerine eşit veya fazlaysa , ortamda oksijen de var ise uçucu sıvılar lifi karbondioksit ve su oluşturacak şekilde yakarlar. Bir tekstil lifi tutuştuğunda lif indirgenene ortam sıcaklığı artar. Bu artış lifin ısı iletimine , erimenin gizli ısısına , buharlaşmaya ve yanma sırasında oluşabilecek diğer entalpik değişimlere bağlıdır.



Şekil 4.2.Liflerin yanması

Nylon , polyester ve polipropilen gibi termoplastik lifler alev karşısında hemen erimeye meyillidirler ve yanma gerçekleşse bile küçük alevler meydana gelir. Koruyucu elbiselerde ise yüksek ısı dayanımı istenir. Isı etkisi elbiseyi giyen insanın hareketleri dolayısıyla dahi materyali etkileyememelidir. Bu yüzden termoplastik lifler kullanılamaz. Aramid (Nomex) , alev almaz yün veya pamuk , karbonize akrilik gibi lifler uygundur. Polyesterin modifiye edilmiş bir şekli olan Trevira CS'de bu alanda kullanılmaktadır. Aramid lifleri de yüksek ısı dayanımlarına rağmen , ısı iletim katsayılarının yüksek olması sebebi ile tek başlarına kullanıldıklarında yanıklara sebep olabilmektedir.

Tekstil liflerinin yanma mekanizmaları lifin kimyasal yapısına ve lif üzerine uygulanmış olan apre ve kaplamalara da bağlıdır. Lifin yanmaya yatkın bir yapısı var ise atmosferik oksijenin mevcut olması alev olsun olmasın yanmayı hızlandırır. Sıcaklık termal bozunmanın üzerine çıktığında da alev oluşumu kendiliğinden ortaya çıkabilir.

Kumaş apresi dışında elbisenin yapısı da yanma özelliklerine etkir. Sabit kumaş kalınlığı düşünülüğünde özkütlenin azalması ile ısı dayanım artar. Nemin , boyanın , apre maddelerinin ve ısı , izafi rutubet , hava akımı , oksijen mevcudiyeti gibi çevresel faktörler de ısı davranışı etkiler.

4.1.2.1.Yanmanın Önlenmesi

Yanmayı önlemenin çeşitli yolları bulunmaktadır.

1. Isı etkisi giderilir ve soğutma uygulanır.Bu işlem ısı absorbe edebilen ürünler ile gerçekleştirilebilir.
2. Proliz sıcaklık derecesinin yükselmesi materyali ısı olarak dayanıklı yapar. Buna cam , yarı karbon ve aramid lifleri örnektir.
3. Üçüncü bir yöntem buharlaşmayı önlemektir. Bu şekilde gaza dönüşmeyen maddeler direkt kül haline gelir.
4. Oksidasyonu önlemek de başka bir yöntemdir.

Alev almaz lifler iki sınıfa ayrılır.

1. Aramid , modakrilik , yarı karbon lifleri gibi doğal alev almaz elyaflar.
2. Modifiye edilerek alev almaz özellik kazandırılan pamuk , yün ve sentetik elyaflar.

4.1.2.2.Doğal Alev Almaz Lifler

En çok bilinenleri nomex gibi aramid liflerinden mamul elbiselerdir. Bu elbiseler jet pilotları , tank mürettebatları , diğer çeşitli askeri personel , itfaiye işçileri , astronotlar ve özel endüstriyel üretimlerde çalışan işçiler için üretilirler. Aramid lifleri ısı etkisi ile yanma eğilimi olan moleküllere kolay kolay dönüşmezler ve sadece çok az bir duman çıkartırlar.Direkt küle dönüşme eğiliminde olduklarından alevlerden kısa sürelik koruma sağlayarak personelin yangın bölgesinden uzaklaşmasına imkan sağlarlar. Bazı tekstil lifleri ile aramid liflerinin ısı özellikleri tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo.4.2.Bazı alev almaz liflerin özellikleri [2]

Özellik	Lif	Yün	Pamuk	Alev Almaz Pamuk	Nomex III	Kevlar
Kumaş gramajı g/m^2		240	320	315	250	250
Isı etkiye tepkisi		Tutuşur	Tutuşur	Bozunur	Bozunur	Bozunur
Bozunma Sıcaklığı $^{\circ}C$		260	340	320	430	430
Isıl etkime enerjisi $(kal/cm^2) *$		9,1	10,5	8,7	15,6	13,9
Birim kütle için Isıl etkime enerjisi $(kal/cm^2)/(gr/cm^2) *$		3,8	3,3	2,8	6,2	5,6
Etkisiz hale gelme şekli		Delinme	Tutuşma	Kül oluşumu	Isı transferi	Isı transferi

* Burada vücut üzerinde ikinci derecede yanıkların başladığı nokta baz alınmaktadır.

Bazı aramid liflerinin çekme eğiliminde olduğu ve ısı etkisinde yırtılabildikleri de görülmüştür. %5 kevlar karıştırmak sureti ile bu dezavantajın ortadan kaldırılabilirdiği görülmüştür.

Isı altında mukavemet kaybına uğramaması da Nomex'in yaygın kullanımının diğer bir sebebidir. $250^{\circ}C$ de Nomex mukavemetinin sadece %40'ını kaybeder. $260^{\circ}C$ 'de 1000 saat kuru havalı ortamda tutulan nomex mukavemetinin %65'ini korumaktadır.

Nomexten mamul giysiler , nem özelliklerinin nylon'a yakın olması sebebi ile oldukça rahattırlar. Normal yıkama veya kuru temizleme yanma özellikleri üzerine etki etmemektedir.

Nomex liflerinin fiyatlarının oldukça yüksek olması sebebi ile %30 nomex , %5 kevlar , %65 alev almaz lenzing viskoz gibi karışımlar da ticari olarak sunulmuştur.

Nomex dışındaki bir önemli ısı dayanımlı lif grubu da Kermel adı ile piyasada bulunan polyamid – imid grubu liflerdir. Bu lifler kimyasal yapı ve genel özellikler açısından nomex'e benzerler. Konvansiyonel iplik üretimi ve dokusuz yüzey üretimi

için iki ayrı tipi bulunmaktadır. Yine maliyet problemi olan bu lif statik elektriklenmeyi de önlemesi açısından %15 oranında viskoz ile karıştırılarak ucuzlatılmaya çalışılmaktadır.%30 – 60 alev almaz yün ile karıştırılarak da daha rahat bir kumaş elde edilebilir.Kermel diğer ısı dayanımlı liflere göre daha konforlu elbise yapımına olanak sağlar.

Bunlar dışındaki ticari kullanımı olan lifler ve genel özellikleri tablo 4.3.'de açıklanmıştır.

Tablo.4.3.Bazı alev almaz liflerin özellikleri [1,2,15,22]

Lif Tipi	Özellikleri
Poli-imid Lifleri	500 °C'ye kadar dayanmaktadır. Erime eğilimi göstermezler. 260 °C'ye kadar mekanik özelliklerinde değişim olmamaktadır. Tek başlarına veya karışımlarda kullanılmaktadır.
PBI lifleri	Polynebzimidazol (PBI) liflerinin ısı dayanımları yanında konfor özellikleri de oldukça iyidir. 815 °C 'ye kadar aynı özellikleri gösterdiği için asbestin ikamesi olarak kullanılmaktadır. Pahalı olduğu için ancak çok yüksek koruma gerektiren yerlerde kullanılmaktadır.
Fenolik Lifler	Tutuşma sıcaklıkları 2500 °C civarındadır. Yüksek ısı dayanımları mevcuttur.
PVC Lifleri	Nispeten alev almaz liflerdir. Isı ile karşılaştıklarında parçalanırlar fakat sıcak olmadıkları için deri yanma riski yoktur. Bazı kimyasallar ile ısı dayanımları artırılabilir.
Yarı-Karbon Lifleri	Yüksek ısı dayanım ve yalıtkanlıkları vardır. Yanmaz , erimez , parçalanmazlar. 1000 °C'ye kadar dayanan elbiseler üretilebilir. Yün ile karıştırılarak askeri alanlarda kullanılmaktadır. Napalm'a karşı dahi dayanabilmektedir.

4.1.2.3.Kimyasal Yollar ile Isıl ve Aleve Karşı Dayanım Sağlama Yöntemleri

Üç ayrı safhada liflere bu özellikleri kazandırmak mümkündür.

1. Polimerizasyon sırasında
2. Polimer çekimi sırasında
3. Elyaf , iplik veya kumaşlara yüzey işlemi uygulayarak

Halojen , nitrojen ve fosfor ihtiva eden pek çok madde ile özellikle viskoz alev almaz özellik kazanabilir. Sandoflam 5060 bu maddelere iyi bir örnektir. Fosfor ve sülfür ihtiva eden Sandoflam 5060 çekim sırasında life verilir ve alev almazlık özelliğinin yanında lifin ısı yalıtımı , ışık haslığı ve erimiş metallere dayanım gibi özelliklerini de artırır.

%100 viskozdan mamul alev almaz kumaşlar her türlü kullanım için uygundur. Bunun yanında 40/60 alev almaz viskoz/yün karışımları da sıklıkla kullanılır. PBI , aramid lifler ile de karışımları da kullanılmaktadır. En önemli alev almaz vizkoz lifler Avtex (Duvril) ve Lenzing tarafından üretilmektedir. Tablo 4.4.'de çeşitli lif karışımlarının ısı dayanımları görülmektedir.

Tablo.4.4.Çeşitli liflerin ısı dayanımları

Elyaf Cinsi	İkinci derecede yanık oluşumuna kadar geçen süre (s)	Isı etkime enerjisi (J/cm ²)
Durvil	6,5	54,2
Nomex	8,9	73,4
%80 Durvil %20 Nomex	4,8	40,3
PBI	7,6	63,4
%80 Durvil %20 PBI	6,3	52,9
Yün	10,5	87,8
%65 Durvil %35 Yün	6,4	53,4
Alev Almaz Pamuk	3,8	31,5

Polyester lifleri de fosfor ve bromin serilerine sahip kimyasallar yardımı ile alev almaz özellik kazanabilirler. Ticari olarak en bilinenleri Trevira CS , Dacron 900F , Heim (Toyoba Co.) , Extar (Teijin) dir. Alev almazlık için polyester polimerinin değişik üretim safhalarında değişik kimyasal ilaveleri yapılabilir. Alev almaz apreler polyesterin termoplastik özelliklerini azaltarak erimeyi önler ve koruyucu elbiseler için istenen bir durum olan direkt kül oluşumunu sağlar.

Nylon 6 'ya yapılması denenen çeşitli alev almaz apreler ticari başarıya ulaşamamıştır. Çeşitli aprelerde relaks halde Nylon'un LOI değeri 28 – 30 larda olmaktadır. Fakat çekme değeri yüksek olmaktadır. Çekme önlendiğinde ise LOI değeri alev almazlık için pek iyi olmayan 22 seviyelerine inmektedir.

Akrilik , modakrilik lifleri 18 ile tekstildeki en düşük LOI değerine sahiptir. Bu yüzden akriliğin yanma enerjisini yükseltmek üzere çalışmalar yapılmıştır. Vinil komonomerleri ihtiva eden halojen veya fosfor akriliğe alev almaz özellik kazandırır. Alev almaz akrilik lifine parlaklık , şeffaflık , beyazlık ve boyanabilirlik gibi özellikler kalay bileşikleri tarafından verilir. Modakriliğin Acrilan SEF ve Orlon FRL gibi ticari örnekleri 190 °C'ye kadar dayanım gösterebilmektedir. Modakriliklerin kullanım alanları tablo 4.5.'de görülmektedir.

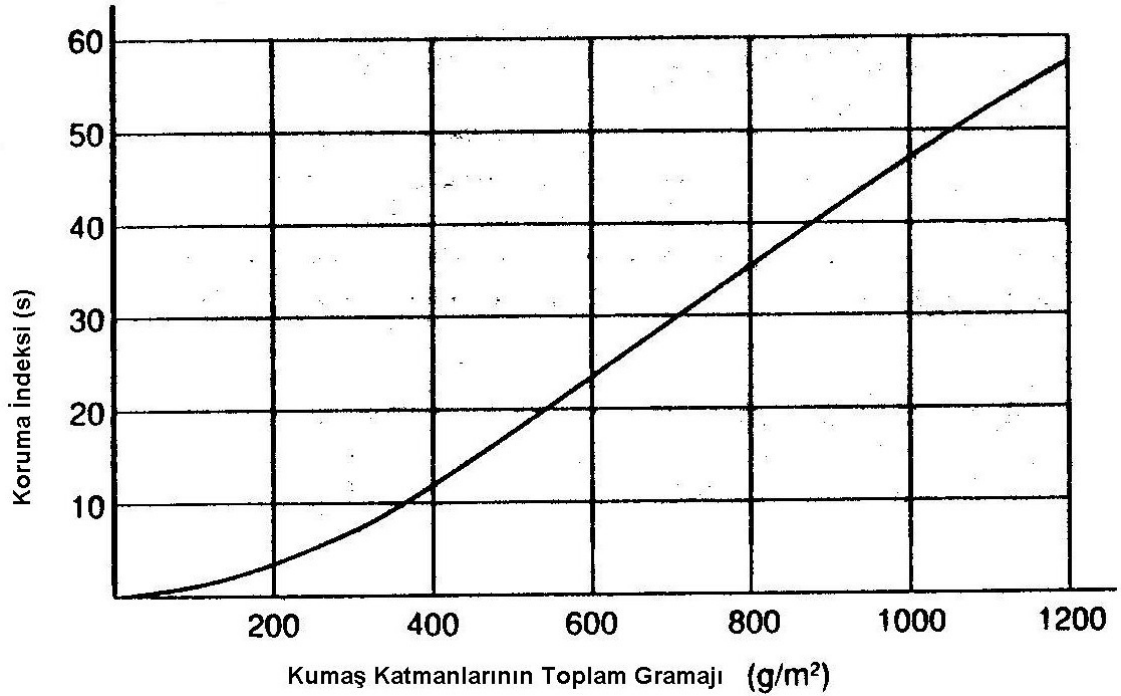
Tablo.4.5.Alev almaz liflerin kullanım alanları

Güncel Kullanım Alanları	Gelişen Kullanım Alanları
Kaplama ve döşemeler	Alev almaz askeri kazaklar
Duvar kaplamaları ve oda ayırıcıları	İtfaiye erlerinin istasyon üniformaları
Yatak kılıfları	
Havacılıkta kullanılan battaniyeler	

Bunlar dışında pamuk ve yün ve benzeri liflerin de çeşitli kimyasallar yardımı ile alev alma özellikleri iyileştirilebilmektedir.

4.1.2.4.Kumaş Yapısının Isıl Özelliklere Etkisi

Kumaş yapısı ve gramajı ısı özellikleri üzerinde ciddi etki göstermektedir. Sıcak ve direkt alev etkilediği ortamlarda düşük gramajlı ($150 - 250 \text{ g/m}^2$) sık dokulu alev almaz pamuktan mamul saten yapılarının en uygun olduğu bulunmuştur. Tam koruma için $250 - 320 \text{ g/m}^2$ aralığı daha uygun olacaktır. Sürekli tehlike altında bulunan riskli ortamlarda ise $320 - 400 \text{ g/m}^2$ 'lık dimi ve kadife yapıları seçilmelidir. Daha da riskli bölgelerde 900 g/m^2 ağırlıklara kadar çıkılabilir.



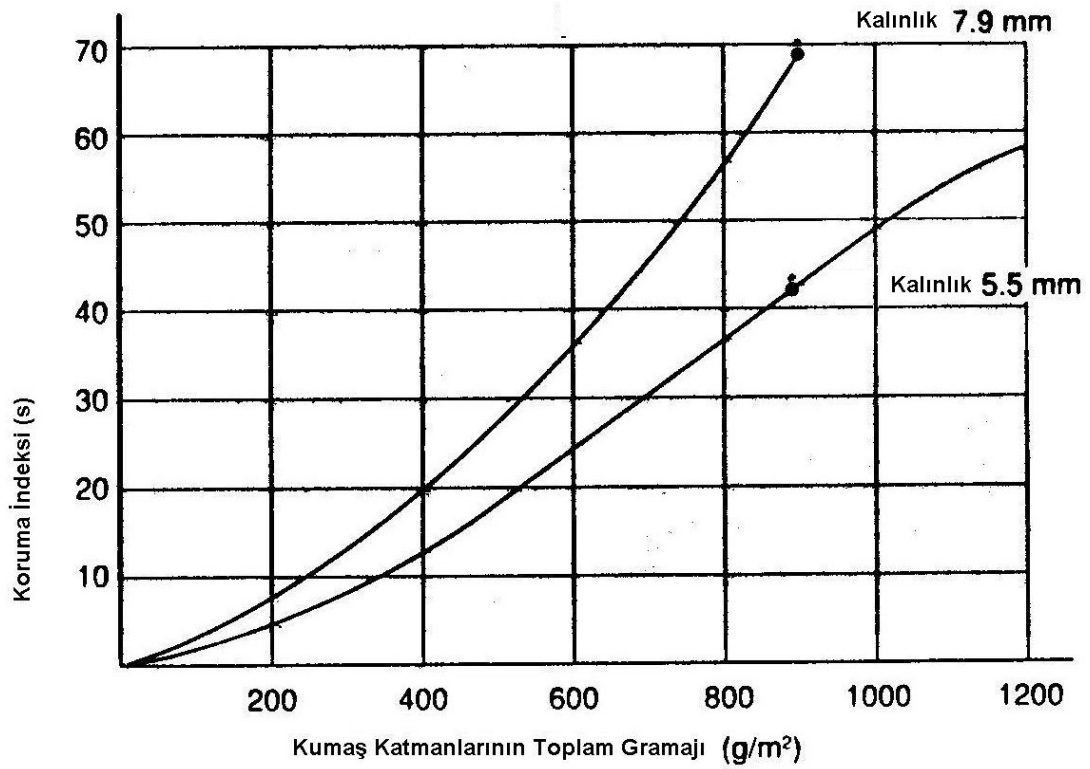
Şekil 4.3.Gramajın koruma indeksine etkisi [2]

Elbise ısıyı içeri geçirmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. İdeal olarak kumaş ısının içeri geçmesini önleyecek şekilde kül oluşumunu sağlamalıdır. Burada en önemli

husus kumaş kalınlığıdır. Sabit kalınlık için özkütlenin düşük olması , diğer bir deyişle kumaşın hacimli olması ısı yalıtımını artırır.

Kermel lifi üzerinde Dambournet tarafından yapılan bir araştırmada BS 3791 alev almazlık testi değişik kalınlıklardaki kumaşlara uygulanmıştır. İç sıcaklığın 45 °C olduğu noktalar limit noktalardır. Kullanıcı için bu noktaya geliş süresi kaçış için elinde bulunan zaman manasına gelir.

Tablo 4.6. Kermel ile yapılmış çeşitli kumaş yapılarının dayanımını göstermektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi çok katlı kompozit yapıdaki elbiseler daha iyi performans göstermektedir.



Şekil 4.4. Toplam giysi kalınlığının koruma indeksine etkisi

Burada her ne kadar sadece Kermel'e ait bir tablo verilmiş ise de koruyucu elbiseler değişik materyallerden oluşan katmanlar halinde de yapılmaktadır. Alevden koruma ve yalıtkanlık özelliklerine sahip iki yapı katmanlı olarak kullanılabilir.

Dokuma deseni de kumaş gramajı ile beraber alev almaya etki eder. Tablo 4.7.çeşitli ısı kademelerinde desene bağlı olarak alev almanın başladığı süreleri göstermektedir.

Tablo4.6.çeşitli alev almaz elbiselerin karşılaştırılması

Elbise Yapısı			Toplam gramaj g/m ²	Kalınlık (mm)	Koruma indeksi (s)
Dış	Orta	İç			
%100 Kermel Kumaş 250 g/m ²	Yok	Yok	250	0,8	15,5
%100 Kermel Kumaş 250 g/m ²	Yok	Örme Kermel iç çamaşır 330 g/m ²	580	3,4	20,5
%100 Kermel Kumaş 250 g/m ²	Örme Kermel iç çamaşır 300 g/m ²	Kermel külotlu çorap 200 g/m ²	780	4,8	35
%100 Kermel Kumaş 250 g/m ²	Örme Kermel iç çamaşır 330 g/m ²	Pamuk örme iç çamaşır 320 g/m ²	900	5,5	43
%100 Kermel Kumaş 250 g/m ²	Örme Kermel iç çamaşır 330 g/m ²	Yün kazak 650 g/m ²	1230	7,9	58

4.1.2.5.İsı Transferi Şekilleri

İsı transferi iletim , taşınım , ışınlım veya bunların beraber bulunduğu durumlarda etkiyebilir. Burada önemli olan birim zamandaki toplam ısı transferidir.

İsı iletiminde en önemli parametreler kumaş gramajı ve özkütlesidir. Burada iletimin lifler arasına giren havadan geldiği düşünülürse özkütlenin düşük olması yani kumaşın hacimli olması hava hareketini önleyeceğinden izolasyonu arttıracaktır. Düşük süreli tehlikelerde kumaş gramajının artması ısıl kapasiteyi de arttıracığından daha fazla koruma sağlanmasına olanak tanır. Mehta çalışmalarında endüstriyel eldivenler için en önemli parametreler olarak kalınlık , gramaj ve yalıtkanlığı belirtmiştir.

Tablo.4.7.Kumaş deseninin ısı özelliklerine etkisi

Kumaş Tipi	Kumaş Dokusu	Numune Sayısı	Çeşitli Isı Etkisi Değerlerine Göre Tutuşma Süresi (s)		
			5,8 W/cm ²	8,1 W/cm ²	10,5 W/cm ²
%100 Viskoz 300-500 g/m ²	Pile	3	Tutuşma Yok	8,0	4,9
	Saten	1	Tutuşma Yok	8,7	5,6
	Pile saten karışımı	1	Tutuşma Yok	12,0	8,2
%100 Nylon 550-650 g/m ²	Bezeyağı	2	22,6	20,0	7,1
	Bezeyağı türevi	2	-	75,8	25,2
	Dimi	1	-	Tutuşma Yok	14,7
%100 Polyester 380-450 g/m ²	Bezeyağı	1	-	Tutuşma Yok	23,0
	Bezeyağı türevi	1	58,4	27,2	10,7
%100 PP 350 g/m ²	Bezeyağı	1	14,8	-	4,8
	Dimi	1	14,2	13,1	5,4

Tablo.4.8.Kumaşların koruma derecelendirmesi.

Koruma Derecesi	Koruma Etkisi
1	Deride herhangi bir yanma yoktur.
2.	0,01 m ² 'den daha düşük birinci derece yanık olma durumu
3	0,01 m ² 'den daha yüksek birinci derece yanık olma durumu
4	0,01 m ² 'den daha düşük ikinci derece yanık olma durumu
5	0,01 m ² 'den daha yüksek ikinci derece yanık olma durumu
6	0,01 m ² 'den daha düşük üçüncü derece yanık olma durumu
7	0,01 m ² 'den daha yüksek üçüncü derece yanık olma durumu

Eriyik metallere karşı en iyi dayanımı yün göstermektedir. Tablo 4.9. gramajına göre yünün çeşitli metal eriyiklerine karşı koruma etkisi görülmektedir.

Tablo.4.9.Gramajın ısı özelliklere etkisi

Kumaş \ Metal	Sağlanan Koruma Derecesi					
	Demir	Demir Cürufu	Çelik	Bakır	Alüminyum	Magnezyum
Yün 540 g/m ²	1	2	1	2	1	1
Yün 440 g/m ²	3	5	3	4	2	1
Yün 270 g/m ²	7	7	7	7	2	1

Görüldüğü üzere gramaj artışı ile daha iyi bir koruma sağlanmaktadır.

Isı taşınımına karşı , yani alev tehlikesine karşı en iyi koruma hacimli örme iç çamaşır ile beraber kullanılan dokuma dış yüzeyli elbiselerdir. Buna bir örnek olarak tablo 4.10 da verilen formüla pilotlarının elbise yapısı incelenebilir.

Tablo.4.10.Formüla pilotlarının kıyafetlerinin detayları

Kumaşın Kullanım Yeri	Dış Yüzey	İç Giyim
Kompozisyon	85/15 Yün/Cam Elyafı	%100 Yün Örme Kumaş
Gramaj	350 g/m ²	175 g/m ²
Desen	2/2 Dimi	2x2 Ribana
Sıklıklar	17,3 x 15,7 / cm	
Ortalama İmek Uzunluğu		0,6 cm
İplik Numaraları	80/2 tex %100 Yün 94/2 tex 70/30 Yün/Cam Elyafı (Atkı ve çözgüde bire bir şekilde)	44/2 Tex %100 Yün

Burada cam elyafı iplik çekimi sırasında yün ile beraber çekilmiştir.

Işıma ile oluşan ısı iletimine karşı en iyi yöntem alüminizasyondur. Alüminizasyon işlemi dört şekilde yapılır.

- Bir alüminize polyester filmi (A1) veya direkt olarak alüminyum (A2) kumaş üzerine kaplanır.
- Kumaş elektriksel olarak şarjlıdır ve üzerine sprey alüminyum dökülür.
- Bu yöntemde alüminyum filmi direkt olarak kumaş yüzeyine eklenir.
- Alüminyum önce sürtme dayanımlı Mylar 'a , sonra bu birleşim kumaş üzerine bağlanır.(C ve D en iyi alüminizasyon teknikleridir.)

Alüminizasyon dışında ışığa direncine en büyük katkısı olan özellik kumaş özkütlesidir. Bu özellikle 0,15 özkütleli Aramid elyafının üstün performansından anlaşılabilir.

Isıl tehlike altında en çok bulunanlar itfaiye erleridir. Tablo 4.11 ve tablo 4.12 'de bir itfaiye elbisesinden istenen özellikler ve çeşitli ülkelerde kullanılan elbiselerin yapıları sıralanmıştır.

Tablo.4.11.Bir itfaiye erinin elbisesinde olması gerekli özellikler

Özellik	Performans Değeri
Elbisenin ağırlığı	Maksimum 2 kg civarı olmalıdır.
Kalınlık	Maksimum 3,5 mm olmalıdır.
Işıma dayanımı	Minimum 25 saniye olmalıdır.
Alev dayanımı	Minimum 15 saniye olmalıdır.
Su tutma özelliği	Maksimum %7 olmalıdır.

Tablo 4.12.Çeşitli ülkelerde kullanılan İtfaiye elbiselerinin özellikleri

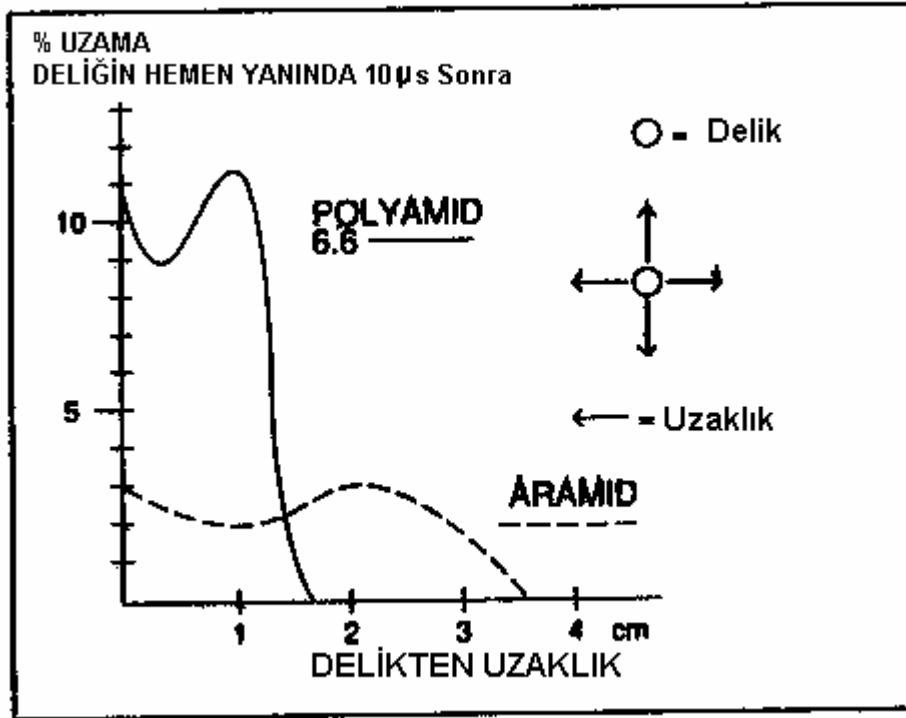
Ülke	Ağırlık (kg)	Kalınlık (mm)	Katman Sayısı	Dış Katman Özellikleri
Avusturya	1,3	5,7	3	50/25/25 Yün/AA Viskoz/AA Pes
	0,9	0,7	1	Zirpro Yün
Belçika	1,9	5,1	3	Aramid (Kaplama)
Danimarka	1,6	2,5	2	Yün
Finlandiya	2,5	2,3	2	80/20 Yün/Akrilik
Fransa	2,1	2,3	2	Deri
Almanya	1,0	1,1	1	Zirpro Yün
Hollanda	2,3	3,9	1	Yün
	2,1	2,2	2	80/20 Yün/Nylon
	2,2	4,9	3	Aramid
Norveç	1,8	1,8	1	Yün
İsveç	1,3	5,8	2	Zirpro Yün
	1,8	2,2	2	75/25 Yün/AA Viskoz
	2,2	2,6	2	60/40 Yün/AA Viskoz
İngiltere	1,9	4,5	3	80/20 Yün/Nylon
	1,7	3,2	4	Aramid

A.B.D. Deniz kuvvetleri alev karşı hafif gramajlı Nomex elbiseler kullanmaktadır.

4.1.3.Kurşun Geçirmez Elbiseler

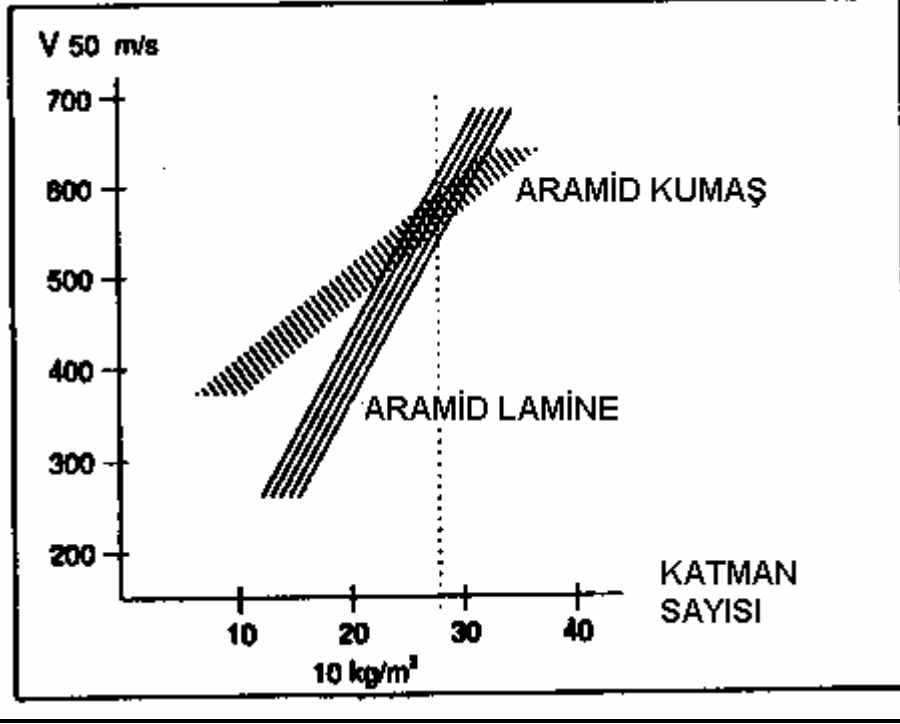
Günümüzde aramid lifleri balistik koruma için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Balistik dayanıma ek olarak materyalin çarpışmaya uğrayan noktadaki enerji absorbe etme özelliği de önemlidir.

Karbon lifleri yüksek modüllü olmalarına rağmen deforme olmayıp darbe etkisini çok kolayca ilettikleri için balistik koruma için çok az kullanım alanı bulmuştur. Şekil 4.5.'de aramid ve nylon 6.6 liflerinin balistik uzamaları görülmektedir. 400 m/s hızla atılan merminin çarpışından 10 μ s sonraki iplik uzamaları ölçülmüştür.



Şekil 4.5.Nylon 6.6. ve aramid liflerinin balistik karşılaştırması [2]

Blumberg ayrıca kumaş gramajının ve kat sayısının korumaya etki ettiğini bulmuştur. Yapılan testlerde merminin tutulabildiği en yüksek hız olan 50 m/s ile mermi atılmıştır. Düşük gramajlı yapılarda kumaşların (yumuşak balistikler) 10 kg/m²'den daha yüksek gramajlarda ise laminelerin (sert balistikler) daha verimli olduğu bulunmuştur. Bu özelliğin iki grup arasındaki rijidite farkından kaynaklandığı sanılmaktadır. Bunu şekil 4.6.'da da görmek mümkündür.



Şekil 4.6. Yumuşak ve sert materyallerin balistik davranışlarının karşılaştırılması [2]

Kevlardan mamul can yeleklerinde üç ayrı kapitone katman bulunmaktadır. Bir kat mermiyi durdurmak için yapılmıştır. Diğer iki kat içleri hava dolu olduğu için hem mermiyi yavaşlatmakta, hem de merminin ilk katmanı aşması durumunda sigorta vazifesi görmektedir. Kullanıcı sadece merminin darbe etkisi yüzünden acı çekecektir. Kevlardan mamul miğferler de günümüzde üretilmektedir.

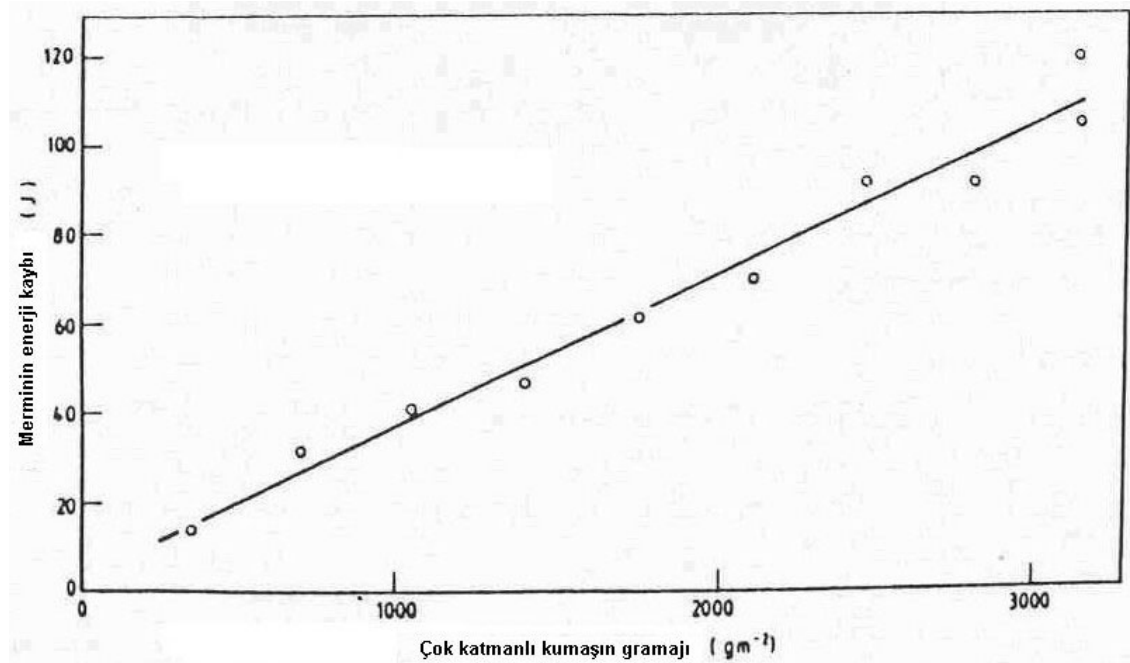
Örme kumaşlar ipliklerin çok iyi bir rijidite içinde bulunmamasından dolayı balistik koruma için çok uygun değildir. Dokuma bezayağı kumaşlar balistik uygulamalarda en uygun kumaşlardır.

İğnelenmiş keçe formundaki dokusuz yüzeyler de balistik koruma için uygun bulunmuştur. Fakat bu yapılarda merminin içeri geçmesini önlemek için iğneleme nispeten az tutulmalı ve mukavemet uzun liflerin birbirine iyi şekilde bağlanması ile sağlanmalıdır. Bu yapılar düşük gramajlarda uygundur. Yüksek gramajlarda dokuma ürünlerin daha verimli olduğu görülmüştür.

Kumaş üzerinde bulunabilen su, yağ haşıl gibi sıvı bazlı kimyasallar merminin kumaşa çarpması anında sürtünmeyi azaltarak mermi geçişini kolaylaştırmaktadır. Bu yüzden kumaşlarda sıvı ihtivasi önlenmelidir. A.B.D.'de balistik kumaşlar üzerine su geçirmez apre yapılmaktadır.

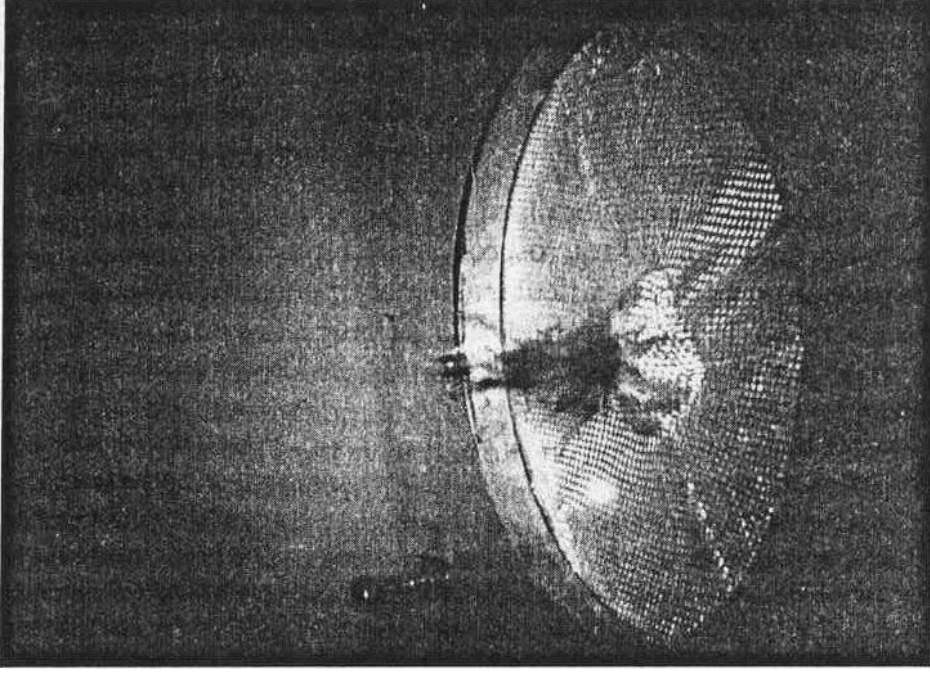
Yüksek süratli tüfek mermilerine karşı koruma yumuşak balistikler ile yapılamamaktadır. Ağılık açısından en verimli olan tasarım Seramik yüzü kevlar lamine yapılarıdır.

Cork ve Greenwood kevlerden yapılmış çeşitli kumaşlar üzerinde balistik testler yapmışlardır. Bu testler yüksek hızlı fotoğrafçama teknikleri ile izlenmiştir. Bu testlerde Figucia tarafından geliştirilen Balistik Performans Göstergisi (Ballistic Performance Indicator BPI) test yöntemi uygulanmıştır. Bu test sonuçları şekil 4.7.'de gösterilmiştir. Bu testler sonucunda merminin enerji kaybı ile içe eğimlenen kumaş alanı arasındaki ilişki lineer çıkmıştır ve BPI bir doğru ile belirtilmiştir. Şekil 4.8. ve 4.9. hızlı fotoğrafları göstermektedir (çekim aralığı : 1 mikrosaniye).

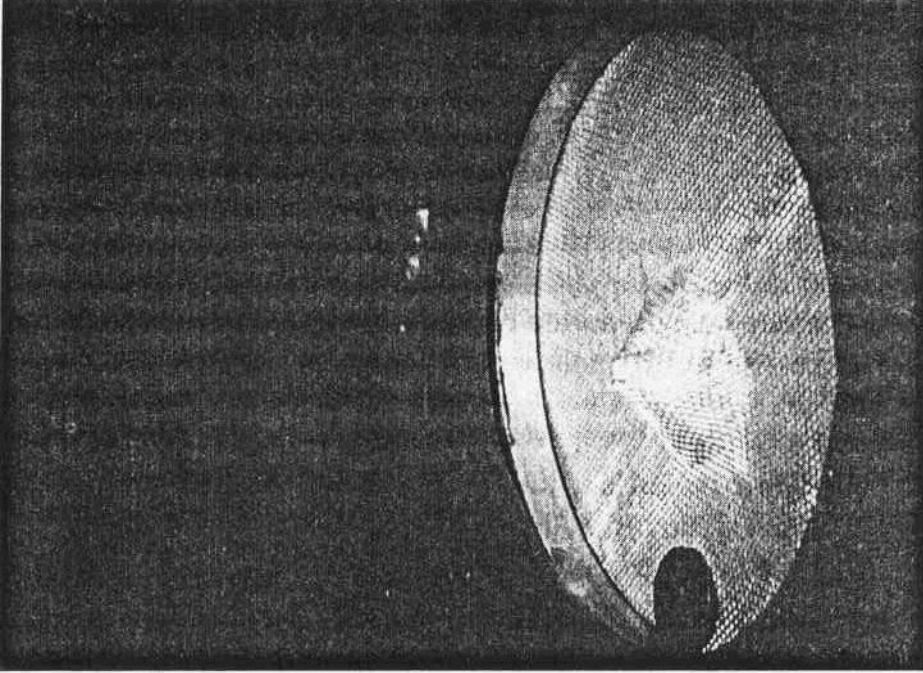


Şekil 4.7. Merminin enerji kaybı ile kumaş gramajı arası bağıntı [1]

Şekil 4.8.'de mermi kumaşa henüz temas etmiştir ve halen 400 m/s hızla yoluna devam etmektedir. Şekil 4.9.'da ise merminin kumaşa temasından 100 mikro saniye sonraki durum görülmektedir. Mermi bütün bunların sonunda kumaşı geçememiş ve çok kısa yol katederek 500 m/s hızdan durma noktasına gelmiştir. Pratikte p-aramid aynı ağırlıktaki nylondan iki kat daha yüksek bir balistik yüke dayanabilir. Dokuma kumaşlar balistik uygulamalar için uygun bulunmuştur fakat bazı tehlikeleri de göze almak gerekmektedir. Eğer dokuma çok sıkı ise kumaş çok sert olur ve kesme gerilmelerine dayanamayabilir. Eğer dokuma çok gevşek olursa mermi ipliklerin arasından içeri sızabilir veya ipliklere çok zarar verir. Bu iki durum da çok ciddi yaralanmalara yol açabilir.



Şekil 4.8.Merminin ilk temas anı [1]



Şekil 4.9.Merminin durma anı [1]

4.1.4.Antimikrobiyel Koruma

Tekstil mamulleri (a) bakteri , mikrop , mantar gibi organizmalara karşı (b) küf ve mantar oluşumuna karşı (c) böceklere karşı çok çeşitli terbiye işlemlerinden geçirilmektedir.

Antimikrobiyel apre üç şekilde yapılır.

1. Kontrollü bırakma mekanizması: Bu sistem daha çok böcekler için kullanılır ve kumaş üzerine polimer film tabakası kaplanması ile gerçekleştirilir. Bu kaplama mikro organizmalara etkili değildir.
2. Yeniden üretme prensibi: Bu sistemde su ve ya ışık gibi etkenlerle tekrar aktif hale geçebilen bir kimyasal antimikrobiyel kimyasal olarak kullanılır. Bu kimyasal bakteri ve mantar oluşumunu önler ve periyodik olarak aktive edilir.
3. Bariyer prensibi: Burada çok güçlü bir kaplama kullanılarak bakteri ve mikroplara karşı bariyer oluşturulur.

4.1.5.Radyasyona Karşı Korunma

Radyasyon nükleer ve elektromanyetik olarak ikiye ayrılabilir.

Nükleer radyasyondan korunma konusunda dokusuz yüzeyler daha uygundur. Dış giyimde bir zırh gibi davranırlar. Esas giysi çok pahalı olduğu için bulaşma olduktan sonra dış kısmın atılabilir olması maliyet açısından kazanç getirmektedir. Ayrıca dış yüzey direkt yok edildiği için temizlenmesine gerek de kalmamaktadır.DHJ Industries (İngiltere) firmasının büküm bağlı Tyvek kumaşından mamul çeşitli nükleer koruma elbiseleri bulunmaktadır. Bu elbise çeşitli yöntemler ile kuru temizleme de yapılabilmektedir.

Yüksek voltajlı ortamlarda çalışan insanların çok çeşitli rahatsızlıkları olabildiği bir gerçektir. Rusya'da yapılan bir araştırmada 500 000 voltluk elektrik ortamda uzun süreli yapılan çalışmalarda ciddi sinir sistemi ve kan dolaşımı problemlerinin oluşmaya başladığı saptanmıştır. Ancak 5000 voltun altında koruyucu bir elbiseye gerek olmayacağı vurgulanmıştır. Elektromanyetik etkilerden korumanın en iyi şekli metalize kumaşlardır. Dime desenli filament metalize nylon dokunmuş kumaşlar oldukça iyi sonuç vermiştir. Bu kumaşın koruma verimliliği yaklaşık %98 dir. Metalize kumaşlar yüksek performansından dolayı genelde nikel ile kaplanır. Nikel ayrıca korozyon ve sürtme dayanımı yüksek bir metaldir.

4.1.6.Diğer

1. Statik tehlikelerden korunma: Akümülatör , kaynak gibi tehlikelerden korunma için çeşitli kumaşlar geliştirilmiştir.
2. Işıktan koruma: Uçak dış yüzeyleri için nikel kaplı rafit veya kevlar bazlı kumaşlar kullanılmaktadır.
3. Kolay görünme için reflektör lifler: Dokuma , cam partikülleri ihtiva eden polyester ve poliüretan lifler güvenlik uygulamalarında kullanılmaktadır.
4. Koku koruması: Ultra incelikte PVC lifleri ile koku filtreleri yapılmaktadır.
5. Varis ve romatizma çorapları
6. Endüstriyel özel elbiseler ve iş üniformaları: Kullanım şartlarına göre önceki maddelerde anlatıldığı şekillerde çeşitli tasarımlar bulunmaktadır.

4.2.Otomotivde Kullanılan Tekstiller

Günümüzde otomotiv endüstrisi tekstil için önemli bir müşteridir. Yeni bir araba çeşitli parçalarında (hava yastığı , koltuk , emniyet kemeri , yalıtım malzemeleri tavan kaplamaları , tekerlekler , kayışlar , hortumlar vs.)yaklaşık 10 kilo civarı tekstil bazlı ürün kullanmaktadır. Özellikle dekorasyona yönelik kullanılan tekstil malzemeleri otomobili çekici yapan unsurlardandır. Bunların estetik , rahat ve dayanıklı olması istenir. Günümüz rekabet şartlarında otomotivde kullanılan tekstil malzemelerinden istenen dayanıklılık 10 yıl gibi bir süredir. Çünkü otomobilin kaporta , motor gibi birçok değiştirilmesi zor bölümlerinde bu ömür yaklaşık olarak sağlanmıştır. Örneğin Opel otomobilleri 12 yıl kaporta garantisi vermektedir. Günümüzde otomobil motorlarının da 400.000 km gibi rakamlara ulaşmıştır. Burada en göze batan bölüm döşemelik kumaşlardır. Çünkü bu kumaşlar 10 yıl gibi uzun bir süreyi kirlenmeden , güneş ışığında solmadan veya boncuklaşmadan geçirmek zorundadır.

Üstü açık arabalarda kullanılan tenteler de tekstil malzemelerinin otomotivdeki bir başka kullanım alanıdır. Bunlardan istenenler su geçirmezlik , güneş ışığına karşı dayanım , dış hava şartlarından etkilenmeme , kolayca eğilebilme tipi özelliklerdir. Bu kumaşlarda genelde eriyikten boyalı akrilik , akrilik polyester karışımları veya polyester pamuk karışımları kullanılır.

Güvenlik amaçlı kullanılan tekstil malzemelerinden ise yüksek mukavemet istenir. Su anda dünyada üretilen (özel amaçlılar dışında) neredeyse tüm otomobiller emniyet kemerine sahiptir. Ülkemizde de emniyet kemerinin takılması zorunludur. Araç güvenliği kavramının gün geçtikçe daha fazla önem kazanması ile 1994 yılından itibaren A.B.D. 'de hava yastığı sistemleri otomobillerde zorunlu hale getirilmiştir. Su anda ülkemizde 2000 model olarak piyasaya sürülen arabaların hemen hepsinde bu sistem bulunmaktadır. Bu sistemlerde kullanılan ana elyaf 420 veya 840 denye nylon filament ipliklerdir.

Bir otomobilde ortalama olarak 5 – 6 m² civarı döşemelik kumaş kullanılmaktadır. Bu kumaşların gramajları 350 – 450 g/m² aralığındadır.

Paspaslar genelde tufting veya iğne vuruşlu dokusuz yüzeylerden secilmektedir. Tamamen plastik olan paspasların kullanımı gittikçe azalmaktadır. A.B.D.'de kullanılan otomobil paspaslarının %99'u tuftingdir. İğne vuruşlu keçelerin kullanımının ileride daha fazla artacağı düşünülmektedir.

Tablo 4.13.Modern bir otomobildeki tekstil malzemelerini kullanım yüzdeleri

Malzeme	Kullanım Yüzdesi %
Paspaslar	33,3
Döşemelik kumaşlar	18,0
Dolgu malzemeleri	14,0
Tekerlekler	12,8
Emniyet kemerleri	8,8
Hava Yastıkları	3,7
Diğer	9,4

Otomobil kapı ve tavan döşemelerinde ise kaplama işlemi görmüş dokusuz yüzeyler veya çözümlü örme kumaşlar göze çarpmaktadır.

Viskoz , nylon , polyester , aramid ve cam elyafı gibi tekstil lifleri otomobile lastiklerinde güçlendirici malzeme olarak kullanılmaktadır.

Güvenlik alanında ise hava yastıkları ve emniyet kemerleri tekstil materyallerinin büyüyen iki kullanım alanıdır.

Otomobil filtreleri de tekstil ürünleridir. Motor içerisindeki çeşitli kayışlar da tekstil lifleri ile desteklenmiş malzemelerdir. Çok yüksek süratli arabalarda (F1 yarış otomobilleri) motor aksamının da yüksek performanslı tekstil lifleri ile kuvvetlendirildiği görülebilmektedir.

4.2.1.Otomotivde Kullanılan Lifler

4.2.1.1.Polyester

Polyester lifi otomotivde döşemelik her alanda , emniyet kemerlerinde ve lastiklerde kullanılmaktadır. Bunda polyester'in sürtme dayanımı , yüksek boyutsal stabilite , yüksek haslıklar gibi özelliklerinin etkisi büyüktür. Işık haslığı ve sürtme dayanımı özellikle döşemelik uygulamalar için çok önemlidir. Hava yastıklarında dahi polyester lifleri kullanılabilir.

4.2.1.2.Nylon

Mukavemet , sürtme dayanımı ve eskimeye karşı dayanım açısından airbag uygulamalarında en çok kullanılan lif Nylon 6.6'dır. Lastiklerde ise destekleyici malzeme olarak kullanılmaktadır.

4.2.1.3.Polipropilen

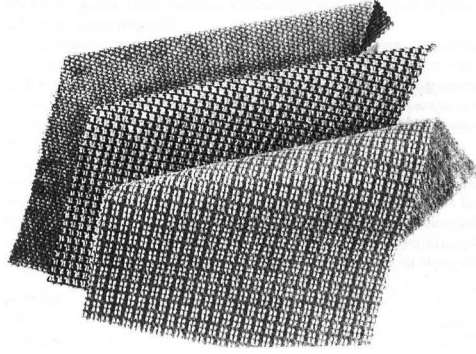
Hidrofob , düşük özkütleli ve ucuz bir lif olması dolayısı ile polipropilen her geçen gün daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Kapı döşemeleri , paspaslar gibi uygulamalarda kullanılmaktadır.

4.2.1.4.Diğer

Yün lifi döşemelik ve paspas olarak pahalı otomobillerde kullanılabilir. Yüksek performanslı araçlarda radyatör borularında destekleyici malzeme olarak kevlar lifi kullanılmaktadır. Akrilik ve viskozun da çeşitli kullanım alanları vardır.

4.2.2.Otomotivde Döşemelik Kumaşlar

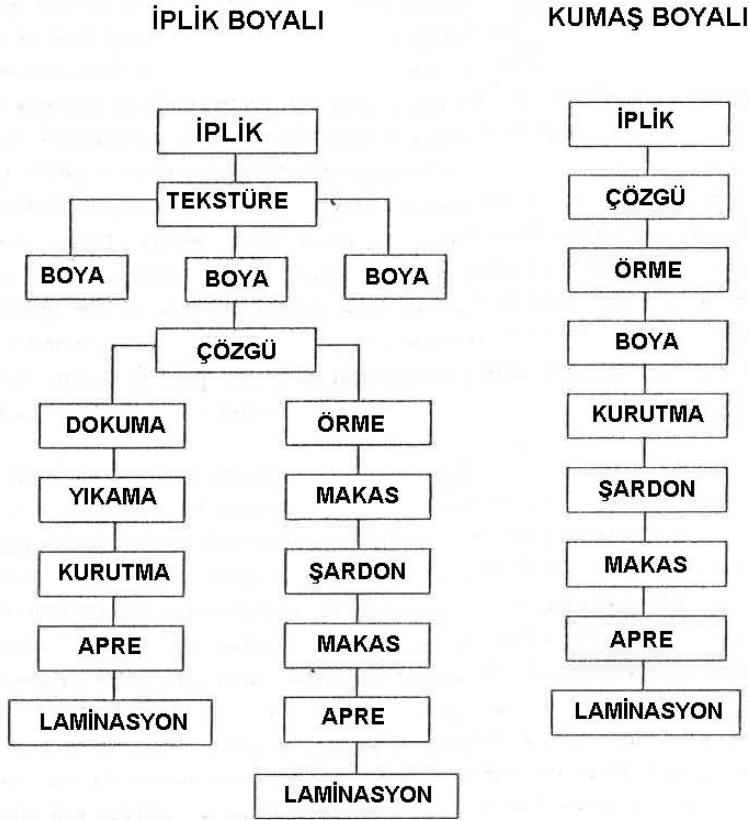
Hava jetli tekstürize ve kesik elyaf polyesterden mamul dokuma kumaşlar döşemelik kullanımların en başında gelmektedir.Genelde düşük gramajlı ve yüksek hacimli kumal konstrüksiyonları tercih edilmektedir. Corespun tipi iplikler de mukavemet ve tuşenin beraber istendiği zamanlarda kullanılmaktadır.



Şekil 4.10.Otomotiv sanayinde kullanılan döşemelik kumaşlara birkaç örnek.

Şekil 4.11.'de Kowalski'nin otomotiv döşemelik kumaşları için tanımladığı iki rota görülmektedir. Avrupalı üreticiler genelde iplik boualı bezeyağı tarzı kumaşları tercih etmektedirler.

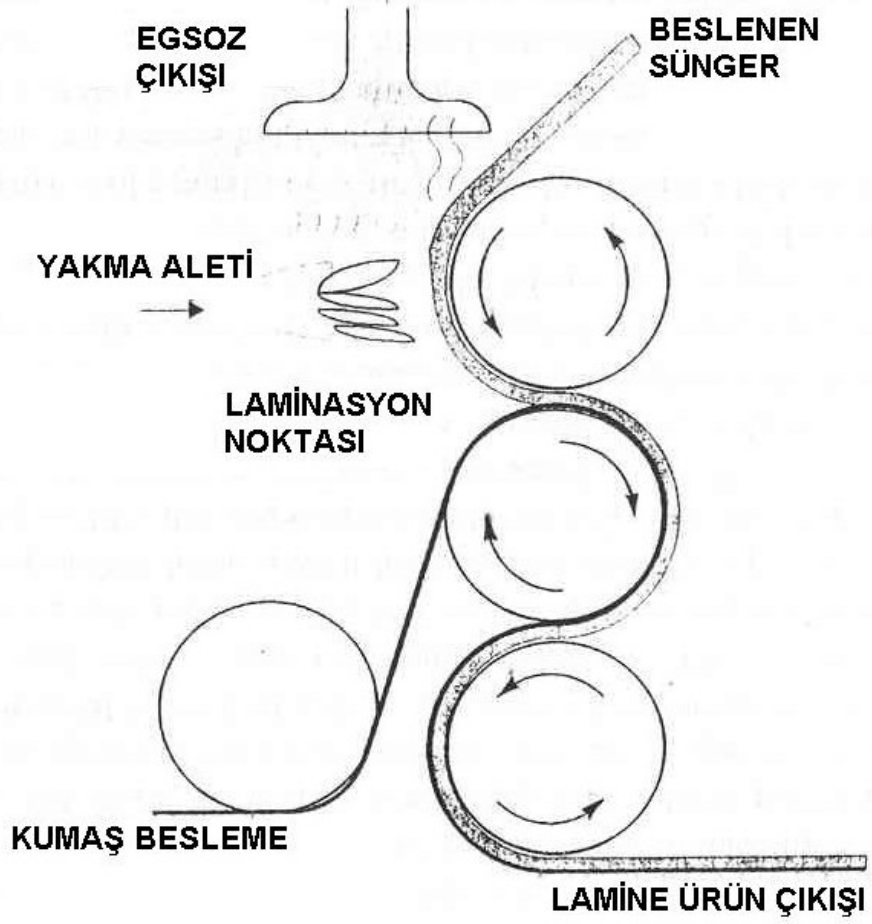
Genelde otomobil döşemelik kumaşları bir sünger tabakası ile lamine haldedir. Bu laminasyon şekil 4.12.'de görüldüğü gibi yapılır. Buna gövde kumaşı denir. Gözde kumaşının koltuk içerisindeki görünümü de diğer şekilde belirtilmiştir.



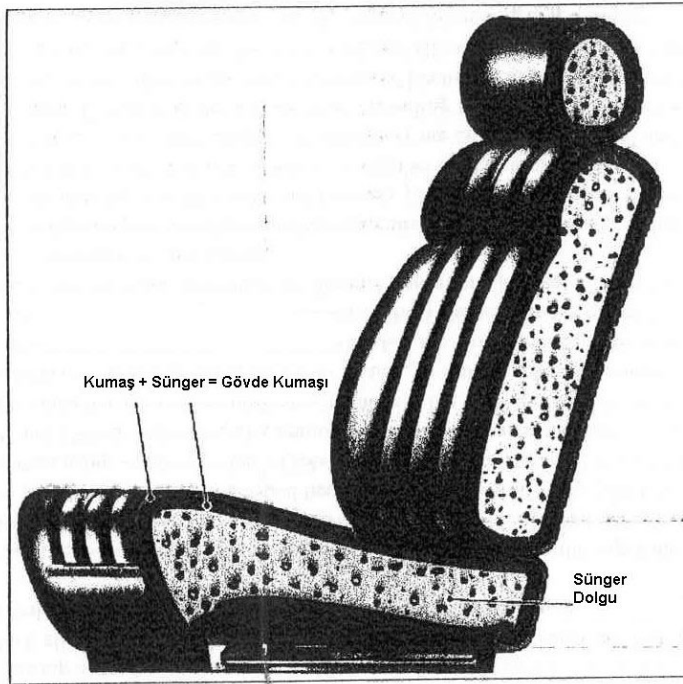
Şekil 4.11.İplik boyalı ve kumaş boyalı üretim şekilleri

Tablo 4.14.Ükelere göre kullanılan döşemelik kumaş tipi oranları.

Bölge	Batı Avrupa	A.B.D.	Japonya	Güney Kore
Kumaş Tipi				
Dokuma Kadifeler	5	29	25	1
Düz Dokuma	44	17	20	37
Trikot Örme	14	17	35	32
Raşel Örme	16	23	9	12
Yuvarlak Örme	16	4	8	17
Deri	5	10	3	1



Şekil 4.12.Alev ile laminasyon tekniği.



Şekil 4.13.Tamamen sünger dolgulu otomobil koltuklarının yapısı

4.2.3.Paspaslar ve Çeşitleri

Paspaslar ve otomobil yer döşemeleri dayanıklı , ışık haslığı yüksek , ses geçirmeyen yapıda olmalıdır. A.B.D.'de üretilen arabalarda 3,3 m² , Avrupa yapımı arabalarda 3,5 m² ve Japon arabalarında ortalama 4,0 m² ter döşemesi ve paspas kullanılmaktadır. Tufting ve igne yoluyla keçeleştirme yöntemleri ile üretilirler.

Tufting yöntemi ile yapılan paspaslarda taşıyıcı bir taban arka yüzeyi ile liflerden oluşan bir üst yüzey bulunmaktadır. Taban yüzeyin mükemmel boyutsal stabilite göstermesi ve tercihen alev almaz özellikte olması gerekmektedir.

İğneleme yöntemi ile üretilen döşemelik kumaşlar da yüksek verimlilik ve düşük maliyet avantajları yüzünden tercih edilmektedir. Genelde bu yöntemle 17 – 100 dtex arası lifler kullanılır ve daha kaba kumaşlar elde edilir. Kullanım alanları yer ve kapıların alt kısımlarının döşemeleri ile sınırlıdır.

Paspas ve döşemelerden istenen bir özellik de üzerinde mümkün olan en az miktarda toz , pislik ve toprak biriktirmesidir. Elyaf ve kumaş konstrüksiyonu üzerinde yapılacak çeşitli değişikliklerle bu özellik iyileştirilebilir. Ayrıca statik elektriklenme de buna bir etkidir. Antistatik apreler ile sorun giderilebilir.

Tablo 4.15.1995 yılındaki piyasa verileri.

Bölge \ Kumaş Tipi	Avrupa (%)	Japonya (%)	A.B.D. (%)	Dünya Ortalaması (milyon m ²)
İğnelenmiş Keçe	60	70	10	64,4
Tufting Halı	40	30	90	59,6
Toplam				124,0

4.2.4.Aksesuarlar

Otomobillerde döşemelik ve paspaslar dışında tekstil elyafları ile kaplı çok çeşitli aksesuarlar bulunmaktadır. Bunlar tavanlar , bagaj döşemeleri , arka koltukların gerisinde kalan bölmeler güneşlik ve aynalar gibi parçalardır.

Tablo 4.16.Otomobillerdeki diğer kullanımlar

Uygulama	Lif Tipi	Materyal tipi	Kaplanan Alan (m ²)	Trendler
Tavan Kaplaması	Polyester	Trikot Çözümlü Örne	2,0	Fiyat avantajı yüzünden iğne vuruşlu dokusuz yüzeylerin kullanımı gittikçe artmaktadır.
Bagaj Döşemesi	Polyester Nylon Polipropilen	İğne vuruşlu veya tufting dokusuz yüzeyler	2,5	Tekstil lifleri ile kaplı dökme parçalara doğru bir kayma bulunmaktadır.
Arka bölmeler	Polipropilen	İğne vuruşlu dokusuz yüzeyler	1,0	Materyalin ışık haslığı önemini gittikçe arttırmaktadır.
Kapı Panelleri	Polyester	Trikot Çözümlü Örne , iğne vuruşlu dokusuz yüzeyler , bazı düz dokuma kumaşlar	2,0	Tekstil lifleri ile kaplı dökme parçalara doğru bir kayma bulunmaktadır.

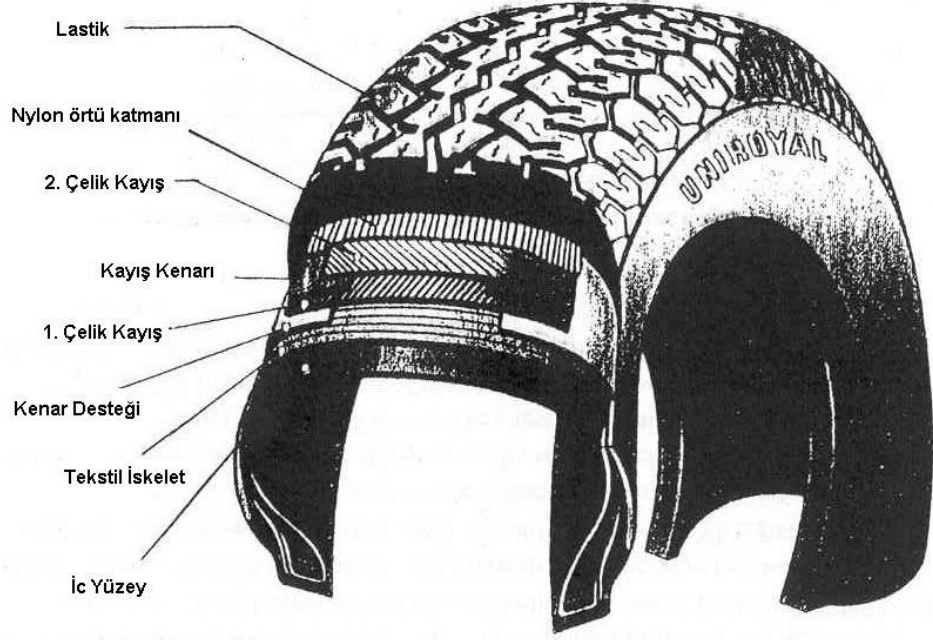
4.2.5.Lastikler

Lastiklerin yer ile teması yüzünden ciddi bir ısı ve mekanik dayanım göstermeleri gerekmektedir. Ayrıca darbe emici özellikte olmaları da bir diğer istenen özelliktir. Tekstil liflerinin destekleyici özelliği olmadan bu performansı elde etmek imkansızdır.

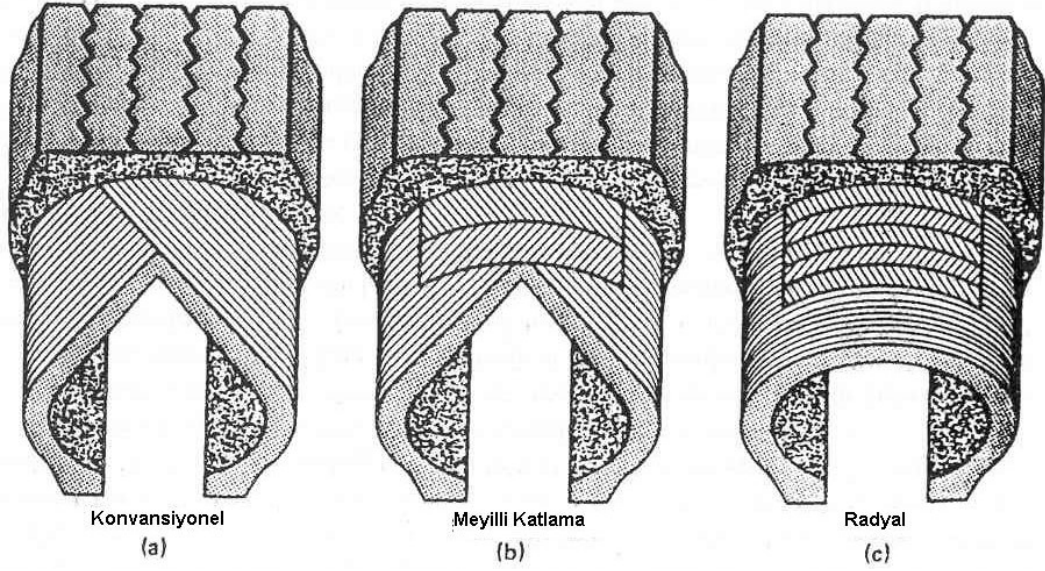
Lastik tekstil lifleri ile desteklenmiş kompozit kauçuk bir yapıdır.Kayış kumaşı , kontrolör kumaş , sürtünme kumaşı , dolgu kumaşı , sarıcı kumaş olarak çok çeşitli görevler yapan tekstil materyalleri kauçuk ile beraber kompozit yapıyı oluştururlar.

Lastil yapısı üç şekilde olabilir.

1. Çapraz katlama:
2. Radyal Kaplama
3. Meyilli katlama



Şekil.4.14. Tekstil ve diğer tip katmanların görüldüğü lastik kesidi [5]



Şekil.4.15. Ticari olarak bulunabilen lastik tipleri [5]

Lastiklerde kullanılan kordların ana hammaddeyi yüksek mukavemetli , filament nylon 6 , nylon 6.6 , polyester veya viskoz lifleridir. Kayış veya kontrolör kumaşların yapısında ise yüksek modüllü kevlar , ca elyafı ve çelik bulunmaktadır.

Günümüzde radyal katlamalı lastiklerin çoğu polyester lifleri ile desteklenmiştir. Polyester mukavim , sert ve çok iyi boyutsal stabilitesi olan bir lifdir. Önceleri polyester dışında nylon ve viskoz lifleri de kullanılmıştır. Bir lifin lastik üretiminde kullanılabilmesi için mukavemet , çekme ve ısıl dayanımının çok iyi olması gerekmektedir.

Tablo 4.17.Lastiklerde kullanılan liflerin özellikleri

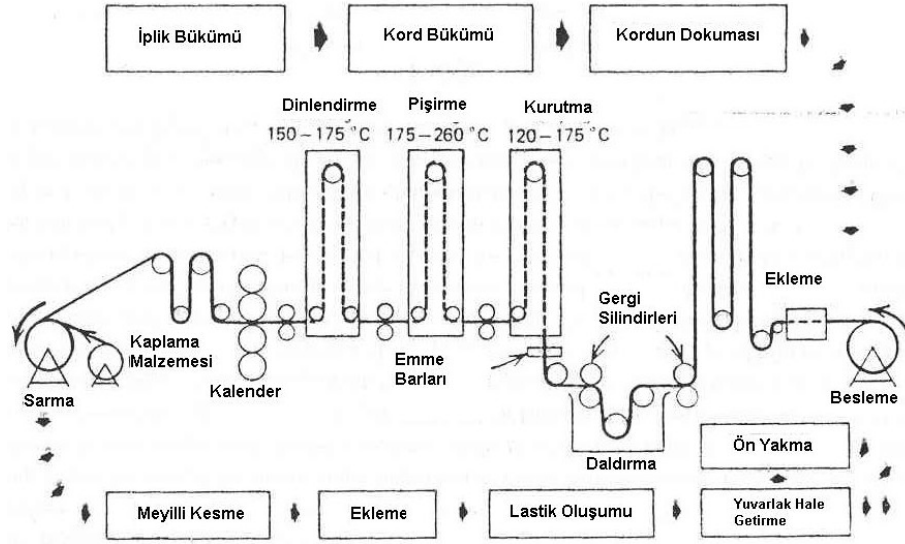
Özellik	Polyester	Viskoz (Rayon)	Nylon
Mukavemer (cN/dtex)	8,0	6,0	10,0
160 °C'de çekme (%)	2,0	0,1	4,0
Birkaç saatlik sürüşten sonraki ısı oluşumu	Lastik yapısına ve sürüş koşullarına bağlıdır.	Çok az	Az

Cam elyafları bu üç liften de çok daha iyi özelliklere sahiptir. Fakat gevrek yapıda olmaları sebebi ile ancak bir reçine yardımı ile kullanılabilirlerdir.

Kevlar lifi de özellikle kayış lifi olarak çok iyi bir performans vermektedir. Fakat maliyeti yüksek olduğu için kablolama işlemi sırasında diğer liflerle , özellikle nylon ile hibrit bir kord yapı halinde kullanılmaktadır.

Yüksek mukavemetli iplikler bükülüp kord halinde kablolandıktan sonra zayıf atkı iplikleri kullanılarak dokuma kumaş haline getirilir. Genelde hava jetli makinalarda dokunurlar. Atkı sıklıkları 10 cm'de 6 – 14 arası değişir. Atkı sadece çözümlü ipliklerini bir arada tutmak için kullanılır.

Şekil 416.'da da görüldüğü üzere kord bezi bir önceki bezin ucuna bağlanır. Sonrasında kumaş bir reçine içerisine daldırılır. Kurutmadan sonra sırasıyla gergin halde pişirme ve gergisiz ortamda dinlendirme işlemleri yapılır. Dinlenmiş kumaş daha sonra dört silindirik kalender kullanılarak bir miktar kauçuk ile kaplanır. Bu kumaşa yeşil tekerlek denir. Yuvarlatarak tekerlek haline gelmesi için müteakip işlemlere sokulur.



Şekil.4.16.Kord ipliklerinin lastik haline getirilişinin şematik gösterimi

Tablo 4.18.Lastiklerde kullanılan liflerin bir karşılaştırmalı özellikleri

Özellik	Viskoz	Nylon	Polyester	Cam	Aramid	Çelik
Eşit mukavemet için ağırlık	100	58	68	58	27	130
Eşit hacim için mukavemet	100	152	157	270	380	540
Eşit yük için sertlik	100	25	58	150	130	500
Kauçuğa bağlanma kolaylığı	İyi	İyi	Orta	İyi	Orta	İyi
Yorulma dayanımı	İyi	Çok İyi	Orta-İyi	Çok zayıf	Orta	İyi
Isı ile genişlemeye dayanım	İyi	Orta	Orta	İyi	İyi	İyi

* Karşılaştırma yapabilmek için viskoz 100 kabul edilmiştir.

Tablo 4.19.Sıcaklık etkisi ile oluşan mukavemet kaybı

Sıcaklık °C	Pamuk	Viskoz	Nylon	Cam	Aramid	Çelik
20	100*	164	216	360	520	700
80	73	132	170	360	440	700
100	62	132	150	360	430	700

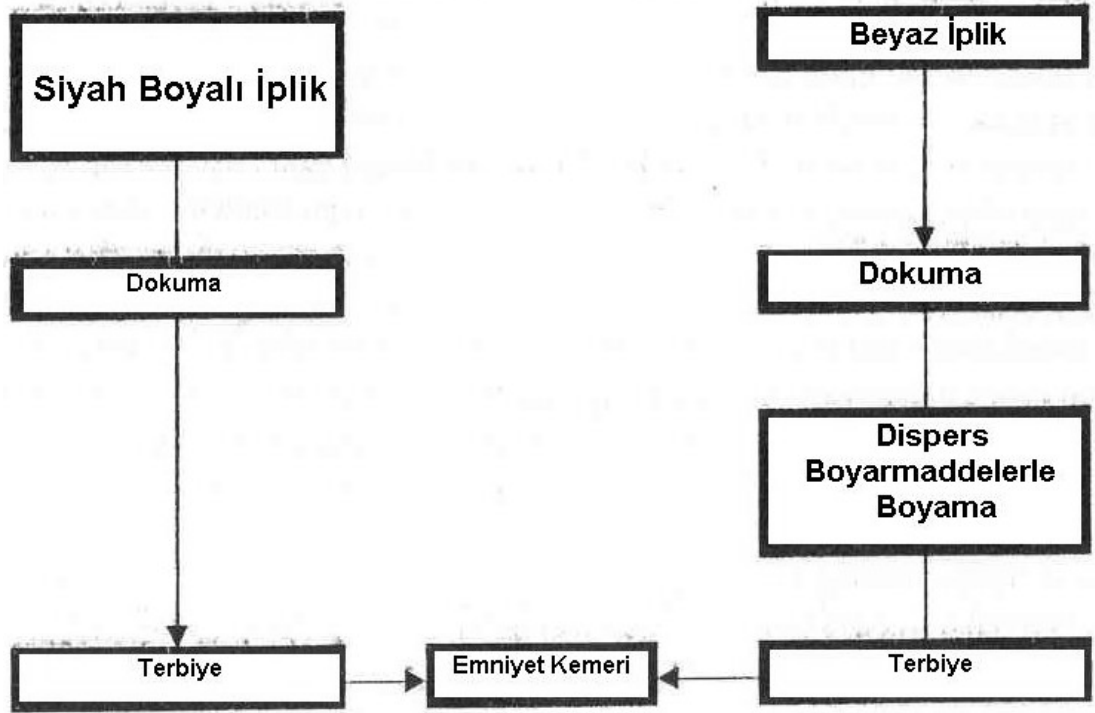
* Karşılaştırma yapabilmek için pamuk 100 kabul edilmiştir.

4.2.6.Güvenlik Ekipmanları

Otomobillerde tekstil liflerinin kullanıldığı güvenlik ekipmanları hava yastıkları ve emniyet kemerleridir.

Emniyet kemerleri filament iplikten yapılmış dar dokuma kumaşlardır. Günümüzde bu kumaşlar polyesterden mamuldür. Konstrüksiyonunda çözgü iplikleri daha önemli yer kaplar. Çünkü çarpma anında vücudu tutan kısım çözgü iplikleridir. Tek ve çift kat da olmak üzere çeşitli iplikler ticari olarak kullanılmaktadır. Genelde tek kat iplikler daha iyi sonuç vermektedirler. Maliyet avantajları da bulunmaktadır. Örgü olarak genelde 2x2 Dimiden türemiş balıksırtı kullanılır. Balıksırtı kullanılmasının en önemli sebebi dönmenin önlenmesidir.

Emniyet kemerleri iki ayrı yöntem ile üretilirler. Bunlar Şekil 4.17.'de görülmektedir.



Şekil. 4.17.Emniyet kemeri üretim şekilleri

Hava yastıkları ilk olarak 1920'lerde bulunmuştur. Ama 1950'lerde Nasa'nın uzay araştırmalarında kullanmasına kadar hava yastıkları ticari kullanım alanı bulamamıştır. 1970'lerden itibaren ise standart otomobillerde kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerden sonra vazgeçilmez bir güvenlik ekipmanı olmuşlardır.

Ortalama 20 km/sa'i geçen hızlarında yapılan kazalarda hava yastıkları kullanıma geçer ve 35 milisaniyede hava yastığı şişer. Tetikleme zamanı ile en geç 150

milisaniye içinde hava yastığı şişme işlemini bitirir. Günümüzde otomobillerin hemen her riskli bölgesine hava yastığı koyulmaya başlanmıştır.

Hava yastıkları yoğun bezeyağı dokuma kumaşlar ile yapılır. En çok kullanılan lif Nylon 6.6'dır. Bunun dışında nylon 6 ve polyester de kullanılır. Bir hava yastığında yaklaşık 0,6 m² kumaş bulunmaktadır. Otomobildeki toplam tüketim ise 3 m² 'ye ulaşmıştır.

Tablo 4.20.Üç değişik hava yastığı kumaşına ait teknik detaylar

İplik Tipi	Nylon 6.6	Nylon 6.6	Nylon 6.6
Numarası	840d	420d	420d
Sıklıklar	98x98	193x193	181x181
Kaplamalı Gramajı (g/ m ²)	280	260	245
Kalınlık (mm)	0,38	0,34	0,32
Sertlik (kg)	1,36	1,80	1,20

Bu kumaşların yastık görevini görebilmesi için terbiyede hava geçirgenliği kaplama ile giderilir.

4.2.7.Diğer

Filtreler , kayışlar ve borular gibi çeşitli ekipmanlar da tekstil lifleri kullanılmaktadır.

4.3.Filtrasyon

Dokusuz yüzeyler filtreleme veya iyi sıvıyı birbirinden ayırma tipi işlemler için de kullanılırlar. Bu ayırma yada filtreleme işlemi [21]

1. Lif yüzeylerinde kuvvet uygulayarak partiküllerin ayrılması
2. Lif kesişmeleri ile oluşan gözenekler sayesinde ayırma işlemi yapılması
3. Geçirgen ama oldukça sıkı şekilde liflerden oluşan filtre kekinin oluşumu
4. Lif yüzeylerinde sıvı damlalarının büyük kütleler halinde toplanması

Şeklinde gelişir.

Dokusuz yüzey filtreler için lif seçiminde çevreye dayanım , yapısal faydalar ve efektif yüzey alanı uygunluğu göz önüne alınır. Delik büyüklüğü varyasyonu ve bir ağırlık veya hacimdeki lif yüzey alanı efektif olarak filtre tasarım aşamasında kullanılır. Filtrasyon / ayırma işlemi için kompozit yapılar değişik özellikleri için kullanılabilir. Örneğin kuvvet etkisinde çok küçük partiküller ayrılır ve bunu müteakip orta incelikte bir filtre ile diğer partiküller ayrılabilir. Yada katı ve sıvı ayıraç fitreleri birbiri arkasına kullanılabilir.

Triboelektrik efekt denilen elektrofiziksel yüzey aktivitesi sınıflandırmasında birçok lif ve polimerik binder kötü sonuç verir. Bu özellik açık tülbent yapılarında partiküllerin tutulmasını sağlayan etki kuvveti manasına da gelir. Keçeleşmiş yün kumaşı reçine ile kaplamak filtrasyon özelliğini de iyileştirecektir. Triboelektrik serilerin iki ayrı ucundaki iki lifi karıştırarak bir dokusuz yüzey filtre yapılması partikül yakalama özelliğini arttırmak açısından iyi bir yöntemdir. Üretim aşamasında elektriksel olarak şarj edilmiş lifler iyileştirilmiş filtrasyon özellikleri sebebi ile piyasaya sunulmuştur.

Liflerin filtre yapımında seçilmelerinin bazı sebepleri aşağıda belirtilmiştir.

1. Dokusuz yüzey yapısı içindeki bağların kuvveti
2. Rasgele serildiklerinde oluşturdukları kaplama alanı miktarı
3. Gazları ve yoğun sıvıları süzebilme özellikler

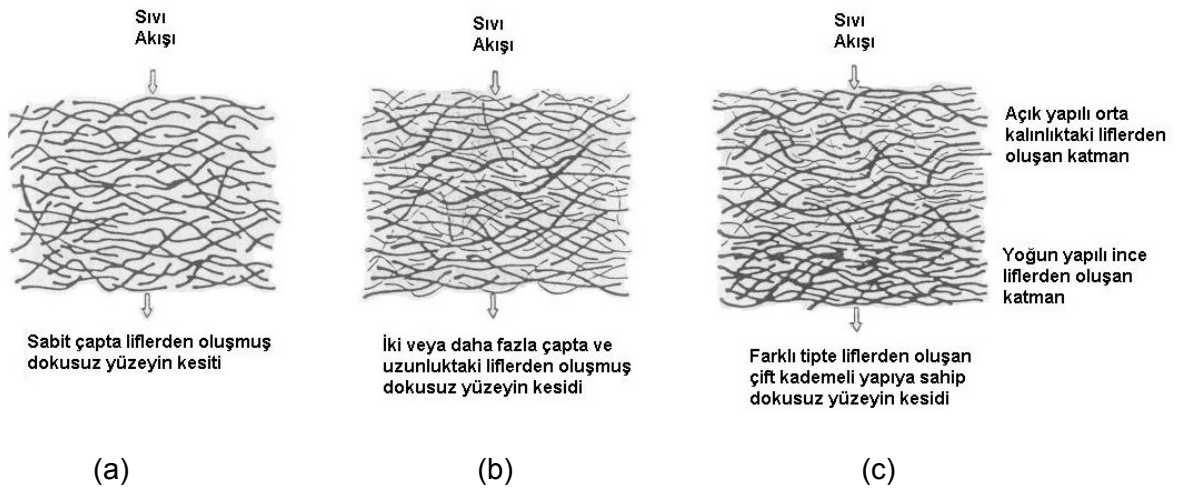
Çok fazla yıpranmış lifler hamur haline gelirler ve bir şablon yardımı ile basılarak filtre oluşturulabilir. Yüzeyi pullu olan yün elyafı sadece bir yönde kayabilir ve bu şekilde çok katmanlı bir yapı oluşur. Keçeleştirilen yün elyafı bir dokusuz yüzey

haline gelip filtrasyonda kullanılabilir. Yün , pamuk ve diğer selülozik lifler istenilen filtrelemeye göre (damıtma , süzme vs.) çeşitli kombinasyonlarda kullanılabilir.

Yün hamuru dışındaki uygulamalarda sentetik lifler her geçen gün doğal liflerin yerini almaktadır.

4.3.1.Lif Bazlı Dokusuz Yüzey Filtreler

Şekil 4.17. üç farklı kesitteki lif tabanlı filtreleri göstermektedir. “A” çok katmanlı tek lif çaplı yapıdır. “B” çok katmanlı iki yada daha fazla lif çaplı yapıdır. “C” ise iki yada daha fazla komponentten oluşan kompozit yapıyı göstermektedir (Örneğin A ve B bir arada)



Şekil 4.17.Lif bazlı filtreler

Bu yapıların yararları;[6]

1. Sıvılar minimal basınçlarda geçer ve her yerde yabancı madde ayırımı yapılır.
2. Hacme göre liflerin yüzey alanları fazladır. Bu lif uzunluğu / çap oranının fazla olması ile açıklanır.

Buradaki boşluk yapısı iki boyutlu bir filtre veya yüzey ile açıklanamaz. Her sıvı geçişi dağınık lifler arasında dolambaçlı bir yoldur ve bu açık alanların net büyüklüğünü sınırlar.

4.3.2.Filtrasyon Mekanizması

1. ÇARPIŞMA VE ETKİ: Lif yüzeylerine çarpan yabancı maddelerin toplanmasıdır.

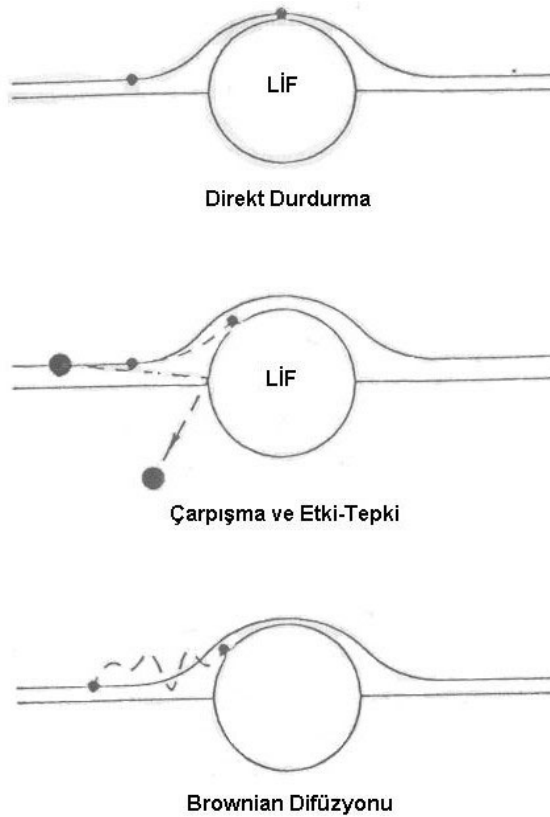
2. BİRLEŞME: Küçük sıvı parçaları birleşerek daha büyük sıvı kütleleri haline gelir.
3. DURDURMA – ELEME : Filtreden geçemeyen parçaların mekanik olarak uzaklaştırılmasıdır.[21]

4.3.2.1.Çarpışma ve Etki

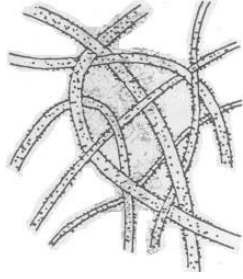
Lif bazlı filtrelerin istenmeyen parçaları iyi bir şekilde ayırdığı deneylerle kanıtlanmıştır. Akışkan içindeki partiküllerin filtreleme anında elyaf yüzeyi tarafından tutulmaları , tek lif temizleme verimliliği olarak üç madde ile açıklanmıştır.

Lifin partikülle karşılaşmasında üç ayrı durum ortaya çıkar.

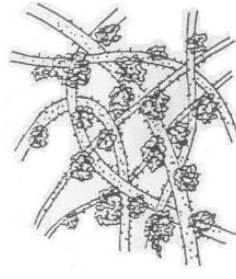
1. Lif yüzeyinin partikülü direkt durdurması
2. Partikülün akışkan yönünde hareketi sırasında yavaşlayarak durdurulması . Eğer partikül çok büyük ise lif yüzeyi ile çarpışır ve düşer.
3. Brownian Difüzyonu durumunda partikül çok küçüktür ve Brownian Spin fenomeni denilen hareketle ilerleyerek lif yüzeyine yapışır.



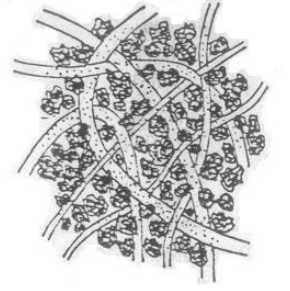
Şekil 4.18. Tek lifin partikül toplama mekanizması



Çarpışma-etki ile lif yüzeyine bağlanan ilk partiküllerin şematik gösterimi

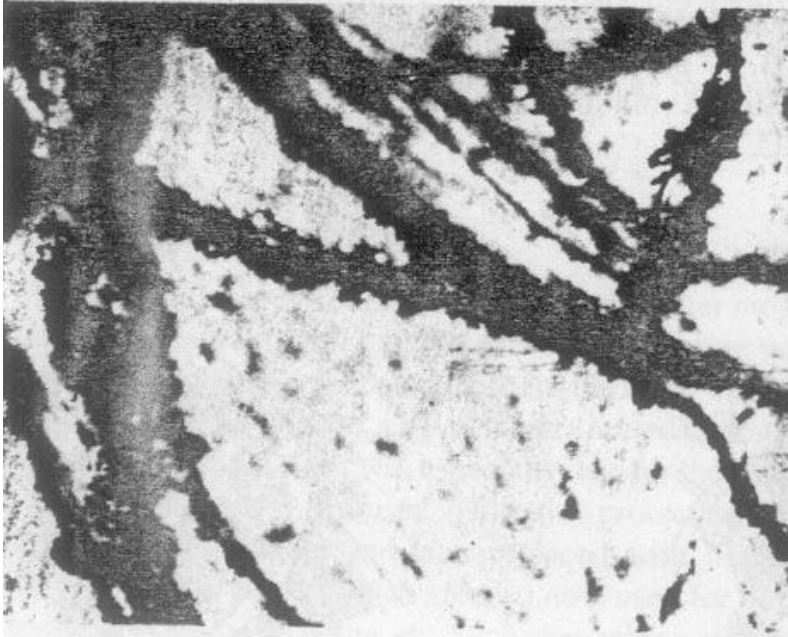


Partiküllerin lif ağları içinde kümelenmesi durumunun şematik gösterimi



Filtre keki içerisinde partiküllerin yakalanması ile oluşan çok katmanlı yapının şematik gösterimi

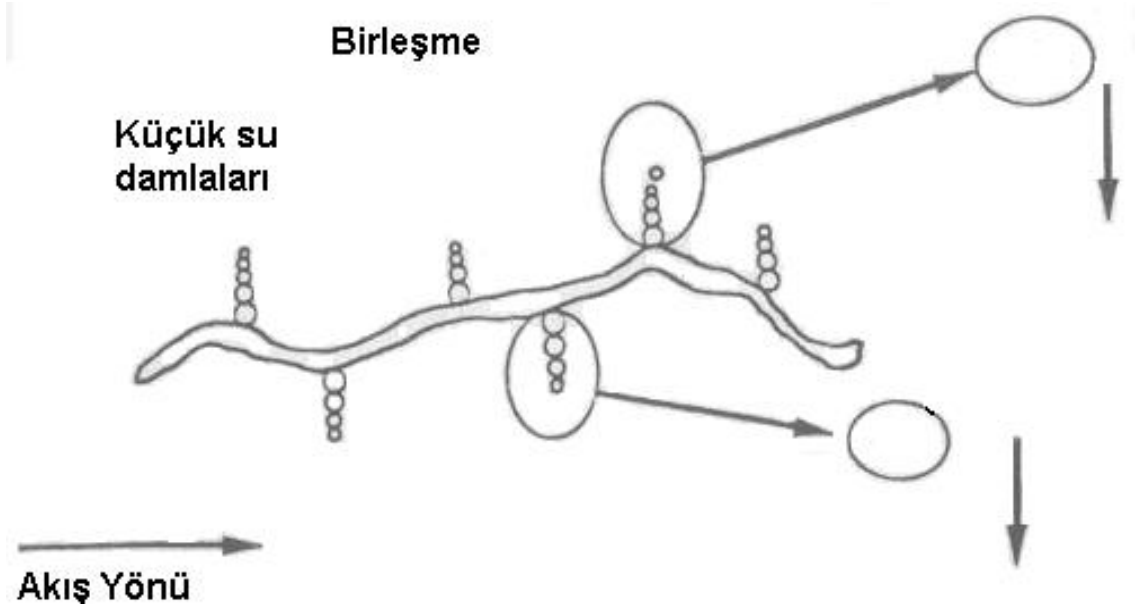
Şekil 4.19.Çarpışma ve etki ile sağlanan değişik miktarlarda partikül toplama durumları



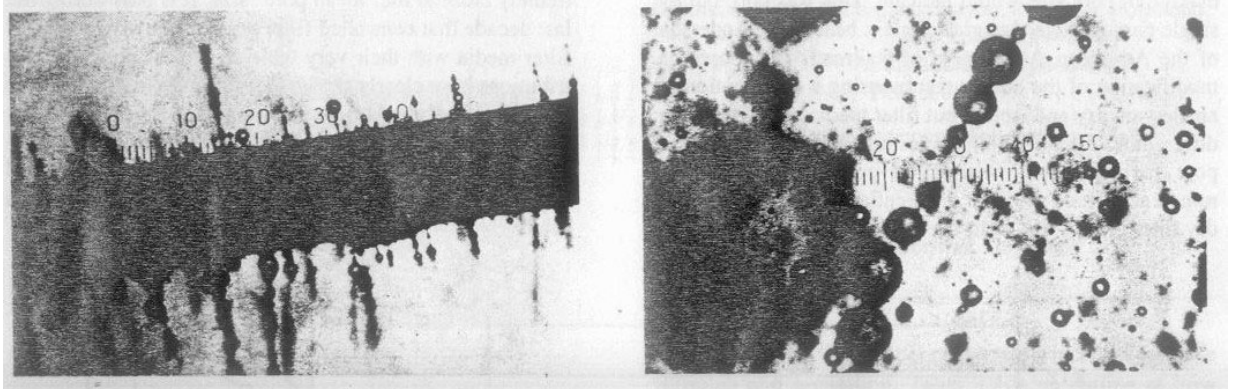
Şekil 4.20.Selülozik lifler üzerinde filtreleme sonrası yağ birikmesi

4.3.2.2.Birleşme

Birleşme lif yüzeyinin bir sıvı tutma mekanizması şeklindedir. Filtrasyon sırasında sıvı damlaları lif yüzeyine birbiri üzeri yapışarak sarkıt – dikit tarzı yapılar oluştururlar ve eleme sağlanır. Şekil 4.21.'de yağlı suyun içindeki yağ moleküllerinin lif yüzeyi üzerine yığılması görülmektedir.



Şekil 4.21. Birleşme ile sarkıt – dikit benzeri yapı oluşturan su damlaları [21]



Şekil 4.22. Yağlı su filtrasyonu sırasında ince çaplı metal lifler üzerinde birleşen yağ damlaları

4.3.2.3. Durdurma ve Eleme

Durdurma ve eleme en basit filtrasyon yöntemidir. Filtre boşluklarının büyüklükleri sabit bir değerdedir ve daha büyük moleküller elenirler. Lif bazlı filtrelerdeki tek sorun sabit bir boşluk büyüklüğü belirleyememektir.

4.3.3. Dokusuz Yüzey Filtrelerde Sıkça Kullanılan Lifler.

Güçsüz ve yumuşak lif karışımlarının kullanımı dokusuz yüzey filtrelerde verimliliği artırır. Fakat çoğu zaman ana destekleyici bir lif vardır. Genel olarak kalın lifler iskelet yapısı, ince lifler ise filtrasyon içindir. Bazen karışımdaki bir lif eritilerek

binder vazifesi görür. Üretimlerinde en çok kullanılan yöntemler binder veya mekanik bağlama sistemleridir.

Tablo 4.21. Destek , filtrasyon , ve binder olarak filtrelemede sıkça kullanılan lifler.

Doğal Lifler	Selüloz	Ağaç hamuru (talaş) , pamuk , jüt
	Protein	Yün
	Mineral	Asbest
Sentetik	Cam Elyafı , Rayon , Polyester , Poliolefin , Akrilik , Polyamid , Aramid , Politetrafloroetilen , Metal , Poliimid.	
Binder	Bikomponent	Yüksek / düşük sıcaklıkta eriyen iki lif
		Kopolimer Polyester
		Polivinil Klorit , Polivinil
		Asetat / Klorit Kopolimer
		Kopolimer Polyamid

Tablo 4.21. filtrasyon ve dağılmayı arttıran lif özelliklerini tablo 4.25. ise lif bazlı filtrenin nasıl çalıştığını göstermektedir. Bu iki tablodan yararlanılarak istenilen uygulamaya yönelik filtre tasarımı yapılabilir.

Tablo 4.22. Lif özelliklerinin filtrasyona etkisi

Lif Özelliği	Filtrasyona Etkisi
Kırık , Büküm , Bukle	Daha iyi bir filtreleme için lif projeksiyon alanının mümkün olduğunca yüksek olması gerekir. Bu yüzden yüzeydeki çeşitli kırık , buklu tipi efektler filtrelemeyi artırır.
Kesit Alanı	Projeksiyon alanının artması için dairesel veya hilal biçimli olabilir.
Değişik çaplarda liflerin karıştırılması	Partikül toplama verimi ile beraber yüksek miktarda depolama istendiğinde uygulanabilir.
Değişik triboelektrik özelliklerdeki liflerin karıştırılması	Partikül toplama verimliliğini yükseltir.
Dayanım	Kimyasal , ısı ve çevresel faktörlerin etkisini önler

4.3.4. Lif Bazlı Filtre Yapıları

Birçok filtre uygulaması hava veya yağ serimli sistemlerde üretilen karışık elyafli tülbentlerdir. Bunları tek yönlü normal serimli veya çok katmanlı çapraz serimli olabilirler. Çıkan tülbent pileli bir hale getirilerek filtrasyon yüzeyinin artışı sağlanır. (örneğin filtre kekleri)

Tablo 4.23.Lif Bazlı Filtrenin çalışma prensibi [6]

Destek yüzeyi olarak	Temizlenebilen dönen filtrelerde filtre keki oluşturur.
Derin materyal depolama elemanı olarak	Yüksek kapasiteli tek kullanımlık filtrelerde
Durdurma ile	Multi – fiber çeperlerinin oluşturduğu lif kesişimleri ve dolambaçlı yerlerdeki durdurma ile
Çarpışma ve Etki ile	Katı veya sıvı yüzeylerin partikülün lif yüzeylerine çarpışması ile

Tablo 4.24.Kuru Serimli (A) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları

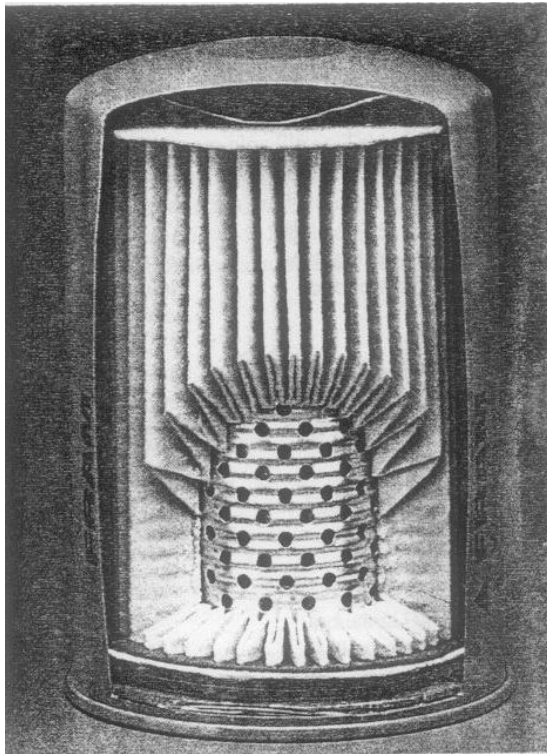
Tülbent Oluşum Şekli	Filtrasyon , Ayırma Yöntemi
1. Resin veya lateks bağlı taranmış tülbent	Endüstriyel döner tip
2. Lif bağlı veya bikomponent taranmış tülbent	Bariyer kumaşlar , tek kullanımlık çocuk bezi + A1
3. Çok katlı çapraz serimli ve iğne vuruşlu taranmış tülbent	Endüstriyel hava ve gaz borusu torbaları , kimyasal proses boru filtre torbaları
4. Hidro bağlı taranmış tülbent	A1 + A2 + çevreye olan etkinin kritik olduğu durumlarda
5. Reçine veya lateks bağlı dağınık serimli tülbent	Otomotiv hava temizlemesi + A1 + A2
6. Resin , sprej , lateks veya lif bağlı rasgele serimli tülbent	Ağır kullanımlar için ön filtre , yağlı su filtresi (birleşme yardımı ile) , Kendi kendini temizleyen filtreler

Tablo 4.25. Yaş Serimli (B) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları

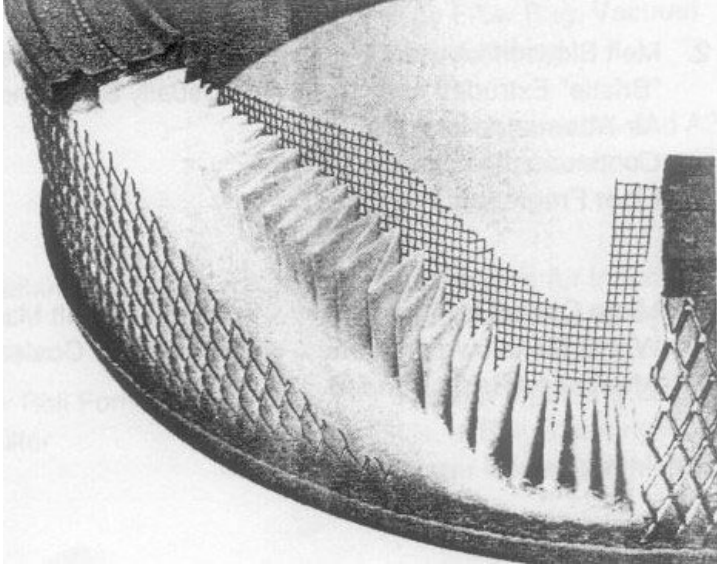
Tülbent Oluşum Şekli	Filtrasyon , Ayırma Yöntemi
1. Özel kağıt makinesinde yapılmış resin veya lateks bağlı	Filtre presleri , otomotiv sıvı ve hava filtreleri , çok temiz odalar için kullanımlar , Endüstriyel sıvı kullanımları
2. Özel kağıt makinesinde yapılmış lif bağlı	Çay , kahve torbaları , su arıtma filtreleri
3. Su jeti ile hidro bağlı , özel kağıt makinesinde yapılmış	Kimyasal ve ısıl dayanım istenen uygulamalarda

Tablo 4.26. Polimer Serimli (C) Lif Bazlı Filtre Konstrüksiyonları

Tülbent Oluşum Şekli	Filtrasyon , Ayırma Yöntemi
1. Bükümlü Bağ , bikomponent lif , rastgele polimer serimi	Yüzme havuzları için pileli filtreler , zarflar için destek , Mikro lif cam elyafı kağıtları
2. Eriyikten polimer serimli	Endüstriyel filtrasyon , ultra filtrasyon , gaz maskeleri vs.
3. Mikro lif cam elyafı	Hidro karbonlardan birleşme ile suyun ayrılması , Yüksek kapasite endüstriyel hava arıtması , HEPA uygulamaları için yüksek verimlilikte ön filtreler , otomotiv hava filtreleri



Şekil 4.23. Otomobil yağ filtresinin kesilmiş görüntüsü



Şekil 4.24.Pileli otomobil ön hava filtresinin kesilmiş görüntüsü

Tablo 4.27. Lif Bazlı Filtrelerin filtrasyon /ayırma kullanım alanları

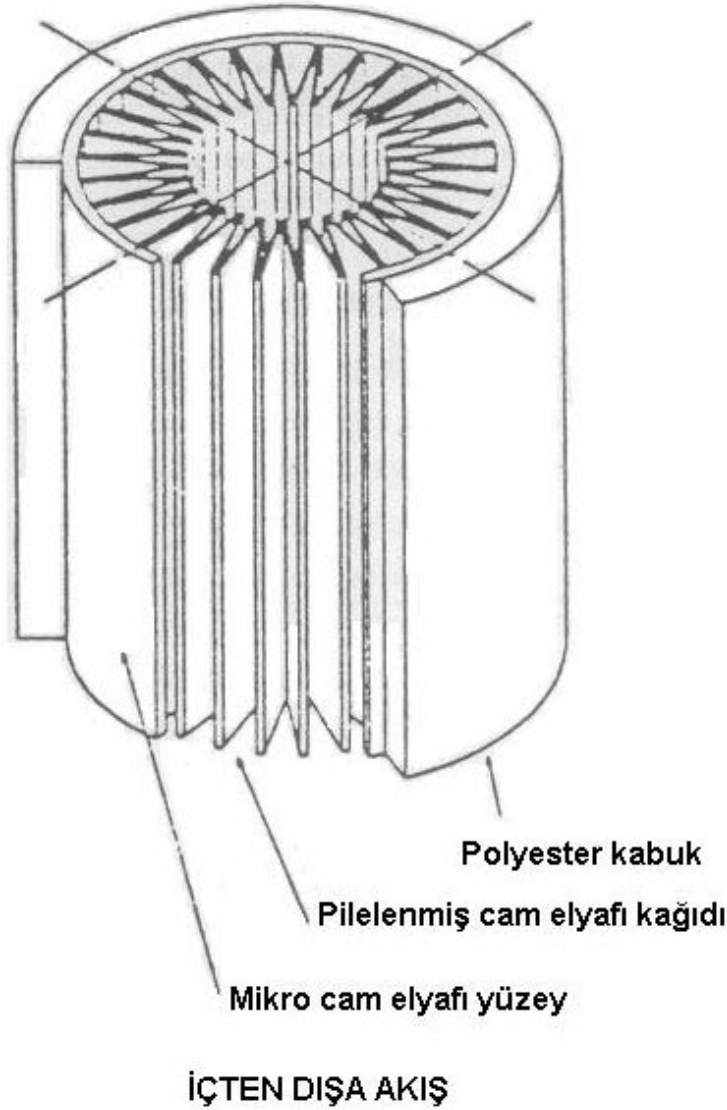
HEPA	Hava sterilizasyonu , temiz odalar için hava arıtması
Sıvı – sıvı ayırma	Yakıttan veya yağdan suyu ayırmada kullanılır
Fabrikalarda	Endüstriyel havalar ve gaz borularındaki filtrasyon
Endüstriyel sıvı	Akarsulardan sağlanan sular , soğutucular vs.
Endüstriyel hava	Fabrika havalandırma ve klimatizasyonu
Otomotiv	Yağ , yakıt ve hava filtreleri
Zar desteği	Ultra filtrasyonu destek amaçlı

İstenen filtrasyonu elde etmek için iki yöntem vardır.

- a. Tek kullanımlık bir filtre kullanmak
- b. Periyodik olarak temizlenen çok kullanımlık bir filtre kullanmak

Ultra yüksek verimlilikte hava filtrasyonu günümüzde tek kullanımlık HEPA filtreleri ile yapılmaktadır. Bu filtre önüne filtre torbası tipinde temizlenebilen bir filtre koyularak desteklenebilir. Prensip olarak çok kullanımlı filtrenin yüzeyi çok düzgün olmalıdır. Partiküllerin hiçbir şekilde liflerin arasına girmemesi gerekir. Tek kullanımlık bir filtre ise mümkün olduğu kadar fazla partikülü tutabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Çok sıkı , delikleri kapalı tipteki yağ serimli , iğne vuruşlu tülbentler çok kullanımlık filtreler için uygundur. Değişken yoğunluklu , hacimli , kompozit

yapılar ise tek kullanımlık uygulamaya yöneliktir. Bugün birçok alanda tek kullanımlık filtreler kullanılmaktadır.



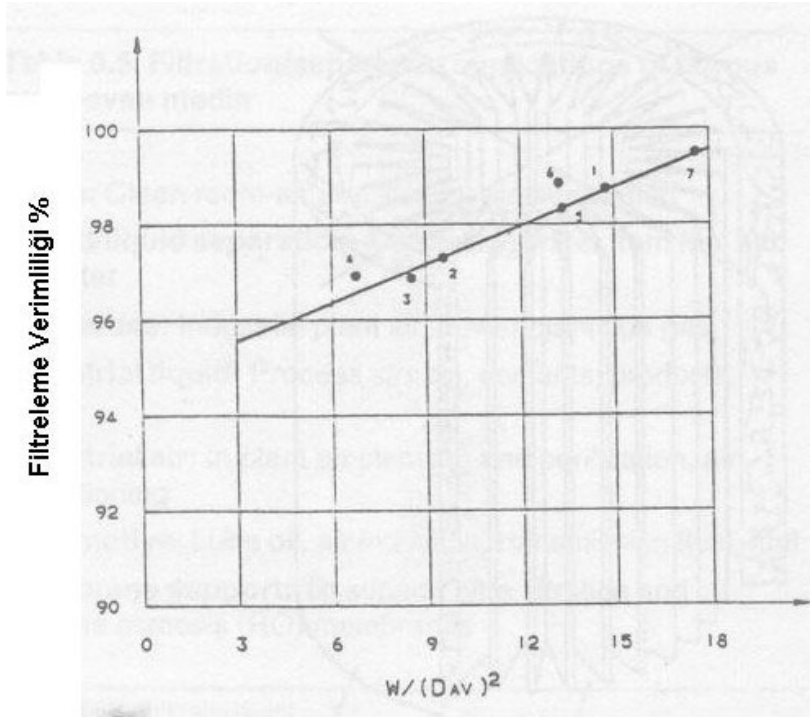
Şekil 4.25. Jet uçakları yakıt filtresi (suyu birleşme yoku ile ayırmaktadır.)

4.3.5. Filtrasyon için Dokusuz Yüzey Tasarımı

Birim alanda yüksek bir boşluk oranı olan lif bazlı dokusuz yüzey filtrelerin iyi bir sıvı geçirgenliği ve yüksek bir partikül toplama kapasitesi olacağı açıktır. Çarpışma – etki ilişkisi büyük oranda lif yüzeyi ve partikül arasındaki etkilenmeye bağlıdır. Sıvı geçirgenliğinden ve filtre açıklığından ödün vermeden birim alandaki lif yüzeyini arttırmak performansı da artırır. Partikül temizleme verimi ile $W/(D_{AV})^2$ arasında doğrusal bir bağıntı bulunmuştur.

W: Filtren, n gramajı

D_{AV} : Ortalama lif çapı



Şekil 4.26.Filtre verimliliği ile $W/(D_{AV})^2$ arası bağıntı [21]

Rodman ve Lessman bu tekniği otomobil hava filtresini iyileştirmede kullanmıştır. Genel olarak ince liflerle daha iyi bir yüzey alanı elde edilir.

Kesin partikül ayırma verimi istendiğinde gözenek büyüklükleri partikülün %95'i büyüklüğünde yapılmalıdır.

Tablo 4.28.Araç hava filtresinde yapılan deney sonuçları

No	$W/k(D_{AV})^2$	Filtrasyon Verimliliği	Hava geçirgenliği MPM 12,7 Su ölçüsünde
1	9,20	97,6	42,5
2	8,76	97,2	34,0
3	6,94	97,0	45,3
4	13,12	98,5	28,3
5	13,10	98,8	39,6

Otomobillerde yağ ve yakıt filtreleri de , sadece ağaç hamuru kağıdından yapılanların yerini yine aynı gramaj ve geçirgenlikteki yağ serimli polyester , ağaç hamuru ve mikro cam elyafı karışımı ile elde edilen yeni filtrelerin alması ile ciddi performans artışına uğramıştır. %95 geçirgenlik sınırı iki katlı bir sistem ile 65 mikrondan 20 mikrona çekilmiştir.



Şekil 4.27. Ağaç hamuru , polyester ve mikro cam elyafından yapılmış yağ filtresinin kesit görünümü

4.3.6. Triboelektrik Efekt

Lif ile partikül arasındaki ilişki genel olarak elektrostatik etkilere bağlıdır. Bu değişimlerin aralığı pozitiften negatife doğru triboelektrik serilerdir. Tablo 4.31 bu serileri göstermektedir. En çok uçuşan partikül genelde şarjlıdır fakat tanımlanamamaktadır. Triboelektrik serilerde farklı uçlarda olan liflerin karışımları kullanılarak partikül yakalanması kolaylaşır. Yün keçesi ve mikro cam elyafı karışımı buna bir örnektir. Selüloz , akrilik veya olefin liflerinin karışımı yakalama verimini ve çarpışma – etki kapasitesini arttırmaktadır.

Lif yüzeyi yapay olarak da şarj edilebilir. Ekstürize edilmiş lifler veya plastik film soğutma sırasında bir elektrostatik alandan geçirilebilir. Lif bazlı birçok materyal dipolar olarak şarj edilebilir. Bunlara elektrot denir. Bunlar çevresel nem ile desteklendiklerinde şarjlarının nötralize edilmesi de önlenir ve en iyi partikül ayırıcıları haline gelirler. Alternatif olarak paralel şarj edilmiş elektrotlar bir kek filtreye eklenerek filtre ömrü ve verimi artırılabilir.

Elektrik şarj alanları filtre kekinin formasyonunu koruma eğilimindedir ve çarpışma – etki'deki yükleri azaltır. Lif karışımli dokusuz yüzey filtredeki doğal triboelektrik kuvvet tek kullanımlık filtre için en efektif olanıdır.

Tablo 4.31. Liflerin triboelektrik serileri

EN POZİTİF YÜKLENEBİLEN
Yün
Nylon
Viskoz
Cam elyafı
Pamuk
Filtre kağıdı (ağaç hamuru)
Polyester
Asetat
Akrilik
Polietilen
Teflon
EN NEGATİF YÜKLENEBİLEN

4.4. Jeotekstiller

Teknik tekstillerin en büyük kullanım alanlarından biri jeo-tekstillerdir. Zemin stabilizasyonu , erozyon kontrolü , beton ve asfalt için nem bariyerleri ve yapay gölet – havuz tipi yapılarda kullanılan kaplama malzemeleri tipinde pek çok kullanım alanları bulunmaktadır. Toprak stabilizasyonu ve erozyon kontrol için kullanıldıklarında jeotekstiller katmanlar arasına yayılarak tampon bölgeler oluştururlar ve zemini kaymaya karşı dirençli hale getirirler. Bu şekilde toprak katmanlarının hareketleri önlenir fakat muhtemel su akıntıları için de yeterli ortam sağlanır. Jeotekstiller zemindeki gerilmeleri geniş bir alana yaydıkları için kaymaları önlerler. Bu özellikleri yüzünden baraj , set , su kanalı , kanalizasyon sistemleri vs gibi yapıların inşasında sıkça kullanılırlar. Asfalt yok inşaatlarında ise jeotekstiller toprak ve taş katmanlarının üzerine asfalt tabakasının hemen altına yerleştirilirler. Bu şekilde gerilmeler eşitlenir. Bu sistem asfaltın kırılmasını önler ve yol yüzeyini sabitlemek için gerekli asfalt miktarını azaltır. [16]

Jeotekstillerden istenen özellikler böcek ve mikro organizmaların vereceği olası zararlara dayanıklı olmaları , uygulama ve kullanım sırasındaki ısı değişimlerinden etkilenmeme , muhtemel uygulanacak kimyasallara karşı dayanıklılık , ışığa karşı dayanıklılık vb. özelliklerdir. Kullanımlarına göre yeterli mukavemette olmaları da istenir. Çoğu zaman özel yapılara sahip olmaları da beklenir (çok ince ve mukavemetli olmaları vs.). Genellikle dokusuz yüzeyler halindedirler. Bazı uygulamalarda dokuma kumaşlar halinde de kullanılırlar.

Yüksek deprem riskinin olduğu bölgelerde de duvarları bir arada tutmak için çeşitli dokuma jeotekstiller kullanılmaktadır. Ziraat alanındaki kullanımları ise daha çok erozyon kontrolü ile ilgilidir. Yumuşak zeminlerin güçlendirilmesi için binlerce yıldır deriler, çalı ve saman çamuru kompozitleri kullanılmaktadır. Teorik olarak aynı görevi yapıyor olsa da modern jeotekstiller standart ve tutarlı özelliklere sahiptir. Geliştirilen çeşitli ekstil polimerleri ile jeotekstil bilimi kendine yeni uygulama alanları bulmuştur.

1960 ve 1970'lerin başlarında tekstiller kanalları kaplamak, çamur ve balçığın kanalları tıkanmasını önlemek için kullanılmışlardır. Benzer şekilde çok yumuşak ıslak topraklar üzerine yapılan ufak çıkış yollarının altında tekstilleri kullanma yolları denenmiştir. Bu uygulamaların yolların ömrünü ve performansını artırdıkları görülmüştür. Aynı zamanda, dalga hareketi ile oluşan erozyonun önlenmesi için sahile tekstillerin serilmesi konusunda ilk çalışmalar yeralmaya başlamıştır.

20. yüzyılın son 20 senesinde, jeotekstillerin kullanımı coğrafi olarak tüm dünyaya yayıldı ve kullanım miktarları oldukça arttı. Jeotekstillerin kullanımlarının 21. yüzyılda da artmaya devam edeceği beklenmektedir.

Jeotekstilde lifler dışında çeşitli kumaş konstrüksiyonları da oldukça fazla kullanılmıştır. Sentetik liflerin gelişmesi jeotekstillerin performansının da artmasını sağlamıştır. Bazı durumlarda tekstil ve metallere oluşan kompozit yapılar da kullanılmıştır.

Jeotekstillerin "ilk jenerasyonu"nun, diğer amaçlarla üretilen, ancak jeo-teknik amaçlara yönlendirilen ve bu amaçlarla kullanılan tekstiller (halı veya endüstriyel çuvallar) oldukları kabul edilebilir. Jeotekstillerin ikinci jenerasyonu, jeo-teknik amaçlar için uygun spesifik tekstil ürünlerini seçen, ancak konvansiyonel üretim tekniklerini kullanan üreticiler tarafından üretilmiştir. Üçüncü jenerasyon tekstiller ise, jeo-teknik uygulama amaçları için özellikle üretilmişlerdir ve bunlara DSF, DOS ve kompozit ürünler örnek verilebilir.

1978 senesinde Uluslararası Jeotekstil Topluluğu'nun kurulması, jeotekstil tasarım ve kullanımının uluslararası gelişimi için, koordinasyonu ve uygun yaklaşımı sağlamıştır. Topluluğun dört senede bir gerçekleştirilen uluslararası sempozyumuna başka grup ve firmalardan da rakipler çıkmış ve böylelikle artık, tüm ilgilenen mühendisleri gelişmelerden haberdar etmek üzere yayınlanan makalelerin sayıları daha da artmıştır.

Jeotekstillere, jeosentetik olarak adlandırılan inşaat mühendisliği zarflarının bir parçasıdır. Konstrüksiyonları ve görünüşleri bakımından çeşitlilik göstermektedirler. Ancak, genellikle sınırlı sayıda polimerden (polipropilen, polietilen ve poliestere) yapılmaktadırlar ve çoğunlukla beş temel tipleri vardır: dokuma, ısıyla birleştirilmiş, iğneleme ile sabitlenmiş, örme ve direkt toprak karıştırılmış lifler.

Bu çeşitli gruplardaki ürünlerin fiziksel özellikleri, 2000 kNm⁻¹'e kadar ulaşan mukavemetlerine göre değişmektedir. Ancak yaygın olarak 10 ile 200 kNm⁻¹ arasındadır. Uzamaları %100'ün üzerine çıkabilmektedir ancak mühendisler için kullanılabilir olan aralık %3 ile 10 arasındadır. Benzer şekilde, farklı jeotekstillere filtrasyon potansiyeli ve geçirgenlikleri önemli derecede değişmektedir.

Jeotekstillere, inşaat mühendisliğinde toprağın düşey ve dik kenarlarını desteklemek, geçici ve kalıcı yollar ve otopanlar için sağlam tabanlar inşa etmek, zemin kanalları döşemek için kullanılmaktadır ve böylelikle toprak kendisini filtrelemekte ve toprağın kanalları doldurmasını önlenmekte, nehir kenarları ile sahillerde kaya ve taşların arkasındaki erozyon engellenmektedir. Jeotekstillere 1970'lerin ortasından bu yana

geliştirilmektedirler ancak örme ve kompozit kumaşların gelişimi, tekstil konstrüksiyonunun geliştirilmesi çabalarını yeniden canlandırmıştır. Birden fazla kumaş kullanılarak ve her bir kumaşın en iyi özelliklerinden faydalanılarak, daha iyi fiziksel özellikler elde edilebilmektedir.

4.4.1. Jeosentetikler

İnşaat mühendisliği alanında, toprak içerisinde veya toprakla temas halinde kullanılan zarlara “jeosentetikler” olarak isimlendirilmektedirler. Bu terim, geçirgen tekstilleri, plastik izgaraları, sonsuz ve kesik lifleri ve geçirgen olmayan zarları içermektedir. Tekstiller bu alandaki ilk ürünlerdir. Başka ürünler katılmış olsa da, tekstiller en önemlileri olarak kalmıştır. Izgaralar, delinmiş ve gerdirilmiş plastik tabakalardan, meşler, eritilerek ekstrüde edilmiş polimerlerden oluşurlar. Bunların hiçbirisi tekstil olarak kategorize edilemez. Jeozarlar, geçirgen olmayan plastiklerden yapılmış kontinü plakalar olup, bunlar da tekstil değildirler. Kategorize edilmesi çok daha zor olan jeosentetik alanları ise, sıkı ştapel ve sonsuz liflerin toprakla direk olarak karıştırıldığı durumlardır. Bunlar, polimer tekstil lifleridir ve bu sebeple jeotekstil tanımı içerisinde yerlerini almaktadırlar.

4.4.2. Jeotekstil Tipleri

Jeotekstiller genel olarak beş kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar: Dokumalar, ısı ile birleştirilmiş nonwoven tekstiller, iğneleme ile sabitlenmiş nonwoven tekstiller, örmeler ve lif/toprak karışımlarıdır.

Dokuma kumaşlar, kendilerine düzgün bir konstrüksiyon kazandıran tezgahlarda üretilmekte, ancak, kendisini oluşturan liflerle dokuma konstrüksiyonu açısından farklılıklar göstermektedir. Bunların şaşırtıcı derecede geniş uygulama alanları bulunmakta ve daha hafif gramajlarda toprak ayırıcılar, filtreler ve erozyon kontrol tekstilleri olarak kullanılmaktadırlar. Ağır gramajlı olanlar, dik bentlerde ve toprak duvarlarda toprak destekleyicileri olarak; daha da ağır gramajlı olanlar ise, yumuşak topraklar üzerine inşa edilmiş bentleri desteklemek için kullanılmaktadırlar. Destekleme açısından dokuma yapıların olumlu özellikleri, gerginliğin çok fazla mekanik uzamaya maruz kalmaksızın çözgü ve atkı iplikleri, sonuç olarak da lifler tarafından absorbe edilmesidir. Bu onlara göreceli olarak yüksek modül veya sertlik kazandırmaktadır.

Isıyla birleştirilmiş nonwoven tekstiller genellikle, ince sonsuz liflerin hareketli bir konveyör bant üzerine rastgele serilmesi ve ısıtma silindirleri arasından geçirilmesi ile elde edilmektedir. Bu kumaşlar mukavemetlerini ve içindeki liflerin birbirlerini

tutma özelliklerini sıcak silindirler arasında liflerin kısmen erimesi sonucu kazanmakta ve nispeten ince bir tekstil tabakası elde edilmektedir.

İğneleme ile sabitlenmiş nonwoven kumaşlar, kesik elyaf ve filamentlerden oluşturulan tülbentlerin çok sayıdaki ucu çentikli iğne ile iğnelerek sabitlenmesi ile üretilmektedir. Kumaşlar mekanik olarak birbirlerini tutma özelliklerini, iğneler üzerindeki kancaların sebep olduğu lif karışıklıklarından almaktadır. Bu kumaşlar, yünlü keçelere benzemektedir.

Jeotekstil alanında kullanılan örme kumaşlar, çözümlü örme tekstillerle sınırlandırılmış olup, amaca yönelik şekilde özel olarak üretilmektedir. Çözümlü örme makinalarında ince filtre kumaşları, orta gözenekli elekler ve büyük çaplı toprak destekleme ızgaraları üretilmektedir. Ancak, toprak güçlendirme ve bent destekleme amaçlarıyla kullanılan ürünlerin, maliyet açısından daha etkili olduğu bulunmuştur.

4.4.3 Jeotekstil Liflerini Oluşturan Temel Polimerler

Jeotekstillerin üretiminde en çok kullanılan iki polimer, polipropilen ve polietilendir. Ancak, yüksek mukavemet gerektiği zaman, poliester kullanımı da kaçınılmazdır. Pazarda başka yüksek mukavemetli polimerler de bulunmaktadır, ancak jeotekstillerin büyük miktarlarda (bazı polimerler büyük hacimlerde bulunmamaktadır) ve ekonomik olarak (özel polimerler çok pahalıdır) üretilmesi gerekmektedir. Maliyete karşı performans dengesinde poliester günümüzün optimumudur. Polipropilen ve polietilen ise, kimyasal olarak en dirençli olmak için yarışmaktadırlar.

Jeotekstillerde kullanılmak amacıyla üretilen ve kullanılan polimerler kimyasal olarak saf halde değildirler. Örneğin, renksiz, şeffaf haldeki ham polietilen, ışık etkisiyle parçalanmaya karşı oldukça hassastır. Bu haliyle jeotekstillerde kullanılmadığından genellikle ultraviyole (UV) ışık stabilizörü olarak genellikle karbon siyahı içerir. Bu siyah haliyle, ışığa karşı en dayanıklı polimerdir.

Ayrıca, jeotekstil polimerlerinin gerçek duruma benzer şekilde test edilebilme imkanları sınırlıdır. Yayınlar ve otoriteler, xenon UV'ye maruz bırakma, yüksek sıcaklıkta bozunma testi ve benzer testler ile hızlandırılmış laboratuvar sonuçları sağlayabilmektedirler, ancak, bunlar gerçek kullanım sırasında ortaya çıkabilecek biyolojik saldırı veya sinerjetik reaksiyonlar gibi ilave bozunma faktörlerini kapsamaktadır. Derecelendirme amaçlı olarak kullanıldıkları taktirde hızlandırılmış

laboratuvar testleri, bazı noktalarda iyimser, bazılarında ise zaman ise kötümser olabildiği için zorluklar ortaya çıkabilmektedir.

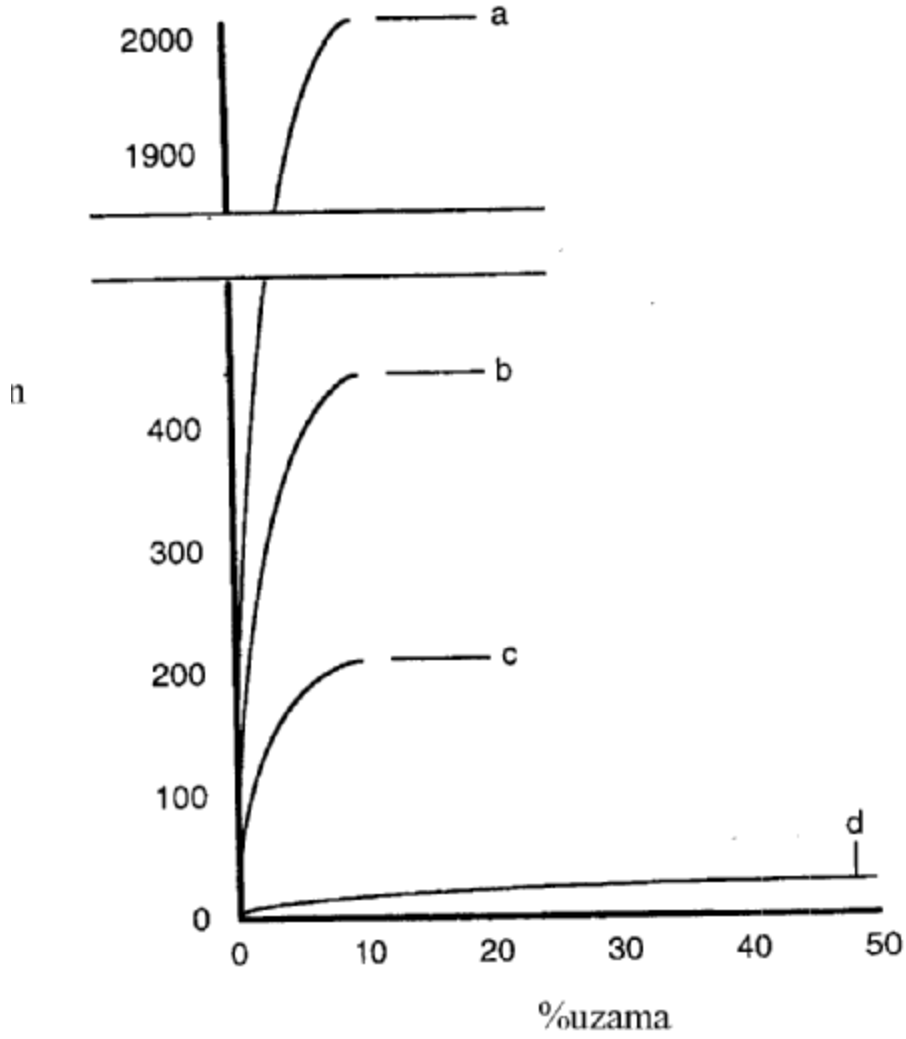
Poliamid genel bir lif oluşturu ve tekstil materyali olduğu halde, jeotekstilde çok nadir kullanılmaktadır. Çünkü maliyeti ve performansı, poliestere göre daha kötüdür. Örneğin bazı dokuma malzemelerde, özelliklerinin çok kritik olmadığı durumlarda daha ziyade dolgu olarak atkı yönünde kullanılmıştır. Esas özelliği, aşınmaya karşı direncidir, ancak suya maruz kaldığı zaman yumuşadığı için jeosentetik kullanımı için fazla popüler olamamıştır. Poliviniliden klorür lifi Japonya'da ve Birleşik Devletler'de bir veya iki üründe kullanılmakta olmakla beraber, Avrupa'da kullanılmamaktadır.

4.4.4. Jeotekstillerin Önemli Özellikleri

Bir jeotekstil için gereken ve belirtilen üç ana özellik: mekanik davranışları, filtrasyon kabiliyeti ve kimyasal direncidir. Bunlar, gerekli çalışma efektini sağlayan özelliklerdir ve polimer liflerinin fiziksel formlarının, bunların tekstil konstrüksiyonlarının ve polimer kimyasal özelliklerinin kombinasyonundan geliştirilmektedirler. Örneğin, bir jeotekstilin mekanik olarak davranışı, liflerin düzgünlüğü ve oryantasyonuna bağlı olduğu kadar, yapıldığı polimer tipine de bağlıdır. Ayrıca bir jeotekstilin kimyasal direnci, kumaştaki liflerin büyüklüğüne ve kimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Geniş spesifik yüzey alanına sahip olan ince lifler, aynı polimerden üretilmiş daha kalın liflere göre, daha hızlı kimyasal zarara uğrarlar.

Mekanik davranışlar içerisinde, bir tekstilin gerilimli bir ortamda iş yapabilme ve güç bir ortamda hasara karşı koyabilme kabiliyetleri de yer almaktadır. Genellikle, gergin ortamlar önceden bilinmekte ve tekstil, gelmesi beklenen gerginliğe dayanabilecek sayısal kritere dayandırılarak ve öngörülen kullanım süresince önceden belirlenmiş miktardan daha fazla uzamayıp gerginlikleri absorbe edebilme kabiliyetine göre seçilmektedir. Şekil 4.28'de, bir seri jeotekstilin mukavemet davranışları karşılaştırılmaktadır.

Diğer taraftan, konstrüksiyon süresinde alanda (örn. araçların kazara yoldan çıkması) veya kullanım esnasında (örn. fazla köşeli taşların döşenmesiyle jeotekstillerin yırtılması) hasar meydana gelebilmektedir. Açıkça görülmektedir ki, her iki durumda da hasar, tasarımla ortadan kaldırılması zor olan arzu edilmeyen şartlarda gerçekleşmektedir. Ancak, ikinci durumda, ileri alan testlerinin yapılması ve hesaplamalara uygun emniyet faktörlerinin



Şekil 4.28. Tipik kuvvet-uzama seviyeleri (a) bent destekleme ve toprak destekleme için kullanılan yüksek mukavemetli ve (b) orta mukavemete sahip poliesterden dokuma jeotekstiller için, (c) toprak destekleme için kullanılan jeo-ızgaralar ve düşük mukavemetli poliesterden dokuma jeotekstiller için, (d) seperasyon ve filtrasyon için kullanılan düşük mukavemetli, yüksek uzamaya sahip nonwoven jeotekstiller için. (c), polietilen jeo-ızgaralarının mevcut maksimum mukavemet kapasitesini temsil etmektedir.

İş yapabilme kabiliyeti, esas olarak, gerginlik altındaki tekstilin sertliğine ve verilen herhangi bir yük altında zamanla uzama direncine bağlıdır. Hasara karşı koyabilme kabiliyeti komplekstir ve lifin kopmaya karşı direnci ile gerginliklerin nasıl konsantre olacağı ve serbest kalacağını belirleyen kumaş konstrüksiyonunun bir fonksiyonudur. Pratik anlamda, jeotekstiller, bir çalışma elemanı üzerindeki hasarı azaltmak için koruyucu yapıdaki bir konstrüksiyon tipi kullanılarak kompozit formda

üretilmektedir. Örneğin, kalın bir nonwoven kumaş, dokuma bir kumaşla birleştirilebilir. Dokuma kumaş mukavemet görevini yerine getirirken, nonwoven hasar önleme yastığı olarak davranır.

Bir jeotekstilin filtrasyon performansını pek çok faktör etkiler. Bunun anlaşılması için, tekstilin fonksiyonunun gerçekte bir filtre gibi olmadığına anlaşılması gerekmektedir. Genelde, filtreler bir sıvı içerisinde asılı bulunan parçacıkları uzaklaştırmaktadır. Bunlara örnek olarak, asılı haldeki pisliklerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılan klimalardaki toz filtreleri veya su filtreleri verilebilir. Jeotekstil filtrelerinde bunun tam tersi sözkonusudur. Jeotekstilin fonksiyonu, yeni hazırlanmış toprak bir yüzeyi bozulmadan tutmak, bu yüzeyden ve yüzeye zarar vermeksizin tekstilin içerisinden suyun sızmasını sağlamaktır. Eğer suyun, asılı bulunan partiküllerle birlikte tekstil ile toprak arayüzünden akmasına izin verilirse, tekstil tıkanarak fonksiyonlarını yerine getiremeyecektir. Pratikte, dış yüzeyinin bütünlüğü sağlandığı takdirde, bir tekstille birlikte olan toprak kendisini filtre etmek eğilimindedir. Gerçekte yeralan proses, geçirgen bir tekstil tarafından bozulmamış halde tutulan katı bir ortamdan sıvının geçişidir. Proses, sıvı bir ortam içerisinde asılı bulunan katı maddelerin geçişini önlemek değildir.

Jeotekstillere nadiren son derece agresif kimyasal ortamlara dayanmaları beklenmektedir. Kullanıldıkları yerlere örnek olarak, kimyasal atık konteynerlerinin temel tabakaları veya atık boşaltma bölgeleri verilebilir. Bu, kimyasal atığın geçirgen olmayan astardan geçmesine izin verecek şekilde akıntı oluştuğunda veya tekstiller geçirgen olmayan astarın üzerindeki filtreli boşaltma sistemi ile direkt olarak birleştiğinde meydana gelebilmektedir. Bir başka örnek ise, pH değerlerinin 2'ye kadar düşebildiği tropik ülkelerde tekstillerin, yüksek derecede asidik tezekli toprak ile temas halinde kullanılmalarıdır. Altyapı gelişiminin oldukça kirli bölgeler içerisinde kurulduğu sanayileşmiş ülkelerde de jeotekstillere olumsuz çevrelerle temas içerisinde olabilmektedir.

Ultraviyole ışığı pek çok polimer üzerinde hasar oluşturmak eğilimindedir, ancak antioksidan kimyasallar ve toz karbon siyahı katkı maddelerinin ilavesi, bu etkiyi önemli ölçüde azaltmaktadır. Bir jeotekstilin güneşe maruz kalacağı tek zaman, konstrüksiyon dönemidir. Kontratlarda inşaat esnasında güneşe maruz kalmanın minimum gerçek süresinin olarak belirlenmesi gerekmektedir. Ancak, bu durum senenin hangi zamanında olunduğuna ve enleme göre değişmektedir. Özetle, İngiltere ve Kuzey Avrupa'da güneşe maruz kalma süresi yaz ayları için sekiz hafta ve kış ayları için oniki hafta olabilir. Ancak, tropik ülkelerde, senenin herhangi bir zamanında, gözle görünür bir hasar oluşmadan, güneşe maruz kalabilme süresi

yedi gün ile sınırlandırılmalıdır. Tablo 4.32’de tipik maksimum güneşe maruz kalma süreleri görülmektedir.

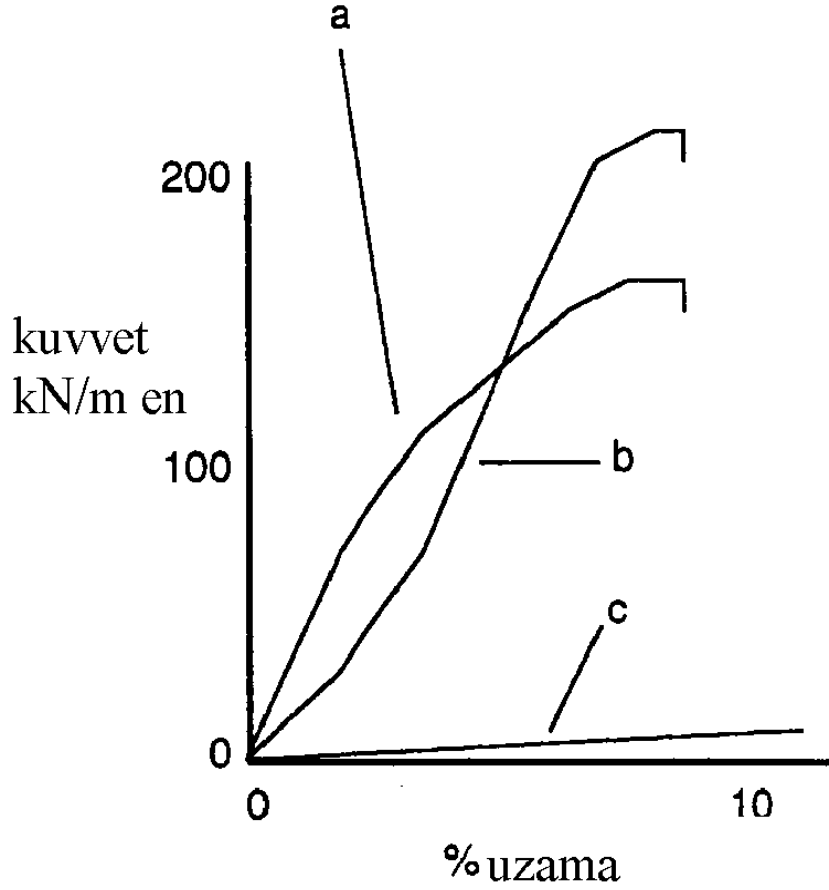
Tablo.4.31.Jeosentetikler için önerilen maksimum gün ışığına maruz kalma süreleri. (Bu limitlerin ötesinde, güneş ışığının yoğunluğuna bağlı olarak hasar meydana gelebilir.)

İklim \ Dönem	Ilıman iklim	Kuzey kutbu	Çöl	Tropik
Nisan-Eylül arası	8 hafta	4 hafta	2 hafta	1 hafta
Ekim-Mart arası	12 hafta	6 hafta	2 hafta	1 hafta

4.4.5.Mekanik Özellikler

Belirli bir tekstil grubu içerisinde kumaşın gramajı veya alan yoğunluğu, mekanik performansın bir göstergesidir, fakat tipteki konstrüksiyonlar arasında gösterge değildir. Örneğin, iğneleme ile sabitlenmiş filament poliester kumaşlar içerisinde gramaj mukavemet sertliği ile ilişkilidir. Ancak, belirli bir alansal yoğunluğa sahip bir dokuma kumaş, eşit gramajdaki iğneleme ile sabitlenmiş nonwoven yapıdan daha serttir. Açıkçası, performansı kontrol eden konstrüksiyondur. Bunun sonucu olarak, inşaat mühendisliğinde kullanım için gramajın tek başına kriter olarak kullanılması mümkün değildir. Ancak, belirlenmiş diğer faktörlerle birlikte gramaj, belirli bir amaç için gerekli ürün çeşidinin seçiminde kullanışlı bir göstergedir.

Standart endeki bir kumaşın kopma mukavemeti veya “nihai şerit kopma mukavemeti”, üreticilerin literatüründe üniversal olarak “tekstillerin” mukavemetini tanımlamaktadır. Bunun tasarım açısından sınırlı kullanımı olduğunu tekrarlamakta fayda vardır. Hiçbir tasarımcı bir tasarım geliştirirken mukavemeti ön planda tutmaz. Bunun ötesinde, düşük bir uzama seviyesindeki mukavemet, bir tasarım gereksinimi olacaktır. Bu sebeple, tekstilin %2, %4 ve %6’lık bir uzamadaki mukavemet direnci veya modülü çok daha değerlidir. İdeal olarak, mühendislerin gerginliğe karşı koyan yapıları uygun bir şekilde tasarlayabilmeleri için kendilerine kuvvet-uzama eğrileri sağlanmalıdır.



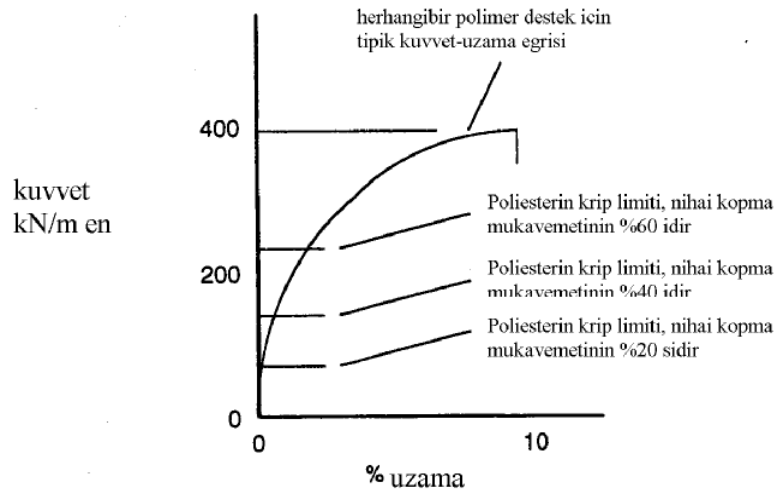
Şekil 4.29.Üç ana tipteki jeosentetik konstrüksiyonunun sergilediği farklı kuvvet-uzama eğrileri. (a) Jeorzaralar uygulanan gerginlikleri anında emerler ve yüksek bir başlangıç modülü verirler. Daha sonra eğri düzleşir. (b) Dokuma kumaşlarda çözümler başlangıçta düzleşerek düşük başlangıç modülü verirler. Düzleşen polimer lifleri gerginliği direk olarak aldığı için modül daha sonra artar. (c) Uzama, rastgele lif yönlerinin düzgünleşmesi ve tekrar hizaya girmeleri ile kısıtlandığı için nonwovenler eğik doğru şeklinde bir eğri oluştururlar.

Şekil 4.28 ve 4.29'da gösterilen kuvvet-uzama eğrileri, tekstil yapısının düzleşmesi nedeniyle yüksek uzama gösteren bir grup ile, gerilimi alarak polimerin düzleştiği bir düşük uzama grubundan oluşmaktadır. Elbette, genel jeotekstillerin mekanik performansları çevre sıcaklığının artmasıyla azalacaktır. Çünkü mühendislik işlerinin yapıldığı çevrelerin sıcaklıkları -20 ile 50 °C arasında değişmekte ve bu durum, montaj ile kullanım esnasında önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

Çok yüksek bir mekanik gerginlik altında tutulduğu takdirde, krip de bir jeotekstilin fiziksel olarak zarar görmesine sebep olabilmektedir. Pratik olarak, gerginlik seviyeleri yeteri kadar düşük olduğu takdirde, hem poliester, hem de polietilen kripe

karşı stabilize olabileceklerdir. Polipropilen herhangi bir gerginlik seviyesinde stabilize oluyor gibi görünmese de, sürünme hızı ufak gerginliklerde o kadar düşüktür ki "kripi olmadığı" kabul edilebilir.

Herhangi bir belirli polimer için uzama olarak ölçülen "kripi olmadığı" durum, tekstilin son yük taşıma kapasitesine orantılı olarak (genellikle yüzde şeklinde) tanımlanmaktadır. Poliester için yaklaşık %60, polietilen için %40 ve polipropilen için yaklaşık %20'dir. Bu sebeple, son mukavemet değeri 100kNm^{-1} olan poliester bir kumaş üzerine 60kNm^{-1} 'den daha fazla gerginlik yüklenemez. Uygulanan gerginlik bu noktanın üzerine ne kadar çıkarsa, kopuş o kadar hızlı olacaktır. Şekil 4.30, en sık kullanılan jeotekstiller için emniyetli yüklenme sınırlarını göstermektedir.



Şekil 4.30. Farklı jeosentetik polimer konstrüksiyonları için kripi direncinin yaklaşık sınırları

Kanat yırtılması, kısıkaç yırtılması ve delinme direnci testleri önemli olabilmektedir, çünkü bunlar büyük kayaların düşmesi ve direk olarak üzerinden makinaların geçmesi gibi çalışma alanındaki hasar senaryolarını simüle edebilmektedir. Bu testler, bazı ülkelerde standart formda bulunmaktadır ve İngiltere'de standart jeosentetik test spesifikasyonu BS 6906 olup, şunları içermektedir:

- 1 Geniş şerit testi vasıtasıyla mukavemet testi
- 2 Kuru eleme vasıtasıyla gözenek büyüklüğü testi
- 3 Tekstil yüzeyine normal olarak gelen su akış testi

- 4 Delinmeye karşı direnç testi
- 5 Sürünme testi
- 6 Perforasyon uygulanabilme testi
- 7 Tekstilin yüzeyinde su akış testi
- 8 Kum/jeotekstil sürtünme davranışı testi

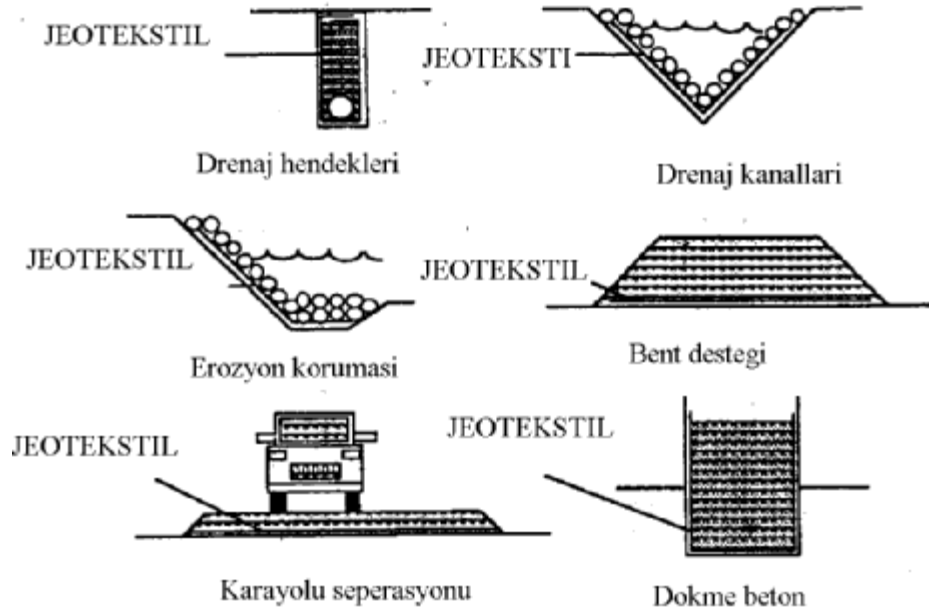
Normalde, bir tekstilden beklenen mekanik gereksinimlerin bir parçası olmamakla birlikte, tabaka kenarları arasındaki bağlantıların mukavemeti, jeotekstil performansının önemli bir göstergesidir. Bentlerin desteklenmesi amacıyla tekstiller yumuşak yüzeyler üzerine yayılırlarken, paralel tekstil tabakalarının birbirine dikilmesi gerekmektedir ki, yük altında ayrılmasınlar. Dikilmiş bağlantı yerlerinin mukavemeti dikiş ipliğine bağlıdır. Dikilmiş bağlantı nadiren atkı mukavemetini %30 geçmektedir. Araştırma ve alan uygulamaları, dikilmiş bağlantıların mukavemetinin, tekstilin mukavemetinden ziyade dikiş ipliğinin mukavemetine ve gerginliğine, ilmek tipine ve tekstil tipine bağlı olduğunu göstermiştir. Bağlantı “etkinliği”, hatalı ancak çok kullanılan bir kavram olup, bu kavram, dikiş mukavemetinin tekstil mukavemetine yüzde olarak oranıdır. Aslında, nispeten zayıf tekstiller öyle dikilebilirler ki, bağlantı tekstil kadar mukavemetli olur ve %100 etkinlik sağlar. Tekstil sağlamlaştıkça, dikilmiş bağlantının nispi mukavemeti düşerse bu durum, sağlam kumaşlarda kopuş hatalarına yol açar. Dikecek olan tekstil zayıfsa, örneğin 20 kN mukavemete sahipse, %75 dikiş etkinliği beklemek mantıklıdır, ancak bu etkinliği 600 kN mukavemeti olan bir tekstilden beklemek mümkün değildir. Ne var ki, bentlerin veya benzerlerinin desteklenebilmesi için sağlam tekstillerin birleştirilmesi gerekmektedir.

Diğer taraftan, atmosferdeki nem vasıtasıyla fikse olmaya başlayan tek bileşenli yapıştırıcılar kullanılarak, yapıştırıcı bağlantılar yapılabilmektedir. Bunlar, yüksek mukavemete sahip kumaşlar için bile, tekstil kadar sağlam bağlantılar yapmak için kullanılmaktadır. Uygulama metodları konusunda hala araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır, ancak bunların kullanımları gelecekte daha da yaygınlaşacaktır.

Bağlantıların mukavemetlerinin test edilmesinin ötesinde, tekstillerin, bir toprak yığını içerisinde veya bir toprak yığını tarafından sıkıştırıldıkları zaman nasıl davrandıklarını tanımlayan testlerin acilen geliştirilmesi gerekmektedir. Geçmişte kullanılan standart testler bunu yapamamaktadır. Bu anlamda araştırma çalışması başlatılmıştır, ancak teorik analiz yapmak için bir temel sağlayamamaktadır.

4.4.6.Filtrasyon Özellikleri

Filtrasyon, inşaat mühendisliğinde toprak ile yapılan çalışmalarda kullanılan tekstillerin en önemli fonksiyonlarından biridir ve hendeklerin astarlanmasında, yolların altında, atıkların uzaklaştırılması uygulamalarında, bodrum drenajlarının inşasında ve diğer pek çok şekilde kullanılmaktadır.



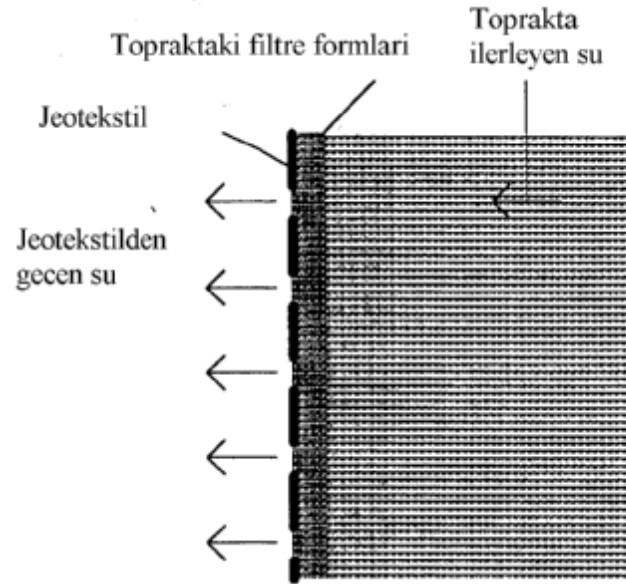
Şekil 4.31. İnşaat mühendisliğinde kullanılan jeotekstiller için bazı değişik drenaj ve filtrasyon uygulamaları

Jeotekstillerin tüm değişik kullanımları arasında, sadece desteklenmiş bir toprak yığını içerisinde faydalı bir filtrasyon etkisi bulunmamaktadır. Kanalların, çıkış yollarının, nehir korumalarının, deniz korumalarının, bent desteklerinin ve beton dökmenin de dahil olduğu diğer tüm uygulamalarda, jeotekstiller, birincil veya ikincil filtrasyon fonksiyonu üstlenmektedirler.

Jeotekstillerin geçirgenlikleri, kumaşın konstrüksiyonuna bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir. Tekstil yüzeyine dik açılarda (çapraz akış) ve tekstil yüzeyi boyunca (yüzey içi akış, iletkenlik) geçirgenliğin ölçümü için, çeşitli ulusal ve uluslararası standartlar konulmuştur. İnşaat mühendisliğinde yerle ilgili yapılan çalışmalarda, suyun jeotekstil içerisinde serbestçe akarak gereksiz su basıncının birikmesini önlemesi önemlidir. Geçirgenlik katsayısı, gözönüne alınan malzemenin geçirgenliğini tarif eden, akış yönünde boyutlarını gözönüne alan bir sayıdır ve birimi metre/saniyedir. Efektif olarak katsayı, tekstil içerisinden suyun akış hızını

belirten bir hızdır. Genellikle, $0,001 \text{ ms}^{-1}$ mertebesindedir. Genel olarak tanımlanmış bir test, doğrudan gözlenen akış hızını ölçmektedir ve bu, 100 mm basınç altında saniyede metrekareden geçen hacmin litre cinsinden ifadesidir. Mühendisler aynı zamanda geçiriş olarak adlandırılan ve kumaş kalınlığından bağımsız olarak teorik geçirgenliği tanımlayan bir katsayı kullanmaktadır.

Filtrasyon etkisi, tekstilin yakın temasta olacak şekilde toprağa karşı yerleştirilmesi ve suyun geçtiği çıplak toprak yüzeyinin fiziksel entegrasyonunun sağlanmasıyla elde edilmektedir. Toprağın ilk birkaç milimetresi içerisinde, dahili bir filtre oluşmakta ve kısa bir pompalama periyodundan sonra stabilite elde edilmekte ve filtrasyon gerçekleşmektedir.



Şekil 4.32. Bir jeotekstil tarafından oluşturulan dahili toprak filtresi bölgesi

Daha önce de bahsedildiği üzere, filtrasyon normalde toprağın kendisini filtrelemesi ile elde edilmekte ve suyun içerisinde akacağı katı bir ortam sistemi kullanılmaktadır. Tekstilin sulu çamurlu bir ortamda çalışması gerektiği özel durumlar sözkonusudur. Örnekler arasında, maden kazılarındaki maden filizi ayrıldıktan sonra kalan kirin bulunduğu göller ve suyun çamurdan ayrılması gerektiği endüstriyel kıyı gölleri yer almaktadır. Bu şartlar altında tek tekstiller iyi çalışmamaktadır, ancak deneysel çalışmalar, bir kompozit ünitesi gibi davranan farklı tekstil tiplerinin çift katmanlarının, tıkanma olmaksızın filtrasyonu etkileyecek şekilde bireysel bileşenlerin güçlerini artırdığını göstermiştir.

Rapor edilen en basit kombinasyon, kalın bir iğnelemeyle sabitlenmiş nonwoven üzerine yerleştirilmiş yumuşak bir dokuma kumaştır ve dokuma kumaş iğnelemeyle sabitlenmiş bileşen ile çamur arasındadır. Dokuma kumaş, nonwoveni sıvıdan koruyan bir kalkan görevi görür ve nonwovenin bir filtre olarak daha efektif şekilde fonksiyon göstermesini sağlar. Alttaki nonwovenin drenaj etkisi, yüksek hidrolik gradyanlarına neden olarak dokuma kumaşın fonksiyon göstermesini destekler.

Zorlu hidrolik şartlar altında stabilitenin sağlanması için bir tekstilin toprağa uydurulması prosedürü, en büyük deliği, topraktaki en büyük partikülün çapına eşit olan bir tekstil kullanmak şeklindedir (Şekil 4.33'te, O90=D90 olduğu yer). Hidrolik şartların daha az ağır olduğu durumlarda, en büyük tekstil delikleri en büyük toprak partikülünden beş kat daha büyük olabilir (O90=5D90). Toprakta zorlu hidrolik şartlar şu durumlarda ortaya çıkar: (i) dalgayla maruz kaldığında, (ii) toprak gevşek paketlenmişse (düşük hacimsel yoğunluk), (iii) toprak üniform partikül büyüklüğüne sahipse, veya (iv) hidrolik gradyanlar yüksekse. Bu özelliklerdeki eksiklikler istenmeyen şartları tanımlamaktadır. İki ekstrem arasında, herhangi bir uygulama için uygun O90 boyutunun spesifikasyonunda, mühendisin deneyimini kullanmasını ve yargılamasını gerektiren kontinu bir değişim bulunmaktadır.

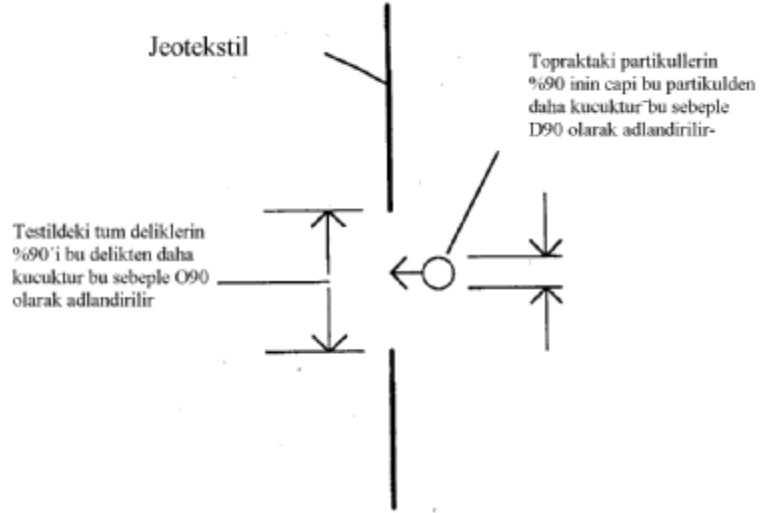
En büyük delik boyutu ve en büyük partikül boyutları, kumaş ile toprağın en büyük elemanları gözönüne alınarak değerlendirilmektedir. Toprağın en büyük partiküllerinin ölçülmesi, toprağın standart eleklerden geçirilmesiyle elde edilmektedir. Daha büyük partikül çaplarının realistik olarak belirlenebilmesi için, toprağın %90'ının geçtiği elek büyüklüğü için bir hayali büyüklük adapte edilmektedir. Bu boyut, D90 olarak bilinmektedir. Benzer şekilde, bir tekstil içerisindeki en büyük delikler (O90), kumaş içerisindeki en büyük deliklerin %90'ı olarak alınmaktadır.

İdeal şartlar altında dahi, O90 gözenek büyüklüğü 5D90'dan daha büyükse, pompalama meydana gelecektir. * Zemin ve hidrolik şartlar kötüleştikçe, tekstilin O90 gözenek büyüklüğünün 5D90'dan D90'a küçültülmesi gerekmektedir.

4.4.7.Kimyasal Dayanım

Lif bozunmasında etkili olan kimyasal mekanizmalar karmaşık olduğu halde⁸, bozunmanın dört temel şekli vardır: organik, inorganik, ışığa maruz kalma ve tekstil liflerinin zamanla değişimi.

Organik maddeler, mikro ve makrofaunalarla saldırıları da kapsamaktadır. Bu, bozunmanın temel kaynağı olarak kabul edilmemektedir. Jeotekstiller, birincil olarak



Şekil 4.33. O90 ve D90 arasındaki ilişki

değil, ama, ikincil olarak hayvanlardan da hasar görebilmektedirler. Örneğin, çok az hayvan onları yemektedir, ancak bazı durumlarda, tekstil yerin altında gömülü durumdayken, bazı hayvanlar toprağı oyarken bunları da delerek zarar vermektedir. Mikroorganizmalar tekstillere, liflerin üzerlerinde veya içerilerinde yaşayarak zarar vermekte ve zararlı yan ürünler üretmektedir. Muhtemelen, jeotekstiller için en yüksek dayanımların beklendiğı ortam, oksijen ile karışmış suyun mikro ve makro organizmaların üremesine izin verdiğı ve hareket halindeki suyun zorlayıcı bir fiziksel gerginlik oluşturduğu denizin kıyıya çarptığı bölgelerdir.

İnorganik saldırı genellikle pH'ın aşırı yüksek veya düşük olduğu çevrelerle sınırlıdır. Pek çok uygulama koşulları altında, jeotekstil polimerleri fazla etkilenmezler. Poliesterin 11'den büyük pH seviyelerinde zarara uğraması gibi belirli durumlar vardır, ancak bunlar nadirdir ve iyi bilinmektedirler.

Jeotekstiller, gözenekleri tıkayan ve çoğalan organizmalar nedeniyle veya gözenekleri tıkayan doymuş maden sularının kimyasal olarak çökmesi sonucu, filtrasyon fonksiyonlarını yerine getiremez hale gelmektedirler. Eski maden çalışmalarından çıkan su, demiroksit ile doyararak tekstil veya granüle olsun, hızla, filtreleri tıkayabilmektedir.

Uzun bir süre ultraviyole ışığı etkisinde kalmak, jeotekstil liflerine zarar vermektedir. Ancak laboratuvar testleri, bir laboratuvarda kuru, karanlık, serin şartlarda saklansa bile, liflerin zaman içerisinde kendi kendilerine bozunacağını göstermiştir. Bu sebeple, ortam sıcaklığı ve ısıl bozunmanın bir sonucu olarak zamanın kendisi hasar verici bir unsurdur ve jeotekstilin ne ölçüde bozunacağı bilinmemektedir.

4.4.8.Doğal Liflerden Yapılan Jeotekstiller

Genel olarak jeosentetik malzemelerin uzun ömürleri vardır. Bu sebeple basit uygulamalarda kullanıcı, gereksinimini aşan bir şey için para ödemektedir. Ayrıca, konvansiyonel jeotekstiller genellikle gelişmekte olan ülkeler için pahalıdırlar. Ancak, bu ülkelerin pek çoğunda, ucuz yerli lifler (jüt, sisal, hindistan cevizi lifi gibi) çok fazladır ve yaygın jeotekstil formlarını kopyalayabilen tekstil endüstrileri vardır. Kullanılabilen sayısız hayvan ve mineral esaslı doğal lif bulunmakla birlikte, özellikle kullanım amacının jeotekstillerin desteklenmesi olduğu durumlarda, bunlardaki jeotekstiller için önemli özellikler yeterli değildir.

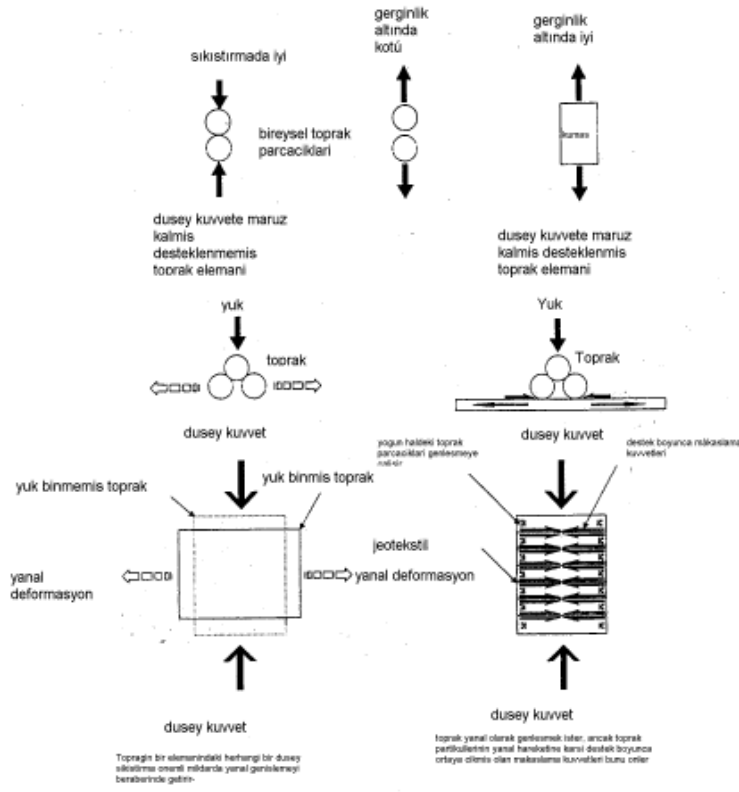
Sentetik jeotekstiller sadece toprağa yabancı olmakla kalmayıp, başka problemleri de beraberlerinde getirmektedirler. Öyle ki, bazı sentetik ürünler petrol tabanlıdırlar. Petrolün sonsuz miktarda bulunmaması, 1973 senesindeki petrol krizi, 1991'deki Kuveyt ile Irak arasındaki anlaşmazlık ve petrol üreten diğer bazı ülkelerin potansiyel olarak değişken politik durumu, petrolden yapılan ürünlerin hem maliyetlerini, hem de bu ürünlerin tüketilmesindeki bilinçliliği artırmıştır. Bitkisel kökenli doğal lif ürünleri, sentetik olanlardan çok daha fazla çevre dostu olacaklardır ve liflerin kendileri yenilenebilen kaynaklardır ve biyolojik olarak parçalanabilmektedirler.

Doğal liflerle karşılaştırıldığında kimyasal liflerin genel özellikleri farklı kategorilerdedir. Doğal lifler yüksek mukavemete, modüle ve nem absorpsiyonuna ve düşük uzama ile elastikiyete sahiptir. Rejenere selüloz lifleri, düşük mukavemetli ve modüllü olup, yüksek uzama ve nem absorpsiyonuna ve zayıf elastikiyete sahiptirler. Sentetik lifler ise, yüksek mukavemet, modül ve makul derecede elastikliği olan uzama ile nispeten düşük nem absorpsiyonuna sahiptirler.

4.4.9.Toprak Destekleme

Toprak, sıkıştırıldığı zaman nispeten daha sağlam olduğu halde, gerginlik açısından çok zayıftır. Bu sebeple, gerginliği destekleyici bir madde (jeotekstil) toprağa eklendiği ve toprakla direk temasta bulunduğu zaman, toprağa göre mükemmel mühendislik özellikleri olan kompozit bir malzeme oluşmaktadır. Toprak üzerindeki yük, genişlemeye sebep olmaktadır. Bu sebeple, toprak ve destek arasındaki arayüzde yük altında (hiç kayma olmadığı kabul edilerek, yani toprak/kumaş arayüzünde yeterli makaslama mukavemeti olduğu kabul edilerek) bu iki materyalde aynı derecede uzayarak, her iki destek elemanında da aynı yüke sebep olmalı ve böylece sınırlandırılmış olan gerilim toprakta tekrar dağılmalıdır. Destek, oluşan yanal makaslama kuvveti sebebiyle, yanal hareketi önleyecek şekilde

hareket etmektedir. Bu sebeple, yerdeğiştirmeyi önleyen ilave bir yanıl sınırlandırılmış gerilim vardır. Toprağın bu şekilde desteklenmesi metodu, eğim ve bent stabilizasyonuna dek genişletilebilmektedir. Aşağıdaki örnekler, jeotekstillerin toprağı kısıtlı bir süre için güçlendirmesi amacıyla kullanılan tipik uygulamaları göstermektedir.



Şekil 4.34. desteklenmiş toprak prensibi

Gelişmekte olan ülkelerin çoğunda jeotekstilller, yamaç stabilizasyonu, bent ve sel kıyılarının kuvvetlendirilmeleri ve yumuşak zemin üzerinde inşaat yapımı gibi mühendislik uygulamalarında büyük faydalar sağlayacak şekilde kullanılmaktadırlar. Bu tip ülkelerde genellikle yenilenebilen ve bol doğal lif kaynakları bulunmaktadır. Gelişmekte olan bu ülkelerde işgücü fazlalığı bulunduğundan, pahalı olmayan kısa vadeli projelerin yapılması, bunların stabiliteilerinin periyodik olarak izlenip değerlendirilmesi ve gerektiği taktirde bir kaç sene sonra tekrar inşa edilmeleri (yani doğal malzeme bozunma işlemi sebebiyle mukavemetini kaybederek uygulanan kuvvetlere daha fazla dayanamadığı taktirde) daha fazla arzu edilmektedir. Dahası, bu prosedür toprağı zenginleştirmekte ve zararlı atıklara sebep olmaksızın, yetiştirme şartlarını geliştirmektedir. Tavsiye edilmediği halde, bu doğal jeotekstilller üniversal bir çözüm olabilir, zira bunların geliştirmekte olan ülkelerin ekonomileri üzerinde önemli bir etkileri vardır.

4.5.Tıbbi Uygulamalar

Medikal uygulama olarak tekstil malzemeleri yatak takımlarında , bandajlarda ve çeşitli elbiselerde kullanılmaktadır. Çarşaf tipi ürünlerde en çok pamuklu malzemeler kullanılır. Çünkü emici , rahat ve kolayca sterilize edilebilen bir yapısı vardır. Özellikle tehlikeli enfeksiyonlar için üretilen, tek kullanımlık dokusuz yüzey kumaşların kullanımı ise gün geçtikçe artmaktadır. Antimikrobiyel elyaflar ise tıbbi uygulamalarda sıklıkla kullanılır. Hastaya bakteri bulaşmasını önlemek için Gore – Tex kumaşlar da kullanılır.

Tıpta çeşitli yardımcı elemanlar şeklinde kullanılan tekstil ürünleri de bulunmaktadır. Örneğin örme polyester tüpleri kan damarları (özellikle ana atardamarlar) yerine kullanılmaktadır. Protez üretiminde de polyester , karbon lifleri vs. gibi çeşitli liflerden yararlanılmaktadır.

Çeşitli tedavilerde kullanılan lazer veya ışık demeti kaynağıyla çalışan medikal fiber optik ekipmanlarda da camsı elyaflar kullanılmaktadır.

4.5.1.Medikal ve Hijyen Tekstil Üretimi

Medikal ve hijyen tekstiller tanımı ilk yardım , klinik ve hijyen amaçlı kullanılan bütün tekstilleri kapsar. Tarihsel olarak bu amaçlı kullanılan ilk materyal pamuktur. Fakat günümüzde çok çeşitli elyaflar medikal amaçlı kullanılmaktadır. [13]

4.5.2.Medikal Tekstillerin Sınıflandırılması

Genel olarak dört gruba ayrılırlar.

1. Emici Malzemeler (Emici ve temizleyici bezler , pamuklar vs.)

Bu tip bezler uygulanan alanı kirletmeksizin veya bakteri – mikrop bulaştırmaksızın kurutma temizleme işi yaparlar. Pamuk bu iş için en uygun elyaftır. Genelde temizleme ve antiseptik uygulama için hidrofil pamuk , pansuman ve kanama tipi durumları önlemek için pamuk sargı bezleri kullanılır. Bu tekstillerin kesinlikle steril olması gerekmektedir.

2. Yara Bandajları (Yapışkan bandajlar , sargıbezleri)

Bandajlar yarayı veya enfeksiyonu dış etkilere koruyan ve bu şekilde iyileşmeyi hızlandıran yapılardır. Bu bandajlar emici ve gözenekli olmalıdır. Bu şekilde deri nefes alır. Fakat bu yapılar yaraya yapışmamalıdır.

3. Destek Bandajları (patiska ve tp örme bandaj):

Bu bandajlar genelde vücudun herhangi bir bölgesinin hareket etmesini önlerler (rnek: kırık ıkıklar). Bu bandajlar hafif olmalıdır ve deri üzerinde herhangi bir zedelenmeye yol amamalıdır.

4. Vatkalar (Elyaf vatkalar , ortopedik bandajlar vs):

Bu yapılar genel olarak deri üzerindeki baskı ve sürtünmeyi önlemek amacı ile ara yüzey olarak kullanılırlar. Buna bir örnek alçı altında kullanılan tiplerdir.

4.5.3.Hijyen Tekstillerin eşitleri

İki gruba ayrılırlar

1. Tampon Bezler (Medikal bezler ve temizlik bezleri , emici pamuk vs.): Bu tip yapılar genelde kadın bezlerinde ve doğum sonrası süreçte kullanılır.
2. Bebek Bezleri: Bu rnler bebeklerin altını temizlemekte kullanılır.

4.5.4.Üretimleri

Genel olarak medikal ve hijyen tekstillerin üretimi aşağıdaki Őekildedir.

1. Hammaddenin seçimi
2. Elyaf iŐleme
3. İplik ekimi
4. Kumaş retimi
5. Kumaş terbiyesi
6. Kumaşı son mamul haline getirme
7. Paket ve etiketleme

4.6.Kompozitler ve Güçlendirilmiş Tekstil Malzemeleri

Elyaf ile güçlendirilmiş plastik ve metal malzemeler bir süredir çeşitli dallarda kullanılmaktadır. Bu Şekilde malzemelerin kopma mukavemetleri arttırılmakta , aynı zamanda daha hafif ürünler elde edilebilmektedir. Bu tip malzemelerde genelde aramid , karbon , grafit gibi elyaflar tek başlarına veya beraber kullanılmaktadır. Plastik olarak genelde polyester , metal olarak ise elik veya alüminyum kullanılır.

“Kompozit Materyal” tanımı çeşitli lifler ile reçinelerin beraber oluşturduğu yapılar için kullanılır. Buna rnek olarak bilgisayar anakartları , otomobil iskeletleri , tenis

raketleri , oltalar sörf tahtaları verilebilir. Bu tip ürünlerin üretimi de kendileri gibi pahalıdır.

4.7.Spor Giyime Yönelik Malzemeler

Spor giyim tekstil endüstrisinde her geçen gün ağırlığını hissettiren bir daldır. Aerobik ,kayak , kampçılık , bisiklet gibi sporlar için değişik malzemelerin kullanımı 1980'lerden sonra artmıştır.

Eskiden kış sporları için genelde yünlü , yaz sporları için de pamuklu malzemeler kullanılırdı. Günümüzde elastomerler , nylon , polyester gibi malzemeler yün ve pamuğun yerini almaya başlamıştır. Bunun sebepleri aşağıdaki şekilde açıklanabilir.

1. *Nem Transferi* : Giysi , kışın insanı üşütmeyecek , yazın ise insanı pişirmeyecek veya vücut yüzeyini ıslak tutmayacak ölçüde vücuttan nem çıkışına izin vermelidir.
2. *Isı izolasyonu* : Giysi fazla ağır olmadan kışın yeterli izolasyonu sağlayabilecek yapıda olmalıdır.
3. *Su geçirmezlik* : Giysi vücut nemini dışarıya verebilecek fakat dışarıdaki nemi içeri almayacak yapıda olmalıdır.
4. *Tam geri dönüşümlü streç özelliği*: Zorlanmalara karşı kumaş eski halini alabilmelidir.

Bu özellikler kumaşa yapılan pek çok proses ile sağlanır. Bu tipler için geliştirilen yeni elyaf tiplerine "Konfor lifleri " denmektedir. Örneğin Du Pond koşucular için vücudu sıcak tutan CoolMaX Polyester'i geliştirmiştir. 1990 a kadar bu şekilde 25 ayrı elyaftan 77 tane marka alınmıştır. Bunların 22 tanesi Japon firmalarına aittir. Bu lisanslar çok ayrıntılı değildir fakat büyük bir bölümünün kesit yapısını da göstermektedir. Yapılan mamullerde bu isimleri kullanmak için elyaf üreticilerinin izni ve incelemesi gerekmektedir. Bu markalar ayrıca giysinin performansı hakkında da fikir vermektedir.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Teknik tekstillerin çapı sürekli artmaktadır. Bu çalışma ticari olarak bulunabilen tekstil ürünlerinden teknik tekstilleri ayırabilmek amacı ile yapılmıştır. Burada genel bir sınıflandırmadan ziyade çeşitli materyal ve kullanımlar açıklanarak teknik tekstillerin boyutu irdelenmiştir.

Teknik tekstillerin kullanım alanlarının oldukça değişik yönlerde gelişebileceği açıktır. Normal ve teknik olan tekstillerin ayırım noktaları da zamanla değişebilir. Örneğin ozon tabakasında ciddi delinmeler olur ve bu da insan hayatını tehdit edecek boyutlara gelir ise insanlık bugün teknik dediği ürünleri günlük hayatında giymek zorunda kalabilir. Uzay yolculukları da teknolojik gelişme ile kolay hale gelirse astronot elbisesi özel bir kıyafet olmaktan çıkacaktır. Astronot elbisesi kışlık mont ile aynı gruba girmeye başlayacak , sadece koruma amaçlı olmayıp moda uygun tasarımlar ile satışa sunulabilecektir. Riskli dediğimiz uzay ortamı insanoğlunun rutini haline gelecektir.

Koruyucu elbiseler bu anlamda tanımlanması zor ürünlerdir. Güneşten koruyan bir şapka ile yüksek düzeyde ışımadan koruyan bir elbise günlük kullanımda olup olmamasına bağlı olarak ayrı gruplara konmaktadır. Grupların sınırlarını yaşam standartları koyacaktır.

Koruyucu elbiseler genel olarak lif özelliklerine bağlı dayanım gösterdikleri için yeni liflerin çıkması veya güncel liflerin geliştirilmesi ile yeni boyutlar kazanacaklardır.

Diğer sektörlerde kullanım alanları zaman içindeki teknolojik gelişmeler ile çok değişik boyutlara ulaşabilecektir.

Yüksek performans liflerin kullanımları da gittikçe artmaktadır. Özellikle aramid lifleri sektörde öncülük etmektedirler. Aramid liflerinin ayrı bir tez kapsamında tek başların ele alınmaları faydalı olacaktır.

Cam , karbon ve seramik lifleri elyaf bazlı yapıya getirilmeleri dolayısı ile tekstil lifleri sınıfına girmektedirler. Üstün performanslı bu liflere giyim konforu da eklenebilir ise koruyucu elbiselerde kullanılabilir. Aksi takdirde diğer endüstriyel uygulamalar sınır olarak kalacaktır.

Polimer kimyasındaki yeni gelişmeler şüphesiz teknik tekstillere yeni boyutlar getirecektir. Polyester ve Nylon gibi polimerlerin deformasyonu ile elde edilecek ürünler ile hem maliyet hem de kullanım açısından daha optimum ürünler üretilir. Aramidin de aromatik yapıdaki amidler sınıfında olması ile nylon'a yakın bir yapıya sahip olduğu unutulmamalıdır.

Bu çalışmanın kapsamı dışında tutulan akıllı materyaller gibi yeni gelişmeler de teknik tekstillerin boyutları hakkında değişik fikirler vermektedir.

Teknik tekstillerin üretimleri de ek bir çalışmada incelenmelidir. Konvansiyonel sistemle aynı mantıkta yapılan üretimlerdeki malzeme tabanlı farklar literatürde az bulunan konulardandır. Ayrıca friksiyon iplikçiliği gibi özellikle teknik tekstillerin üretimine uygun konular da incelenmelidir.

Teknik tekstillerin tarihi gelişimi de ileriye görmek konusunda fikir verebilir. Teknik tekstiller genel olarak diğer sektörlerin hammadde arayışı sonucu doğmuşlardır. Bu gelişimi irdelemek faydalı olacaktır.

Teknik tekstiller konusunda çeşitli fizibilite çalışmalarının yapılması da bu tezin bir devamı olacaktır. Ülkemizde koruyucu elbiseler , otomotiv , filtreler , medikal tekstiller gibi çeşitli dallarda yüksek yatırım gerektirmeyen ürünler üreten çeşitli işletmeler bulunmaktadır. Ama bu işletmeler bir sektör haline gelebilmiş değildir.

Yukarıda yapılan önerileri de kapsayacak bir çalışmanın konu hakkında iyi bir kaynak olabileceği açıktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Mukhopadhyay , S.K.** 1993. High Performance Fibres , The Textile Institute , Textile Progress Volume 25 Number 3/4
- [2] **Bajaj , P. and Sengupta , A.K.** 1992. Protective Clothing, The Textile Institute ,Textile Progress Volume 22 Number 3/4/4
- [3] **Maini, S.M. ,Hersh,S.P. and Tucker ,P.A.** 1995. Barrier Fabrics for Protection Against Aerosols, The Textile Institute ,Textile Progress Volume 26 Number 1
- [4] **Crawshaw, G.H.,** 1977. Textile Floorcoverings , The Textile Institute ,Textile Progress Volume 9 Number 2
- [5] **Mukhopadhyay , S.K. and Partridge ,J.F.**1999. Automotive Textiles, The Textile Institute ,Textile Progress Volume 29 Number 1/2
- [6] **Bajaj , P. and Sengupta , A.K.** 1985. Industrial Applications of Textiles : Textiles for Filtration and Coated Fabrics, The Textile Institute ,Textile Progress Volume 14 Number 1
- [7] **Ukponmwan , J.O.** 1993. The Thermal Insulation Properties of Fabrics, The Textile Institute ,Textile Progress Volume 24 Number 4
- [8] **Karacan , İ.,** 2000. Yüksek Performanslı Aramid Lifleri ve Özellikleri, *Tekstil Maraton Dergisi*, **46**, 14-26.
- [9] **TAD Dergisi Eki** , 1999. Yüksek Performanslı Elyaflar, *Tekstil Araştırma Dergisi*, **1999/4**, 49.
- [10] **Bryne , C.,** 1999. Teknik Tekstiller: Dünya Pazarı 2005 yılını bekliyor (1), *Tekstil Araştırma Dergisi*, **1999/4**, 108-111.
- [11] **Varner , S,** 2000. Türk ve Amerikalı Girişimciler Amaçlarını Birleştirmeli:, *Hedef Dergisi – Teknik Tekstiller Eki*, **75/5**, 2-9.
- [12] **Janecke, M,** 2000. Teknik Tekstiller Pazarı Çok Spesifik Bir Pazar, *Hedef Dergisi – Teknik Tekstiller Eki*, **75/5**, 10-16
- [13] **Mathews, A. and Hardingham,M.**1994. Medical and Hygiene Textile Production, Intermediate Technology Publications , UK

- [14] **K.K.K.**1998. Üçüncü Levazım Maliye Sempozyumu , İstanbul
- [15] **Hongu,T. and Phillips,G.O.**1993. New Fibers, Ellis Horwood , UK
- [16] **Rankilor, P.R.** 1998. Textiles in Civil Engineering part I-II, Technical Textiles,
358–406
- [17] **www.dupont.com**
- [18] **www.trevira.de**
- [19] **Garbett,J.,** 1996.Use of PP Multifilament Yarns in Geotextiles,
F.Drake & Company of Golcar Ltd Katalogları,
- [20] **Gallion,G.A.,** 1997.Textiles in Transport,
Opel AG Katalogları,
- [21] **Turbak,A.F.,** 1993.Nonwovens – Theory , Process , Performance and Testing,
Tappi Press Atlanta , Georgia,
- [22] **Tanner ,D. and Knoff ,W.F.,** 1989. Aramid Structure/Property Relationships
and Their Role in Applications Development,
High Technology Fibers,Marcel Dekker Inc USA,
- [23] **Taylor ,A.,** 1999. Tekstil Teknolojisi, Tercüme edenler: Prof. Dr. Ali Demir ,
Melih Günay
- [24] **Dupont Katalogları ,** 2001. Kevlar ve Nomex hakkındaki kataloglar
- [25] **Barton , J. and Borsig ,E.,** 1988.Polymer Science Library , Amsterdam ,
Elsevier
- [26] **www.technicaltextiles.com**
- [27] **Kadolph , S.J.,** 1993. Textiles , Chapter 9 - Special Use Fibers , Maxwell
Macmillan International , New York
- [28]**Composite Nonwovens,** 1996
Nonwovens Industry Magazine ,February-1996 ,94-95,

Tablo.A. Ticari alev almaz lifler

Firma	Lif ismi	Materyal	Kullanım alanları
Du Pont	Kevlar 49	Aramid	Tank mürettebatı ve jet pilotlarının üniformaları
	Kevlar 29	Aramid	Astronotlar ve ifaiye erlerinin üniformaları
	Nomex	Aramid	Asbest ikamesi
	Teflon	Florokarbon	Asbest ikamesi
Teijin Ltd	Exter	Polyester	Perdeler
	Exter A	Apreli Polyester	Perdeler
Teijun Ltd	Teviron	PVC	Battaniyeler , İtfaiye elbiseleri , Koruyucu iş elbiseleri , Endüstriyel Materyal
	Teijin Konex	M-Aramid	Battaniyeler , İtfaiye elbiseleri , Koruyucu iş elbiseleri , Endüstriyel Materyal
Toyoba Co. Ltd	GH Fibre	Polyester	Perdeler , döşemelik , battaniyeler, kaplama , tamponlar
Toray Industries	Unfla III	Apreli Polyester	Perdeler
Unitika Ltd	Apyeil	M-Aramid	İtfaiye elbiseleri , iş elbiseleri , endüstriyel materyal
Kanebo Ltd	Lufnen	Modakrilik	Halılar
Asahi Chemical Industry Co. Ltd	Casmilon A83	Akrilik	Perdeler
	Casmilon A85	Akrilik	Battaniye
	Nonbur N80	Akrilik	Battaniye
	Nonbur N90	Arilik	Perdeler
Mitsubishi Rayon Co.Ltd	Valzer	Akrilik	Halı ve battaniyeler

	Super Valzer	Akrilik	Perdeler
Kuraray Co.Ltd	Nannex	Polyester	Tamponlar
Rhône-Poulenc	Kermel 234 AGF Kermel 235 AGF	Polyamid-İmid	İtfaiye elbisesi
Hoechst-Celanese	PBI	PBI	Alev almaz koruyucu elbiseler
Lenzing AG	P84	Poly imid	Asbest ikamesi
	Lenzing PTFE	PTFE	Koruyucu elbiseler
	Lenzing Viscose	Viskoz	Koruyucu eldiven ve elbiseler
Avtex	Durvil	Viskoz	
	F-40	Viskoz	
Courtaulds	Initex	Akrilik	Battaniyeler , alev almaz iç astarlar
R.K.Textiles	PAN-OX	Oksidize Akrilik	Koruyucu Elbiseler
Universal Carbon Fibres	Panotex	Oksidize akrilik	Asbest ikamesi , koruyucu eldivenler ve iç astarlar
Toho Rayon Co.Ltd	Pyromex	Oksidize Karbon	
Eastmen	Kodel	Polyester	
Monsanto Chemical Co.	SEF	Modakrilik	Koruyucu elbise

Tablo.B.Değişik liflerin ışıma karşı dayanımları

Kumaş Yapısı	Desen	Alüminizasyon Tekniği	Kumaş Gramajı g/m ²	Kumaş Kalınlığı (mm)	Kumaş Özkütlesi (g/cm ³)	Isıl Koruma İndeksi (s)
100% Zirpro Yün	Dimi	Yok	260	0,6	0,43	8,8
100% Zirpro Yün	Dimi	A1	378	0,7	0,54	32,7
100% Zirpro Yün	Dimi	B	297	0,6	0,49	172,0
%85 Zirpro Yün %15 Cam Elyafı	Dimi	Yok	300	0,6	0,50	13,3
%85 Zirpro Yün/ %15 Cam Elyafı	Dimi	A1	448	0,7	0,64	34,3
%85 Zirpro Yün/ %15 Cam Elyafı	Dimi	B	351	0,65	0,54	111,0
%100 Apresiz Yün	Keçe	A2	687	1,5	0,46	440,0
%100 Apreli Yün	Keçe	C	697	1,6	0,43	362,0
%100 Apresiz Yün	Keçe	D	713	1,5	0,47	957,0
90/10 Yün/Nylon	Melton	D	588	1,7	0,34	921,0
90/10 Yün/Nylon	Melton	D	745	2,2	0,34	1055,0
%100 Aramid	Dimi	D	339	0,4	0,84	401,0
%100 Aramid	Keçe	D	339	2,3	0,15	731,0
%100 Asbest	Ağ örgüsü	D	1356	1,9	0,71	663,0
%100 Cam Elyafı	Bezeyağı	D	746	1,0	0,74	674,0

ÖZGEÇMİŞ

Aykut Burak ÇELİKKANAT , 7 Temmuz 1976 tarihinde Erzurum'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini sırasıyla Ankara , Manisa ve İstanbul'da tamamladı. 1994-1998 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimini tamamlayarak Tekstil Mühendisi ünvanını aldı. 1998 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Yüksek Lisans'ına başladı. Askerlik görevi yüzünden 2001 yılında dondurduğu yüksek lisans eğitimine 2002 – 2003 kış yarıyılından itibaren tekrar başlamıştır. Halen İtalyan ortaklı Cecchi İstanbul Tekstil A.Ş. çalışmaktadır..

İngilizce bilmektedir.