T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CAM ELYAFI ESASLI ÇOK EKSENLİ (MULTİ-AXİAL) ÇÖZGÜLÜ ÖRME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT TEKSTİL YAPILARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Erhan SANCAK
(Tekstil Mühendisi)
(141102820010230)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TEKSTİL EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
TEKSTİL EĞİTİMİ PROGRAMI

DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Erkan İŞGÖREN

İSTANBUL 2004

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABUL VE ONAY BELGESİ

CAM ELYAFI ESASLI ÇOK EKSENLİ (MULTİ-AXİAL) ÇÖZGÜLÜ ÖRME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT TEKSTİL YAPILARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Erhan SANCAK'ın **CAM ELYAFI ESASLI ÇOK EKSENLİ (MULTİ-AXİAL) ÇÖZGÜLÜ ÖRME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT TEKSTİL YAPILARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ** isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.07.2004 tarih ve 2004/13-38 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından TEKSTİL EĞİTİMİ Anabilim Dalı TEKSTİL EĞİTİMİ Programında YÜKSEK LİSANS Tezi olarak Kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Erkan İŞGÖREN (MARMARA ÜNİVERSİTESİ)
Üye : Prof. Dr. Mehmet AKALIN (MARMARA ÜNİVERSİTESİ)
Üye : Yrd. Doç. Dr. Münir TAŞDEMİR (MARMARA ÜNİVERSİTESİ)

Tezin Savunulduğu Tarih : 10-08-2004

ONAY

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.7.2004. tarih ve 2004/13-45. sayılı kararı ile Erhan SANCAK'ın TEKSTİL EĞİTİMİ Anabilim Dalı TEKSTİL Programında Y.Lisans (MSc.) derecesi alması onanmıştır.

Marmara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Müdürü
Prof. Dr. Adnan AYDIN
MÜDÜR

ÖNSÖZ

Bu çalışma cam elyafı esaslı çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılarla güçlendirilmiş kompozit yapıların göstermiş olduğu fiziksel özelikleri içermektedir. Ayrıca çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ve kompozit üretim yöntemleri hakkında geniş kapsamlı araştırmayı da içermektedir.

Tez konumun seçimi, hazırlanması ve düzenlenmesinde yardımlarını esirgemeyen ve tüm çalışmalarım sırasında yakın destek ve ilgilerini gördüğüm tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Erkan İŞGÖREN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarım esnasında beni yönlendirmelerinden dolayı Prof. Dr. Mehmet AKALIN hocama, kompozit yapıların üretimi ve testlerinin yapılması esnasında yardımlarından dolayı çalışma arkadaşım Arş. Gör. S. İlker MISTIK' a, tezim için gerekli olan malzeme teminin de yardımlarını esirgemeyen (METYX firması yetkililerine ve SAERTEX firması yetkililerine) ve kompozit malzemelerin üretimi gerçekleştirdiğim MARİNTEK firması yetkililerine samimi teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2004 **Erhan SANCAK**

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖNSÖZ ..... İ

ÖZET ..... İX

ABSTRACT X

YENİLİK BEYANI ..... Xİ

SEMBOL LİSTESİ ..... Xİİ

KISALTMALAR ..... Xİİİ

ŞEKİL LİSTESİ XV

TABLO LİSTESİ XX

GRAFİK LİSTESİ ..... XXİİ

BÖLÜM I. GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETLERİ 1

I.1. GİRİŞ 1

I.2. ÖRMECİLİĞİN TANIMI 2

I.2.1. Örmeciliğin Tarihi Gelişimi 3

I.3. ÖRMECİLİĞİN SINIFLANDIRILMASI 9

I.3.1. Atkılı Örmecilik 10

I.3.1.1. Atkılı Örme Sisteminde Temel Hareketler 10

I.3.1.1.1. İlmek 12

I.3.1.1.2. Askı 13

I.3.1.1.3. Atlama 13

I.3.2. Çözgülü Örmecilik 13

I.3.2.1. Kumaş Oluşumunu Sağlayan Elemanlar 15

I.3.2.1.1. İğneler 15

I.3.2.1.1.1. Kancalı İğne 16
I.3.2.1.1.2. Esnek Uçlu İğne 16
I.3.2.1.1.3. Sürgülü (Bileşik) İğne 17
I.3.2.1.2. Delikli Yatırım Elemanı 18
I.3.2.1.3. Tutucu Platin 19
I.3.2.2. Çözgülü Örme Makinelerinin Kumaş Üretim Öğeleri 20
I.3.2.2.1. Sürgülü İğnenin İlmek Oluşturması 21
I.3.2.3. Desenlendirme 23
I.3.2.3.1. Bakla Sistemleri İle Desenlendirme Mekanizmaları 23
I.3.2.3.1.1. Standart Baklalar 25
I.3.2.3.1.2. E Baklaları 25
I.3.2.3.1.3. Spesiyal Baklalar 25
I.3.2.3.2. Elektronik Kontrollü Desenlendirme Mekanizmaları 25
I.3.2.4. Temel Örgü Elemanları 27
I.4. YÖNLENDİRİLMİŞ ÇÖZGÜLÜ ÖRME YAPILAR 31
I.4.1. Yönlendirilmiş Çözgülü Örme Yapı çeşitleri 31
I.4.1.1. Tek Eksenli Yapılar 31
I.4.1.2. İki Eksenli Yapı 32
I.4.1.3. Üç Eksenli Yapılar 36
I.4.1.4. Çok Eksenli (Multi-axial) Yapılar 37
I.4.2. Çok eksenli (Multi-axial) Çözgülü Örme Makineleri 43
I.4.2.1. Atkı Ekleme Sistemleri 46
I.5. ARAŞTIRMA KAPSAMINDA LİTERATÜR ÖZETLERİNİN İNCELENMESİ 49

BÖLÜM II. TEKNİK TEKSTİLLER 59

II.1. TEKNİK TEKSTİLLER PİYASASI - GENEL BAKIŞ 59
II.2. TEKNİK TEKSTİLLERİN TANIMI VE KULLANIM ALANLARI 61
II.2.1. Teknik veya Endüstriyel Tekstillerin Kullanım Yerleri 62
II.2.2. Teknik Tekstillerin Tekstil Sektöründeki Yeri 63
II.3. TEKNİK TEKSTİLLERİN GELİŞİMİNDEKİ TEMEL ETKENLER 66
II.3.1. Lif Malzemelerindeki Gelişmeler 67
II.3.1.1. Doğal Lifler 67
II.3.1.2. Viskoz Rayonu 68
II.3.1.3. Poliamid ve Poliester 68
II.3.1.4. Poliolefinler 69
II.3.1.5. Yüksek Performanslı Lifler 70
II.3.1.6. Cam ve Seramik 72
II.4. TEKNİK TEKSTİL İŞLEMLERİ 73
II.5. TENİK TEKSTİLLERİN UYGULAMALARI 74
II.5.1. Transport Tekstilleri 75
II.5.2. Endüstriyel Ürünler ve Komponentler 77
II.5.3. Tıbbi ve Hijyen Tekstilleri 77
II.5.4. Ev Tekstilleri 78
II.5.5. Giysi Komponentleri 79

II.5.6. Tarım, Bahçecilik ve Balıkçılık 79
II.5.7. Kompozit, Konstrüksiyon - Bina ve Çatı Yapımı 80
II.5.8. Paketleme 81
II.5.9. Spor Ekipmanları 82
II.5.10. İnşaat Mühendisliğinde Jeo Tekstiller 83
II.5.11. Koruyucu ve Emniyet Giysileri ve Tekstilleri 84
II.5.12. Ekolojik Koruma Tekstilleri 85
II.6. TEKNİK TEKSTİLLERİN KÜRESELLEŞMESİ 86
II.7. TEKNİK TEKSTİLLER ENDÜSTRİSİNİN GELECEĞİ 87

BÖLÜM III. KOMPOZİTLER 89

III.1. KOMPOZİTLERE GİRİŞ 89
III.1.1. Kompozitlerin Tanımı 89
III.1.2. Polimerlerin Tanımı ve Önemi 89
III.1.3. ABD ve Türkiye de Takviyeli Kompozit Malzeme Pazarı 90
III.1.3.1. Pazar Görünümü ve Uygulamaları 91
III.2. KOMPOZİT MALZEMELER 94
III.2.1. Termo Plastik ve Termoset Farkı 96
III.2.2. Kompozitlerin Tercih Edilme Nedenleri 97
III.3. KOMPOZİTLERDE KULLANILAN KAPLAMA MADDELERİ 99
III.3.1. Polimerlerin Esasları 99
III.3.2. Termoset-Termo Plastik 100
III.3.3. Kullanılan Reçineler 101
III.3.3.1. Termoset Reçineler 101
III.3.3.1.1. Polyester Reçineler 101
III.3.3.1.1.1. Glikoller 102
III.3.3.1.1.2. Doymamış Asitler 102
III.3.3.1.1.3. Doymuş Asitler 103
III.3.3.1.1.4. Monomerler 104
III.3.3.1.1.5. İnhibitörler 105
III.3.3.1.2. Genel Amaçlı Polyester Reçineler 106
III.3.3.1.3. Özel Amaçlı Polyester Reçineler 108
III.3.3.1.3.1. Alev Geciktirici Reçineler 109
III.3.3.1.3.2. Stiren Buharlaşması Az Olan Reçineler 110
III.3.3.1.3.3. Düşük Çekmeli Reçineler 110
III.3.3.1.3.4. Esnek Reçineler 111
III.3.3.1.3.5. Hazır Kalıplama Bileşimleri İçin Reçineler 111
III.3.3.1.3.6. Işıkla Sertleşen Reçineler 112
III.3.3.1.3.7. Döküm Reçineleri 112
III.3.3.1.3.8. Köpük Polyester Reçineler 112
III.3.3.1.4. Jelkotlar 113
III.3.3.1.4.1. Reçine Tipi 113
III.3.3.1.4.2. Pigment Seçimi 114
III.3.3.1.4.3. Tiksotropi Sağlayıcılar 114
III.3.3.1.4.4. Hızlandırıcılar ve İnhibitörler 114

III.3.3.1.4.5. Monomer ve Dolgular 114
III.3.3.1.4.6. Diğer Katkılar 114
III.3.3.1.5. Epoksi Reçine 115
III.3.3.1.5.1. Seyrelticiler 117
III.3.3.1.6. Vinil Ester 117
III.3.3.1.7. Poliüretanlar 118
III.3.3.1.8. Fenolikler 119
III.3.3.1.9. Melamin ve Üre Formaldehid 120
III.3.3.1.10. Silikon Reçineler 120
III.3.3.1.11. Friedel - Crapts Reçineleri 121
III.3.3.1.12. Poliamid Reçineleri 121
III.3.3.2. Termo Plastik Reçineler 122
III.3.3.2.1. Naylon. (PA)..... 122
III.3.3.2.2. Polifinilen Sülfür (PPS) 122
III.3.3.2.3. Sıvı Kristal Polimerler (LCP) 123
III.3.3.2.4. Polyetheretherkelone (PEEK) 123
III.3.3.2.5. Polipropilen (PP)..... 123
III.3.3.2.6. Polietilen (PE) 123
III.3.3.2.7. Polyetherimid (PEI)..... 123
III.3.3.2.8. Fluoropolimerler 123
III.3.3.3. Diğer Polimerler 123
III.4. DOLGU MADDELERİ 124
III.4.1. Dolgu Maddeleri Çeşitleri 125
III.4.1.1. Kalsiyum Karbonat 125
III.4.1.2. Alüminyum Silikat ve Killer 125
III.4.1.3. Alüminyum Trigidrat 125
III.4.1.4. Kalsiyum Sülfat 125
III.4.1.5. Diğerleri 125
III.4.2. Kompozit Ürünlerde Dolgu Malzemelerinin Kullanımı 126
III.4.2.1. Dolgu Malzemelerini Seçmek 127
III.4.2.2. Dolgu Malzemelerinin Prensipleri 127
III.4.2.3. Yüzey İşlemleri Bazı Dolgu Maddelerinin Gelişmesini Sağlamaktadır 128
III.5. KATKI MALZEMELERİ VE MODİFİYE EDİCİLER 128
III.5.1. Reçinelerdeki Başlıca Girdi Malzemeleri 128
III.5.2. Katalizörler, Hızlandırıcılar (Fromotörler) , İnhiritökler 128
III.5.2.1. Katalizörler 128
III.5.2.2. Hızlandırıcılar (Promotörler) 129
III.5.2.3. İnhibitörler 130
III.5.3. Renklendiriciler 131
III.5.4. Kalıp Ayırıcılar 131
III.5.4.1. Vaks Kalıp Ayırıcılar 131
III.5.4.2. Silikon Kalıp Ayırıcılar 131
III.5.4.3. Diğer Başlıca Kalıp Ayırıcılar 132
III.5.5. Katkı Malzemelerinin İşlevleri 132
III.5.6. Termo Plastik İçin Katkılar 134
III.5.6.1. Isı Stabilizatörü 134
III.5.6.2. Ultraviyole Stabilizatörü 134
III.5.7. Malzeme Sistemleri Olarak Kompozitler 135

III.5.8. İşlevsel Gereksinimleri Anlamak 135

BÖLÜM IV. TEKSTİL TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELER..... 137

IV.1. TEKSTİL MALZEMELERİ İLE TAKVİYE 137
IV.1.1. Kompozit Takviyesinin Temel Mekaniği 138
IV.1.1.1. Tek Yönlü Konumlu Liflerden Oluşan Kompozitler 138
IV.1.1.2. Tekstil Takviyeleri İçin Kompozit Modüllerinin İncelenmesi 143
IV.2. DOKUMA KUMAŞ TAKVİYELİ KOMPOZİTLER 145
IV.2.1. Mekanik Davranışları 146
IV.2.1.1. Mekanik Özellikleri 146
IV.2.1.2. Zarar Oluşumu 147
IV.2.2. Dokuma Kompozitlerin Analizi 147
IV.3. ŞERİTLE TAKVİYE 149
IV.3.1. Mekanik Davranışları 149
IV.3.2. Şerit Takviyesinin Analizi 150
IV.4. ÖRME KUMAŞ TAKVİYESİ 151
IV.4.1. Mekanik Davranışları 152
IV.4.1.1. Mekanik Özellikleri 152
IV.4.1.2. Zarar Oluşumu 153
IV.4.2. Örme Kumaşların Analizi 154
IV.5. DİKİLMİŞ KUMAŞLAR 154
IV.5.1. Mekanik Davranışları 155
IV.5.1.1. Mekanik Özellikleri 155
IV.5.1.2. Zarar Oluşumu 156
IV.5.2. Kıvrımsız Kumaşların Analizi 156

BÖLÜM V. KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN LİFLER 158

V.1. YÜKSEK PERFORMANSLI ANORGANİK LİFLER 158
V.2. TEKNİK TEKSTİL ÜRETİMİNDE KULLANILAN FİLAMENT TEKNİK İPLİKLER 161
V.2.1. Aramid Filament İplikleri 161
V.2.2. Cam Filament İplikleri 161
V.2.3. Karbon Filament İplikleri 162
V.2.4. HDPE Filament İplikleri 162
V.2.5. Diğer Teknik Filament İplikler 164

BÖLÜM VI. LİF TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ 165

VI.1. ÜRETİM TEKNİKLERİ 165
VI.1.1. El Yatırma Metodu 165

VI.1.2. Torba Kalıplama Metodu **169**
VI.1.2.1. Basınçlı Torba Kalıplaması 169
VI.1.2.2. Vakumlu Torba Kalıplaması 170
VI.1.2.3. Otoklav Torba Kalıplaması 171
VI.1.3. Püskürtme (Spray-up) Metodu **171**
VI.1.4. Elyaf Sarma Metodu **172**
VI.1.5. Savurma (Santrifüj) Metodu **175**
VI.1.6. Profil Çekme (Pultrüzyon) Metodu **176**
VI.1.7. Pres Kalıplama Metodu **177**
VI.1.8. Basma ve Transfer Kalıplama Metodu **178**
VI.1.8.1. Enjeksiyon Kalıplama Metodu 179
VI.1.8.2. Termo Şekillendirme Metodu 181
VI.1.8.3. Ekstrüzyonla Kalıplama Metodu 181

BÖLÜM VII. DENEYSEL ÇALIŞMALAR 182

VII.1. GENEL BİLGİLER **182**
VII.2. KULLANILAN MATERYALLER **182**
VII.2.1. Cam ve Karbon Lifleri **182**
VII.2.2. Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Kumaş Yapılar **183**
VII.2.3. Kullanılan Reçine Tipi **186**
VII.2.4. Üretilen Kompozit Yapının Teknik Özellikleri **187**
VII.3. KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN YÖNTEM **187**
VII.4. KOMPOZİT YAPILARA YAPILAN TESTLER **188**
VII.4.1. Shore Sertlik Tayini **188**
VII.4.2. Rockwell Sertlik Tayini **189**
VII.4.3. İzod Darbe Mukavemetinin Tayini **189**
VII.4.4. Yapının Gramajı, Yapının Kalınlığı ve Yapı İçerisindeki Lif-Reçine Oranı Tespiti **190**
VII.4.5. Lif Mukavemeti Testi **190**

BÖLÜM VIII. SONUÇLAR 191

VIII.1. GENEL BİLGİLER **191**
VIII.2. LİF MUKAVEMETİ TESTİ **191**
VIII.3. YAPININ GRAMAJI, YAPININ KALINLIĞI VE YAPI İÇERİSİNDEKİ LİF-REÇİNE ORANI TESPİTİ **191**
VIII.4. SHORE SERTLİK TAYİNİ SONUÇLARI **192**
VIII.4.1. Birici Grup Numunelerin Shore Sertlik Tayini Sonuçları **192**
VIII.4.2. İkinci Grup Numunelerin Shore Sertlik Tayini Sonuçları **194**
VIII.5. ROCKWELL SERTLİK TAYİNİ SONUÇLARI **196**
VIII.5.1. Birinci Grup Numunelerin Rockwell Sertlik Tayini Sonuçları **196**
VIII.5.2. İkinci Grup Numunelerin Rockwell Sertlik Tayini Sonuçları **198**
VIII.6. İZOD DARBE MUKAVEMETİ TAYİNİ SONUÇLARI **200**

VIII.6.1. Birinci Grup Numunelerin İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları 200
VIII.6.2. İkinci Grup Numunelerin İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları 202
VIII.7. SONUÇLAR 204

KAYNAKLAR 205

ÖZGEÇMİŞ 207

ÖZET

CAM ELYAFI ESASLI ÇOK EKSENLİ (MULTİ-AXİAL) ÇÖZGÜLÜ ÖRME İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMPOZİT TEKSTİL YAPILARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Kompozit yapıların kullanımı alternatif diğer yapılara göre maliyet ve istenen özellikler açısından oldukça fazladır. Bu kullanım miktarı ileriki yıllarda daha da artacaktır. Kompozit yapıların içinde güçlendirmek için çok çeşitli yapılar veya kesikli lifler kullanılmaktadır. Kompozit yapılardan istenen özelliklerin daha iyi sağlanması ve maliyetlerin düşürülmesi önemlidir. Bundan dolayı güçlendirmede cam elyafı esaslı çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapıları kullandık.

Bu kapsamda, çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar, kullanılabilir lifler, kompozit üretiminde kullanılan reçineler, kompozit üretim yöntemleri ve kompozit yapıların kullanımları hakkında konulara yer verilmiştir.

Ardından kompozit yapı üretiminde kullanılan cam lifi, çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapıları, doymamış isoftalik polyester ve uygulanan elle serme yöntemi hakkında bilgilere yer verilmiştir.

Bunları takiben üretilmiş yapılara uygulanan darbe mukavemeti ve sertlik testlerinin sonuçlarına yer verilmektedir.

Sonuç olarak kompozit yapıların içinde, bunları güçlendirmek için kullanılan çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılarının kullanılması, maliyet ve yapılardan istenen özellikler bakımından bu yapıların avantajlarını ortaya çıkarmıştır.

Temmuz, 2004 **Erhan SANCAK**

ABSTRACT

INVESTIGATION INTO PHYSICAL PROPERTIES OF GLASS FIBRE BASED MULTI AXIAL WARP KNITTED STRUCTURE REINFORCED COMPOSITES

The use of composite structures, are more than other alternative structures due to their cost and beter properties and this will increase future. Many types of matters or fibers are used in the composite structures as reinforcement materials. It is very important to develope the properties and produce the cost of composite structures. Therefore, in this work were used Multi-axial warp knitting structures based on glass fiber for reinforcing.

At the scop, the topics about multi-axial warp knitting structures, usable fibers, the resines used for procuding composites, the methods of composite production, and the usage of composite structures were mentioned. Afterwords, the knowledges about glass fibers used for producing composite structured, multi-axial warp knitting structures, non-satiated isoftalik polyester and aplicated hang up with hands method was taken part in this study.

Also, the results of impact strenght and hardness tests aplicated to produced constructions were evaluated at this level of research.

Finally, in the composite structures, the usage of multi-axial warp knitting structures used for reinforcing them, and these structures' advantages were appeared with the cost reduction and occurance of required properties of structures.

July, 2004 **Erhan SANCAK**

SEMBOL LİSTESİ

mm : Milimetre
rpm : Makine Üretim Hızı
m/min : Metre / Dakika
cm : Santimetre
inch : İngiliz Ölçü Birimi (2,54cm)
% : Yüzde
$: Dolar
kg : Kilogram
^0C : Santigrad Derece
E_t : Young modülü
V_f : Gözeneksiz Bir Kompozitteki Lif Hacmi Oranı
E_f : Lif Modülleridir
E_m : Lif Ve Matris Modülleridir
σ_{fu} : Mukavemetidir
G_{12} : Tabakanın Düzlem İçi Kesme Modülüdür
v_{12} : Tabakanın Poisson Oranıdır
GPa : Giga Paskal
E_x : 0° ve 90° yönlerine paralel Young modülleri
E_y : 0° ve 90° yönlerine paralel Young modülleri
J : Jule
MPa : Mega Paskal
kg/cm^2 : Basınç Birimi
V_f : Hacimsel oranının
µ : Mikron
$g\,cm^3$: Yoğunluk
m : Metre
min : Dakika
g/m^2 : Metre Kare Ağırlığı
mg : Mili Gram
kgJ/m^2 : Kuvvet Birimi

KISALTMALAR

ITMA : Uluslar arası Tekstil Makine Fuarı
DOS : Boyutluca Yönlendirilmiş Yapılar
MSUS : Magazin Dönüşlü Atkı Yerleştirme
EMS : Tek Uçlu Magazinli Atkı Yerleştirme
MWK : Çok Eksenli Çözgülü Örme
CFP : Karbon Lif Plastikler
OHT : Açık Delik Gerilimi
OHC : Açık Delik Sıkıştırma
CZI : Darbe Sonrası Sıkıştırma
PES : Poliester
PA : Poliamid
CIRFS : Comite International de la Rayonne et des Fibres Synthetiques
JCFA : Japon "Kimyasal" Lif Üreticileri Birliği
PP : Polipropilen
PVA : Polivinilalkol
HMPE : Yüksek Mukavemetli Yüksek Modüllü Polietilen
PTFE : Politetrafloretilen
PPS : Polipropilensülfür
PEEK : Polietileterketon
CTP : Cam Takviyeli Plastikler
TTKM : Tekstil Takviyeli Kompozit Malzemeler
RTK : Reçine Transferli Kalıplama
HDT : Yük Altında Deformasyon Sıcaklığı
FRP : Fiberglass Reinforced Plastics
GRP : Glassfiber Reinforced Plastics
SPI : SPI Composite Institute
DCPD : Disiklopentadiyen
orto : Ortoftalik
izo : izoftalik
A.Ş : Anonim Şirketi
PVC : Poli Vinil Klorür
UV : Ultra Viyole
DDM : Daimindifenilmetan
RIM : Reaction İnjection Molding
SCRIMP : Seeman Composite Resin Infusion Molding Process
UF : Üre Formaldehid
PPS : Polifinilen Sülfür
LCP : Sıvı Kristal Polimerler

PEEK : Polyetheretherkelone
PE : Polietilen
PEI : Polyetherimid
PPO : Polifenilen Oksit
SAN : Stiren Akrilonitril
MEKP : Metil Etil Keton Peroksit
DMA : Dimetil Anilin
DEA : Dietilen Anilin
TBC : Tersiyer Bütil Katekol
PVA : Polivinil Alkol
LTT : Laminat Tabaka Teorisi
SEM : Sayısal Metotlar İse Sonlu Eleman Metoduna
NCF : Non Crimp Fabrics
PAN : Polarize Akrilik Lif Esaslı
BN : Bornitrür
HDPE : High Density Polyethylene
PTFE : Politetrafloretilen
PBO : Polyphenylenebcnzobisoxazolc
PBI : Polibenzimidazol
LOI : Modül Değerleri
PET : Polietilen Teraftalat
TS : Türk Standardı
ISO : International Standart Organizations
GA : Genel Amaçlı

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA

Şekil I.1 İlk Örme Makinesi 4

Şekil I.2 Çözgülü Örme Görünüşü 10

Şekil I.3 Atkılı Örme Görünüşü 10

Şekil I.4 Düz İlmek Görünüşü..... 11

Şekil I.5 Ters İlmek Görünüşü 11

Şekil I.6 İlmek Oluşum Aşamaları 12

Şekil I.7 Açık İlmek Yapısı 14

Şekil I.8 Kapalı İlmek Yapısı 14

Şekil I.9 Blok Halinde Çözgülü Örmede Kullanılan İğne Görünüşü..... 15

Şekil I.10 Kancalı Uçlu İğne 16

Şekil I.11 Esnek Uçlu İğne 17

Şekil I.12 Sürgülü (Bileşik) İğne 18

Şekil I.13 Blok Halinde Çözgülü Örmede Kullanılan Delikli Yatırım Elemanının Görünüşü 19

Şekil I.14 Tutucu Platin..... 19

Şekil I.15 Çözgülü Örme Makinesinde Sürgülü İğne Örme Bölgesi Görünüşü 20

Şekil I.16 İğneler Aşırtma Konumunda, Önceki İlmek Kursunun Tamamlanmasından Sonra İğne ve Diğer Örme Elemanları En Alçak Pozisyonda Bulunuyor. Tutucu Platinler İğneler Arasına Yerleştirilir ve Yeni İlmek Oluşturmak İçin Örme Elemanları Kademe Kademe Hareket Etmeye Başlarlar 21

Şekil I.17 İğneler Boşalma Pozisyonu Olan En Yüksek Pozisyona Çıkarlar. Kapatıcı Öğeler İğnelere Göre Daha Az Yükselirler Bundan Dolayı Kancalar Açılır. Kumaş Tutucu Platinlerle Kontrol Edilirler 21

Şekil I.18 İplik Rehberleri (Rehber Kollar) İğneler Arasından Üst Yatırımı Gerçekleştirmek İçin Kanca Bölgesine Sallanır 22

Şekil I.19 İplik Rehberleri Belirlenen Desene Göre Örneğin 1, 2 İğne Yana Doğru Hareket Ederek Alt Yatırım Gerçekleştirilir. Bundan Sonra İğneler Arasına Salınırlar. Bunun Sonucunda Alt Yatırım Gerçekleştirilir. Tutucu Platinler Geri Çekilmek İçin Hareket Eder 22

Şekil I.20 İğneler Alçalırlar Kapatıcı Öğeler İğnelere Göre Daha Yavaş Alçalırlar. Bundan Dolayı İğne Kancaları Kapatılır Yenice Sarılan İpliklerin Kanca İçerisinden Çıkması Engellenir. İplik Rehberleri Yana Yanal Hareket Ettirilir ve Alt Yatırım İçin Hareket Eder 23

Şekil I.21 İğneler En Alçak Pozisyon Olan Aşırma Pozisyonuna İner ve Bir Önceki İlmek İğne Sapından İğne Kancası Üzerinden Kayarlar. İğne Kancalarının İçindeki İlmekler Önceki İlmekle Bir Birine Bağlanır Böylece İlmeklerin Yeni Sırası Üretilir. Bu İlmek Oluşum Safhalarının Sonucunda Çözgülü Örme Kumaş Üretimi Gerçekleştirilmiş Olur 23

Şekil I.22 Desen Baklaları 24

Şekil I.23 Elektronik Kontrollü Desen Mekanizması 26

Şekil I.24 SU Sürücüsü 27

Şekil I.25 Franse Örgüsünün Teknik Çizimi 28

Şekil I.26 Triko Örgüsünün Teknik Çizimi 28

Şekil I.27 Tuch Örgüsünün Teknik Çizimi 29

Şekil I.28 Saten Örgüsünün Teknik Çizimi 29

Şekil I.29 Samt Örgüsünün Teknik Çizimi 30

Şekil I.30 Düşey Yönde Çözgü Yönünde Tek Eksenli Yapı 31

Şekil I.31 Yatay Yönde Atkı Yönünde Tek Eksenli Yapı 32

Şekil I.32 Yatay Yönde Atkı Eklenmiş Tek Eksenli Çözgülü Örme Yapı Görünüşü 32

Şekil I.33 Düşey (0^0) ve Yatay Yönde (90^0), Çözgü ve Atkı Yönünde İki Eksenli Yapı 33

Şekil I.34 Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılarda İki Eksenli Yapı ($+45^0$,-45^0) 33

Şekil I.35 Yatay Yönde Atkı Eklenmiş ve Düşey Yönde Çözgü Eklenmiş İki Eksenli Çözgülü Örme Yapı Görünüşü 34
Şekil I.36 (a) Dokuma Kumaştaki İplik Hareketi, (b) Yönlendirilmiş Çözgülü Örme Kumaştaki İplik Hareketi 35
Şekil I.37 Kullanılan Lif Türlerinden Bir Kaçının Görünüşü 35
Şekil I.38 Yatay Yönde Flament Atkı İpliği Eklenmiş Açık Yapılı Ağ Kumaş Görünüşü 35
Şekil I.39 İki Eksenli Bir Yapıya Yırtılma Gücü Uygulandığında Aldığı Form 36
Şekil I.40 Yatay Yönde Eklenmiş Atkı ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Üç Eksenli Yapı 36
Şekil I.41 Düşey Yönde Eklenmiş Çözgü ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Üç Eksenli Yapı 37
Şekil I.42 Düşey Yönde Eklenmiş Çözgü, Yatay Yönde Eklenmiş Atkı ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Çok Eksenli Yapı 37
Şekil I.43 Çok Eksenli Çözgülü Örme Yapının Şematik Görünüşü 38
Şekil I.44 Çok Eksenli Çözgülü Örme Yapıların Her Yönde Gösterdiği Boyut Stabilitesi 39
Şekil I.45 (a) Dokuma Kumaşa Diyagonal Yönde Kuvvet Uygulanmadan Önceki Hali, (b) Diyagonal Yönde Uygulandıktan Sonraki Hali 39
Şekil I.46 (a) Çok Eksenli Yapının Enine Kesiti, (b) Dokuma Yapının Enine Kesit Görünüşü 40
Şekil I.47 Dokuma Yapıda İplik Biçimi 40
Şekil I.48 Aykırı Yırtılma Güçlere Güçlendirmek İçin Bi-Axial Yapının Yeteneksizliği 41
Şekil I.49 Çok Eksenli Yapı 41
Şekil I.50 Çok Eksenli Yapının İlmek Oluşumu 42
Şekil I.51 Aykırı Yırtılma Güçleri Kuvvetlendirmek İçin Diyagonal İplik Takımının Becerisi 42
Şekil I.52 Yırtık Olur İken Kumaşa Yırtılma Güçler Uygulanmıştır 43
Şekil I.53 Açılı Çok Eksenli (Multi-Axial) İpliklerin Makine Üzerindeki Yatırımı 44

Şekil I.54 Liba Marka Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi 44
Şekil I.55 Karl Mayer Marka Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi 45
Şekil I.56 Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi Örme Bölgesi 45
Şekil I.57 Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Yatırılacak İpliklerin Beslenmesi 45
Şekil I.58 Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Kumaş Sarma 46
Şekil I.59 Atkı Ekleme Sistemleri 47
Şekil I.60 Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Açılı Yönlendirilmiş İpliklerin Katman Katman Serilmesi 48
Şekil II.1 Teknik Tekstil Materyalleri, Prosesleri ve Ürünleri. PES= Poliester, PA= Poliamid, PAN= Poliakrilnitril 64
Şekil II.2 Esnek Mühendislik Materyallerinin Faaliyet Alanı 65
Şekil IV.1 Lif Etrafındaki İnterfazın Gösterimi; Bir Tabaka (veya Reçine Emdirilmiş, Normal Olarak 0,125 Mm. Kalınlığında Bir Levha) ve Farklı Oryantasyonlardaki Tabakaların Laminant Oluşturmak Üzere İstiflenmesi 141
Şekil IV.2 Matris Çatlakları ve Bununla İlgili Delaminasyon Şeklindeki Zararı Gösteren 8 Harnişli Dokuma Laminat'ın Optik Mikron Grafiği. Laminant Parlatılmış Ucundan Görüntülenmektedir 145
Şekil IV.3 2x2 Desenli İki- Boyutlu Şerit Takviye Malzemesi 148
Şekil IV.4 a) Atkılı Örme ve b) Çözgülü Örme Takviyelerinin Şematik Olarak Gösterimi 151
Şekil IV.5 Dört - Eksenli Kıvrımsız Kumaşın Şematik Olarak Gösterimi 155
Şekil VI.1 El Yatırma Metodunun Aşamaları 167
Şekil VI.2 El Yatırma Metoduyla Yapılmış Cam Lifi Takviyeli Malzemelere Örnek 169
Şekil VI.3 Basınç Torba Kalıplama 170
Şekil VI.4 Vakum Torba Kalıplama 171
Şekil VI.5 Püskürtme Yöntemi 172
Şekil VI.6 Püskürtme Tabancası 172

Şekil VI.7 (a) Elyaf sarma Makinesi [17], (b) Elyaf Sarma Makinesi Kesit Görünüşü 173
Şekil VI.8 a) Islak Helisel Sarma (b) Planet(Kutupsal) Sarma 174
Şekil VI.9 Santrifüj Kalıplama 175
Şekil VI.10 Pultruzyon Kalıplama Yöntemi 176
Şekil VI.11 Kuru Pultrüzyon Yöntemi 177
Şekil VI.12 Preste Kalıplama Metodu..... 178
Şekil VI.13 Enjeksiyonlu Kalıplama Makinesi. (1) Kalıp Ayırma-Kapama Ünitesi, (2) Açılan Kalıp, (3) Kalıp Boşluğu, (4) Kapama Valfı Nozül, (5) Silindir Ve Vida (Helezon), (6) Besleme Hunisi, (7) Enjeksiyon Pistonu, (8) Vida Tahrik Motoru, (9) Silindir Ünitesini Hareket Ettiren piston..... 180
Şekil VII.1 Q 642 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 184
Şekil VII.2 X 936 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 185
Şekil VII.3 XL 1340 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 185
Şekil VII.4 LT 472 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 185
Şekil VII.5 V 90255 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 185
Şekil VII.6 V 90541 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü 186
Şekil VII.7 Shore Sertlik Tayini Ölçüm Cihazı 188
Şekil VII.8 Rockwell Sertlik Tayini Ölçüm Cihazı 189
Şekil VII.9 İzod Darbe Mukavemeti Tayini Ölçüm Cihazı 189
Şekil VIII.1 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 193
Şekil VIII.2 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 195
Şekil VIII.3 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 197
Şekil VIII.4 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 199
Şekil VIII.5 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 201
Şekil VIII.6 1. İZOD Darbe Sonrası Kırılan (a) X936, (b) V90255, (c) V90541 Kod Numaralı Numunenin Kırılma Noktası Resmi 201
Şekil VIII.7 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri 203
Şekil VIII.8 2. İZOD Darbe Sonrası Kırılan (a) LT472, (b) XL1340, (c) Q642 Kod Numaralı Numunenin Kırılma Noktası Resmi 203

TABLO LİSTESİ

SAYFA

Tablo II.1 Teknik Lif İşletme Tüketiminin Karşılaştırmalı Seviyeleri 57

Tablo II.2 Ürün Tipine Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimleri, 2000 -2005 74

Tablo II.3 Uygulama Alanlarına Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimi 2000-2005 75

Tablo II.4 Coğrafi Bölgeler Bakımından Teknik Tekstillerin Dünyadaki Tüketimleri, 2000 – 2005 86

Tablo III.1 Kompozit Yapıların Kullanım Yerleri 93

Tablo III.2 Glikol ve Asitlerin Kullanım Yerlerinde Sağladıkları Katkılar 104

Tablo III.3 Farklı Polyester Türleri Karşılaştırması 107

Tablo IV.1 Kompozit Malzemeler İçin Geliştirilen Tekstil Teknikleri 140

Tablo V.1 Filament İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması 163

Tablo V.2 Yüksek Performanslı Lifler 164

Tablo VII.1 Testlerde Kullanılan Metyx (Telateks) Firmasının Ürettiği Kumaşların Teknik Özellikleri 183

Tablo VII.2 Testlerde Kullanılan Saertex Firmasının Ürettiği Kumaşların Teknik Özellikleri 184

Tablo VII.3 Polyester Reçine Özellikleri 187

Tablo VII.4 Üretilen Kompozit Yapıların Teknik Özellikleri 187

Tablo VIII.1 E-Cam Lifi Mukavemet ve Uzama Değerleri 191

Tablo VIII.2 AR-Cam Lifi Mukavemet ve Uzama Değerleri 191

Tablo VIII.3 Üretilen Yapıların Gramajı, Kalınlığı ve Lif-Reçine Oranı 192

Tablo VIII.4 1. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler 192

Tablo VIII.5 2. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler 194

Tablo VIII.6 1. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler 196
Tablo VIII.7 2. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler 198
Tablo VIII.8 1. Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları 200
Tablo VIII.9 2. Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları 202

GRAFİK LİSTESİ

SAYFA

Grafik III.1 2003 Yılı K. AMERİKA CTP Pazarı Sektörel Dağılımı 91

Grafik III.2 2003 Yılı Cam Takviyeli Plastiklerin Türkiye Sektörel Dağılımı 92

Grafik IV.1 Çeşitli takviye yapılan için tahmin edilen E_x ve E_y modülleri : ± □açısında katlı (□ = O dan ± 45 - 90), çok katlı (0/9), sekiz harnişli saten ve düz dokuma, üç eksenli dokuma kumaş, şerit örme (□ = 35 °- 15°) çok eksenli çözgülü örme. Lif hacimsel oranı %60 olacak şekilde hepsi için aynı 144

Grafik V.1 Liflerin Belirli Sınırlar İçindeki Kuvvet/Uzama Değerleri 160

Grafik VIII.1 1. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği 193

Grafik VIII.2 2. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği 195

Grafik VIII.3 1. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının 197

Grafik VIII.4 2. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği 199

Grafik VIII.5 1. Grup Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Testi Sonuçlarının Grafiği 201

Grafik VIII.6 2. Grup Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Testi Sonuçlarının Grafiği 203

BÖLÜM I

GİRİŞ VE LİTERATÜR ÖZETLERİ

I.1. GİRİŞ

Kompozit malzemelerin kullanımı gittikçe artış göstermektedir. Çeşitli kompozit malzeme üretim yöntemleri vardır. Bu yöntemlerden biride çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ile güçlendirilerek elde edilen kompozit yapılardır. Bu yöntemle üretilen yapıların üretimi yeni yeni kullanılmaya başlanmıştır. Üretilen bu yapılar kendilerine alternatif diğer yapıların yerini almaktadır.

Kompozit yapılardan istenen özellikler belli sertlikte olması, belli bir kuvvet karşısında kuvveti absorblayıp yapıya en az hasarın gelmesi sağlayabilmesi ve yapı üzerine uygulanan basınç karşısında yapının dayanıklılığı gibi temel niteliklerinin istenen değerlerde olması gerekmektedir. Kompozit güçlendirilmesinde kullanılan tekstil yapısının ve kullanılan reçinenin özellikleri de kompozitin özelliklerini etkilemektedir. Biz bu çalışmada elyaf olarak cam ve karbon elyafları, reçine olarak doymamış isoftalik polyester kullanılmıştır. Doymamış isoftalik polyester kullanılmasının piyasadaki sebebi ilk öncelikte istenen özellikleri karşılaması bunun yanında ucuz olması da ana etkendir. Elyaf olarak çok miktar da E-cam kullanılmıştır. E-cam kullanılmasının piyasadaki sebebi ilk öncelikte istenen özellikleri karşılaması bunun yanında ucuz olması da ana etkendir.

Güçlendirmede kullanılan çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar makine üreticisi olan Karl Mayer ve Liba firmaları tarafından üretilen makineler de üretildi. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ile üretilen kompozit yapılar diğer kompozit üretim yöntemlerine göre daha iyi özelliklere sahiptir. Bu yapılar dokuma kumaşlardaki gibi kuvvetlere sadece iki yönde dayanımlı değildir. Bu

yapılar içerisine belirlenen sayıda yerleştirilen flament doğrultusunda kuvvetlere karşı koyarlar. Bizim üretimimizde kullanılan numuneler kuvvetler dört yönde karşı koyabilir. Diğer avantajlarından bahsedecek olursak yapıların güçlendirilmesi tekstil lifleri ile yapıldığından dolayı alternatif yapılardan daha hafiflerdir. Hafif olmasına rağmen istenen özellikleri sağlamaktadır. Maliyet olarak alternatif yapılardan daha ucuzdurlar.

Bu konu üzerine dünya çapında yapılmış kapsamlı çalışmalar mevcuttur. Bu konu hakkında yapılmış çalışmalar hakkında **Bölüm I'** in son kısmında bahsedilmiştir. Bizim bu çalışmayı yapmadaki amacımız Türkiye de üretimi kısıtlı olan ve bu konuda Türkiye de hali hazırda yapılmış bilimsel çalışmanın olmaması sebebiyle bu konu üzerine eğilmeyi düşündük. Yapmış olduğumuz çalışmanın bilime katkısı olmasının yanında yapmış olduğumuz çalışmanın piyasaya katkısının da olmasını amaçladık. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşlarla güçlendirilmiş kompozit yapıların Türkiye deki kullanımı oldukça kısıtlıdır. Yapılan çalışma ile bu yapıların özelliklerinin incelenip avantajlarını göz önüne çıkarmak ve Türkiye deki kullanımını ve üretimini yaygınlaştırmak.

I.2. ÖRMECİLİĞİN TANIMI

Örmecilik bilimsel bir tanımla "Tek veya grup ipliklerin iğne ve yardıma elemanları sayesinde temel örgü haline getirilip, bunların enine ve boyuna bağlanması sonucunda elde edilen tekstil yüzeyidir." **[1].**

Örme, Latince "triko", Almanca "Strick ve Wirk", İngilizce "knitting", Fransızca "maille" terimleri ile dünyada tanınmakta ve kullanılmaktadır **[1].**

İpliklerin tek başına yada topluca çözgüler halinde örücü iğne ve yardımcı elemanlar vasıtasıyla ilmekler haline getirilmesi, bunlar arasında da yan yana ve boylamasına bağlantılar oluşturulması ile bir tekstil yüzeyi elde etme işlemine örmecilik adı verilir. Örme kumaşlar, kullanılan iplik özellikleri, uygulama yapılan makine özellikleri olarak diğer kumaş elde etme yöntemlerine ve malzemelerine göre boyut stabilitesi yönünden daha esnek, daha elastik, daha yumuşak ve daha dolgun bir yapı gösterirler **[2].**

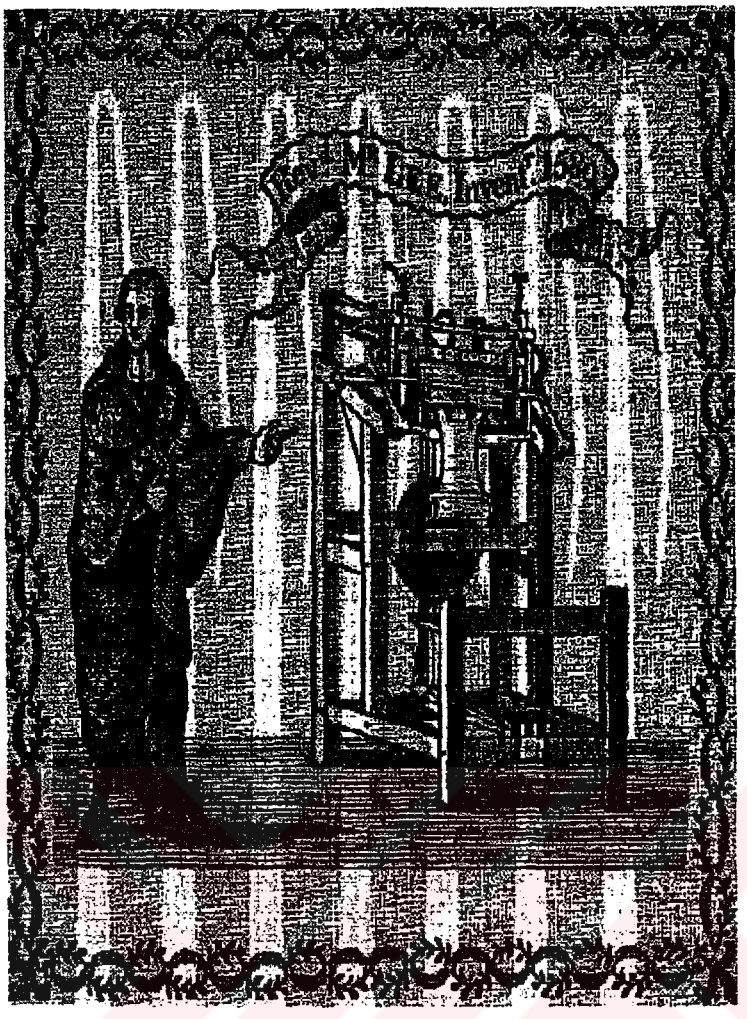
Örme yüzeyi; İlmek oluşturma, ilmeğin örme iğnesine takılması, yeni ilmeğin önceki ilmek içinden çekilmesi ve önceki ilmeğin, yeni oluşan ilmek üzerinden aşırılması sonucu meydana gelir **[2].**

Örme kumaşlar; İlmek oluşum şekline veya kullanım amacına göre sınıflandırılabilir. İlmek oluşum şekline göre atkılı örmecilik ve çözgülü örmecilik olmak üzere iki grupta incelenir [2].

I.2.1. Örmeciliğin Tarihi Gelişimi

Örme işleminin, dolayısı ile örme yapılarının ortaya çıkışının, insanlığın ilk ilkel teknik uğraşıları ile çağdaş kökenli olduğu kabul edilmektedir. Kronolojik bir kaynakta örme dokusunun M.Ö. 5.-6. Y.Y. arasında, Orta Asya Türkleri ile Mısırlılar tarafından aynı zamanlarda ortaya çıkarıldığı belirtilmekte olup; Ayrıca örücü ilk malzemelerin bugün hala kullanılan basit şiş, mil, tığ adlarıyla tanıdığımız elemanlar olduğu ortaya çıkmıştır [1].

Örmeden yapılmış giyim eşyalarının geçmişi oldukça eskiye dayanmaktadır. Örgünden yapılmış giyim eşyalarının geçmişine baktığımızda, Almanya'nın Frankfurt kentindeki eski kayıtlarda 1365 yılında "Örgücü Katherine" adlı bir kadının ve 1484 yılında "Örgücü Hans" adlı bir erkeğin adlarına rastlanmaktadır. 1475-1524 yılları arasında aynı kentte örücülerden "Haubenstricker" olarak söz edilmektedir [1].



Şekil I.1 : İlk Örme Makinesi [6].

Örgü makinesi 1589' da İngiltere'de Nottingham yakınındaki Culverton köyünün papazı olan William Lee tarafından bulunmuştur. Çalışma prensibi dokuma tezgahına oranla daha karmaşık olan bu makine pedal ve kasnakla çalışıyordu ve dakikada 600 ilmek atarak o zamanların şartlarında şaşırtıcı bir hızla örüyordu. Makinenin her bir ilmek için ayrı bir iğnesi vardı ve başlangıçta yalnızca düz yüzeyler üretebiliyordu, Örülen yüzeylerin kenarlarının dikilmesi ile çorap elde ediliyordu. Zamanla Lee, belirli biçimde parçaların örülebilmesine olanak sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Örme işleminin belirli bir basamağında tezgahtaki belirli kancalar çekilerek işlem dışı bırakılıyordu. Bununla birlikte makine tam otomatik değildi ve makineyi kullanan hem makineye gerekli gücü sağlıyordu hem de makinenin çeşitli bölümlerinin hareketini koordine ediyordu. Örgü makinesi, 1765 yılında otomatik çalışır biçime getirilen kurdele makinesi ile günümüzde çok daha karmaşık işlemleri yapan dokuma makinelerinin yapımında Önemli bir adımdır.

Yuvarlak örme makineleri 1840' da kullanılmaya başlanmıştır ve 1880' de dikiş kapama makinesinin de kullanıma girmesi ile seri bir biçimde çorap üretimi sağlanmıştır **[2].**

İkinci dünya savaşından sonra mekanik ve elektronik sanayindeki gelişmelerle birlikte, örme sektöründe de gelişmeler yaşanmaya başlanmıştır. 1946' dan sonra yuvarlak örme makinelerinde üretim performansı ve ürün çeşitliliğini arttırıcı gelişmeler yaşandı. Eski dişli sistemli iplik besleme ünitelerinin yerini daha hassas besleme sistemleri almıştır. Böylece daha hassas kumaşların üretimi gerçekleştirilmiştir.

1963 yılında Morat firması ilk film kontrollü elektronik iğne seçim mekanizmasını tanıtarak seri üretime geçmiştir. 1987 yılında Mayer&Cie firması, iğnenin hareket miktarını azaltarak üretim artışı sağlayan Relanit tekniğini kullanan makinelerin üretimine başlanmıştır.

80' li yılların sonundan itibaren örme sektöründe elektroniğin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. ITMA 91 de sergilenen tüm makineler bilgisayar kontrollüdür. Ayrıca düz örme makinelerinde konfeksiyon işlemini ve fireyi minimuma indirici yenilik olarak biçimli kumaş (Fully Fashion) üreten makineler sergilenmiştir. ITMA 95 fuarında örgü tekniği ve desen hazırlama ünitelerinde büyük gelişmeler gözlenmiştir. Japon Tsudokama firması ilk kafasız düz örme makinesini sergilemiştir. Ayrıca ilk defa dört plakalı düz örme makineleri sergilenmiştir. Bu sayede reglanlı ve komple kazak üretimi daha kolaylıkla gerçekleştirilebilmiştir. ITMA 99' da ise daha çok CAD ünitelerinde yenilikler gözlenmiştir. Ayrıca üretim hızlarında artış sağlanmaya yönelik yenilikler getirilmiştir.

Çözgülü örmecilik, elde yapılan tığ işi örmenin mekanik karşılığıdır ve 1589' da Reverend William Lee tarafından atkılı örme makinesinin bulunuşundan sonra, Lee'nin bulduğu örme sistemine çözgü iplik kılavuz raylarının eklenmesi neredeyse 200 yılı almıştır. Bu süreçte çözgülü örmecilik elle yapılan bir işlem olarak devam ettirilmiştir **[3].**

Çözgülü örme makinesinin bulunuşu 1775 yılında Derbyshire da Crane of Ilkeston tarafından yapıldı. Crane of Ilkeston çözgü rehberlerini el makinesine uyguladı ve böylece William Lee'nin icadını yeniden geliştirerek uygulamış oldu **[3].**

Çözgülü örme endüstrisinin gelişimine imkan sağlayan önemli icatlara burada çok kısa yer ayırarak özetlemek çok zordur. Ama bazıları gerçekten dikkate değer icatlardır. Bunlardan ilki, 1785 yılında Tarrot of Nottingham' ın buluşuydu. Tarrot bir grup platini ve ayak pedalını kullanmak için ve rehber raya git-gel hareketini kazandırmak için normalde sürüşe bitişik olan platin başlığını sadeleştirdi **[3].**

1797 yılında, Nottighamshire' de Barber of Bilborough hareketli iğne çubuğunun icadı için patent aldı. Bu kendi içinde ilginç bir patenti çünkü atkı yerleştirme eldeki çözgülü örme makinesindeki standart bir işleme denk düşüyordu. Bu patent üreticinin ilmek havı ile ilgiliydi ve halıları da kapsardı. Ayrıca Derby Rib makinesinin Barber' ın icadına uygulanmasıyla çift iğne barlı makine meydana gelmiş bulunuyordu. Bu yüzden atkı yerleştirme Brown' ın 1804 yılındaki icadına katkı sağlayan çift rehber rayın kullanımından önce tanındı ve kullanılmaya başlandı.

Dawson' ın 1791' de icat ettiği çark bu günkü desen silindirine denk düşmektedir ve ilk çözgülü dantel makinesi 1975 yılında bulunmuştur. 1807' de, S. Orgill, dönen bir milden hareket alan; 72 inch genişliğinde ve dakikada 30 ilmek sırası ören çözgülü örme makinesini tanıttı. Böylece iki makine birleştirilerek bir kişi tarafından kontrol edilmek suretiyle bir arada işletildi. Bundan önce, bir kişi 44 inch genişliğinde, yaklaşık 10 cpm' de bir makineyi kontrol ederdi. 1830'larda Whitely, tafta üretimi için, bu günlerde milano diye bildiğimiz bir makine üretti

1839' da, Draper tarafından, birer birer rehber kontrollü bir jakar makinesi üretildi ve ilk sürgülü iğneli, çift iğne barlı makine 1859' da üretildi. İkincisi o zamanlarda Almanya'da "Fang Kettenstuhl Rachel Machine" ve İngiltere'de Polka makinesi ya da çift tezgah olarak biliniyordu.

Çözgülü örme ticaretinin bu noktaya kadarki gelişiminde, makineden üretim çok ve değişkendi. Açık iş (openwork) yapıları düz ağları, kurdeleleri, şeritleri, çözgülü dantelleri, kadife havını, yünlü kıyafetleri, elastik şapka bantlarını ve eldiven kumaşlarını içine alıyordu. Çözgülü örmecilik 19. yüzyılın sonlarına doğru oldukça önem kazandı, basit kalın el koruyuculardan (ki bunlar elleri sıcak tutmaktaydı), modaya uygun gece kıyafetleri için hazırlanmış jakar desenli uzun eldivenlere kadar değişik tip ve ölçülerde üretildiler **[3].**

20. yüzyılın başlarında, 1915' te Preston tarafından çift yüzlü eldiven kumaşı üretimi için Simplex makinesi ve kontinü filament iplikleri sunuldu. Ardından 28 npi' lik Trikot makinesinde bir standart haline gelen iyi ölçülü makinelerin kullanımı ve dikey iğne barlı hızlı çözgü tezgahları veya atlas tezgahlarının icadı ve makinelerin hızının dakikada 200-300 kurs arasındaki artışı diğer önemli gelişmeler olarak sayılabilir **[3].**

Çoğunlukla asetat olan kontinü filament materyalleri, hem iç giyim hem de dış giyim için yeni hafif kumaşların üretimine öncülük etti. Yalnız, bu materyaller iyi ölçülü makineler için yeterli oranda üretilemediğinden ve "sanatsal-ipek"in yeni modaya uygun ince, düzgün örülmesi ile mücadele edemediğinden pamuk, yün ve lifli ipliklerdeki kullanımı bir felaket etkisi yaratıyordu.

1930' ların sonunda çözgülü örme endüstrisinin geleceğine önemli öcüde katkıda bulunan iki gelişme yaşandı. Birincisi, ipliğin geliştirilmesi; ikincisi ise makinenin geliştirilmesiydi. İplik gelişimi ABD' deki DuPont' un Naylon' u, yani termo-plastiğin Özel niteliklerine sahip mukavemetli ve daha önce hiç görülmediği kadar elastiki özelliğe sahip ilk sentetik ipliği üretmesiyle gerçekleşti. Sentetiğin icadı tamamen özel niteliklere sahip yeni materyaller olan polyester, poliüretan, poliakrilonitrilin geliştirilmesine ve termo plastik özelliklerin kullanımını sağlayan hacimli ve tekstüre ipliklerin gelişimine imkan sağladı.

O dönemlerin ikinci büyük gelişmesi 1000 cpm' li üretim hızına sahip F.N.F. çözgülü örme makinesinin icadıydı. Bu icat eksantrikleri pozitif-boşaltma kullanan orta sürücü olarak birleştiriyordu ve makine parçalarının dinamik ve statik olaylara sahip olmasının yanında çok daha doğru mühendislik standartlarına sahipti. Bu iki temel gelişmenin önemi, 2. Dünya Savaşının sonrasına ve savaş sonrası ticaret patlamasındaki teknik endüstriyel gelişmelere kadar pek dikkat çekmedi.

1945' ten 1968' e kadar geçen sürede iç giyim, dış giyim, araba koltuk kılıfları, raşel danteli, yatak örtüleri, özenli hazırlanmış perdeler, masa örtüleri, talebe uygun bakımı kolay kumaşlarda yeni termo plastik ipliklerin kullanımıyla birlikte ve kesiksiz yeni ipliklerin kullanımıyla çözgülü örme ticaretinin gelişiminde eşi olmayan bir dönem yaşandı **[3].**

1970' li yılların ortalarında trikot sanayi naylon bluz ve çarşafların satışındaki düşüşe paralel olarak bir gerileme yaşamıştır. Tekstüre polyesterin çift plaka atkı örme makinelerinde yaygın olarak kullanılmaya başlamasının da bunda önemli bir rolü vardır. Modada ki değişim ile bluzluk yatak çarşaflık olarak polyester/pamuk

dokuma kumaşların tercih edilmesi de sektörün gerilemesinde ki diğer bir etkendir. İki önemli çözgülü örme makine imalatçısı Karl Mayer ve Liba (Batı Almanya), söz konusu ticaret kaybını ortadan kaldırmak için makinelerini geliştirmek yönünde aktif olarak çalışmışlardır. Bileşik (sürgülü) iğneler hem trikot hem de raşel makinelerde yaygın olarak kullanılan iğne tipidir ve ev tekstilleri ve teknik tekstiller üretmek üzere çözgülü örme makinelerinin pek çok değişik versiyonu piyasada mevcuttur. Çözgülü örmecilikte yaşanan en önemli gelişmelerden biri, kesikli liflerden mamul ipliklerin çok geniş bir aralıkta yer alan ürünlerin imali için ticari alanda kullanılabilmesidir. Çözgülü örme kumaş yapıların kompozit malzemelerin işlenmesinde kullanımına ilişkin şimdiki ve gelecekteki potansiyel Anand tarafından incelenmiştir **[4]**.

Son 30 yıl içerisinde çözgülü örme yapıların kullanım miktarı teknik tekstil yapılarda oldukça fazla bir artış göstermiştir. Tekstil yapılarının teknik uygulama alanlarında kullanılması yapılacak yapıdan istenen özellikleri daha iyi sağlamasın dan dolayı oldukça yaygınlaşmıştır. Teknik tekstillerin üretim yöntemi olarak farklı yöntemler vardır bunlardan bir tanesi de çözgülü örme yöntemidir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar ile çözgülü örme teknik tekstil yapıların kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Tabi ki yapı üretim tekniğinin yanı sıra buna paralel olarak kullanılan hammaddelerdeki gelişmeler göz ardı edilemez **[4]**.

Çözgülü örme teknik tekstil sektörünün pazarını jeo tekstiller, otomotiv, tıp, inşaat, kompozitler, vb. gibi teknik tekstil alanları oluşturmaktadır.
Belki de, geçilen on yılın en önemli gelişmesi, makine kontrolü ve bilgisayar yardımlı desenler için bilgisayarların kullanımıydı **[3]**.

Bilgisayarlı kontrolün gelişimi, bubble hafıza ile birlikte ticari açıdan uygulanabilir hale dönüştü. Bu saklama yeteneğine sahip hafif ağırlıktaki ve verimli bilgisayarlar, maksimum miktardaki bilgiyi sınırlı zamanda (mekanda) tutabiliyordu. Herhangi bir güç kaybı bilgileri kaybetmeyecek ve fabrikada çalışma durumunu yeterince sağlam bir şekilde yönlendirecekti. Çok az sayıda "plaka" üzerinde çalıştığı için çok az yere ihtiyaç duyacaktı. Sanatın şuan ki durumunda, bilgisayar kontrolü için 6 konum dikkat çekmiştir. (1) Jakar Kontrolü, (2) Kılavuz Barı Kontrolü, (3) Desen Hazırlama, (4) Çözgü Boşaltma, (5) Kumaş Çıkışı, (6) Atkı Besleme **[3]**.

Bilgisayarların jakar makinelerine uygulanması, bilgisayarla kayış ipi arasında bir arabirim oluşturmada. tel işinin (wirework) bir elektro mıknatıs serisiyle yer değiştirilmesi için gerekli bir hususu. Eğer mıknatısa enerji verilirse özel bir ip kalkar, verilmezse desenlendirme için kılavuz yön-değişimine etki etmek için düşük seviyede kalır. Bu teknikle jakar makinelerinin hızını yüzde 30-40 arasında artırmak mümkündür **[3].**

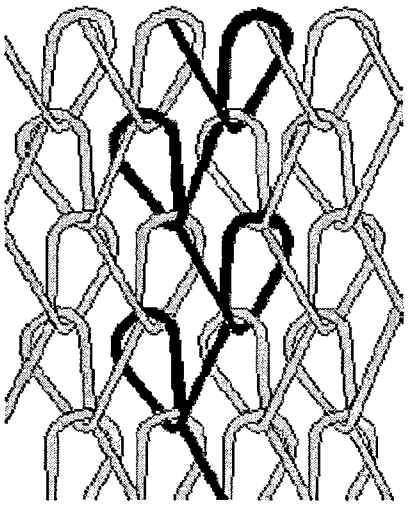
Elektronik jakar kontrolü uygulaması yüksek ticari bir hız gösterirken desen zincirinin kılavuz barı hareketi için yerleştirilmesi daha şaşırtıcı bir yenilikti. Bu yerine koyulan/yerleştirilen zincir bağlantıları maliyetli ve hazırlık aşamasında çok fazla zaman öldürücüydü. Gelişme ilk olarak zincir oluşturma sorunlarının en fazla görüldüğü Multi-bar raşel makinelerinde gerçekleşti. Ama şu an bu gelişmeler trikot makinelerinde de mevcuttur. Bubble belleğin icadından sonra, kılavuz çubuğu kontrolünün bilgisayarla yapılabilmesinin yaygınlaşması ve bilgisayar kılavuz çubuğu arasında dahice bir arabirim'in bu başarıya etki sağlamak amacıyla geliştirilmesi sağlandı **[3].**

Diğer bir deyişle zincir bağlantılarının ortadan kalkması şu avantajları sağladı; Ana maliyetin korunması. zincir oluşturma maliyetinin ortadan kalkması, zincir bağlantılarının sökülmesi. yıkanması, ayrılması; desen değişimi için makine bitirme süresinin azaltılması, böylece küçük komutları yapma yeteneğiyle birlikte daha yüksek makine verimliliği, VDU ile daha kolay desen düzeltilmesi ve model depolama maliyetinin düşmesi anlamına da gelir **[3].**

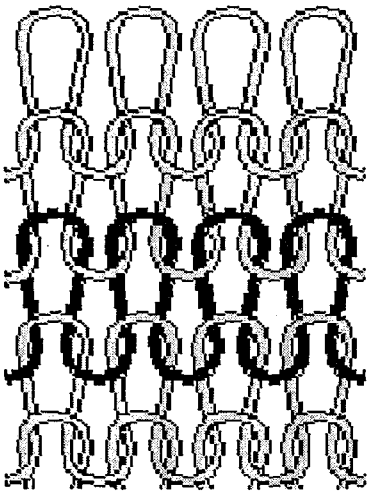
I.3. ÖRMECİLİĞİN SINIFLANDIRILMASI

Örme kumaşlar ipliklere formunun kazandırılması ve her ilmeğin bir önceki ilmeğe bağlanması için ; Bir ilmeğin diğer bir ilmek içinden geçirilmesi yöntemiyle elde edilir. Örme kumaşlar elde etme yöntemlerine göre ikiye ayrılır. Bunlar ;

- Atkılı örmecilik
- Çözgülü örmecilik **[6].**



Şekil I.2 : Çözgülü Örme Görünüşü [7].



Şekil I.3 : Atkılı Örme Görünüşü [7].

I.3.1. Atkılı Örmecilik

Tek bir iplik kullanarak ve bu ipliği teker teker hareket eden bütün iğnelerde, tek tek işleme sokarak yan yana oluşan ilmeklerin kumaş boyunca birbirlerine bağlanmaları ile elde edilen örme yüzeyidir. Atkılı örme sistemleri yuvarlak ve düz olmak üzere iki adettir. Yuvarlak ve düz şeklinde isimlendirilmesinin sebebi; Atkılı örme makine 1 devrindeki iğneleri üzerinde taşıyan iğne plakalarının şekillerinden dolayıdır. Yuvarlak atkılı örmede iğne plakaları dairesel şekildedir. Yuvarlak örme makinelerinde kullanılan iğne plakalarının birinin şekli silindirik diğeri ise daireseldir. Dairesel iğne plakası silindirik iğne plakasının üzerinde 90°'lik açıyla yerleştirilmiştir. Düz atkılı örme makinelerinde ise iğne plakaları düz bir şekildedir ve her iki plaka birbirlerine göre 100°'lik açıyla karşılıklı olarak yerleştirilirler. Atkılı örme kumaşlar kolaylıkla sökülebilirler. Bu kumaşlar genellikle giyim eşyası üretiminde kullanılırlar [2].

I.3.1.1. Atkılı Örme Sisteminde Temel Hareketler

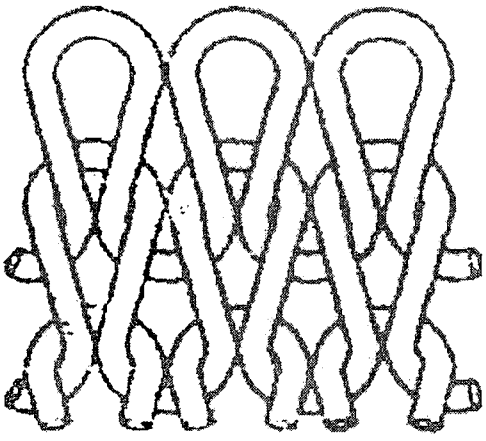
Bir atkı örme yüzeyinin (dokusunun) oluşabilmesi için, ipliğe iğne yardımıyla iğnenin hareketine göre verilebilen şekiller üç tanedir. Bunlar; İlmek, askı, atlamadır. En önemlisi ve esas örgü bağlantısını sağlayan ise ilmektir. İlmeksiz bir örme dokusu oluşturmakta mümkün değildir. Diğer askı ve atlama iplik hareket şekilleri ise yalnız başına bir doku oluşturamadıklarından. ancak ilmek ile birlikte yapılarak örgünün yapısına ve yüzeyine, görünüm, şekil, stabilite ve tutum değişikliklerine etki eder [2].

Askı ve atlama hareketi ilmek hareketi ile desteklenerek ve belirli oranlarda kullanılarak desenli bir kumaş yapısı elde edilir. Elde edilen kumaşlarda askı ve atlama hareketlerinin kullanım fazlalığı kumaşın mukavemetini olumsuz yönde etkileyen bir unsurdur **[2].**

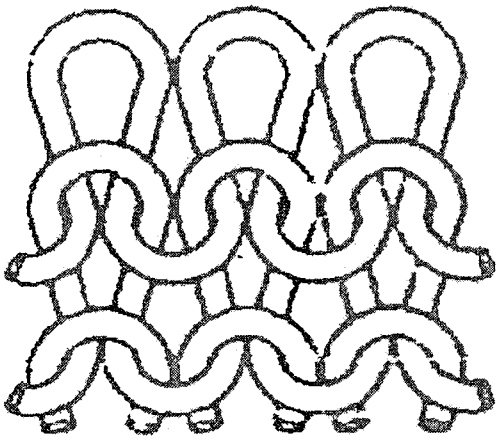
Tek bir ilmek, örgünün yani dokunun en küçük ünitesidir. Diğer ilmekler ile bağlantı yapmadan bir doku meydana getirmesi de söz konusu değildir. İlmeğin altta ki ve üstteki diğer ilmekler ile bağlantısında ayak ve baş kısımlarında dörder yerde olmak üzere sekiz bağlantı yeri vardır **[2].**

İki çeşit ilmek görünümü vardır. Bunlar: Düz ilmek ve ters ilmek görünümleridir. Düz ilmekte kumaş yüzeyinde ilmeklerin sadece gövde kısımları görülür, baş ve ayak kısımları ise kumaşın diğer tarafında kaldığı için görünmez, Ters ilmekte ise kumaş yüzeyinde ilmeklerin sadece baş ve ayak kısımları görülür, gövde kısmı ise kumaşın diğer tarafında kalır. Dolayısıyla kumaş yüzeyinde düz ilmek görünümü olan yerin arkasındaki görünüm ters ilmek, ters ilmek görünümü olan kumaşın diğer tarafında düz ilmek şeklinde görünür. Atkılı örmecilikte kumaşların teknik ön ve teknik arka yüzlerini bu ilmek görünümlerinden faydalanılarak aşağıda ki şekillerde bulabiliriz **[2].**

Kumaşta düz ilmeklerin en fazla görüldüğü kısım kumaşın teknik ön yüzü, ters ilmeklerin en fazla görüldüğü kısım ise kumaşın teknik arka yüzü olarak kabul edilir. Teknik ön ve teknik arka olarak isimlendirilme nedeni ise, bir atkılı örme kumaşın teknik arka yüzeyi kumaşın ön yüzü olarak kabul edilip konfeksiyonu buna göre yapılabilmektedir. Bu nedenden dolayı teknik ön ve teknik arka yüz terimleri kullanılmaktadır **[2].**



Şekil I.4: Düz İlmek Görünüşü[2].

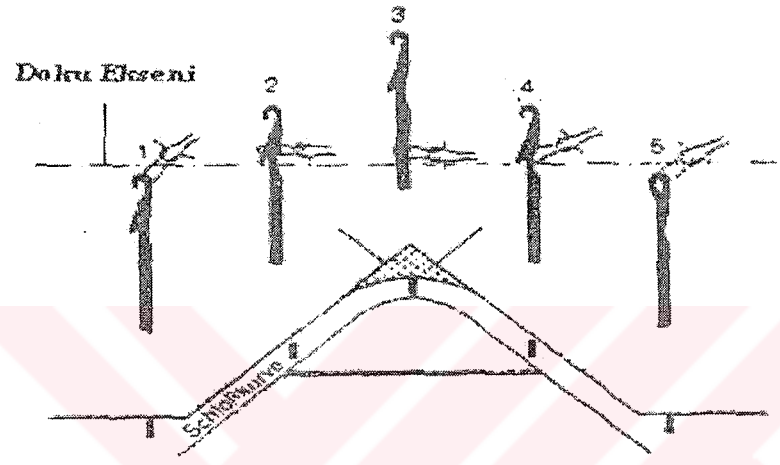


Şekil I.5 : Ters İlmek Görünüşü[2].

Örgüde kumaş enince yan yana dizili bulunan ilmek sırasına 'ilmek satırı' ve aynı iğnenin örmüş olduğu ve kumaş boyunca iç içe geçmiş ilmeklere ilmek sütun' u denir **[2].**

I.3.1.1.1. İlmek

İlmek şekli iğnenin tam hareket etmesi ile elde edilir. İğne çeliklerden aldığı hareketle en üst noktaya çıkar ve yeni bir iplik alarak iğne gövdesine düşen ilmeğin içinden geçirerek yeni bir ilmek oluşturulur **[2].**



Şekil I.6 : İlmek Oluşum Aşamaları [2].

İlmek oluşum aşamaları: **Şekil I.6** da bir ilmeğin oluşum aşamaları gösterilmektedir. Bu aşamalar **[2]:**

İlk aşamada iğnenin ağzında bir tane ilmek bulunmaktadır(l). Çelikten aldığı hareketle iğne yukarı doğru hareket etmeye başlar ve iğnenin ağzındaki ilmek sabit durduğu için iğnenin dilinin üzerine gelerek dili açar(2). İğne en üst noktaya ulaştığında ilmek iğnenin dil kısmından kurtulup gövde kısmına düşer(3). Bu pozisyonda mekik yeni bir ipliği iğnenin ağzına besler ve iğne çelikten aldığı hareketle aşağı doğru inmeye başlar(4). İğnenin gövdesinde bulunan ilmek iğnenin dil kısmının altına girerek dili kapatır ve yeni beslenen iplik iğnenin ağzında kapalı kalır. İğne hareketini tamamlayarak en alt noktaya ulaştığında dili üzerindeki ilmek iğneden kurtulur ve iğnenin ağzındaki iplik bu ilmeğin içinden geçerek yeni bir ilmek oluşturur **[2].**

I.3.1.1.2. Askı

Askı adına uygun olarak bir asma işlemidir. İpliğin iğnelerden belirli bir zamana kadar asılı kalıp sonra yeniden ilmek yapması durumudur. İğnenin birinde bir ilmek yapımı geciktirilerek ikinci ilmek yapımına kadar asılı kalıp, ikinci ilmek asılı kalmıştır. Böylelikle yüzeyde gözenekli, uzun ilmek boylu bir görünüm elde edilir. Şekilde kancalı iğnelerle askı yapılışları sıra çizimlerle gösterilmiştir. Kancalı iğnede önce fiyonklu dilden aşması ve yeni fiyonkla birlikte ilmek yapması sonucu, askı formasyonu meydana gelmiştir. Askı en az bir ilmek asılması ile elde edilebilir ve bu iplik iğnenin durumuna göre birkaç ilmek sırası kadar uzatılabilir. Doku olarak sağlamlıktan kaybedilirse de. görünüş ve desenlendirme yönünden yüzey katkıları oldukça farklıdır **[2].**

I.3.1.1.3. Atlama

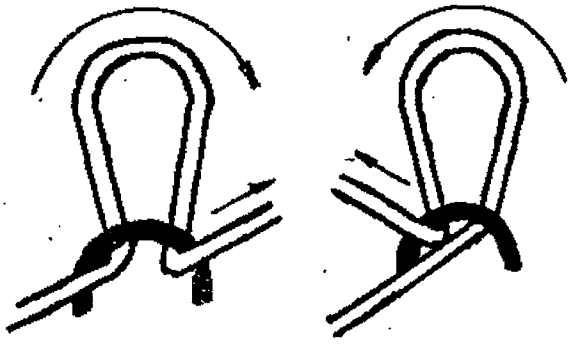
Atlama aslında bir işlem olmayıp, ilmek işleminin yapılmama durumudur. Yüzey elde edilmesinde bazı iğneleri sistematik olarak çalıştırmamakla yeni görünümler elde edilip desenlendirme zenginliği arttırılmış olur. Şekilde atlamanın yüzey üzerinde verdiği şekil belirtilmiştir. İğne çalışmaması halinde iplik iğnenin altında kalıp hiçbir harekete maruz kalmaz ve düz yatık halde kalır. Aynı iğne sonraki ilmek sırasında çalışınca bu yatık iplik ilmek oluşumuna katılmaz. Böylece son ilmek boyu iki ilmek boyu uzamış olur **[2].**

I.3.2. Çözgülü Örmecilik

Çözgülü örme çok iplikli bir örmecilik olup çözgü ipliklerinin boyuna doğrultuda bağlantılar meydana getirmesiyle elde edildiği için kompleks bir örgü çeşididir. Örme kumaş oluştuktan sonra, iplik bağlantıları boyuna doğrultuda olduğundan kumaşı tekrar sökmek konstrüksiyonuna göre, çok zor hatta imkansızdır. Yapı olarak ta çözgülü örme kumaşlar dokuma kumaşlara yakın bir boyut stabilitesi gösterdikleri için tam olarak atkı örme kumaşlar arasında yer almazlar. Dokuma ve atkı örme kumaşlar arasında bulunurlar **[5].**

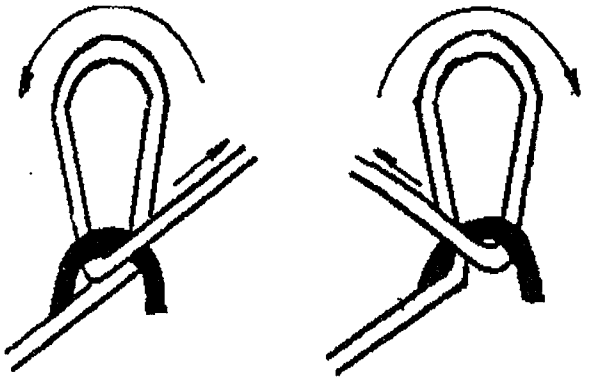
Çözgülü örmecilikte iki tür ilmek yapısı vardır. Bunlar ; Açık ve Kapalı ilmek şeklindedir **[6].**

Açık İlmek : Herhangi bir delikli iğnenin bir örücü iğne üzerine yaptığı üst yatırımın yönü aynı delikli iğnenin bir sonraki ilmek sırası için yapacağı alt yatırımın (aynı veya farklı iğneye) yönüyle aynı olursa üst yatırımın yapıldığı iğneden çıkan ilmek formunda oluşturulur. Açık ilmeğim ayakları birbiri ile kesişmez **[6].**



Şekil I.7 : Açık İlmek Yapısı [6].

Kapalı İlmek : Herhangi bir delikli iğnenin bir örücü iğne üzerine yaptığı üst yatırımın yönü, aynı delikli iğnenin bir sonraki ilmek sırası için alt yatırımın (aynı veya farklı iğneye) yönüyle ters olursa üst yatırımın iğneden çıkan ilmek formunda oluşur. Kapalı ilmeğin ayakları birbirine çapraz durumdadır **[6].**

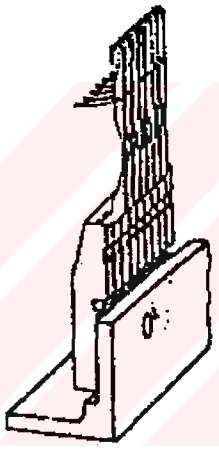


Şekil I.8 : Kapalı İlmek Yapısı [6].

I.3.2.1. Kumaş Oluşumunu Sağlayan Elemanlar

I.3.2.1.1. İğneler

Örmecilikte kullanılan iğneler temellice baş, gövde ve topuk kısımlarından oluşurlar. Çözgülü örme sistemlerinde çalışırken ayak kısımları örmede etkin rol oynamazlar ve sadece grup çalışması yaparak örmeyi sağlarlar. Çözgülü örme makinelerinde iğneler topluca hareketlidir. İğneler özel kalıplara tek tek dizilir ve kalıba erimiş kurşun dökülerek makine inceliğine göre belirli genişlikte bloklar halinde hazırlanır. Bu bloklar iğne rayına vidalanarak tutturulur. İğnelerden birinin bozulması halinde bozuk iğnenin bulunduğu blok çıkarılarak yerine yenisi takılır. Sürgülü (Bileşik) iğne çözgülü örme makinelerinde yaygın bir şekilde kullanılan iğne türüdür **[5]**.



Şekil I.9 : Blok Halinde Çözgülü Örmede Kullanılan İğne Görünüşü [5].

Çözgülü örme yapıların üretiminde kullanılan iğne çeşitleri;

- Kancalı (veya dilli) iğne
- Sürgülü iğne
- Esnek uçlu iğne

Yapıları bakımından kullanılan bütün iğneler hassas, düzgün yüzeyli, sürtünme ve aşınmaya dayanıklı yapıda olmalıdır. İğne yataklarının zarar görmemesi için iğne malzemeleri, iğne yatağından daha yumuşaktır **[5]**.

I.3.2.1.1.1. Kancalı İğne

Kancalı uçlu iğne ismi, baş kısmının kanca şeklindeki kıvrımından almıştır. İğnelerin baş kısımları örmede asıl iş gördüklerinden hassas ve itinalı olarak yapılmışlardır **[6].**

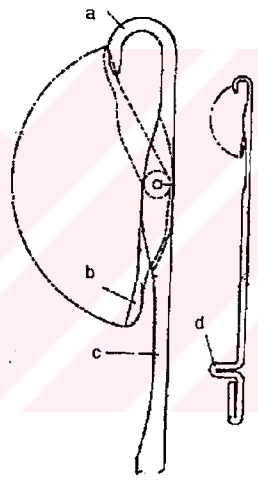
Baş kısmındaki kanca dil ilişkisi örme işleminin yapılmasını sağlar.

Kancalı uçlu iğne üç temel bölümden oluşur :

Baş kısmı : İpliğin şekil alarak ilmek oluşturulduğu kısım. Kanca (a) ve dil (b) olarak iki kısım vardır.

Gövde kısmı : İğnenin sarsıntısız ve düzgün olarak hareketini sağlayan kısım (c).

Ayak kısmı : İğnenin hareket almasını sağlayan kısımdır. (d) Topuk



Şekil I.10 : Kancalı Uçlu İğne [27].

I.3.2.1.1.2. Esnek Uçlu İğne

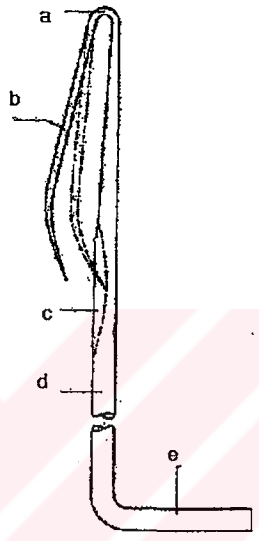
Adını örme işlemini gerçekleştiren baş kısmından almaktadır. Esnek uçlu iğne denesinin nedeni ince uçlu kıvrılmış kısmının oluk şeklindeki girintinin içine girecek kadar esnemesindendir. Çalışma esnasında esneme yardımcı bir baskı elemanı tarafından gerçekleştirilmektedir. Esnek ucun oluğa tam girmesi, dışarıda herhangi bir iplik takılmasına meydan vermemesi gerekmektedir.**(6)**

Esnek uçlu iğne üç temel bölümden oluşur :

Baş kısmı : İpliğin şekil alarak ilmek oluşturulduğu kısım. Baş kısmı (a) Esnek uç (b), Oluk (c)

Gövde kısmı : İğnenin sarsıntısız ve düzgün olarak hareketini sağlayan kısım. (d)

Ayak kısmı : İğnenin hareket almasını sağlayan kısımdır. (e) Topuk



Şekil I.11 : Esnek Uçlu İğne [27].

I.3.2.1.1.3. Sürgülü (Bileşik) İğne

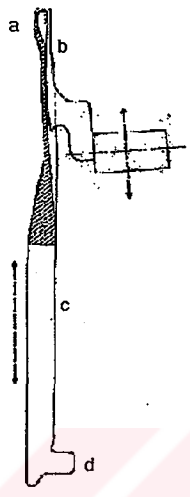
Sürgülü iğne iki parçadan oluşur. Birinci parça iğnenin gövdesini, topuğu ve kancasını içeren asıl kısmıdır. İkinci parça ise iğnenin gövdesinin içindeki kanalda yukarı aşağı hareket eden ve iğnenin kancasını kapatmak için kullanılan, kapatma elemanıdır. Kancalı uçlu iğnelerdeki dil kısmının görevini burada kapatma elemanı üstlenmiştir **[6].**

İğne yukarı doğru hareket ederken, kapatma elemanı da hareket ederek iğnenin ağzını açar ve iplik beslenir, daha sonra iğne aşağı doğru hareket ederken, kapatma elemanı yukarı doğru hareket ederek iğnenin ağzını kapatarak ipliğin iğnenin ağzında kapalı kalmasını sağlayarak örme işleminin gerçekleşmesini sağlar **[6].**

Baş kısmı : İpliğin şekil alarak ilmek oluşturulduğu kısım. Kanca (a), Sürgü (b)

Gövde kısmı : İğnenin sarsıntısız ve düzgün olarak hareketini sağlayan kısım (c).

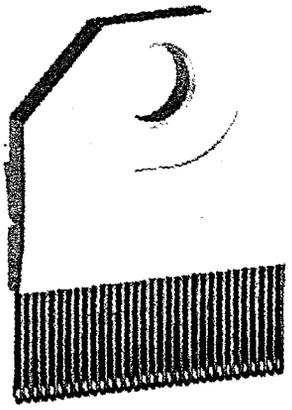
Ayak kısmı : İğnenin hareket almasını sağlayan kısımdır. (d) Topuk



Şekil I.12 : Sürgülü (Bileşik) İğne[27].

I.3.2.1.2. Delikli Yatırım Elemanı

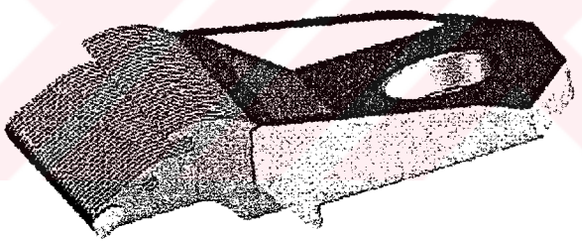
Leventlerden gelen çözgü ipliklerini örücü iğnelere vererek örme işlemini sağlayan elemanlardır. Bunlar, yassı hale getirilmiş tellerin ucuna delik açılmasıyla elde edilirler. Daha sonra kancalı iğnede olduğu gibi kalıplara dizilip erimiş kurşun dökülerek makine inceliğine göre belirli genişlikte bloklar halinde hazırlanırlar ve yatırım rayına vidalanarak tutturulurlar **[5].**



Şekil I.13 : Blok Halinde Çözgülü Örmede Kullanılan Delikli Yatırım Elemanının Görünüşü [27].

I.3.2.1.3. Tutucu Platin

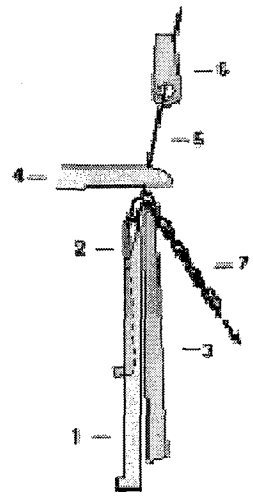
Örme işlemi sırasında iğne yükselirken önceden örülen kumaşı tutarak iğne ile beraber yükselmesini önleyen elemandır. Bunlarda kancalı iğne ve delikli yatırım elemanında olduğu gibi bloklar halinde olup platin rayına vidalanarak tutturulmuşlardır. Birinin bozulması halinde bozulan platinin bulunduğu blok çıkarılıp yenisi takılır [5].



Şekil I.14 : Tutucu Platin [27].

I.3.2.2. Çözgülü Örme Makinelerinin Kumaş Üretim Öğeleri

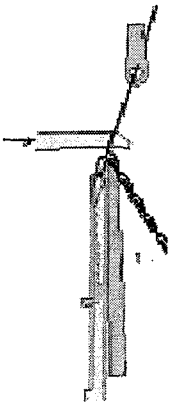
I.3.2.2.1. Sürgülü İğnenin İlmek Oluşturması



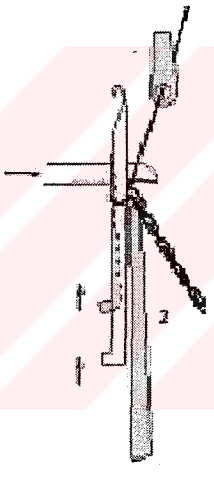
Şekil I.15 : Çözgülü Örme Makinesinde Sürgülü İğne Örme Bölgesi Görünüşü [7].

1- Bileşik iğne : İğneler sert iğne çubuğunda birleştirilir ve aynı zamanda hareket ederler.
2- Kayar kol (kapatıcı eleman) : Sert kol içine iğne kancalarını kapatıcı elemanlar yerleştirilir ve aynı zamanlıca iş görürler.
3- İlmek aşırma çubuğu
4- Tutucu platin : Platinler sert platin kolunda birleştirilir ve aynı zamanda hareket ederler.
5- İplik sonu : İplik sonları genellikle bir çözgü levendine beslenemez.
6- İplik rehberleri : İplik rehberleri aynı zamanda rehber iğneler olarak isimlendirilir. Aynı zamanda hem de aynı zamanda işlem gördürülür. Bir veya birkaç iplik rehberi her bir iğneye tahsis edilir.
7- Çözgülü örme kumaş **[7].**

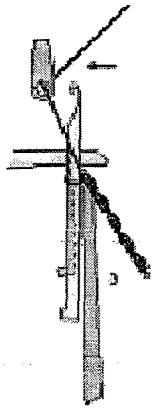
İlmek oluşumunun mekanizması



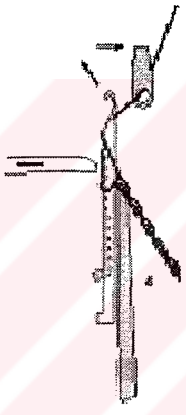
Şekil I.16 : İğneler Aşırtma Konumunda, Önceki İlmek Kursunun Tamamlanmasından Sonra İğne ve Diğer Örme Elemanları En Alçak Pozisyonda Bulunuyor. Tutucu Platinler İğneler Arasına Yerleştirilir ve Yeni İlmek Oluşturmak İçin Örme Elemanları Kademe Kademe Hareket Etmeye Başlarlar [7].



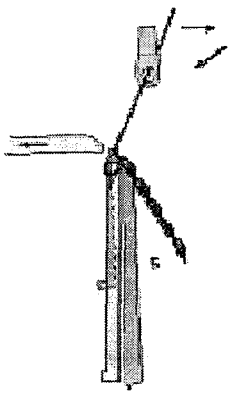
Şekil I.17 : İğneler Boşalma Pozisyonu Olan En Yüksek Pozisyona Çıkarlar. Kapatıcı Öğeler İğnelere Göre Daha Az Yükselirler Bundan Dolayı Kancalar Açılır. Kumaş Tutucu Platinlerle Kontrol Edilirler [7].



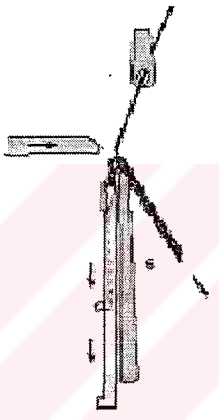
Şekil I.18 : İplik Rehberleri (Rehber Kollar) İğneler Arasından Üst Yatırımı Gerçekleştirmek İçin Kanca Bölgesine Sallanır [7].



Şekil I.19 : İplik Rehberleri Belirlenen Desene Göre Örneğin 1, 2 İğne Yana Doğru Hareket Ederek Alt Yatırım Gerçekleştirilir. Bundan Sonra İğneler Arasına Salınırlar. Bunun Sonucunda Alt Yatırım Gerçekleştirilir. Tutucu Platinler Geri Çekilmek İçin Hareket Eder [7].



Şekil I.20 : İğneler Alçalırlar Kapatıcı Öğeler İğnelere Göre Daha Yavaş Alçalırlar. Bundan Dolayı İğne Kancaları Kapatılır Yenice Sarılan İpliklerin Kanca İçerisinden Çıkması Engellenir. İplik Rehberleri Yana Yanal Hareket Ettirilir ve Alt Yatırım İçin Hareket Eder [7].



Şekil I.21 : İğneler En Alçak Pozisyon Olan Aşırma Pozisyonuna İner ve Bir Önceki İlmek İğne Sapından İğne Kancası Üzerinden Kayarlar. İğne Kancalarının İçindeki İlmekler Önceki İlmekle Bir Birine Bağlanır Böylece İlmeklerin Yeni Sırası Üretilir. Bu İlmek Oluşum Safhalarının Sonucunda Çözgülü Örme Kumaş Üretimi Gerçekleştirilmiş Olur [7].

I.3.2.3. Desenlendirme

Desenlendirme genelde baklalarla yapılmakta olup bunun yanında diskli, jakarlı ve elektronik desenlendirme söz konusudur **[5].**

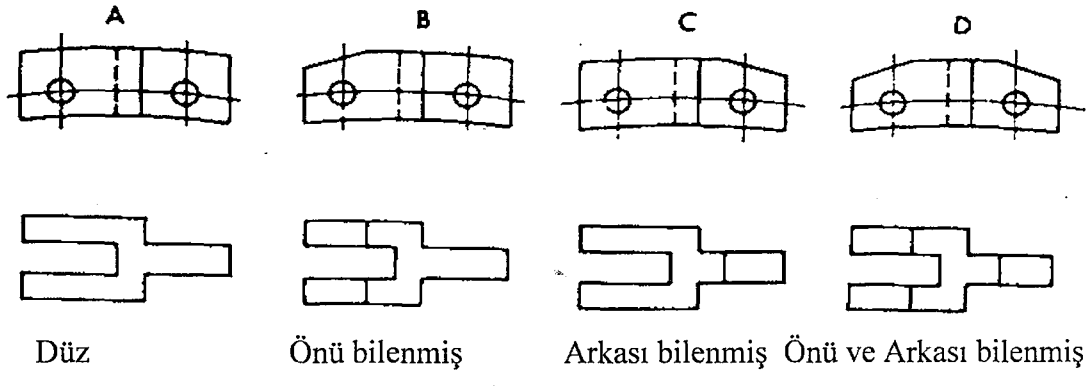
I.3.2.3.1. Bakla Sistemleri İle Desenlendirme Mekanizmaları

Baklalarla yapılan desenlendirme, desene göre hazırlanan baklalar pimlerle arkaya dizilerek desen zinciri elde edilir. Elde edilen bu zincir makinenin zincir tamburuna takılarak makinenin çalışmasıyla döndürülür. Desen zincirini oluşturan baklalar numaralarına göre farlı yükseklikliere sahiptir. Bu yükseklik farklılıklarına göre ara bağlantı elemanlarıyla yatırım gerçekleştirilir. Bu hareketin ne kadar olacağı yani yatırım rayının kaç iğne aralığı yanal hareket edeceği bakla

numaralarıyla belirlenmiştir. Sıfır numaralı bir baklada yatırım yatırım rayının hareketi sıfır, 1 numaralı baklada bir iğne aralığı, 2 numaralı baklada iki iğne aralığı şeklindedir. Baklalar zincirdeki yerleşimlerine göre düz, önü bilenmiş, arkası bilenmiş, hem önü hem arkası bilenmiş olabilir. Buradaki amaç farklı yüksekliklere sahip baklalar arasında, bunlara temas eden makaranın yumuşak geçişini sağlamak ve çalışmayı mümkün kılmaktır. Aksi halde baklalar bilenmeyecek olursa bunlara temas eden makaranın baklalardan baklaya geçişi çok sert olacağı ve yüksekliği fazla olan baklalara takılacağı için çalışması mümkün olmaz veya darbeli çalışır **[5].**

Yatırım rayı baklaların düz kısımlarında salınım hareketi, bilenmiş kısımlarında ise rında ise yaketi yapar. Bu nedenle bilemenin çok düzgün olması gerekir. Eğer bileme düzgün olmazsa yatırım hareketi tam olmayacağından salınım esnasında delikli yatırım elemanlarıyla kancalı iğneler birbirine çarparak kırılırlar. Bir bakla bileneceği zaman bakla rektefiye kalıbına konur, alt yatırım ve üst yatırım yerleri işaretlenir. Daha sonra bileme aparatına yerleştirilir ve aparatın hareketli kolu yardımıyla zımpara taşında bilenir. Baklalara çalışırken yavaş çalışmak gerekir. Aksi halde sarsıntı artacağı için çalışmak güçleşir ve bir takım düzgünsüzlüklere sebep olur. Kullanılan baklalar 3 tiptir **[5].**

1- Standart baklalar
2- E baklaları
3- Spesiyal baklalar



Şekil I.22 : Desen Baklaları [5].

I.3.2.3.1.1. Standart Baklalar

Kısa bakla, N baklası veya normal bakla olarak ta isimlendirilmektedir. Genellikle çözgü otomatlarında kullanılan bu baklaların delikleri arasında kalan mesafeleri kısa fakat zemin alanları genişçe bir dikdörtgen şeklindedir. Yükseklikleri maksimum 30 mm ye varan bu baklalar normal üst yatırımları yapmaya elverişli olup büyük alt yatırımlara uygun değildir **[5].**

I.3.2.3.1.2. E Baklaları

H baklası olarak da tanınırlar. Genellikle Raschel makinesin de kullanılan bu baklaların tabanları dar ve delikleri arasındaki mesafe uzundur. Büyük yatırımları yapmaya elverişlidirler.

I.3.2.3.1.3. Spesiyal Baklalar

S baklası olarak da isimlendirilirler. İki ayrı desen tamburu veya biri desen diski diğeri tamburla çalışan desenlendirme mekanizmalarında kullanılırlar. S baklalarının belirtilmesi en yüksek kısma göre numara vererek ve bu kısmın önde veya arkada oluşana göre v veya h harfleriyle harflendirilerek yapılır.

Temel işlev baklaların yerine getirmesiyle birlikte desenlendirme de rol oynayan bir diğer faktör çözgü ipliklerinin yatırım raylarındaki taharlama düzenidir. Leventlerden gelen çözgü iplikleri yatırım raylarının ucundaki delikli yatırım elemanlarından geçirilirken yani taharlanırken, elde edilecek desene göre dolu tahar yada yarı veya kısmi tahar düzeni uygulanabilir.

I.3.2.3.2. Elektronik Kontrollü Desenlendirme Mekanizmaları

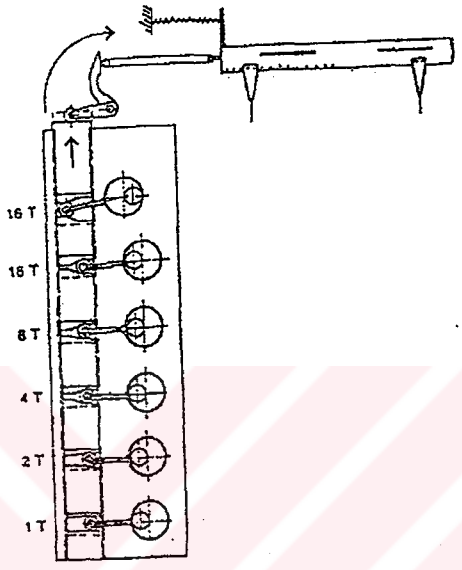
SU veya "Summary Drive" mekanizması Karl Mayer makine üreticileri tarafından geleneksel zincir baklalı mekanizmaların yerine kullanılmak üzere geliştirilen bir mekanizmadır. Bu sistem uzun ve pahalı sistemlerin yerini almak üzere geliştirilen ilk mekanizma değildir. Ancak diğer mekanizmalar ticari olarak rağbet görmemişlerdir **[3].**

Bu mekanizma günümüzde bir çok tip makinede kullanılmaktadır ve desen baklalarının kullanımını kaldırdığı için çok raylı desenlendirme alanında yeni ufuklar açmıştır. Daha önce kullanılan baklalar yüzünden ulaşılamayan büyük desen tekrarı boyutlarına ulaşılmıştır. Binlerce desen baklasının kullanılmasını gerektirecek desenler kolaylıkla üretilebilmektedir **[3].**

Desenlendirme maliyeti oldukça düşmüştür. Baklaların birbirine bağlanması düşünüldüğünde düzenleme takma, çıkarma, yıkama için oldukça yoğun el emeği

gerektirmektedir ve bu baklaların makineye takılması ve çıkarılması esnasında bir çok zaman kaybı olmaktadır [3].

Şekil 23 de bu mekanizmalar açılanmıştır. Her bir desen rayı ayrı birer adet üniteye bağlanmıştır. Her ünite 6 adet şaft üzerine monte edilmiş 6 adet eksantrik kamdan oluşmuştur. Şaftlar dönerler bu esnada üzerlerine sabitlenmeyen kamlar dönmez [3].



Şekil I.23 : Elektronik Kontrollü Desen Mekanizması [3].

Kamın iki tarafına yerleştirilen elektromıknatıslar bir mikroprosesör tarafından elektrik sinyali göndererek çalıştırılır ve kam şaftta kilitlenerek şaftla birlikte döner. Eksantrik, hareket itici rayına ileri doğru iter ve ray üzerindeki silindir bölünmüş rayın yukarı hareket etmesini sağlar. Düşey hareket bölünmüş rayın üst tarafında yatay bir harekete dönüştürülür [3].

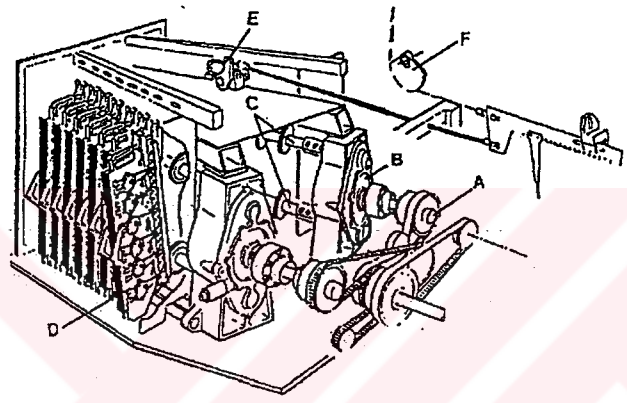
Diğer elektromıknatısa gelen sinyal kamın, şaftın diğer tarafına yapışmasını sağlar, böylece silindir bölünmüş rayda dışarı çekilir. Ray kısalır ve bu hareket rehber rayın diğer tarafa doğru yatay hareket yapmasını sağlar.

Her bir eksantrik kam, çalıştırıldığında yanal bir hareket yaptırır. En alttaki kam ileri veya geri hareketinde rehber rayın bir iğne boyu hareket ettirir. İkinci kam 2 iğne boşluğu, üçüncü kam 4 iğne boşluğu, dördüncü kam 8 iğne boşluğu, beşinci ve altıncı kam 16 iğne boşluğu hareket sağlar. (**Şekil 23**) Eksantriklerin iler veya geri hareketi toplam 47 iğne boşluğu hareket ettirebilecek kadar yaptırabilir.

Örneğin rehber rayını 11 iğne boşluğu sağa hareket ettirebilmek için birinci, ikinci ve dördüncü eksantrik kamı ileri hareket ettirilir. 1+2+4+ =11 **[3].**

Bu pozisyonda rehber rayının 5 iğne boşluğu sola hareketi yapabilmesi için bir ve dördüncü kam çekilirken üçüncü kam itilir. 11-8+4-1 =6 **[3].**

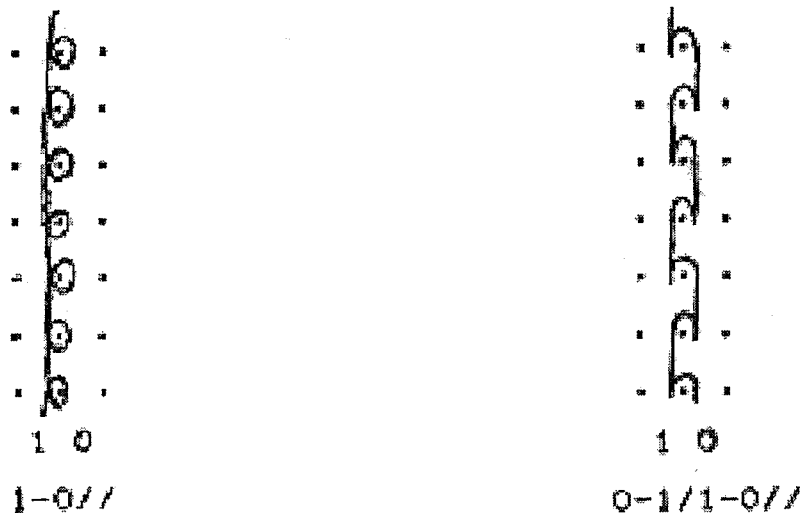
Çok raylı Raschel makinesinin SU sürücüsünün tam görünüşü **Şekil 24** te gösterilmektedir. Şaftların dönüş hareketi makinenin ana şaftından sağlanmıştır ve her 6 kama ayrı ayrı kayış ve dişlilerle iletilmiştir (A,B,C). Yatay parçalı ray tarafından hareket ettirilen (E) kolu rehber rayını iter ve ray düzeneği (F) rehb) rehber rayı



Şekil I.24 : SU Sürücüsü [3].

I.3.2.4. Temel Örgü Elemanları

Yukarıda anlatılan desenlendirme mekanizmasıyla elde edilen ve örgüyü oluşturan temel yatırım hareketlerinin örgü raporları tek iğne üzerinden 5 iğneye kadar sırasıyla franse, triko, tuch, saten ve samt şeklinde olup bunlara ilaveten birde atlas hareketi mevcuttur. Bu örgüler açık ve kapalı olmak üzere iki tip olup örgü raporları ve bakla dizilişleri aşağıdaki şekillerde verilmiştir. Örgü raporları, eşit aralıklarla düzgün olarak sıralanan noktaların üzerine çizilerek belirtilir. Enine nokta sıraları ilmek sırasını, boyuna noktalar ise ilmek çubuklarını sembolize eder. Noktalar arası Raschel makineleri için 0,2,4,6,..... şeklinde ikişer, diğerlerinde ise 0,1,2,3,4,..... şeklinde birer artarak numaralandırılır. Bu numaralar aynı zamanda desen zincirindeki bakla yüksekliklerini ve numaralarını da göstermektedir. Numaralandırma, Raschel makinelerinde desen zincirinin takıldığı tambur sağda olduğu için sağdan sola doğru yapılır **[5].**



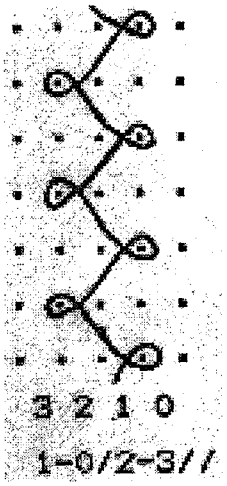
Kapalı Franse Açık Franse

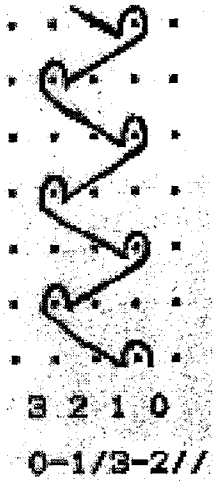
Şekil I.25 : Franse Örgüsünün Teknik Çizimi [5].



Kapalı Triko Açık Triko

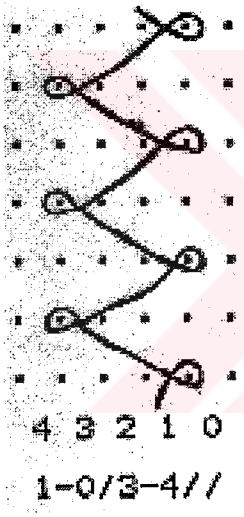
Şekil I.26 : Triko Örgüsünün Teknik Çizimi [5].

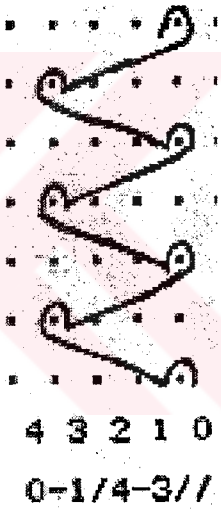




Kapalı Tuch Açık Tuch

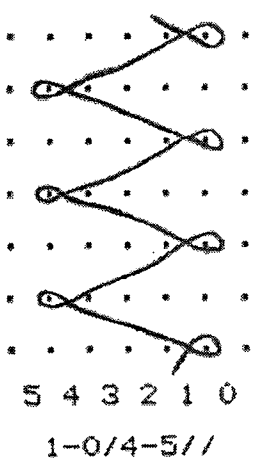
Şekil I.27 : Tuch Örgüsünün Teknik Çizimi [5].



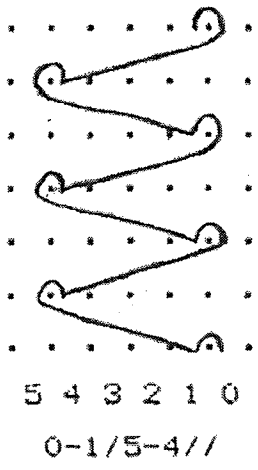


Kapalı Saten Açık Saten

Şekil I.28 : Saten Örgüsünün Teknik Çizimi [5].



Kapalı Samt



Açık Samt

Şekil I.29 : Samt Örgüsünün Teknik Çizimi [5].

I.4. YÖNLENDİRİLMİŞ ÇÖZGÜLÜ ÖRME YAPILAR

Boyutluca yönlendirilmiş çözgülü örme yapılar veya D.O.S. eşsiz çok katlı kumaşlardır. D.O.S. çözgülü örme/stittich bonding teknikleri tarafından üretilir. Bu teknikler ile hemen hemen her makul açıda tamamıyla paralel ve kıvrımsız iplikleri (düz iplikleri) yapılar içerisine yerleştirilir. Kumaş karakteristikleri yalnızca gerektirilen yönelmelerde yüzey özelliklerini arttırmak için dizayn edilebilmektedir. Bundan dolayı kumaş üretimi mükemmel mekaniksel özellikler ve maliyete etkili ürünlerin ideal kombinasyonuna sahiptir [7].

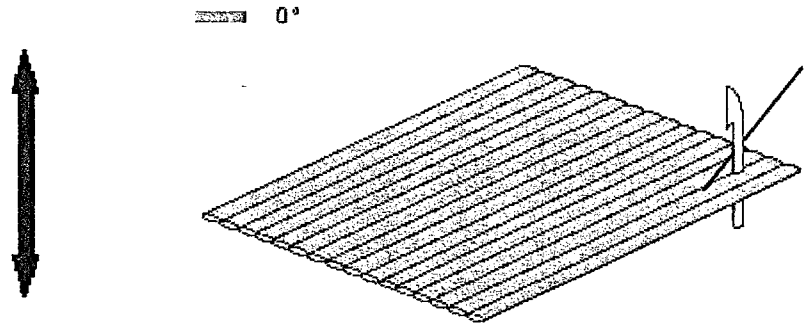
Boyutluca yönlendirilmiş çözgülü örme yapı çeşitleri :

1- Tek eksenli yapılar
2- İki eksenli yapılar
3- Üç eksenli yapılar
4- Çok eksenli yapılar

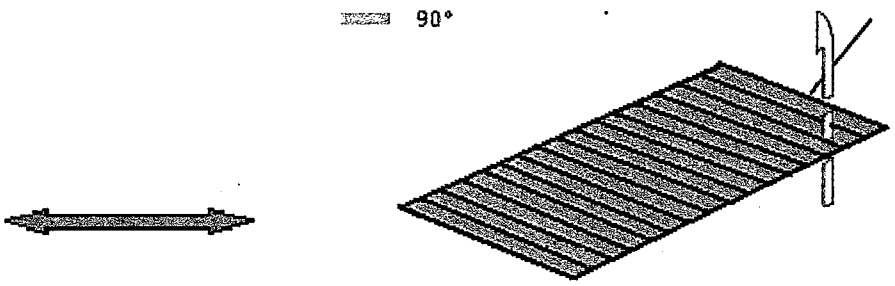
I.4.1. Yönlendirilmiş Çözgülü Örme Yapı çeşitleri

I.4.1.1. Tek Eksenli Yapılar

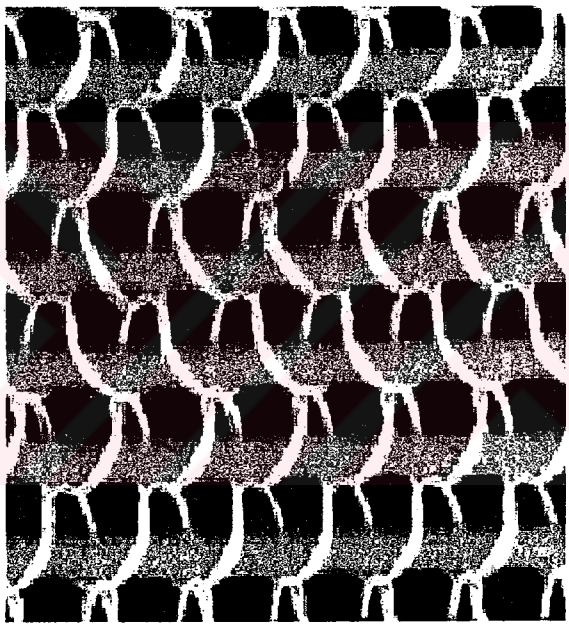
Çözgülü örme makinelerinde düşey yönde flament çözgü ipliği veya yatay yönde flament atkı ipliği eklenmesi ile elde edilen yapılardır. Çözgülü örme güneş muhafaza kumaş ısıyı yansıtıyor ve gölge yapıyor. Bu yapının özel özellikleri ekonomiksel üretim, yüksek boyutlu kararlılık. Kumaşların kıvrılması ve güzel sarılması gergin atkı tabakaları için uygun davranıştır. Gözenekli yapı sıcak tutmayı engeller ve gölgelemeyi birazda sağlar. Alüminyum kaplamalar güneş yansımasına ve sıcak yalıtımı için işe yararlar [7].



Şekil I.30 : Düşey Yönde Çözgü Yönünde Tek Eksenli Yapı [8].



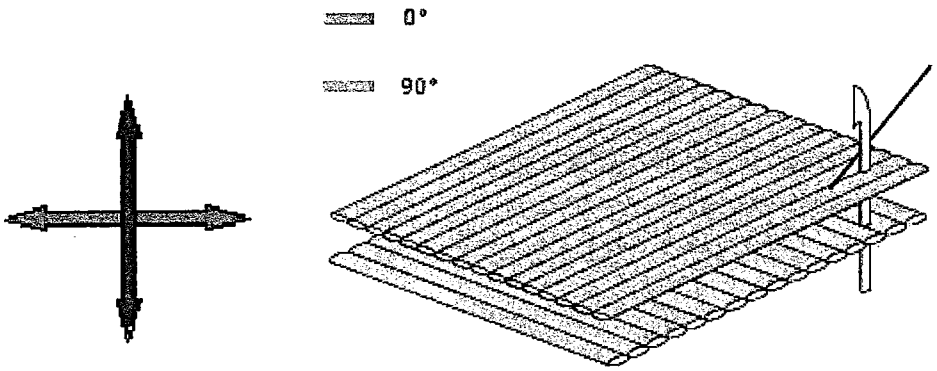
Şekil I.31 : Yatay Yönde Atkı Yönünde Tek Eksenli Yapı [8].



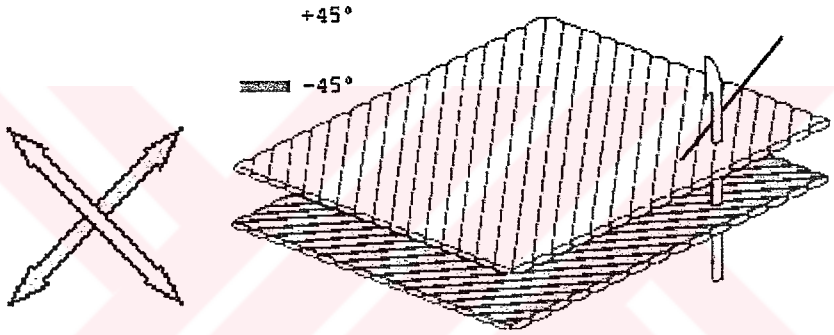
Şekil I.32: Yatay Yönde Atkı Eklenmiş Tek Eksenli Çözgülü Örme Yapı Görünüşü [8].

I.4.1.2. İki Eksenli Yapı

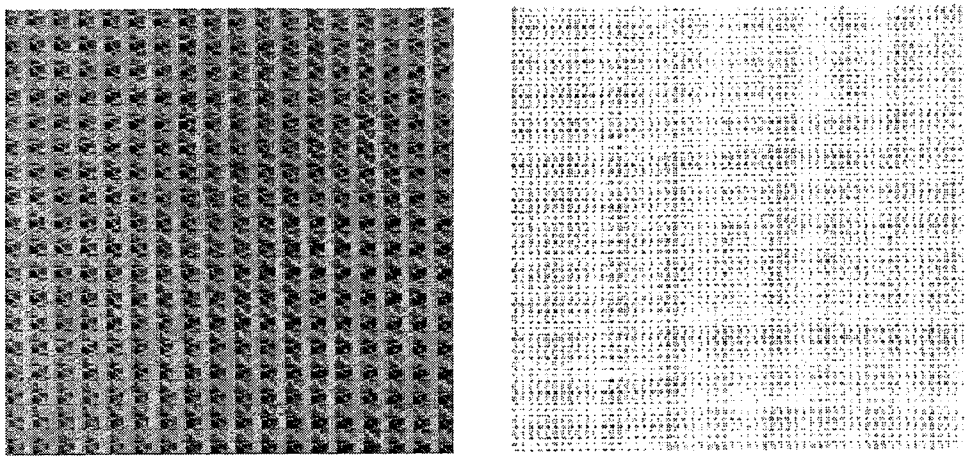
Çözgülü örme makinelerinde yatay ve düşey yönlerde flament atkı ve çözgü iplikleri veya diyagonal yönlerde (0^0 - 90^0) veya (0^0 – (-90^0)) açıları arasında belirlenen açılarda iki farklı flament ipliklerin yerleştirilmesi ile elde edilen yapılardır. Bi-axial çözgülü örme teknik tekstil yapılar boylamasına ve enlemesine kendince takviye elde etmek için rehber raya iplik beslenmiyor ve atkı ekleme çeşitlerinin birleşimi gibi formlandırılır **[7].**



Şekil I.33 : Düşey (0^0) ve Yatay Yönde (90^0), Çözgü ve Atkı Yönünde İki Eksenli Yapı [8].



Şekil I.34 : Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılarda İki Eksenli Yapı ($+45^0$,-45^0) [8].

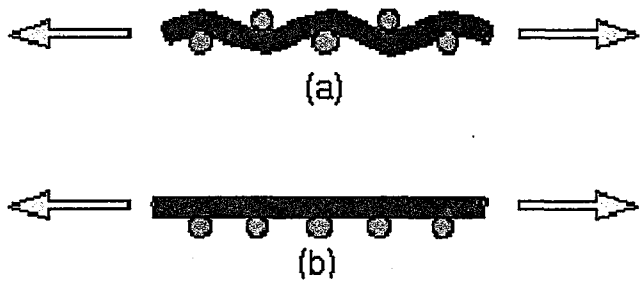


Şekil I.35: Yatay Yönde Atkı Eklenmiş ve Düşey Yönde Çözgü Eklenmiş İki Eksenli Çözgülü Örme Yapı Görünüşü [7].

Tek eksenli ve iki eksenli D.O.S.' ın avantajları:

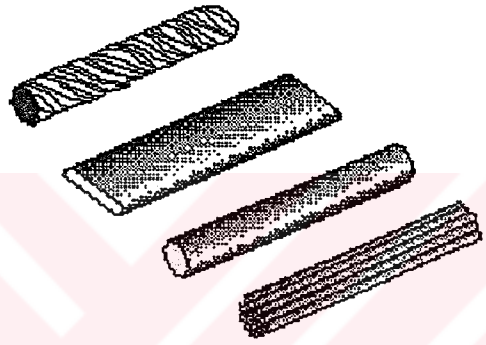
Dokuma uygulamalarındaki düzenlemelerden farklı olarak yönlendirilmiş yapılar içerisindeki atkı iplikleri tamamıyla birbirine paralel ve dik durumdadır [7].

- Deformasyon güçlerine karşı koyabilmek için iplik özelliklerinden tam bir şekilde yararlanılır.
- Kumaş tasarımı basittir ve kumaş özellikleri kullanım alanlarına göre önceden hesaplanabilir.
- Optimum şekilde planlanmış modüller.



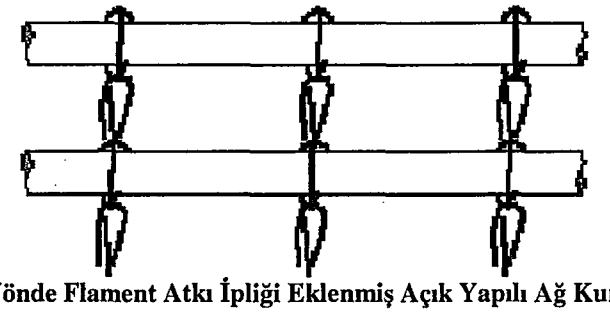
Şekil I.36 : (a) Dokuma Kumaştaki İplik Hareketi, (b) Yönlendirilmiş Çözgülü Örme Kumaştaki İplik Hareketi [7].

Düşük büküm derecesine sahip yumuşak kesikli tür ipliklerden yüksek sağlamlıktaki flament ipliklere kadar her tür iplik kullanılabilir [7].



Şekil I.37 : Kullanılan Lif Türlerinden Bir Kaçının Görünüşü [7].

Çok açık ağ şeklinde yapılarda bile ipliklerin güvenli ve sağlam bir şekilde bağlanması. Örneğin (Kaplama ve laminasyon gibi) [7].

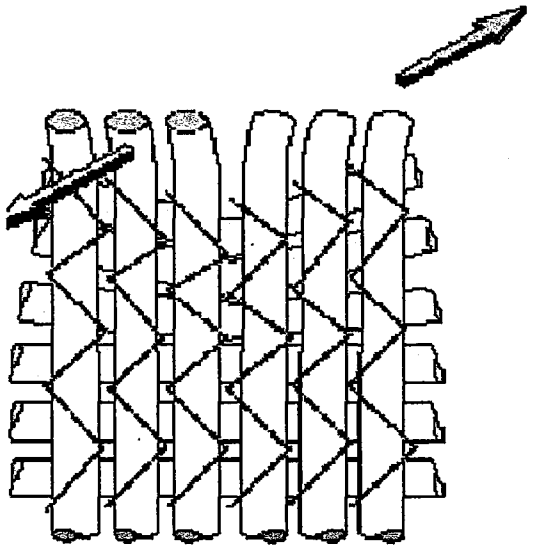


Şekil I.38: Yatay Yönde Flament Atkı İpliği Eklenmiş Açık Yapılı Ağ Kumaş Görünüşü [7].

Prosesin daha sonraki işlemler sırasında bu kumaşların deforme olmadan elle taşınması ve götürülmesi daha kolaylaşır [7].

Bu kumaşlar yırtılma ve yırtılma ilerlemesine karşı yüksek seviyede dirence sahiptir. İplik tabakaları yük altında demet formunda olmaya meyillidir. Bu tür

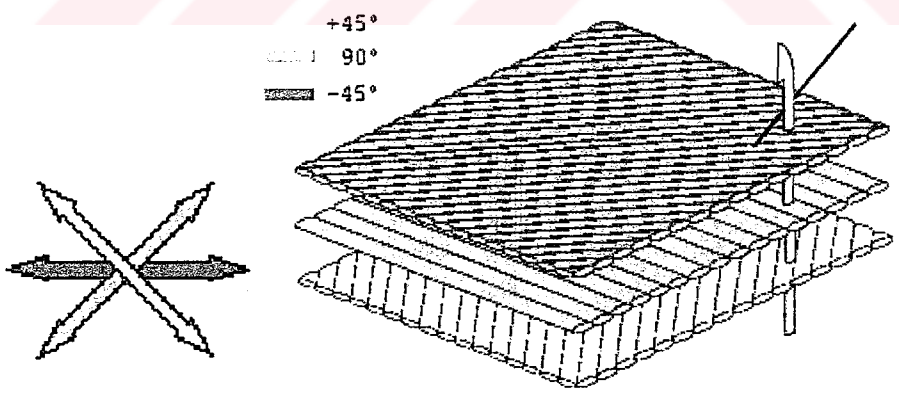
yapıları koparmak ve yırtmak için daha büyük miktarda güce gereksinim duyulur [7].



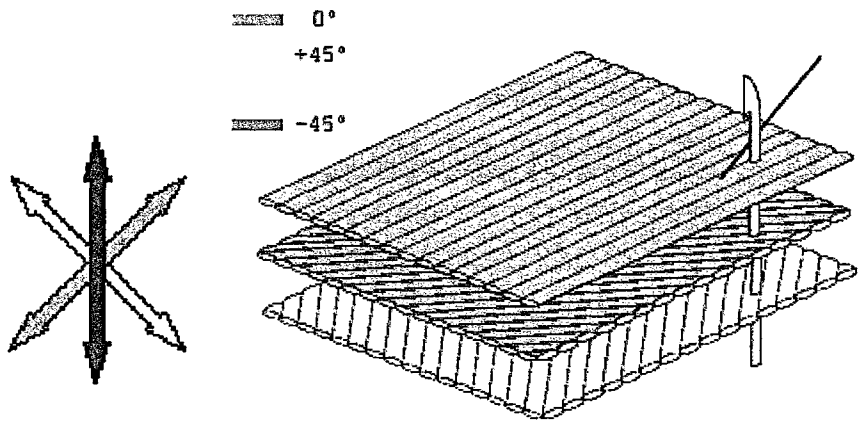
Şekil I.39 : İki Eksenli Bir Yapıya Yırtılma Gücü Uygulandığında Aldığı Form [7].

I.4.1.3. Üç Eksenli Yapılar

Çözgülü örme makinelerde düşey yönde flament çözgü ipliği veya yatay yönde atkı ipliği ve diyagonal yönlerde (0^0 - 90^0) veya (0^0 – (-90^0)) açıları arasında belirlenen açılarda iki farklı flament iplikler yerleştirilmesi ile elde edilen yapılardır [7].



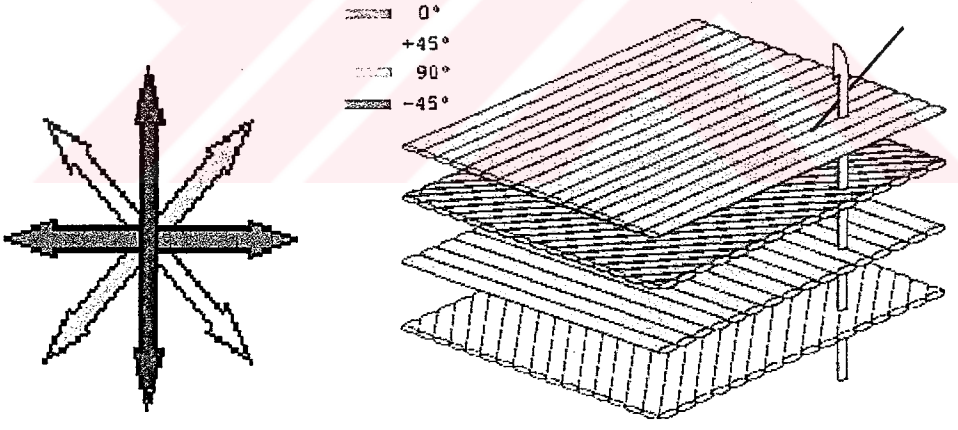
Şekil I.40 : Yatay Yönde Eklenmiş Atkı ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Üç Eksenli Yapı [8].



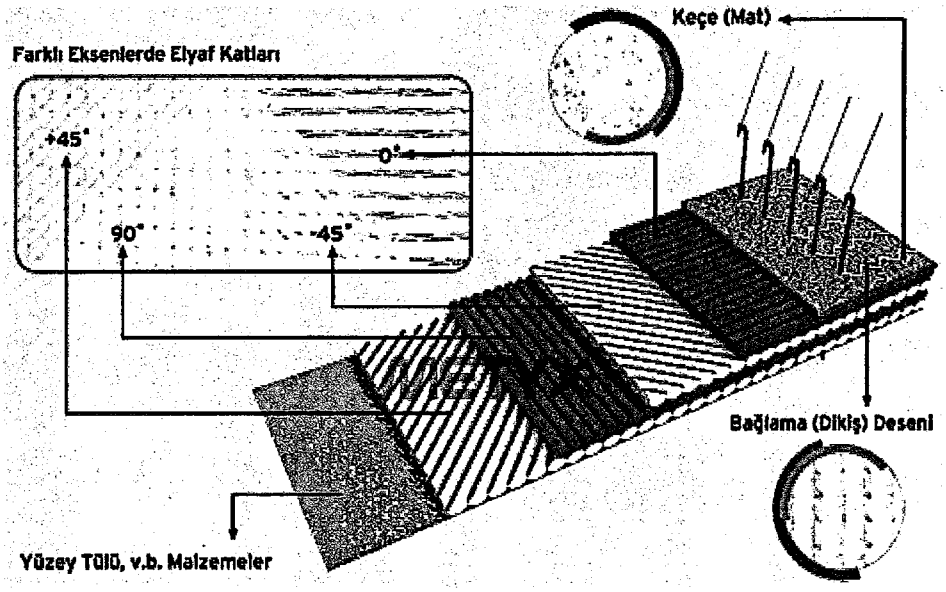
Şekil I.41 : Düşey Yönde Eklenmiş Çözgü ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Üç Eksenli Yapı [8].

I.4.1.4. Çok Eksenli (Multi-axial)Yapılar

Çözgülü örme makinelerinde düşey yönde flament çözgü ipliği (0^0), yatay yönde flament atkı ipliği (90^0), ve diyagonal yönlerde (0^0 - 90^0) veya (0^0 – (-90^0)) açıları arasında belirlenen açılarda iki farklı flament iplikler yerleştirilmesi ile elde edilen yapılardır [7].



Şekil I.42 : Düşey Yönde Eklenmiş Çözgü, Yatay Yönde Eklenmiş Atkı ve Diyagonal Yönlerde Belirlenen Açılara Göre Eklenmiş Diyagonal İplikli Çok Eksenli Yapı [8].



Şekil I.43 : Çok Eksenli Çözgülü Örme Yapının Şematik Görünüşü [9].

Çok eksenli ve çok katlı yapılar, bir ilmek sistemi ile bağlanan birbirine paralel serilebilen bir yada birkaç iplik tabakasından oluşan kumaşlardır. Sözü edilen iplik tabakaları, farklı iplik yönelmesine ve farklı yoğunluklarına sahip olabilir [7].

Çok eksenli ve çok katlı kumaş matrisleri takviye etmek için kullanılır. Yapılan testler neticesinde, çok yönlü lif tabakaları ile matris kombinasyonlarından oluşan yapıların, yüksek gerilim kuvvetlerini absorpladığını ve dağıttığını ispatlamıştır [7].

Temel materyal olarak kullanılacak çok eksenli ve çok katlı yapıların tipik özelliği ilmek satırı adı verilen hat içerisinde çözgü ipliklerinin birbiri arasına girerek ilmek oluşturmasıdır. Bu ürünler 30^0' den 60^0' ye kadar ve/veya $90^0/0^0$ açıları ile çok katlı yapılardır [7].

Aşağıdaki şekilde bir diğerinin üzerinde mükemmel bir düzende 4 adet iplik tabakası yerleştirilmiştir. Her bir tabaka içerisinde, ilmekler ile birbirine bağlanan kıvrımsız, bir birine paralel ipliklerin düzgünlüğü göze çarpmaktadır. Bu yapı tüm yönlerde boyutsal olarak kararlıdır. $+45^0/-45^0/0^0/90^0$ [7].

Aşağıdaki şekildeki, çok eksenli çok katlı kumaşta; ipliğe kumaş üzerinde atlamalar yaptıran rehber plaka ve magazinli atkı yerleştirme sistemi ile oluşturulan iki eksenli iplik grubuna ilave olarak iki diyagonal iplik grubu vardır [7].

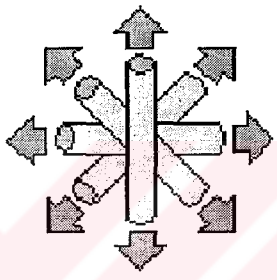
Lif takviyeli plastiklerde kullanılan çok eksenli çok katlı çözgülü örme yapıların tipik özelliği, kumaş içerisinde boşluk oluşmasını önlemek ve ipliklerin eşit bir şekilde dağılımını sağlamak için baştan başa dikme prensibine dayanmaktadır. İlave olarak, lif esaslı dokular, film ve köpük tabakaları ve diğer materyaller yapıya dahil edilebilir. Genellikle -45^0' den 90^0' ye $+45^0$ ve 0^0' ye kadar

açı pozisyonları kullanılır. Kıvrımsız ve birbirine paralel iplik tabakaları sebebiyle, çok eksenli ve çok katlı yapılar, özellikle lif takviyeli plastik ürünler takviye materyali olarak kullanılır. Bu tip kompozit tekstil yapılarının özellikleri aşağıda gösterilmiştir [7];

- Aşırı sert ve aşırı esnek arasında ayarlanabilen sertlikte yapı
- Paslanmaya ve kimyasal maddelere karşı direnç
- Mekanik yüklere karşı çok yüksek direnç
- Düşük ağırlık

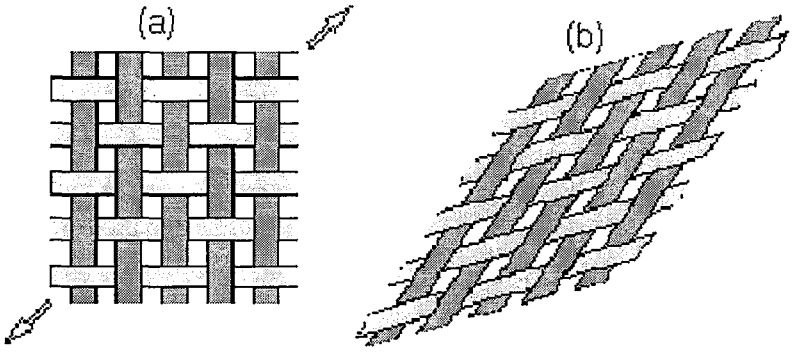
Çok eksenli ve çok katlı yapıların avantajları;

- Her yönde boyutsal sabitlik
- Eşit uzama davranışı ile gerilimin izotropik olarak dağılımı [7].



Şekil I.44 : Çok Eksenli Çözgülü Örme Yapıların Her Yönde Gösterdiği Boyut Stabilitesi [7].

- Dokuma kumaşlardan farklı olarak her uzama yönünde gergin haldeki iplik mukavemetinden optimum olarak yararlanma
- İplik sisteminin, farklı yönelmiş iplik tabakalarını birbirine bağlanması sonucu yapı sağlamlığı ve sabitliği artar .

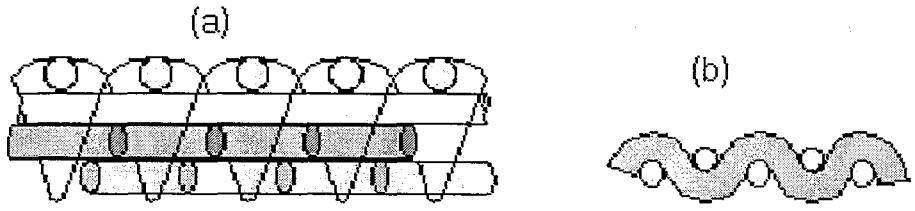


Şekil I.45 : (a) Dokuma Kumaşa Diyagonal Yönde Kuvvet Uygulanmadan Önceki Hali, (b) Diyagonal Yönde Uygulandıktan Sonraki Hali [7].

- Her bir diğerinin üzerine farklı yönlerde yerleştirilmiş paralel iplik tabakaları aşağıdaki avantajlara sahiptir;

- İplik tabakaları arasında esnemeye karşı yüksek boyutsal sabitlik

- Kimyasal maddenin çabuk fikse olması
- Kimyasal madde kullanımının azaltılması
- Etkiye karşı yüksek direnç
- Mükemmel dökümlülük özelliği



Şekil I.46 : (a) Çok Eksenli Yapının Enine Kesiti, (b) Dokuma Yapının Enine Kesit Görünüşü [7].

- Mümkün olan maksimum mukavemette birim alan başına minimum ağırlık
- Etkili ve verimli üretim sonucunda düşük maliyet ve ekonomik hazır ürün
- Kullanım alanına bağlı olarak, çeşitli lif tabakaları yalnızca tek aşamada yapı içerisine ilave edilebilir [7].



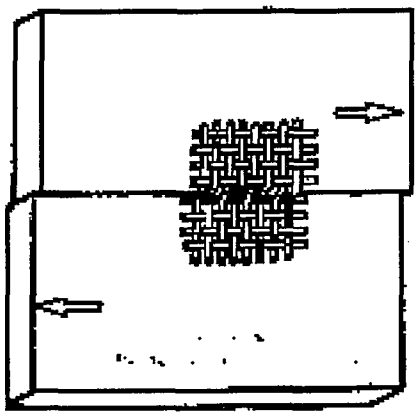
Şekil I.47 : Dokuma Yapıda İplik Biçimi [10].

Atkılı örme kumaşlar kompozit materyaller için güçlendirmeler gibi sabit yeter kullanımı hiçbir zaman dikkate alınmadı. Özel teknikler ile, bu teknikte atkı ve çözgü iplikleri yapı içine kakılır. Bu gibi yapılar çok geliştirilmiş performans gösterir. İplikler mutlak doğru olmasına rağmen ve kıvrımsız takdim edilir. (kakılmış iplilerde) Kumaş hala sadece bir tek eksenli yapıdır ve atkı ve çözgü yönlerindeki güçlere sadece direnebilmektedir **[10].**

Atkı eklemeli çözgülü örme kumaşlarda atkı ipliği her kursta yerleştirilir ve doğru çözgü iplikleri her bir iki wale arasına yerleştirilir. İki eksenli yapısının başka bir çeşididir. Kompozit güçlendirmek için kullanımı sıktır. Bundan iki güçlendirme yönü yeterlidir. Çözgülü örme yapının kendine ait daha yüksek kararlılığı daha fazla faydalıdır **[10].**

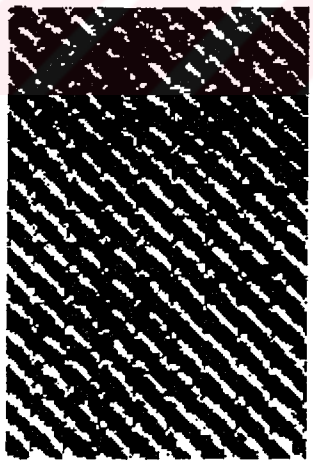
Kompozit güçlendirmek için bu yapılar bütün yönlerde güce direnmek zorundadır, çok eksenli (Multi-axial) kumaş talep edilir. Çok eksenli (Multi-axial)

kumaş çözgülü örme yapılardır. Çok eksenli (Multi-axial) kumaşında farklı yönlerde 4 iplik ayarları içine koyulur. Normal atkı ve çözgü yönlerinden ayrı, iki diyagonal istenen açıda yerleştirilir. İki diyagonal ile close-up görünüşlü bu gibi kumaş **Şekil I.49** da örneklenir.

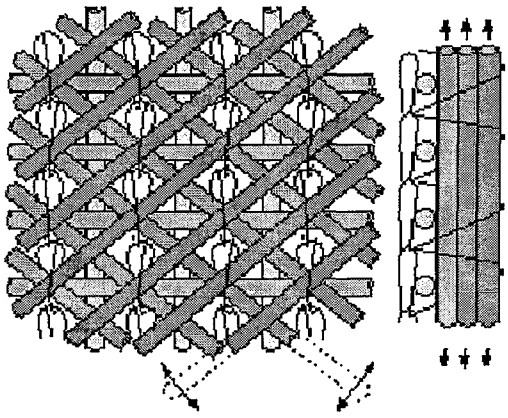


Şekil I.48 : Aykırı Yırtılma Güçlere Güçlendirmek İçin Bi-Axial Yapının Yeteneksizliği [10].

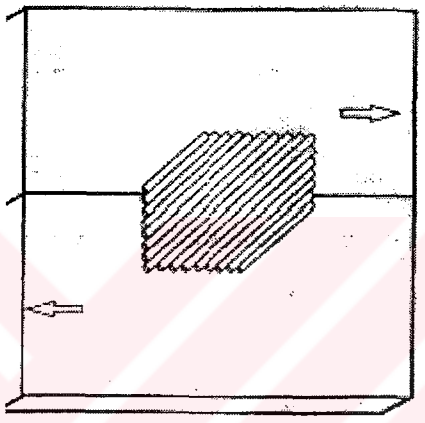
Şekil I.50 de dolu kumaş yapısı şematikçe örneklenir ve gözlenebilmektedir. Doğru ve paralel ipliklerin 4 setleri örme iplikleri tarafından birlikte bağlanır **[10].**



Şekil I.49 : Çok Eksenli Yapı [10].



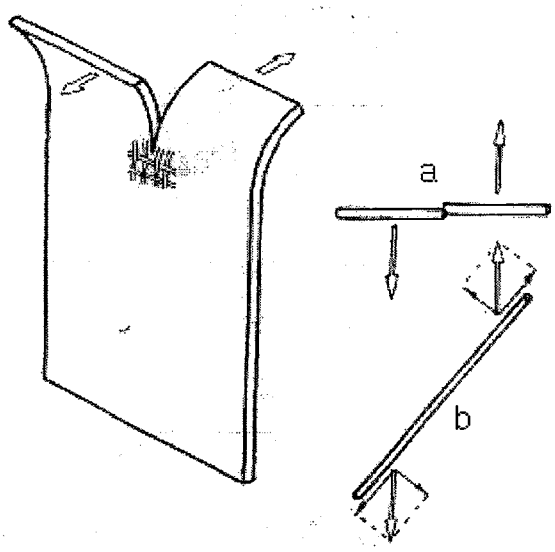
Şekil I.50 : Çok Eksenli Yapının İlmek Oluşumu [10].



Şekil I.51 : Aykırı Yırtılma Güçleri Kuvvetlendirmek İçin Diyagonal İplik Takımının Becerisi [10].

Aşağıdaki çizimlerde yapılan bazı avantajları gösterir. Paneller paralel ipliklerin bir diyagonal takımı bir çizim (**Şekil I.51**) içeriği ile güçlendirilir. Panellere yırtılma gücü uygulandığı zaman bu iplikler tarafından önlenir. Başka yönde yırtılma gücü diyagonal ipliklerin ikinci takımı tarafından önlenir **[10].**

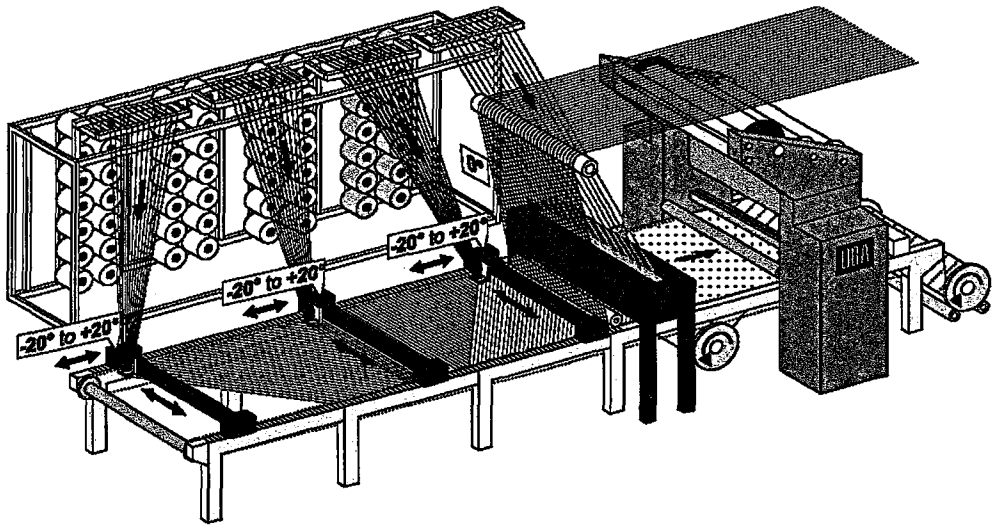
İkinci örnek (**Şekil I.52**) yırtılma güçlerini gösterir. Yırtılma güçleri kumaş yırtıldığı zaman liflere uygulanır. İpliklerin her biri kırılır ayrıca (a) İpliklerin diyagonal takımı kumaş yapının parçası olduğu zaman (b) gerilim kısmı boyunca iplik yöneltilir ve yüksek gerilebilir güçteki liflerden yararlanılır **[10].**



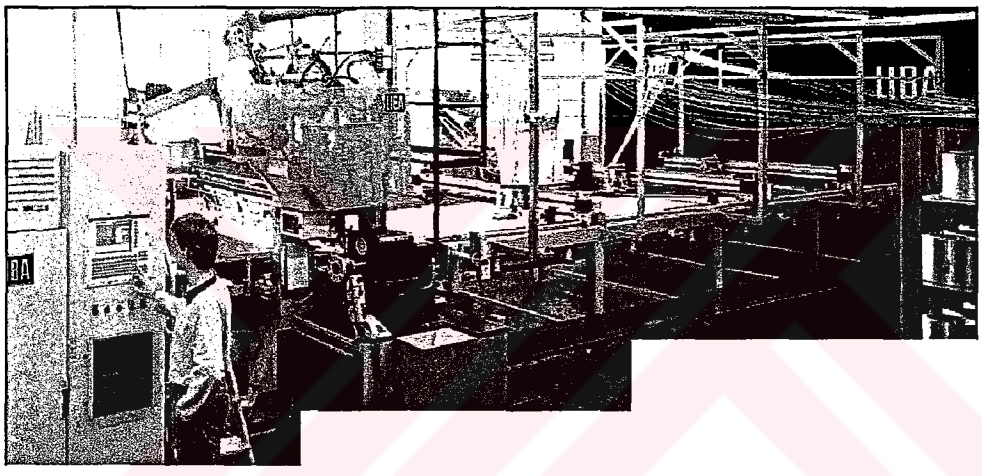
Şekil I.52 :Yırtık Olur İken Kumaşa Yırtılma Güçler Uygulanmıştır [10].

I.4.2. Çok eksenli (Multi-axial) Çözgülü Örme Makineleri

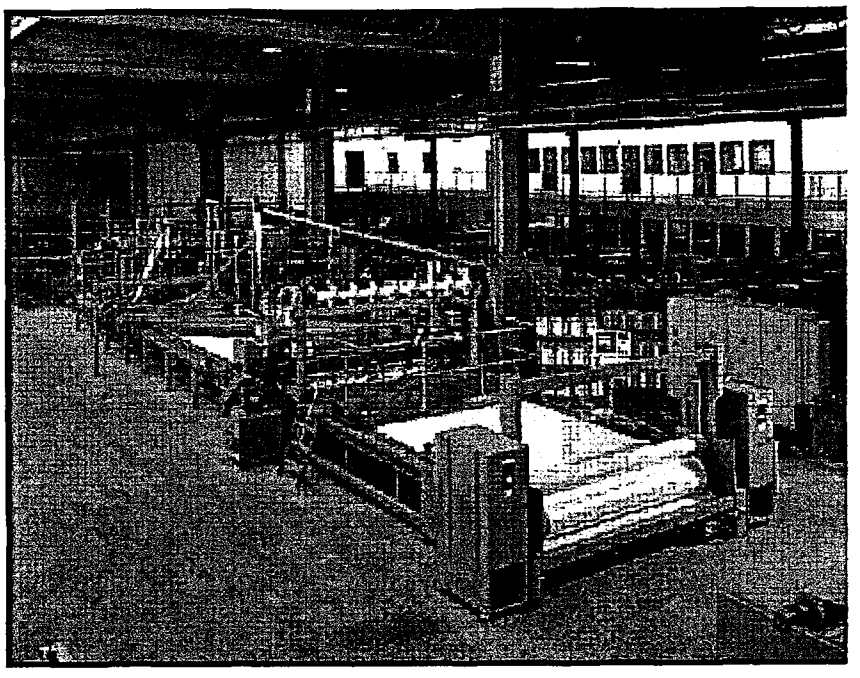
Dünya da çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapı üretimi için makine üreten belli başlı iki firma vardır bunlarda, KARL MAYER ve LİBA firmalarıdır. Multi-axial çözgülü örme makinelerinin diğer normal çözgülü örme makinelerinden makine konstriksiyonu bakımından ve beslenen ipliklerden dolayı farklılıklar vardır. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme makinesinde örme bölgesinden önce açılı iplikleri düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve bunların örme bölgesine beslene bilmesi için ipliklerin yatırıldığı bir ünite vardır. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme makinesinin normal çözgülü örme makinelerden diğer farkı beslenen ipliklerden dolayıdır. Normal çözgülü örme makinelerinde sadece iğnelere iplik beslenir. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme makinelerinde belirli açılarda yerleştirilmiş ipliklerde vardır. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme makinelerinde üretilen ürünler teknik uygulamalarda kullanılırlar.



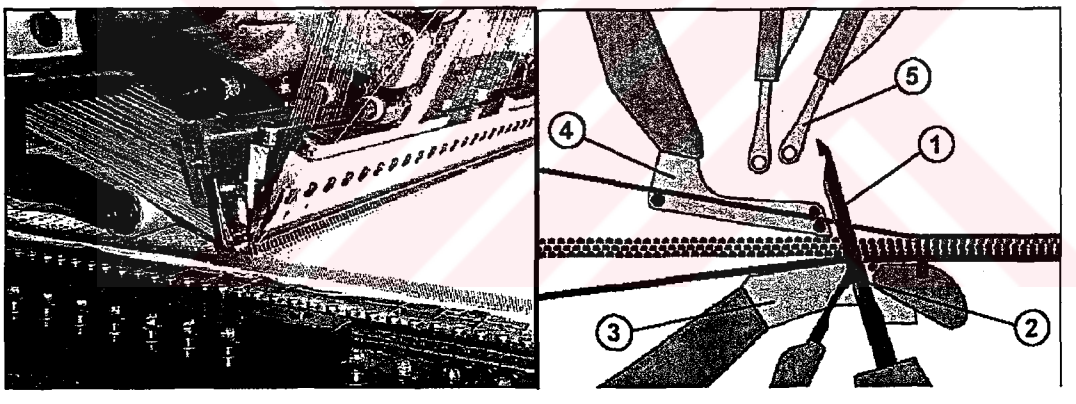
Şekil I.53: Açılı Çok Eksenli (Multi-Axial) İpliklerin Makine Üzerindeki Yatırımı [11].



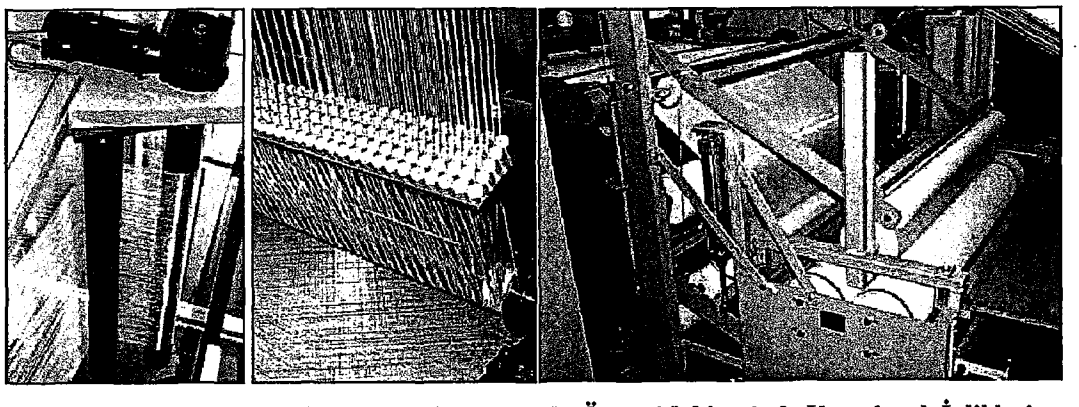
Şekil I.54: Liba Marka Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi [11].



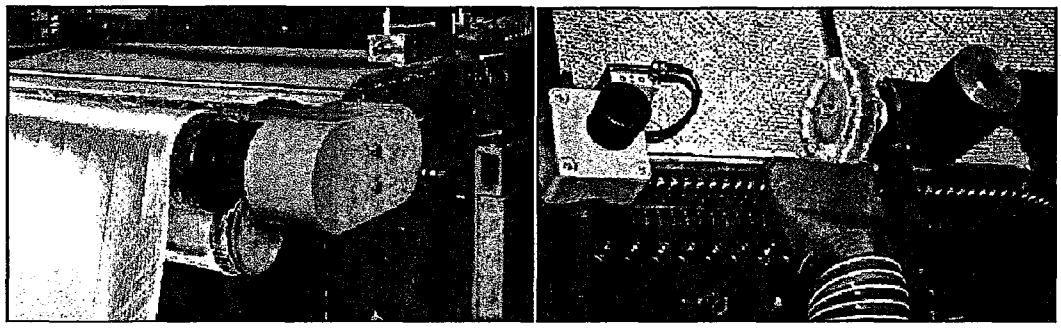
Şekil I.55: Karl Mayer Marka Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi [12].



Şekil I.56: Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesi Örme Bölgesi [11].



Şekil I.57: Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Yatırılacak İpliklerin Beslenmesi [11].



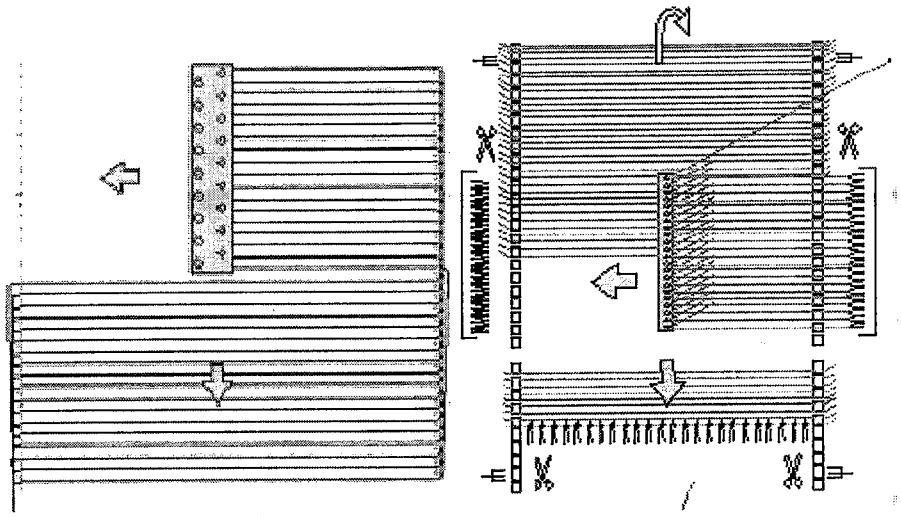
Şekil I.58: Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Kumaş Sarma [11].

I.4.2.1. Atkı Ekleme Sistemleri

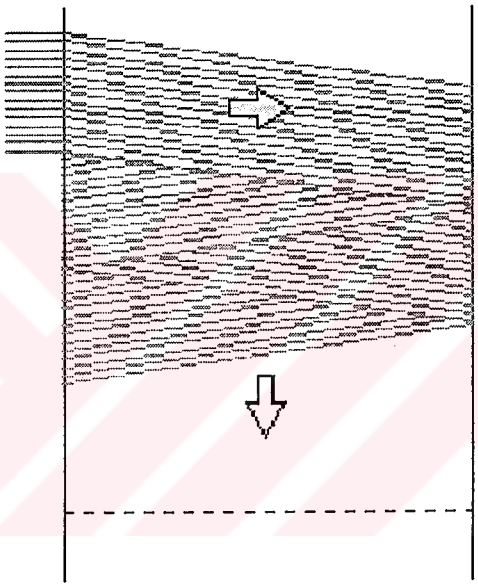
Çözgülü örmede magazinli atkı yerleştirme prensibi, magazinlerde alınan uzun ve birbirine paralel iplik uçlarının makinenin eni boyunca karşıdan karşıya serilmesine dayanmaktadır. Kanca-iğne zinciri içerisine iplik tabakalarının yerleştirilmesi çözgülü örme makinelerinin yüksek verimliliğini de açıklamaktadır. Kullanılan atkı ipliklerinden bağımsız olarak MSUS (magazin dönüşlü atkı yerleştirme) EMS (tek uçlu magazinli atkı yerleştirme) prensipleri kullanılır. Atkı ipliklerinin birbirine paralel bir şekilde yerleştirilmesinden başka Malimo tekniğinde olduğu gibi biraz çapraz atkı yerleştirilmesi mümkündür [7].

Atkı yerleştirme sisteminin avantajları şunlardır;

- 245" (6.22 metre) ye kadar olan çalışma enleri
- 1400 rpm' ye kadar üretim hızı yani 7560 m/min' e kadar atkı yerleştirme oranı sağlar. (24 iplik ucu temel alındığında) Üretilen uygun ürüne bağlı olarak.
- Atkının alınma hızı 320 m/min' e kadar (24 iplik sayısı temel alındığında)
- Esnek atkı yerleştirme sistemi
- Yüksek sağlamlığa sahip, hassas ve kırılgan ipliklerde dahil olmak üzere tüm iplik türleri kullanılabilir.
- Kullanılan iplik numara aralığı geniştir.
- Verimlilik yüksektir [7].

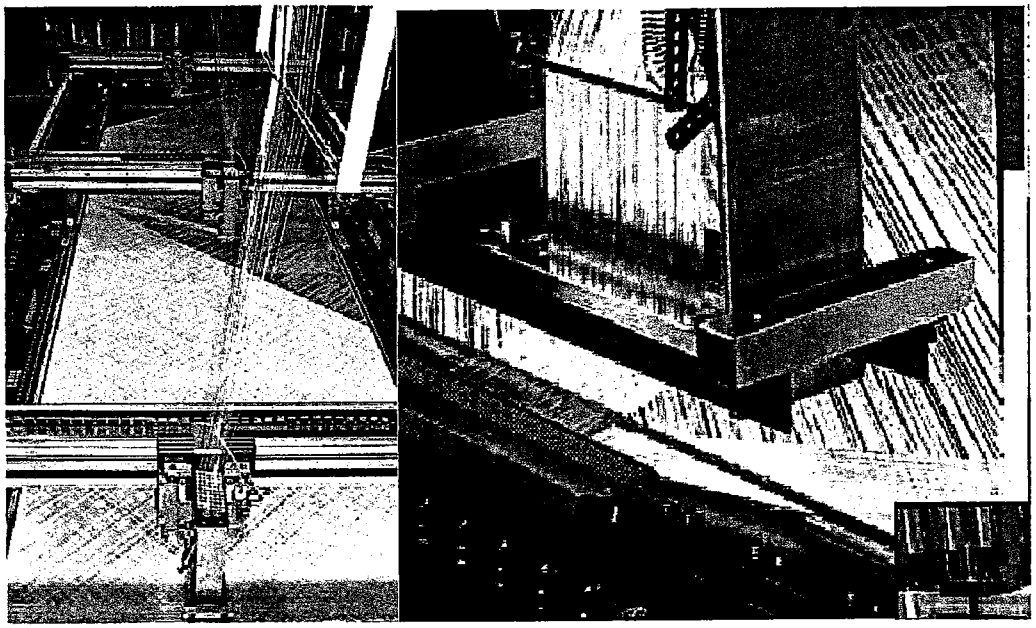


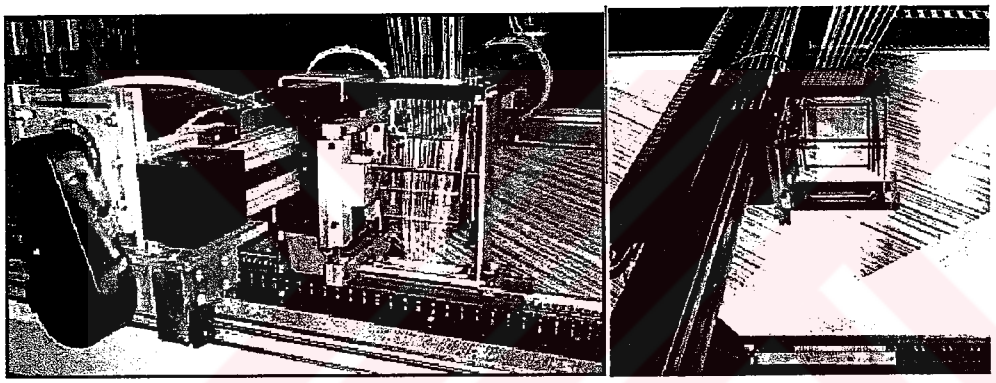
MSUS prensibi EMS prensibi



Malimo' nun tipik atkı eklemesi

Şekil I.59: Atkı Ekleme Sistemleri [7].





Şekil I.60: Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Makinesinde Açılı Yönlendirilmiş İpliklerin Katman Katman Serilmesi [11].

I.5. ARAŞTIRMA KAPSAMINDA LİTERATÜR ÖZETLERİNİN İNCELENMESİ

Çözgülü Örme Teknik Tekstiller

Örme yapıları üretmek için makine ve teknolojiye sahip örme üreticileri her pozisyonda örme yapıların özelliklerini ve avantajlarını açıkça belirtmiştir. Teknik uygulama alanında çözgülü örme %85 civarında bir hacme sahiptir. %15 lik kısmı da düz ve yuvarlak örme mamuller oluşturmaktadır **[20].**

Çözgülü örme yapılar dokuma yapılar ile karşılaştırıldığında çözgülü örme yapıların yırtılma direnci yatırılmış ipliklerin yırtılma güçlerine birlikte gösterdiği dirençten dolayı daha fazladır **[20].**

Kompozit üretiminde çözgülü örme yapı kullanılması yapıların daha fazla muameleye katlanması avantajını sağlamaktadır. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar Copcentra MAX 3 CNC makinesinde elde edilebilmektedir **[20].**

Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ile güçlendirilmiş kompozit yapılar uygulamanın çok geniş aralığında diğer ürünler ile rekabet eder. Geleneksel kullanılan materyaller ile mukayese edildiğinde çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ile güçlendirilmiş kompozit yapıların hafif olması önemli bir avantaj oluşturmaktadır. Bu sağlamış olduğu avantajdan başka eşit ağılıkta daha iyi gerilebilme kuvveti ve daha az miktarda reçine kullanımı gibi avantajları sağlamaktadır **[20].**

Kompozitlerde Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Kumaşlar

Amerika da Drexel üniversitesine lifli materyaller araştırma laboratuarlarının profesörü Frank CO ya göre çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme (MWK) kumaşa verilen içine-kalınlık dayanımının yüksek seviyesi ve interlaminair dayanımı vermekle kompozitlerin hasar toleransı gelişebilmektedir **[21].**

Dornbirn uluslar arası insan yapısı lifler konferansında konuşuyor, Ko iki ve üç boyutlu bütünlenmiş tekstil yapılarının ve bilgisayar yardımlı dizaynının gelişmesini tamamlamıştır **[21].**

Bu çözgülü örmeler çok yönlü (0^0,90^0,45^0) güçlendirmeler, benzer quasi-isotropic lay-up' a birleştirilebilir. Çözgülü örmeler tek basamaklı işlemde üretilebilir **[21].**

Bu çeşitlerin materyalleri, uçakların kabuk yapıları için ve deep-draw moulded kompozitleri için çok elverişlidir **[21]**.

MWK kumaşların bir tam in-depth uygulamasında, KO iki eksenli ipliklerinin tasnifine ilişkin tanımı saptamıştır ve iğneleme metodu kumaşı takviye etmek için kullanıldı. Bunlar lineer ve lineer olmayan sistemler gibi tanımlanır, ve iplik implament ile bu genel durumda implament örme makinesi iğnelerinin hareketini anlatır, örme makinesi iğneleri güçlendirme iplikleri içinden geçebilir veya geçmez. Bu tabi ki, sonuncu performansı etkiler, asgari dayanım değildir.

KO ya göre, deneyler gösterdi, lineer MWK kumaşlar lineer olmayan MWK kumaşlardan daha yüksek izotropiye veya daha dengeli yönelme özelliklerine sahiptir. Kumaş geometri modeli MWK kompozitlerin analizi için saptanmıştır ve iyi bir ortak bağ deneysel sonuçlar ve teoriksel tahminler arasında saptanmıştır. Şimdi o kumaş geometrisi için olası olmaktadır ve kumaş işlem parametreleri kompozit performansının verilen istekleri için seçilebilir.

Sonuç olarak;

MWK kompozitler için veri tabanı gibi, desen esnekliği için kombinasyonunun alma avantajı, performansı, randımanı elverişliliği geliştiriliyor. MWK kumaşlar yapısal kompozitler için en büyük potansiyele sahiptir.

Güçlendirmeler İçin Daha İyi Çözgülü Örme Kumaşlar

Mc Donnell Douglas Corp yapısal uygulamalar için çok yüzeyli (Multi-ply) ve çok eksenli (Multi-axial) güçlendirme kumaşları yapmak için devamlı bir metot icat etmiştir **[22]**.

Dünyada patenti WO 98/10128, şirket ST Lois, MİSSOURİ USA dan bir çok kattan bir çözgülü örme yaptığını bildirir. Yığın içerikleri bir veya çok yüzeysel 0^0 yönlendirilir ve daha iyi hasar toleransı ile güçlendirme yerini belirlemeyi sağlar, bundan sonra evvelki yapısal kumaşlar tarafından "yığın içerikleri" sağlanır, güçlendirme talep edilir. Farklı modüllü lifler kullanılıyor. Uygulamaların bir çeşidi için farklı kalınlıklar ve genişliklerde kumaş yapmak için bu olasıdır.

İstifte çeşitli yüzeyler içerilebilir, örneğin $+45^0$,-45^0 ve 90^0 yanı sıra 0^0. Patente göre, 0^0 kat aslında istifin en üst yüzeyine hapsedildi bu başlangıç yapılarının dejevantajıdır. Şimdi yapı diğer yüzey veya hatta yapı sınırları içinde bulunabilir. Gereçler sürekli bir bant üzerinde kurulurlar. Sürekli bant onun kenarlarının her biri boyunca düşeyce tutucu pimlerin bir serisine sahiptir **[22]**.

İstasyonların bir serisinde, traversing taşıyıcılar farklı açılarda ipliklerin katlarını dizer; istasyonların birkaçı 0^0 de ipliklerin dengeli yüzeylerini sağlar**[22].**

Sonuncu istasyonda, tamamlanmış kumaş alınmadan önce etkilice standart çözgülü örme iskelet üzerine bu yüzeyler takviye edilir. İğneler katların içine geçer iken lifler hasardan sakınılmalıdır, iğneleme ipliğinin ve onların miktarının seçimi kritiktir, patent notları. Kullanımda, iğnelenmemiş yüzeyler başarısız olabilir.

Normalce bu yüzeyler yüksek dayanımlı lifler kullanımı ile yapılabilir. Örneğin cam, karbon veya aramid veya bunların kombinasyonları.

Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Kumaşların Lif Kompozit Üretiminin Üretim Yapı Parçaları Yapıldığı Zaman Tekstil Görünüşleri

Geçmiş seneler boyunca endüstriyel tekstiller için pazar hızlıca artmıştır. Uygulamanın daima yeni alanları vardır. Uygulama alanları endüstriyel tekstil başarı ile kullanılabilir **[23].**

Örneğin, çok miktarda endüstriyel tekstil iplikleri vardır. Laminated parçalara belirli özelliler vermek için lif kompozitlerde tekstil iplikleri imbedded yaptırılabilmektedir.

Liba tekstil makine şirketi altı yıl için, maila / FRG Copcentra Multi-axial makinesini başarıyla satıyor. Copcentra Multi-axial makinesi endüstriyel kumaşın geniş aralığının üretimi için çoklu atkı yatırım makinesidir. Dört farklı çeşit versiyonlarında 20 makineden fazla dünya çapında satmıştır.

Bireysel iplik yüzeyleri devamlıca taşıma zincirleri içine biriktirilir, katman katman, bireysel atkı taşıyıcıları tarafından, ondan sonra örme makinesinin örme parçalarına izin verilir, örme elemanlarında, yüzeyler bir kumaş formunda ördürülür. Bu çok eksenli (Multi-axial) örülmüş ince kumaş bir zincir iğneleme ile bir trikot iğneleme ile ve zincir ve trikot un kombinasyonu ile ördürülebilmektedir. Örme kumaş için iki rehber çubuk mevcuttur.

Teknik imkanlar kumaşın sonucu için çok önemli mevcut 2 zincir tarafından başarılabilmektedir.

Bu metot ile çok miktar lazımlı iplik paketleri vardır. Örneğin ; 12 iplik/inch in yoğunluğu ile bir kumaş yapmak versiyon 4 için 12x7=84 paket yeterli olabilir. Siz sadece sütun iplikleri ve örme iplikleri için çözgü leventlerine sahiptiniz **[23].**

Bundan dolayı makine değişimi ; Kısa zaman periyodunda, farklı iplik materyali veya farklı kumaş dayanımı olasıdır.

Şimdi Copcentra Multi-axial 50 inch (127 cm) ve 70 inch (177,8 cm) çalışma genişliğinde mevcuttur istendiğinde farklı çalışma genişlikleri tedarik edilebilir **[23].**

Bu yöntem ile mühendisler tarafından ön görüldüğü gibi çok eksenli (Multi-axial) örme kumaşlar bir kısmında üretilebilmektedir, ve çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşlar bütün yönlerde dayanımları kazanabilmektedir. Çok eksenli (Multi-axial) kumaşta bütün enine, boyuna ve diyagonal iplik sistemleri kumaşta alt gerilimde dizilirler. Bir çok eksenli (Multi-axial) kumaş inşası için olasılıkların limiti yoktur. Bundan dolayı bireysel iplik yüzeylerinin çok ihtimalleri ve kombinasyonları vardır. Üzerine alma ilerleme bireysel sistemler bir biri ile aynı zamanlıca birleştirilebilmektedir. Kumaş yapısının birleşimi sayısız olasılıklar var olabilir.

Materyallerin yalnızca karakteristikleri değil farklı materyallerin birleşimi tarafından birleştirilmektedir. Bu kompozit materyaller sık sık normal materyallerden daha iyidir.

Bundan dolayı lif kompozitlerin talepleri ve bunların karakteristikleri tatmin etmektedir. Ürün tekstil oluşmadan önceki hali yanı sıra matrix materyaller istenen ürünleri üretmek için seçilmelidir.

Bu tekstiller gibi yüksek gerilim için temellice husustur. Lif kompozitlerinin yükleme kapasitesi için en büyük önem iplik materyalidir.

Çok genişçe lif materyalleri güçlendirmek için polimer kullanılmış, kumaşlar cam, karbon ve aramid lifleridir.

Temellice basitçe bütün tekstil kumaşları bu çok eksenli (Multi-axial) makinelerde üretilebilmektedir. Farklı ölçüde (incelikte) farklı iplik çeşitleri taşıma zincirinin bir altında başka kancalar içine biriktirilebilmektedir.

Uygulamanın gerçek alanları için çok eksenli (Multi-axial) ince dokunmuş kumaş getirilmesi olasılıklarının çeşidi farklı tekniksel mevcut ipliklere kısıtlanamaz. İplikler yapının her bir yönünde sokulabilmektedir. Bundan dolayı çok eksenli (Multi-axial) kumaş güç ve geriliminin kapasitesine göre inşa edilebilmektedir **[23].**

Materyaller ile lif kompozitlerinin maliyetinde karşılaştırıldığında avantajsızdır. Lif kompozitlerinin dikkate değer fiziksel yorulmaları tarafından mantıklı kılınabilmektedir.

Bundan dolayı elde edilen kumaş gerçek fiziksel yorulmalara sahip oluyor, birkaç tabaka farklı çözgü ve atkı yönünde bir diğer üzerine biriktirilmeli ve daha

sonra her biri birleştirilir. Mamafih lif kompozitlerinin kesinlikle ve sertliği kumaşlar tarafından %10-%40 oranında çok eksenli (Multi-axial) kumaşlara karşılaştırmasında ipliklerin ortaklığına göre azaltılabilir. Birkaç yüzeylerde çok eksenli (Multi-axial) dokunmuş ince yüzeyin yapısı bir diğerinin üzerine birkaç endüstriyel yüzeylerin pahalı lamination' un eski yerine koyulur, ve sonradan ortaya çıkan muamele için kullanıma hazır basamakların rasyonalizasyon sebebidir **[23].**

Bundan dolayı çok eksenli (Multi-axial) ince dokunmuş kumaş dokuma teknikleri tarafından üretilmiş yüzeyler ile karıştırıldığında hatırı sayılır avantajlara sahiptir. İplik sistemleri enerjiyi (iplik tabakaları) aldığı kadarıyla iplik sistemleri atkı veya sütun iplik gibi örülürleri halbuki dokuma için iplik sistemleri dokuma tarafından formlandırılabilir ve bundan dolayı iplik sistemleri çok fazla gerilimlendirilmemektedir.

Farklı üretim teknikleri ile benzer kesin sertlik zorlamasını üzerine alır ve bir endüstriyel kumaşın dağıtımını başaramamaktadır.

Çok eksenli (Multi-axial) kumaşın bireysel iplik sistemi yüzeylerinin katılımı ile bağlantıda farklı ipliklerin seçiminden dolayı endüstriyel kumaşların üretiminde yeni gelişmeler vardı.

Lif Kompozit Materyallerin Yapısı FCM;

Lif kompozit materyallerini iplik yapısının üzerine aldığı dayanım olarak yüksek dayanım lif materyalleri esaslıca oluşturur. FCM konumlandırma pozisyonu için, bir yapışkan matrix-cisim içinde iyice yerleştirilir. FCM nin yapımında inşa parçalarının üretim Multi-axial kumaşların yardımı ile birbirini izleyen iki üretim işlemlerinde bölüştürülebilmektedir.

- Çok eksenli (Multi-axial) örmenin üretimi (tekstil yapı oluşmadan önceki hali)
- Kaplama ve inşa parçasının üretimi.

Tekstil oluşmadan önceki halinin üretimi (asılca esaslıca) yapının karakteristiklerine bağlıdır ve talepler tekstil kullanımından çoğunlukla farklıdır.

Bu yapılarda lif kompozitleri kullanımı belirli ihtiyaçlara (gereksinimleri) karşılamak zorundadır.

Bazı uygun karakteristikler aşağıda listelenmiştir. Mamafih bunların bütün hepsi aynı zamanda yerine getirilememektedir.

- Düşük maliyet
- Gerilime ilişkin yüksek sertlik ve yüksek kesinlik, basınç,eğilme ve bükülme

- Yüksek çalışma kapasitesi
- İyi salınım dempening
- Yorulma ve ageing dayanımı
- Kimyasal dayanım (örneğin : aşınmaya karşı)
- Düşük ağırlık
- Düşük sıcaklık genleşmesi
- Yüksek veya alçak yükselen hava kütlesi iletkenliği
- İyi elektrik iletkenliği

Polimer yüksek yeterlikte lif kompozitleri metalik materyaller ile uygulamanın geniş bir alanında rekabet ediyor **[23].**

Yukarıdaki bütün, karbon lif kaplama plastikleri (CFP) ifade etmek zorunludur. Onlar yüksek kesinlik ve sertliğe sahiptir fakat aynı zamanda alçak yoğunluk ve bundan dolayı alçak ağırlığa sahiptirler **[23].**

Havacılık ve uzay gemisinin, otomobil, bot ve konteynır yapım endüstrisi alanlarında ve uygulamanın farklı diğer alanlarda Multi-axial kullanımı için bu gelişmeler kesindi **[23].**

Çok eksenli (Multi-axial) Multi-axial çözgülü örme teknolojisi Liba tarafından lif kompozitlerinin alanında destek örmelerinin üretimi için çok fazla benimsenmiştir **[23].**

Kompozit Güçlendirmesi İçin Çok Yönlü (Multi-Axial) Çözgülü Örme Oluşmadan Önceki Hallerinin Analizi

Çok yönlü (Multi-Axial) çözgülü örme kumaşların (MWK) üç boyutlu yapıları yakınlarda kompozitlerin çok yönlü kuvvetlendirilmesi için bu günlerde geliştirilmiştir. Doğrusal ipliklerin çoklu yüzeyleri belli yönlerde uçağın güçlendirmesini sağlamak için çözgü (0°), atkı (90°), tek eksen (±Ø) yönlerinde monte edilir, ve onlar yapısal bütünlüğünü ve direk kalınlık güçlendirilmesini sağlamak için örme iplikleri tarafından birlikte örülürler. Deneysel gözlemlerde temel, çok yönlü (Multi-Axial) çözgülü örme kumaşın birim hücre geometrisi bağlantı ve ilmek ipliklerinin kesişme bölümü boşluklarının idealize edilmesi ile tanınabilir. Geometrik model geometrik parametreler ve işlem çeşitliliklerine ilişkin geliştirilir. Termsler de yapı ve işlem kademelerini lif hacim kademesi ve lif yönelmeleri ifade ediliyor. Bu geometrik model çok yönlü (Multi-Axial) çözgülü örme güçlendirilmiş kompozitlerin mekaniksel davranışlarının tahmini için yanı sıra

multiaxial çözgülü örme oluşmadan önceki hali için işlem penceresinin kuruluşu için bir temel sağlar **[24].**

Deneysel yapılan gözlemlerin temelinde, bağlantı ve ilmek ipliklerinin bağlantı bölüm biçimleri idealize edilmiştir. Geometrik model geliştirmek için multiaxial çözgülü örme kumaş oluşmadan önceki halinin birim hücre geometrisi tanımlanmıştır, bu tanımlar geometrik parametreler ve işlem çeşitlerini anlatır. Bu makalede geometrik model raporlanıp nicelce doğrulandıktan sonra geometrik model olmuştur **[24].**

Bu çalışmanın sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilir.

1. Birim hücreyi ele alış biçimi tanımlı üç- boyutlu yapılı multiaxial çözgülü örme kumaşların geometrik ilişkilerini tanımlamaya etkilice kullanılır.
2. Bağlantı ipliklerinin kesişme bölümü biçimi 1. den daha geniş kalınlığına genişliği bakım oranı ile bir "racetrack" a yakındır.
3. Çok yönlü (Multi-Axial) çözgülü örme kumaş gerginlik faktörü bağlantı ipliklerine iğneleme iplik doğrusal yoğunluğuna oranı, ve meyil ipliklerinin yönelme açısı gibi ayarlı anahtar işlem çeşitleri tarafından geometrik desenin genişliği aralığında ürettirilebilir.
4. Birçok tekstil yapıları gibi multiaxial çözgülü örme kumaş sadece bir kısıtlı işlem penceresinde ürettirilebilir. Faktörler sınırlı emniyetli yapılar iplikte lif paketleme ve kumaşta iplik sıkıştırılması.
5. Sabit meyil iplik yönelmesi için, lif hacim kademesi önce azalır, ve sonra artar. Eklemek için ilmek iplik doğrusal yoğunluğunun oranında artış ile minimum sağlandığı zaman iplik sıkıştırma meyil iplik yönelmesinin en alt limiti kabul edilir, ve iplik doğrusal yoğunluk oranını en üst limiti tanımlar.
6. verilen bir kumaş gerginlik faktörü ve iplik doğrusal yoğunluk oranı için lif hacim kademesi meyil iplik artışı olarak azalır. İplik sıkışması kumaş gerginlik faktöründe azalma ile meyil ipliğinin en alçak yönelme açısında meydana gelir.
7. İğneleme lif yüzdesi iplik doğrusal yoğunluk oranı arttıkça artar, fakat meyil iplik açısı arttıkça azalır.

Mekanik Özellikler ve Çok Açılı Çözgülü Örme Kompozitlerin Hasar Toleransı

Çok katlı çözgülü örme tek eksenli yönlere ve tek yönlü board good lara alternatif bir yapı olarak mütalaa edilen henüz yeni bir tekstil materyal yapısıdır. Bu makale 4 değişik yolla örülerek karbon kumaşlar ile takviye edilen kompozit materyallerin deneysel karekterizasyonların sonuçlarını sunar ve sonuçları konvansiyonel preprek bant ve tek dokuma örgülü kumaş kompozitler ile karşılaştırılır **[25].**

Mekaniksel gerilim sıkıştırma özellik testleri materyal performansını taktir etmek için güçlendirilmiş karbon epoxy kompozit numuneleri üzerinde yönetildi. Kumaşlar Liba ve Mayer çözgülü örme makinelerinde üretildi. Dört kat çözgülü örme üretmek için Liba makinelerinin iki değişik jenerasyonu Hexcel ve bir Mayer makinesi Milliken tarafından kullanıldı. Kompozit test plakaları iki reçine transferi biçimlendirmesi metotları ile iki farklı epoxy reçine sistemi ile imal edildi. Test sonuçları gösterdi ki yüksek kalite örgülü karbon kumaşlar üretilebilir ve reçine transferi biçimlendirmesi atmosfer üstü kalite kompozit kumaşlar üretmek için kullanılır. Hexcel ve Milliken kompozit kumaşları için %20-30 aralığında değişen gerilim ve baskı azaltması pre-pock bant kaplamalarına benzetildi. Buna rağmen örgülü kumaş kompozitleri %80'i aşarak karşılaştırılabilir plakaların dayanıklılığından daha yüksek darbe sonrası sıkıştırma dayanıklılığı sergiledi. Saerbeck' in örgülü kumaşının performansı tek dokuma kumaşlar için yönetilen bütün testlere benzetildi **[25].**

Birbirine yakın iki yeni çok açık çözgülü-örme işlemleri kompozit uçak yapılarında uygulama için onların potansiyellerinin saptanmasında değerlendirilen dört farklı örgülü kumaşlar üretmede kullanılmışlardır. Üç karbon kumaş şemaları Liba makinelerinde üretildi ve bir kumaş Mayer örme makinesinde üretildi. Bütün kumaşlar reçine transferi biçimlendirme işlemi kullanılarak kompozit test panelleri içine imal edildi. İki yeni epoxy reçine sistemleri, Brithish Petroleum E 905L ve 3M PR500, işlem çalışması için seçildi. Yüksek kalite kompozit kaplamalar PR500 reçine ile bir vakum demlendirme işleminde ve E905L reçine ile basınç enjeksiyon işleminde üretildi. Hexcel ve Milliken yarı-izotropik kumaşlar üretti ve Saerbeck liflerin %44' ü ile 0^0 doğrultusunda, liflerin %44' ü ile $+45^0$ doğrultusunda ve liflerin %12' si ile 90^0 doğrultusunda kumaşlar üretir **[25].**

Gerilim, sıkıştırma, açık delik gerilim (OHT) açık delik sıkıştırma (OHC) ve darbe sonrası sıkıştırma (CZI) testleri, materyal performansını karşılaştırmak için idare edildi. İlave olarak bazı kuru yapı oluşmadan önceki hali dikişin hasar toleransı üzerindeki etkilerini değerlendirmek için 1500 yalancı kevlar ipliği ile dikildi. Hexcel ve Milliken kumaş kompozitlerinin mekanik performansı prepreg bant kaplamalarına benzetildi ve Saerbeck kumaş kompozitinin performansı benzer saklama koşulları ile tek dokuma örgülü kompozitlere benzetildi. Prepreg bant kaplamalarına benzetildiğinde, Hexcel ve Milliken in örgülü kumaş kompozitler i %30 düşük kadar çok olan gerilim ve sıkıştırma dayanıklılıklarına sahiptir. Dayanıklılık azaltmaları örme işlemi yüzünden olan lif hasarı, lif dalgalılığı, lif düzensizliği ve reçine ceplerine atfedilebilir **[25].**

OHT ve OHC dayanıklılıkları prepreg bant kaplamalarının dayanıklılığına benzerdir. Örgülü kumaş kompozitler inin CAI dayanıklılıkların dan %80 daha yüksek olacak kadar çoktur. Dikişin eklenmesi bazı örgülü kumaş kompozitler inin CAI dayanıklılığını 275 MPa hedef değere yükseltir. Daha sınırlı bir temel data Saerbeck kumaş kompozitleri için meydana getirilmiştir; Onların mekanik özellikleri ve hasar toleransı tek dokuma örgülü kumaş kompozitler inin performansına mukayese edilebilir **[25].**

Bu tetkikin sonuçları işaret eder ki çok açıl örme yüksek kalite kumaşlar üretmek için uygulanabilir bir işlemdir. Hava boşluğu kalitesi kumaşları başarmak için, örme işlemleri lif gerilimi, düzensizliği ve lif kabloları arasındaki boşlukları kontrol edecek zorlu online işlem kontrollerini birleştirmelidir **[10].**

Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Kumaşlar İçin Eğilme Özellikleri

Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşların (MWK) eğilme özellikleri verilir ve çok eğilme hysteresis bükülmeler Kawabata' nın değerlendirme sisteminde elde edildi, sırf eğilme deneme cihazında (KES-FB-2) tatbik edildi. Eğilme test cihazı sadece dokumalar ile karşılaştırıldığı zaman daha çok lineer ve simetrik olmasa dahi MWK kumaş işlemlerinin eğilme hysteresis bükülmeleri bulundu **[26].**

Yüksek tekniksel ve gelişmiş endüstriyel kumaşların biri gibi, çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşlar (MWK) son yıllarda git gide itina ve alakayı karşılıyor. KO ve onun çalışma arkadaşları çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşların teknolojisinde kompozitlerin yanı sıra yapı ve özellikleri hakkında yazı

çıkardılar. Çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaşların eğilme özellikleri uygulama ve mekaniksel designability' sini sertçe engeller **[26].**

MWK kumaşların yomadaki eğilme özellikleri bir şeye ilk işaret etmelidir. MWK kumaşlarda geliştirilmiş ekleme iplikleri genellikle endüstriyel ve mühendislik materyalleri gibi kullanılır. Polyester iplikler, özellikle yüksek dayanımı ile ve yüksek modulusu ile, tabiki ilginç iplikler gibi kullanılabilir. Tipiksel çalışmanın amacı için, bununla birlikte burada biz araştırma için ilginç iplikler gibi cam flament demetleri ile MWK kumaşlar seçeriz **[26].**

Cam flament iplikler mekaniksel davranışında polimer flamentlerin yapımında biraz farklıdır. Onlar viskoziteye sahip değildirler fakat yaklaşık %23' ün gerilme dayanımı içinde mükemmel elastiktirler **[26].**

BÖLÜM II

TEKNİK TEKSTİLLER

II.1. TEKNİK TEKSTİLLER PİYASASI - GENEL BAKIŞ

'Teknik' tekstiller önemli ölçüde dikkat çekmesine rağmen, liflerin, ipliklerin ve kumaşların giysilik ve döşemelik dışındaki uygulamalar için kullanılmaları yeni bir olay değildir. Bu ayrıca modern yapay lifler ve tekstillerin ortaya çıkışı ile de geniş ölçüde bağlantılı değildir. Pamuk, keten ve jüt gibi doğal lifler yüzyıllardan beri (ve halen) tentelik ve muşambalardan halatlara, yelken bezine ve çuvallara kadar değişen alanlarda kullanılmıştır. Dokuma kumaşların ve ağların Romalılar döneminde ve öncesinde yol yapımında bataklık alanların stabilizasyonu için kullanıldığına dair kanıtlar bulunmaktadır ve bunlar günümüzde jeo tekstil ve jeo ızgara olarak adlandırılan ürünlerin ilk örnekleri arasındadır **[4].**

Bu konuda yeni olan husus, bu tür tekstillerin sanayileşmiş ve sanayileşmekte olan ülkelerin lif ve kumaş üretimleri ile proses endüstrileri için ekonomik ve stratejik potansiyelinin giderek artan bir şekilde kabul edilmesidir. En gelişmiş piyasaların bazılarında, teknik ürünler (geniş çaplı tanımıyla) şu anda bütün tekstil üretim aktivitelerinin ve üretimlerinin %50'si gibi büyük bir bölümünü kapsamaktadır. Teknik tekstillerin tedarik zinciri uzun ve komplike bir yapıdadır ve teknik lifler, kaplamalar ve özel membranlar için polimer üreticilerinden başlayarak teknik tekstilleri bitmiş ürünleri içine dahil eden veya bunları endüstriyel çalışmalarının zorunlu bir parçası olarak kullanan imalatçı veya diğer kullanıcılara kadar uzanmaktadır.

Teknik tekstillerin ekonomik alanı ve önemi, tekstil endüstrisinin kendisinin de çok ve ötesine geçmiştir ve insanların her türlü ekonomik ve sosyal faaliyetlerinin üzerine etkileri bulunmaktadır **[4].**

Ancak tekstil endüstrisinin bu dinamik sektörü , daha geleneksel sektörler olan giyim ve döşemelik alanlarında çok iyi bilinen ekonomik daralma, piyasanın ham olması ve büyüyen küresel rekabet etkilerine dayanıklılığım veya bağışıklığım henüz tamamen ispat etmiş durumda değildir. Başarıya ulaşmada kolay bir yol bulunmamaktadır ve imalatçılar ile kullanıcılar halen yeni ve komplike bir pazar içinde çalışmanın getirdiği risklerle orantılı ekonomik kazanç sağlamanın mücadelesini vermektedir. Yeni ürünler ve uygulama alanları geliştirmek için duyulan ihtiyaç üzerine yeni prosesler ve ekipmanlara yatırım yapmak ve bunları giderek artan bir şekilde farklılaşan müşteri gruplarına pazarlamak, her zaman olduğundan daha maliyetli ve zor olmaktadır **[4].**

Teknik tekstiller hiçbir zaman tek başına uyumlu bir endüstri veya piyasa sektörü olmamıştır. Birçok farklı yönde, değişen hızlar ve başarı seviyeleri ile gelişimini sürdürmektedir. Tekstillerin klasik tanımları ve kağıt ve plastik, filmler ve membranlar, metaller. cam ve seramik gibi diğer "çok yönlü mühendislik" materyalleri arasındaki bariyerler devamlı olarak erozyona uğramaktadır. Genelde bunun içine girenler, liflerin kumaşların işlenmesindeki temel tekstil yetenekleri, terbiye teknikleri ile tüm bunların farklı kombinasyonlar ve çevreler içindeki interaksiyonlarının ve performansının nasıl olduğunun anlaşılmasıdır. Bunun ötesinde teknolojinin çoğu ve endüstri ile ilişkili deneyimler, piyasa sektörlerinin ve çok farklı son kullanım alanlarının ihtiyaçlarını ve dinamiklerini anlama durumundadır. Burada da endüstri içinde yeni ayırma çizgileri ortaya çıkmaktadır.

Teknik tekstiller piyasasının gelişiminin ve potansiyelinin değerlendirilmesi bu nedenle, endüstrinin faaliyet alanının ve buna ilişkin piyasaların tanımlanması ve gelişen terminolojinin daha net bir hale getirilmesi ile başlamaktadır. Bu bölüm endüstriyi ileriye doğru yönlendiren teknik, ticari ve küresel bazı faktörleri ele almaktadır **[4].**

Bu aynı zamanda Çin ve dünyadaki diğer hızlı endüstrileşmekte olan bölgelerdeki yeni coğrafi piyasaların ortaya çıkışının 21. yüzyılın ilk on yılında

teknik tekstiller üretiminin büyümesine ve yerleşimine nasıl ana etkilerden birisini yaptığını da göz önüne almaktadır **[4].**

II.2. TEKNİK TEKSTİLLERİN TANIMI VE KULLANIM ALANLARI

Textile Institute yayınlarından Tekstil Terimleri ve Anlamlarında, eski endüstriyel tekstil teriminin tanımı şöyledir; "Koruyucu amaçlı olmayan giysi, ev tekstil ürünü, döşemelik ve zemin kaplaması dışında kullanım alanına sahip tekstil malzemesi ve ürünleri." **[13].**

Bu tanım her ne kadar bu ürünlerin ne olduğunu değil de ne olmadığını açıklıyorsa da en azından bir fikir verme özelliğine sahiptir.Teknik tekstillerin daha yeni olan tanımı: "Estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade, öncelikle teknik performansları ve fonksiyonel özellikleri için üretilen tekstil malzemesi ve ürünleridir." **[13].**

Böyle bir özet tanımlama, özellikle artan sayıdaki tekstil ürünü hem performans ve dekoratif özelliklerini hem de fonksiyonlarını aynı miktarlarda bir araya getirirken, yorum için açıkça önemli bir alan ortaya koymaktadır. Buna örnekler güç tutuşur döşemelikler ve nefes alabilen serbest zaman giysileridir. Elbetteki yalnızca iki tane yayın değil, endüstride veya istatistik kuruluşlarında da özel ürünlerin ve uygulamaların teknik tekstiller olarak tanımlanmasına ve kategorize edilmesine gelindiğinde aynı yaklaşımların hassas bir şekilde uyarlanması daima göze çarpmaktadır **[4].**

Teknik tekstillerin ve bunlarla ilgili piyasaların kapsamını ve faaliyet alanını çok rijit ve kapalı bir şeklide tanımlamaya yönelik girişimlerin başarısızlığa mahkum olduğu belki de sürpriz bir olay değildir. Modern tekstillerin, proseslerin, ürünlerin ve uygulamaların en dinamik ve geniş çaplı alanında her şey çok hızlı olarak değişmektedir. Hatta şu anda küresel endüstri ve piyasalar içerisinde, dil ve kültür nedeniyle teknik tekstillerin bir coğrafi bölgeden bir diğerine değişen algılama farklılıkları da bulunmaktadır **[4].**

II.2.1. Teknik veya Endüstriyel Tekstillerin Kullanım Yerleri

Yıllardan beri "endüstriyel tekstiller" terimi giysilik, ev tekstilleri, ve döşemelik amaçları dışındaki tüm tekstil ürünlerini içine alacak şekilde geniş kapsamlı olarak kullanılmıştır. Bu tanım halen Avrupa ve başka yerlere nazaran ABD' de daha fazla tercih edilmektedir **[4].**

Tekstillerin tıbbi, hijyen, spor, taşımacılık, konstrüksiyon, tarım ve diğer bazı endüstriyel olmayan amaçlarla gelişmekte olan uygulamaları göz önüne alınırsa, bu terimin kullanımının giderek artan bir şekilde uygun düşmediği görülmektedir. Endüstriyel tekstiller şu anda daha ziyade geniş bir kategoriye sahip olan teknik tekstillerin bir alt grubu olarak görülmektedir ve özellikle imalat çalışmaları içinde kullanılan (Örneğin filtreler, makine kaplamaları, konveyör kayışlar, zımpara altlığı vb... gibi) veya diğer endüstriyel ürünler içine dahil edilen (Örneğin elektrik komponentleri ve kablolar, esnek contalar ve diyaframlar, ev aletleri veya endüstriyel cihazlarda akustik ve termal yalıtım) tekstil ürünleri olarak görülmektedir **[4].**

Endüstriyel tekstillerin değiştirilmiş olan bu tanımı halen tatmin edici bir nitelikte değilse, o zaman teknik tekstillerin üniversal olarak kabul edilebilecek tanımlanması ve faaliyet alanının sınıflandırılması problemi daha büyük olacaktır. Bununla ilgili olarak birçok şema ortaya konulmaktadır. Örneğin teknik tekstiller için önde gelen uluslararası teknik tekstiller fuarı, Techtextii (Almanya'da Messe Frankfurt ve Japonya'da Osaka' da 1980' li yıllardan beri iki yılda bir organize edilmektedir) 12 adet uygulama alanı tanımlamaktadır (Endüstriyel uygulamalar için tekstiller yalnızca bir grubu temsil etmektedir) **[4].**

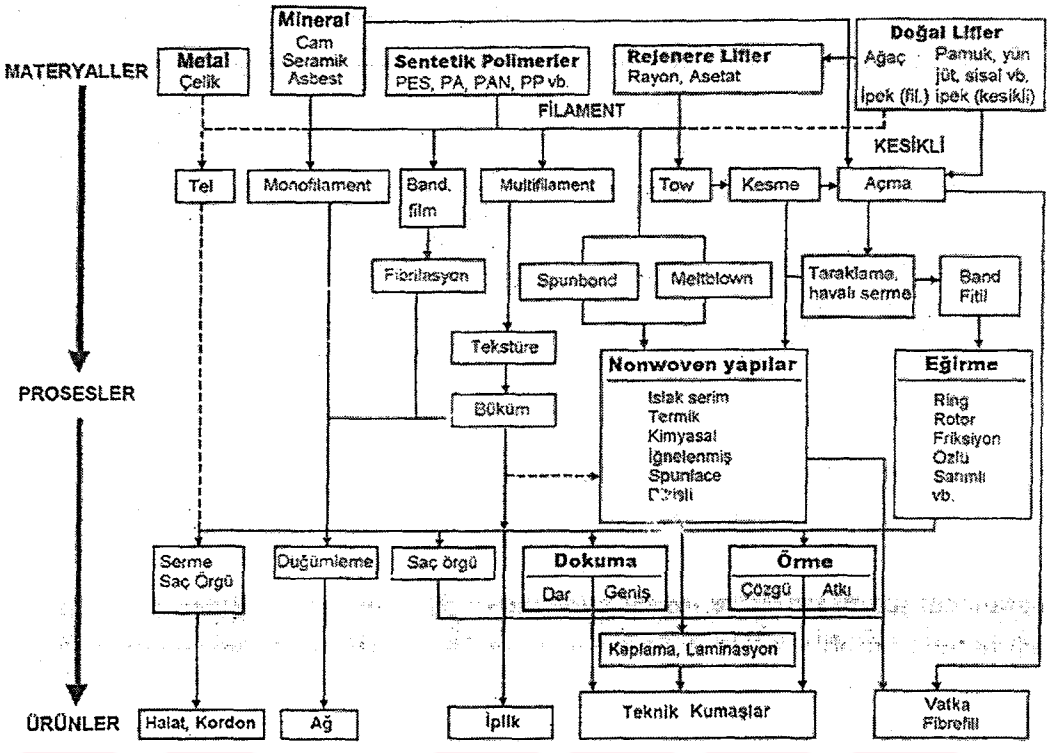
- **Agrotech :** Tarım, su ürünleri, bahçecilik ve ormancılık
- **Buildtceh :** Bina ve konstrüksiyon
- **Clothtech :** Ayak giyecekleri ve giysi
- **Geotech :** Jeo tekstiller ve inşaat mühendisliği
- **Hometech :** Mobilya teknik komponentleri, ev tekstilleri ve yer döşemelikleri
- **Indutech :** Filtrasyon, taşıma, temizleme ve diğer endüstriyel kullanımlar

- **Medtech :** Hijyen ve tıbbi
- **Mobiltech :** Otomobiller, deniz taşımacılığı, demiryolları ve uzay
- **Oekotech :** Çevre koruma
- **Packtech :** Paketleme
- **Protech :** Personel ve eşya koruma
- **Sporttech :** Spor ve serbest zaman

Bu tekstilleri tanımlamak üzere hepsini içine alacak bir terim için araştırmalar, "Teknik ve endüstriyel" kelimeleri ile sınırlı değildir. Performans tekstilleri, fonksiyonel tekstiller, mühendislik tekstilleri ve high-tech tekstiller gibi terimler de çeşitli alanlarda kullanılmaktadır ve bunların bazen oldukça spesifik anlamlarda (Performans tekstilleri genellikle aktivite giysilerinde kullanılan kumaşları tanımlamak için kullanılmaktadır) çok düşük önem seviyesinde veya herhangi bir önemi olmaksızın kullanıldığı görülmektedir **[13].**

II.2.2. Teknik Tekstillerin Tekstil Sektöründeki Yeri

Eğer "teknik" sıfatını hassas bir şekilde tanımlamak zor ise, aynısı tekstillerin faaliyet alanı için de geçerlidir. **Şekil II.1** teknik tekstillerin alanı içine girdiği ifade edilen başlıca materyalleri, prosesleri ve ürünleri özetlemektedir. Mamafih birçok ham alan da mevcut bulunmaktadır. Örneğin kabloların, dokuma veya örme çerçevelerin ve ağların, otomobil lastikleri için kuvvetlendirilmiş karkasların üretimi için metalik tellerin imalatı ve işlenmesi genellikle tekstil endüstrisinin faaliyet alanı içinde düşünülmemektedir. Oysa ki kullanılan teknikler ve elde edilen ürünler konvansiyonel tekstil liflerinin eşdeğerleri ile sıkı bir ilişki içinde bulunmaktadır **[13].**



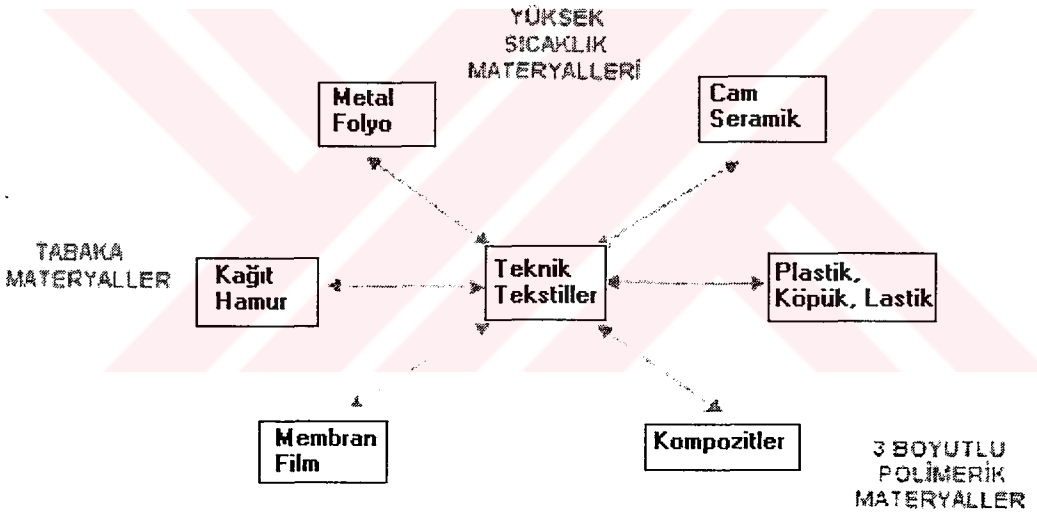
Şekil II.1:Teknik Tekstil Materyalleri, Prosesleri ve Ürünleri. PES= Poliester, PA= Poliamid, PAN= Poliakrilnitril [4].

Kompozit endüstrisi içinde cam. karbon liflen ve aramidler gibi organik polimer materyallerden yapılan dokuma, örme, saç örgüsü dokuma, nonwoven ve sarılmış iplik takviyeleri şimdi teknik tekstil ürünleri olarak geniş çapta kabul görmektedir. Öte yandan parçalı plaj hasırları, öğütülmüş cam ve pulp halindeki organik lifler gibi gevşek yapılı takviye malzemeleri genellikle hariç tutulmaktadır **[4].**

Nonwoven endüstrisi kağıt imalatı da dahil olmak üzere farklı teknolojilerden gelişmiştir. Bir nonwoven' ın günümüzdeki ilan edilen tanımı, örneğin Uluslararası Standartlar Organizasyonu' nun ISO 9092 standardında bazı sınır alanları kabul etmektedir ve bunlar ıslak serilmiş ürünler ve ekstrude edilmiş gözenekli yapılar ve ağları içine almaktadır. Benzer olarak tekstil lifleri ve filamentler, kesilmiş veya fibrile edilmiş filmler, mono filamentler ve ekstrude edilmiş plastikler arasındaki farklılıklar kaçınılmaz olarak bazı keyfi ve yapay kriterlere indirgenmektedir. Çap veya genişlik genellikle, kullanılan teknolojiden veya son kullanımdan bağımsız olarak kullanılan tanımlayıcı bir karakteristiktir. Mevcut endüstri istatistiklerinin içinde yer alan tanımlamaların

ve kategorilerin bir çoğu ilgili ürünlerin fonksiyonel veya piyasa esaslı özeliklerinden ziyade ana imalat sektörlerinin tarihsel bölümlerini yansıtmaktadırlar **[4].**

Polimer membranlar, kompozit materyaller, ekstrude edilmiş ızgaralar ve ağlar, teknik tekstil materyalleri, prosesler ve ürünler alanındaki geleneksel notasyonlarla mücadele eden diğer ürünlerdir. Teknik tekstiller artan bir şekilde "Esnek mühendislik materyalleri" piyasasında ve daha geniş bir endüstri içerisinde muhtemelen yerini bulacak gibidir. (**Şekil II.2**) Çok sayıda firma ve gruplar şimdiden bu genel bakışa uyum sağlamış durumdadır ve materyaller, proses teknolojileri ve spesifik fonksiyonlar üzerine ürün yetenekleri ile filtrasyon ve sağlık bakımı gibi piyasalara odaklanan klasik endüstri sektörlerinin sınırları arasında çalışmalarım sürdürmektedirler **[4].**



Şekil II.2: Esnek Mühendislik Materyallerinin Faaliyet Alanı [4].

Bu karmaşıklığa ek olarak, farklı coğrafi bölgeler ve ülkeler yukarıda belirtilen duruma oldukça farklı görüş noktaları ve tanımlar uyarlama eğilimindedirler. Geniş oranda aktarılan bir yanlış kavram, tüm tekstil üretiminin %40' ından fazlasını kapsayan ve hemen hemen Batı Avrupa' nın iki katı olan Japonya' daki teknik tekstiller üretimi büyük ölçüde farklı istatistikler ile belirtilebilmektedir. Avrupa' da en yetkili lif tüketim verileri (ve bu nedenle tekstil üretimi) kaynağı CIRFS -Avrupa Yapay lif Üreticileri Birliği' dir. (Comite International de la Rayonne et des Fibres Synthetiques) Mamafih CIRFS' in yayınladığı istatistikler (en azından son zamanlara kadar)

özellikle band ve film iplikleri (Tüm poliolefin liflerinin önemli bir bölümü), kaba mono flamentleri ve tüm cam ürünlerini (jüt, keten, sisal vb. doğal lifleri de) dışarıda bırakmıştır. CIRFS ve EATP' nin birleşimi Avrupa Poliolefin Tekstilleri Birliği bu anormalliği halletmek için harekete geçmelidir **[4].**

Japon "Kimyasal" Lif Üreticileri Birliği, JCFA, diğer bir ekstrem uygulama olarak doğal lifler de dahil olmak üzere bütün bu ürünleri teknik / endüstriyel tekstiller tanımı içerisine almaktadır. Halbuki ABD' deki Fibre Statistics Bureau poliolefin band ve mono filament iplikleri dahil etmekte, ama camı hariç tutmaktadır. **Tablo II.1** ana teknik lif ve ipliklerin relatif kullanımını daha uygun bir şekilde belirtmeye çalışmaktadır **[4].**

Bu yeni durumda da, Japonya teknik tekstillerin toplam tekstil üretimi içindeki payı bakımından dünyadaki lider pozisyonunu korumaktadır. Ancak bu durum konfeksiyon ve döşemelik tekstil sektörlerinin nispeten küçük olan boyutu (Özellikle yer döşemelikleri) ile kombineli olarak otomobil imalat endüstrisinin (Teknik tekstiller bakımından anahtar kullanıcı) öneminin geniş ölçüdeki bir yansımasıdır. ABD gözle görünür bir şekilde üç önemli endüstri bölgesi içinde en düşük teknik tekstiller üretim oranını gerçekleştirmektedir, ama özellikle cam tekstiller ve teknik lif kullanımları dahil edildiğinde kişi başına en fazla miktarda üretmekte ve tüketmektedir **[4].**

II.3. TEKNİK TEKSTİLLERİN GELİŞİMİNDEKİ TEMEL ETKENLER

Tekstiller için teknik ve endüstriyel uygulamaların gelişiminin birçok yıl öncesine kadar izlenebilmesine rağmen, geçtiğimiz yıllardaki çok sayıda kilometre taşı bugün bildiğimiz teknik tekstillerin ortaya çıkışını belirlemiştir. Çok geniş çapta, bunlar yeni materyaller, yeni prosesler ve yeni uygulamalar üzerine merkezlenmişlerdir **[4].**

II. 3.1. Lif Malzemelerindeki Gelişmeler

II.3.1.1. Doğal Lifler

20. yüzyılın başlarına kadar, teknik ve endüstriyel kullanımlar için temin edilebilen başlıca lifler pamuk ve keten, jüt ve sisal gibi çeşitli kaba bitkisel liflerden ibaretti. Bunlar tipik olarak ağır kanvas türü ürünlerin, halatların ve sicimlerin imalatında kullanılırlardı ve oldukça ağır, suya ve mikrobik/bakteriyel zararlara karşı sınırlı dayanıma sahip ve güç tutuşurluğu iyi olmayan nitelikleri ile karakterize ediliyorlardı **[4]**.

Teknik tekstiller imalatının günümüzdeki bölgesel modellerinden bazıları, örneğin Dundee, İskoçya' nın doğu kıyılarında kurulmuştur ve aynı zamanda bir balina avı limanı olan önemli bir keten yetiştirme merkezinde (daha sonra) yer almıştır. Balina yağının nispeten kaba olan jüt liflerinin eğrilmesinde yağlama maddesi olarak kullanılabileceğinin keşfedilmesini takiben ve bunun Hindistan' dan eldesinin mümkün olmasından sonra jüt kumaşlar çuvallarda, döşemelikler ve halı imalatında, çatı keçelerinde, linolyum yer kaplamalarında, sicimlerde ve diğer birçok uygulamalarda geniş çaplı olarak kullanılmışlardır **[4]**.

Tablo II.1: Teknik Lif İşletme Tüketiminin Karşılaştırmalı Seviyeleri [4].

	Kişi başına % + kg toplam lif tüketimi		
	Yalnızca tekstil lifleri	Tekstil lifleri, PP bantlar ve mono flamentler	Tekstil lifleri, PP bantlar, mono flamentler ve cam
Batı Avrupa	%21	%28	%34
	2.8 kg	4.2 kg	5.6 kg
ABD	%18	%22	%30
	4.9 kg	6.4 kg	9.7 kg
Japonya	%30	%35	%41
	3.3 kg	4.3 kg	5.5 kg

1900 yılı civarında maksimum düzeyine çıkan jüt endüstrisinin diğer materyallerin ve ithalatın neden olduğu rekabet sebebiyle önemli ölçüde zayıflamasına rağmen, Dundee ve civarındaki endüstri bunu takiben 1960' lı yıllarda Birleşik Krallığın polipropilen endüstrisinin gelişiminin çekirdeği olmuştur. Böylece yeni olarak ortaya çıkan polimer, kendisini yalnızca doğal ürünler için ideal bir teknik ikame malzemesi değil aynı zamanda temini ve fiyatı bakımından avantajlı bir materyal olarak ispatlamıştır **[4]**.

Sisal' in geleneksel kullanım alanları da Avrupa ve Amerika'da kurulu bulunan halat, sicim ve ağ yapım merkezlerinde benzer bir biçimde ikame edilmişlerdir **[4]**.

Yün ise halen yalıtım ve güç tutuşurluk özellikleri bakımından değerlendirilmesine ve yüksek sıcaklık ve koruyucu giysi uygulamalarında kullanım alanı bulmasına rağmen, birçok endüstriyel uygulamalar açısından da çok yönlü ve ekonomik bir malzeme olarak kendisini ispatlamıştır. İpek ise daha ziyade egzotik bir liftir ve en özel kullanım yeri olan ameliyat ipliklerinin haricinde nadiren teknik uygulamalar için kullanılmaktadır. Mamafih ipek endüstrisine ait eski izler Fransa' nın Lyon bölgesinde olduğu gibi günümüzdeki teknik filament dokuma merkezlerinde bulunmaktadır. Geleneksel ipek endüstrisi de özellikle Japonya olmak üzere Asya'da teknik tekstillerin gelişimine katkılarda bulunmuştur **[4]**.

II.3.1.2. Viskoz Rayonu

İlk ticari sentetik lif, viskoz rayonu, 1910' yılı civarında geliştirilmiştir ve 1920' lerde de otomobil lastikleri için takviye malzemesi olarak ve bunu takiben tahrik kayışları, konveyörler ve hortumlar gibi diğer mekanik lastik mallarda marka haline gelmiştir. Viskozun iyi bir sıcaklık dayanımı ile kombine olmuş yüksek üniformitesi, tenasitesi ve modülü (En azından bir lastik kaplama içinde kuru halde tutulduğu zaman) hızla ortaya çıkan otomotiv ve endüstriyel ekipmanları piyasası için kendini ideal olarak ispatlamıştır **[4]**.

Daha sonra da, iyi bir absorbe etme yeteneği ve kağıt endüstrisindeki ıslak yayma tekniği ile işleme için uygunluğu gibi viskozun diğer özellikleri nonwoven prosesinde, özellikle kullanıp atılan temizlik ve hijyen amaçlı ürünlerde kullanılan en başarılı ve ilk liflerden birisi olma rolünü desteklemiştir **[4]**.

II.3.1.3. Poliamid ve Poliester

İlk olarak 1939 yılında tanıtılan poliamid (naylon) lifi yüksek mukavemet ve aşınma dayanımı, iyi bir elastikiyet, üniformite ve neme dayanıklılık özellikleri sağlamıştır. Bunun mükemmel enerji absorbe etme özellikleri tırmanma halatlarından, paraşüt kumaşlarına ve yelken bezlerine

kadar olan kullanım alanlarında eşsiz niteliklerini kanıtlamıştır. Poliamid takviyeli otomobil lastikleri yol kalitesinin pek iyi olmadığı gelişmekte olan ülkelerde halen geniş ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca bu kullanıma dünya çapında ortaya çıkan "Off-Road" araçlar da dahildir. Bu durum ortalama seyir hızının çok daha fazla olduğu Batı Avrupa' da tersinedir ve sıcaklığa dayanım özelliği nedeniyle viskozun halen belli bir değeri vardır **[4].**

1950' lı yıllardan sonra, başlangıçta ev tekstilleri ve giysilik olarak amaçlanan poliesterin üretiminin dünya çapındaki büyük artışı, giderek fazlalaşan teknik uygulamalarda hem viskoza hem de poliamide alternatif, düşük maliyetli bu lifi geliştirmek için gerek duyulan ekonomik ölçü ve teşviği sağlamıştır **[4].**

Hiçbir yer Japonya' dan ve hem poliester ştapel ve hem de filament iplik üretim kapasitesinin çok fazla olduğu ve yeni uygulamalar için acil arayışlar bulunan Çin dahil olmak üzere Asya' nın gelişen endüstriyel ekonomilerinden daha doğru değildir. Jeo tekstiller, halı tabanları ve kaplama kumaşları gibi Batı Avrupa ve Kuzey Amerika' da tipik olarak poliolefinleri kullanan bazı yüksek hacimli teknik tekstil uygulamaları, muhtemelen daha iyi temin edilebilirlik ve bu bölgelerde liflerin daha ekonomik olması sebebiyle Asya' da geniş çapta poliester kullanacaklardır **[4].**

Açıkça daha az net olan bir seviyede, poliamid tedarik durumundaki farklılıklar (Asya ve Doğu Avrupa ağırlıkla naylon 6 üretirken, Batı Avrupa ve Kuzey Amerika daha ziyade naylon 6.6' ya yönelmiştir) farklı imalat uygulamalarına , ürün tiplerine ve bu lifler için teknik uygulamalara yansımaktadır. Bir diğer örnek Japonya' da Vinaylon (PVA, polivinil alkol) liflerinin üretimi ve kullanımıdır. Bu lifler bu ülkede diğer hammaddeler ve lif üretim imkanları eksik olduğunda çeşitli endüstriyel ve teknik uygulamalar için geliştirilmiştir. Bu liflerin teknik tekstiller için kullanımı Batı da hemen hemen hiç yoktur **[4].**

II.3.1.4. Poliolefinler

1960' lı yıllarda band ve film iplikler gibi poliolefin (Çoğunlukla polipropilen ama bazen de polyetilen) liflerinin gelişimi teknik tekstillerin gelişimi için de başka bir kilometre taşı olmuştur. Bu lifin düşük yoğunluğu, iyi bir aşınma ve neme dayanıklılık özelliği ile kombine olan

düşük maliyeti ve kolay işlenebilirliği torbalar, çantalar, ambalajlama, halı zeminleri ve mobilya astarlıkları, halatlar ve ağlar gibi uygulama alanlarına hızlı bir giriş yapmasına olanak sağlamıştır. Bu piyasaların birçoğu jüt ve benzeri lifler tarafından ele geçirilmiştir ancak yapay spor yüzeyleri gibi yeni kullanım alanları da gelişmiş durumdadır **[4].**

Poliolefin liflerinin zayıf sıcaklık direnci ve tam hidrofobluğu nonwoven alanında bir avantaja dönüşmüştür. Başlangıçta viskoz ile birlikte termal bağlama için kullanılan polipropilenin şimdi ise, çocuk bezleri gibi hijyenik uygulamalarda bir kaplama malzemesi gibi kullanılarak su transfer etmesi (Absorbe etmenin tersi olarak) şeklindeki önemli bir rolünden yararlanılmaktadır. Sonuçta poliolefin oldukça düşük ekstrude olma sıcaklığı hızla gelişen lif çekerek yayma teknolojisine ("spun-bonding" ve "melt blown") ideal bir şekilde uygundur **[4].**

Yukarıda belirtildiği gibi polipropilen endüstrisinin gelişimi başlangıçta Avrupa ve Kuzey Amerika piyasalarına odaklanmıştı. Ancak esasen dünya çapında polimer kapasitesi, daha uygun ekonomik koşullar sunan yeni coğrafi piyasalara doğru yeni yatırımlarla genişlemektedir **[4].**

II.3.1.5. Yüksek Performanslı Lifler

Yukarıda belirtilen hem kimyasal hem de doğal klasik lifler halen teknik tekstillerde kullanılan tüm organik liflerin % 95' inden fazlasını kapsamaktadır. (Yani cam, mineral ve melal lifleri haricinde) Bunların birçoğu mukavemetlerinin, uzunluklarının, inceliklerinin, yüzey profillerinin, terbiye maddelerinin ayarlanması ve hatta hibrid ve bikomponent ürünler olarak kombine edilmeleriyle oldukça spesifik kullanım alanlarına uygun hale getirilmiş ve modifiye edilmişlerdir. Ancak yüksek performanslı lifler olarak isimlendirilen lifler 1980' li yıların başında ortaya çıkmışlar ve teknik tekstillerin gelişimine önemli ve hayli göze çarpan katkılar yapmışlardır **[4].**

Bu liflerin içinde ilk olanı ve önde geleni aramidlerdir ve hem yüksek sıcaklığa dayanıklı meta-aramidler (Koruyucu giysi ve benzeri uygulamalar için geniş çapta kullanılmaktadır) hem de yüksek mukavemet ve modüllü para-aramidler (Kurşun geçirmez yeleklerden başlayıp otomobil lastiği takviyelerine, hortumlara, friksiyon materyallerine, halatlara ve gelişmiş kompozitlere kadar birçok uygulamada kullanılmışlardır) bulunmaktadır. 1970'

li yıllarda ticari olarak tanıtıldıklarında p-aramidler için dünyadaki talebin 2000 yılında yıllık 40.000 tona ulaşacağı, m-aramid tüketiminin ise 17 - 18.000 ton olacağı tahmin edilmiştir. Genel durum içinde çok büyük olmamakla birlikte (Hacim olarak dünyadaki toplam teknik lif ve iplik tüketiminin % 0,5' ten daha azını temsil etmekle birlikte değer olarak %3-4' üne yakındır) aramidler teknik tekstiller endüstrisinin gelişiminde önemli bir kilometre taşı durumundadır. Kısmen pratikte kısmen de sembolik olarak aramidlerin tanıtılması, yalnızca DuPont ve Akzo gibi önde gelen lif üreticileri tarafından endüstriye ve kullanıcılara büyük miktarda teknik ve piyasa desteği enjeksiyonuna yol açmamış, aynı zamanda benzer yeni jenerasyon liflen kullanmanın olanakları (ve uygulanabilirlikleri) üzerine yeni ürün geliştiricilerin zihinlerinde bir yoğunlaşma meydana gelmesini de sağlamıştır **[4].**

Aramid liflerinin başarısı, 1960' lı yıllardan beri ticari olarak piyasada bulunan, fakat daha ziyade yüksek değerli piyasalara, bilhassa havacılık sanayinde yönelik olan ve yüksek materyal ve proses maliyetleri nedeniyle bir kısıtlama içinde bulunan karbon liflerinin tersine bir şekilde erken gelmiştir. Karbon liflerinin dünya çapındaki toplam talebi 1995 yılı gibi son zamanlara kadar halen yıllık 8 - 9.000 ton olarak kalmıştır. Gerçekte bu konudaki piyasa 1990' lı yıllardaki askeri harcamalarda görülen azalmalara dayalı olarak düşmüştür **[4].**

En nihayet karbon lifleri durgunluk döneminden sonra yalnızca sivil havacılık piyasalarında değil aynı zamanda da ileri teknoloji ürünü spor malzemelerinde ve takviyeli yakıt tankları, rüzgar jeneratörü türbini bıçakları gibi endüstriyel uygulamalarda da önem kazanmaktadır. Yeni üretim metotları ve daha ekonomik şartlar fiyatları aşağıya çekmeye başlamış, deprem bölgelerinde binaların ve yapıların takviye edilmesi gibi daha büyük çaplı uygulamalarda bile uygulama olanakları ortaya çıkmıştır. Halen (2000) yıllık tüketimin 13.000 ton olduğu ve bunun 2005 yılı civarında 19.000 tona çıkacağı düşünülmektedir **[4].**

Diğer yüksek performanslı liflerin ortaya çıkışı, özellikle 1980' li yılların sonunda ve aramid liflerini izleyecek şekilde artmıştır. Bunların içinde koruyucu giysiler ve benzeri uygulamalar için sıcaklık ve aleve dayanıklı lifler (fenolik lifler ve PBI, polibenzimidazol gibi), balistik koruma ve halat imalatı için çok yüksek mukavemetli yüksek modüllü polietilen (HMPE), filtrasyon ve

diğer kimyasal olarak zararlı ortamlar için politetrafloretilen (PTFE), polipropilen sülfür (PPS) ve polielileterketon (PEEK) gibi kimyasal olarak stabil polimerler de bulunmaktadır. Bu diğer liflerin hiçbirisi tek başına henüz aramide (ve hatta karbon liflerine) yakın bir satış hacmine ulaşmamıştır. Elbette ki bazı özel liflerin üretimleri halen yüzlerce veya binlerce ton yerine on tonlar seviyesinde ifade edilebilmektedir. 1990' lı yılların başındaki geniş çaplı endüstriyel daralma, birçok lif üreticisinin geliştirme stratejilerini gözden geçirmelerine ve daha dar bir ürün ve piyasa seviyesine odaklanmalarına neden olmuştur **[4]**.

II.3.1.6. Cam ve Seramik

Yıllardan beri cam en fazla göz ardı edilen teknik liflerden bir tanesi olmuştur. Yıllar boyunca nispeten düşük performanslı plastikler (fiberglas) ve çatı kaplama malzemeleri için takviye (özellikle ABD' de) ve ucuz bir izolasyon materyali olarak kullanıldıktan sonra, cam giderek artan bir şekilde, ateşe ve sıcaklığa mükemmel dayanıklılık özelliği ile sofistike bir mühendislik malzemesi şeklinde nitelendirilmeye başlanmıştır. Bu lif şu anda filtrasyon, koruyucu giysilik ve ambalajlama konularında olduğu gibi sızdırmazlık malzemeleri ve kauçuk takviyeleri de dahil olmak üzere yüksek performanslı kompozit uygulamalarının çeşitli türlerinde geniş ölçüde kullanılmaktadır **[4]**.

İmalat sanayinde genelde tüm endüstriyel ve evsel ekipmanların yanında, otomotiv endüstrisinde yüksek hacimli cam takviyeli kompozit üretim tekniğinin metal gövde parçalan ve komponentlerinin yerini alması yönündeki potansiyel uygunluk belli başlı yeni piyasalar için ümit vericidir. Tekstil cam liflerinin teknik uygulamalardaki dünya toplam tüketimi 1995 yılında 2,3 milyon ton kadar iken, 2000 yılında muhtemelen 2,9 milyon tonu geçeceği ve bunun tüm teknik lifler tüketiminin % 20' sini meydana getireceği düşünülmektedir. Çeşitli yüksek performanslı seramik lifleri geliştirilmiştir fakat bunlar yüksek maliyetleri ve sınırlı mekanik özellikleri dolayısı ile daha sınırlı uygulamalar dahilinde kalmışlardır **[4]**.

II.4. TEKNİK TEKSTİL İŞLEMLERİ

Şekil II.1 teknik tekstillerin üretimi için kullanılan çok çeşitli prosesleri özetlemekledir. Halat ve ağların imalatı için kullanılan düğümleme ve katlamanın dışında, dokuma teknik tekstillerin imalatında kullanılan en yaygın teknolojiydi. Üretilen tekstillerin toplam ağırlığı bakımından dokuma tekniği halen öncü bir rol oynamaktadır ve üç boyutlu ve kıvrımsız dokuma birçok yeni ürün ve kullanım alanı olanakları sağlamıştır **[4].**

Mamafih teknik tekstillerin tarihsel gelişimi içerisinde, başta kalabalık nonwoven ailesi olmak üzere çözgülü ve atkılı örme, dikişle bağlama ve modern saç örgü metotları gibi alternatif tekstil oluşum teknolojileri de gelişme göstermiştir. İzolasyon, koruma ve lif dolgu uygulamaları için özel kesit formlu serbest liflerin kullanılması uygulamaları bir diğer önemli gelişme alanıdır. Tüm lif, iplik ve tekstil çeşitleri kompozit takviye ve formasyon teknolojilerinin muhtelif ve hızlı yayılan türleri için de bir başlangıç noktası olmuştur **[4].**

Dünya teknik tekstiller endüstrisinin önde gelen bir çalışmasına ve bunun piyasasının 2005 yılına kadar yapılan projeksiyonuna (Tablo 1.2) göre nonwoven kumaşlar 2002/2003 civarında dokumaların yerini alacaktır. (Üretilen tekstillerin toplam ağırlığı bakımından) Alan bakımından nonwoven kumaşlar halihazırda düşük gramajları nedeniyle dokuma ve diğer kumaşları geçmiş durumdadır, öte yandan diğer dokuma ve iplik bazlı kumaşlar en azından yakın geleceğe kadar değer bakımından ön sırada olmaya devam edeceklerdir **[4].**

Tablo II.2: Ürün Tipine Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimleri, 2000 - 2005 [4].

	10^3 ton			Milyon $		
	2000	2005	Büyüme (% yıllık)	2000	2005	Büyüme (% yıllık)
Kumaşlar	3760	4100	%1,7	26710	29870	%2,2
Nonwoven	3300	4300	%5,4	14640	19250	%5,6
Kompozitler	1970	2580	%5,5	6960	9160	%5,6
Diğer tekstiller	2290	2710	%3,4	11950	14060	%3,3
Tüm tekstil ürünleri	**11330**	**13690**	**%3,9**	**60270**	**72330**	**%3,7**

Bu nedenle teknik tekstillerin geleceğinde tekstil endüstrisinin her bölümü için bir şeyler bulunacaktır. Çoğu üretim alanlarında, teknik tekstiller artan bir şekilde karmaşık hale geleceğinden ve daha özel ve yüksek değerli malzemeler kullanılacağından, hacimden ziyade değer bakımından hızlı büyümeler görülecektir. Öte yandan özellikle nonwoven ürünlerin büyümesini yansıtan, hammadde karışımlarının ve teknolojilerin değişimi nedeniyle liflerin, ipliklerin ve tüm teknik tekstil ürünlerinin toplam değeri hacimlerinden hafifçe daha az hızlı olarak büyüyecektir **[4]**.

II.5. TENİK TEKSTİLLERİN UYGULAMALARI

Aynı çalışma teknik tekstillerin Techtextil organizatörleri tarafından belirtilen her ana uygulama alanındaki boyut ve büyüme trendlerini tanımlamıştır. Sonuçlar **Tablo II.3**' de sunulmaktadır **[4]**.

Ekolojik tekstiller ayrı ve önemli bir büyüme potansiyeli bulunan bir segment olarak tanımlanmaktadır. Ancak bunlar toplam tüketim rakamları içine yerleştirilmemektedir, çünkü zaten endüstriyel tekstiller (Filtre araçları, yağ yayılması koruyucuları ve absorbe etme ürünleri) ve jeo tekstiller (Toksik atık çukurları için jeomembran astarlar vb) gibi başlıklar altında sayılmışlardır. Teknik tekstillerin gelişiminin ve kullanımının belli başlı hususlarını belirten bu geniş çaplı trendlerden seçilen bazı örnekler aşağıda detayları ile birlikte tartışılacaktır **[4]**.

Tablo II.3: Uygulama Alanlarına Göre Teknik Tekstillerin Dünya Çapındaki Tüketimi 2000-2005 [4].

	10^3 ton			Milyon $		
	2000	2005	Büyüme (% yıllık)	2000	2005	Büyüme (% yıllık)
Transport tekstilleri (otomobil,tren,gemi, hava taşımacılığı)	2220	2480	2,2	13080	14370	1,9
Endüstriyel ürün ve komponentler	1880	2340	4,5	9290	11560	4,5
Tıbbi ve hijyenik tekstiller	1380	1650	3,6	7820	9530	4,0
Ev tekstilleri, ev ekipmanları	1800	2260	4,7	7780	9680	4,5
Giysi komponentleri (dikiş ip.. astarlık)	730	820	2,3	6800	7640	2,4
Tarım, bahçecilik ve balıkçılık	900	1020	2,5	4260	4940	3,0
Konstrüksiyon yapı ve çatı kaplama	1030	1270	4,3	3390	4320	5,0
Paketleme ve kaplama	530	660	4,5	2320	2920	4,7
Spor ve serbest zaman (konfeksiyon hariç)	310	390	4,7	2030	2510	4,3
Jeo tekstiller, inşaat mühendisliği	400	570	7,3	1860	2660	7,4
Koruma ve emniyet giysileri ve tekstilleri	160	220	6,6	1640	2230	6,3
Yukarıdaki toplam	11330	13690	3,9	60270	72330	3,7
Ekolojik koruma tekstilleri	230	310	6,2	1270	1610	4,9

II.5.1. Transport Tekstilleri

Transport uygulamaları (Otomobiller, kamyonlar, otobüsler, trenler, gemiler ve hava taşıtları) toplamın yaklaşık %20' sine karşılık gelecek şekilde tek başına teknik tekstillerin en büyük alanım temsil etmektedir. Bu konudaki ürünler yer ve koltuk döşemeden (yerine getirmek zorunda oldukları hayli zor performans özelliklerinden dolayı döşemelik tekstilden ziyade teknik tekstil olarak nitelendirilen) otomobil lastiği, kayış ve hortum takviyelerine, emniyet kemerlerine ve hava yastıklarına, otomotiv gövdeleri için kompozit

takviyelere, sivil ve askeri uçak gövdelerine, kanatlar ve makine komponentlerine ve diğer kullanımlara kadar uzanmaktadır **[4].**

Bu uygulamalardaki hacim ve değer büyümesinin diğer en düşükler arasında yer alması gerçeğinin dikkatle ifade edilmesi gerekmektedir. Otomotiv endüstrisi (Transport tekstillerinin büyük bir oranını içerisine alan) muhakkak ki piyasa bakımından en olgun olanlardan bir tanesidir. Hava yastıkları ve kompozit materyaller gibi yeni kullanım alanları gelecekte uzun bir süre için önemli bir farkla ortalamaların üzerine çıkacaktır. Mamafih, toplam teknik tekstil kullanımı birçok şekilde kendi başarısının kurbanı olmaktadır. Tekstil materyallerinin kullanım ve spesifikasyonlarındaki giderek artan sofistike olma hali daha hafif. daha mukavim, mühendisliği daha hassas ipliklerin, dokuma ve örme kumaşların ve nonwoven ürünlerin mevcut materyallerin yerine geçmesine yol açmış durumdadır. Modern radyal konstrüksiyon içinde otomobil lastiği için tekstil takviye kord bezinin azalan ağırlığı buna bir örnek olarak verilebilir. Otomobiller içinde kullanılan tekstiller daha hafif gramajlı ve daha düşük maliyetli nonwoven ürünler haline gelmektedir.

Modern tekstiller aynı zamanda uzun ömürlüdür. Önemli miktarda tekstil takviyesi kullanan hortumlar ve kayışlar şimdi bir aracın ömrünü uzatma konusunda yetenekli durumdadır **[4].**

Otomotiv endüstrisi dünyada sıkı bir şekilde organize olmuş tedarik zinciri yapılarının ortaya çıkmasına yol açmıştı ve tekstiller de bunun dışında değildir. Teknik tekstil üreticileri hassas mühendislik dilini ve pratiğini, tam zamanında teslim ilişkilerini ve kalite yönetimini öğrenmek zorunda kalmışlardır. Otomotiv endüstrisine hizmet etmek için geliştirilen sistemler ve fikirler diğer piyasalara doğru da süzgeçten geçirilmiş ve birçok farklı alanda önemli etkiler yapmıştır. Bu arada belli başlı otomotiv firmaları rekabetin yüksek olduğu bu piyasada artan bir şekilde küresel rol oynamaya başlamışlar ve tedarikçilerini de buna uygun bir biçimde davranmaya yönlendirmişlerdir. Bu piyasa için tekstil ürünleri tedarik eden firmalar zaten her ürün alanı için ağırlıkla birkaç büyük firmadan meydana gelmektedir. Dünya çapında üretim yeteneği ve stratejik ilişkiler faaliyetin devam edebilmesi için zorunludur ve bu kaynaklardan yoksun olan küçük çaplı üreticiler şimdiden piyasanın dışına çıkarılmış durumdadır. Askeri ve sivil havacılık uygulamalarında olduğu gibi

otomotiv endüstrisindeki dalgalanmalar bazı ciddi olumsuzluklara yol açmaktadır ve ayakta kalabilmek için uzun soluklu güç ve bağlantılara sahip olabilen firmalar kazançlı çıkabilmektedir [4].

II.5.2. Endüstriyel Ürünler ve Komponentler

Transport tekstillerinin 2005 yılında veya bundan çok kısa bir süre sonra birinci basamak için rekabete başlaması (Henüz değer bakımından olmamakla birlikle hacim bakımından) endüstriyel tekstillerin farklı bir alanıdır. Şu anda daha hassas bir şekilde ifade edilebildiği gibi, bu, doğrudan endüstriyel proseslerde kullanılan veya filtreler, taşıma bantları ve aşındırma bantları, baskılı devre plaketleri, contalar ve sızdırmazlık elemanları ve diğer endüstriyel ekipmanlar gibi endüstriyel ürünlerin içine dahil edilen tekstil ürünlerini kapsamaktadır [4].

Nonwoven ürünlerin kullanımları halihazırda dokuma ve diğer kumaş tiplerini önemli ölçüde geçmiş durumdadır. Burada; 2000 yılında tahmin edilen tüketim ayrı ayrı 700.000 ton ve 400.000 tonun biraz üzeridir. Ancak her ikisi de 2000 yılında 740.000 tonun üzerinde olan kompozit takviyeleri için teknik liflerin ve tekstillerin kullanımı tarafından aşılmışlardır [4].

Büyüme oranları genellikle birçok alanda ortalamaların üzerindedir. Birçok endüstriyel gereksinimin üniversal niteliği nedeniyle, bazı büyük firmalar endüstriyel tekstillerin dünya çapında üretimi ve büyük piyasalara dağıtımı için ortaya çıkmış durumdadır. Bunlar içinde kağıt yapım keçeleri ve bununla ilişkili ürünler alanında lider olan Scapa (İngiltere) ve Albany .(ABD), kauçuk takviyeleri ve bununla ilişkili ürünler alanında Milliken (ABD), filtrasyon konusunda BWF (Almanya) gibi firmalar bulunmaktadır [4].

II.5.3. Tıbbi ve Hijyen Tekstilleri

Tıbbi ve hijyen tekstillerinin hacim olarak ortalamanın altında fakat değer olarak ortalamanın üzerinde bir büyüme göstereceğinin tahmin edilmesi, piyasanın en azından iki ana alanının tersine bir manzara meydana getirmektedir. Tekstillerin en geniş kullanımı ıslak mendiller, çocuk bezleri, ve yetişkinler için sağlık ve bakım ürünleri gibi hijyen uygulamalarıdır. Bunların en sonuncusunu belki dışarıda bırakarak, tüm hepsi büyüme hacmi zirveye

ulaşmış olan gelişmiş piyasalardır. İmalatçılar ve yapımcılar şimdi ise bunları daha fazla geliştirip katma değeri daha fazla olan sofistike ürünler araştırmaktadır. Nonwoven ürünler burada da tüm kullanımlarının %23' ünü kapsayacak şekilde bu uygulamalar içinde önde gelmektedir ve bu da teknik tekstiller içindeki belli başlı 12 piyasanın herhangi birisin-dekinden daha büyük bir oram teşkil etmektedir **[4].**

İlgililer kullanılıp atılan ürünler ve toprak dolgu üzerine yerleştirilen yük ve diğer atık uzaklaştırma metotları üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bu tür kullanım alanları için biyolojik olarak daha etkin bir şekilde parçalanabilen liflerin geliştirilmesi ve sunulması için girişimler yapılmıştır ancak halen maliyetleri yüksektir. Bu arada en hızlı büyüme alanları ürün penetrasyonunun halen göreceli olarak düşük bulunduğu gelişmekte olan ve yeni endüstrileşmiş piyasalardır. Asya bu alanda çalışan büyük markalı imalatçıların birçoğu için özel bir hedef konumundadır.

Tıbbi ve hijyenik ürünler piyasasının diğer tarafı daha küçüktür fakat ameliyat giysi takımları ve örtüleri, sterilizasyon paketleri, pansuman sargıları, dikiş ve ortopedik pedler gibi tıbbi ve sağlık ürünleri daha yüksek değerli piyasalardır. Bu bölümün en yüksek değerli kısmında yapay kemik bağları, damarlar, deriler, diyaliz makineleri için içi boş lifler vb. gibi aşırı derecede gelişmiş tekstillerin hayli düşük hacimleri yer almaktadır. Yaşamsal ürünlerin kendini ispatlaması ve geniş çaplı olarak sunulması zaman alsa bile, bu alanların büyüme ihtimali, potansiyel olarak dikkate değer ölçüdedir **[4].**

II.5.4. Ev Tekstilleri

Yukarıda ifade edildiği gibi, büyük bir farkla kumaşlar, nonwoven ürünler ve kompozit takviyeleri dışındaki diğer tekstiller için en büyük kullanım alanı (Bu kategorideki tekstil ve liflerin toplam ağırlığının % 35' inden fazlası) ev tekstilleri ve döşemelikler ve özellikle vatka ve dolgu lifi uygulamalarındaki serbest liflerin kullanımlarını kapsamaktadır. Mükemmel yalıtım özellikleri bulunan içi boş lifler geniş çapta yatak ve uyku tulumlarında kullanılmaktadır. Diğer ipliklerdeki lifler ise yangın ve sağlık problemleri nedeniyle hızla mobilyalardaki köpüklerin yerini almaya başlamıştır **[4].**

Dokuma kumaşlar halen hah ve mobilya altlıklarında ve perde bantları gibi daha özel ve daha küçük alanlarda kullanılmaktadır. Ancak "spunbonded"

gibi nonwoven ürünler, çeşitli kuru serini ve suyla karıştırma teknikleri ile elde edilen ürünler geniş çapta ev temizleme uygulamaları için klasik bezlerin yerini alırken, bu büyük piyasa içerisine önemli bir giriş yapmışlardır [4].

II.5.5. Giysi Komponentleri

Bu kategori, dikiş iplikleri, telalar, vatkalar ve izolasyon ürünleri gibi giysi imalatında teknik komponent olarak kullanılan lif, iplik ve tekstilleri içine almaktadır; ancak giysinin ana dış ve astar kumaşlarını kapsamadığı gibi daha sonra açıklanacak olan koruyucu kaplamalı giysileri de içermemektedir. Dünyadaki giysi ve bu nedenle de bu tipteki teknik tekstil tüketimi devamlı olarak artmasına rağmen, imalatçıların karşılaştıkları ana problem giysi imalatının ucuz maliyetli ülkelere taşınması ve bu nedenle geniş bir tedarik ağının ve pazarlama kanallarının kurulması gereksinimi ve bu arada büyüyen bir lokal rekabet ile de karşılaşılmasıdır [4].

Ev tekstilleri uygulamaları, dolgu lifi ürünleri için büyük bir ana pazardır. En son ortaya çıkan ve en sofistike gelişmelerden bazıları, ısınma veya soğuma şeklindeki ani sıcaklık değişimlerine karşı ilave bir kontrol ve direnç teminine yönelik izolasyon ürünlerine sıcaklık fazı değişen malzemelerin dahil edilmesini kapsamaktadır [4].

II.5.6. Tarım, Bahçecilik ve Balıkçılık

Tekstiller gıda üretimi sırasında, örneğin balıkçılık endüstrisinde ağ, halat ve misina formunda tarım ve bahçecilikte ise örtme, koruma ve ambalajlama uygulamalarında daima geniş çaplı olarak kullanılmışlardır. Gelecekteki hacimsel büyüme oranı nispeten mütevazı olarak görünse de, bu durum kısmen jüt ve sisal çuval ve sicimler gibi ağır klasik tekstillerin daha hafif, daha uzun ömürlü sentetiklerle, özellikle polipropilen ile ikame edilmesinden ileri gelmektedir [4].

Mamafih, modern materyaller de yeni uygulamalara zemin hazırlamaktadır. Hafif gramajlı "spunbonded" tülbentler şimdi gölgelik, termal yalıtım malzemesi ve yabani ot önleyici olarak kullanılmaktadır. Ağır nonwoven, örme ve dokuma konstrüksiyonlar rüzgar ve doludan koruma amaçlı olarak görev yapmaktadır. Fibrile ve ekstrude edilmiş ağlar modern yuvarlak balyaların sarılması için geleneksel balya sicimlerinin yerini

almaktadır. Kılcal nonwoven hasırlar nemin büyümekte olan bitkilere dağıtılması için bahçecilikte kullanılmaktadır. Tohumlar gerekli olan gıda maddeleri ve pestisitlerle birlikte bu hasırların içine konulabilirler. Gübrelerin ve tarımsal ürünlerin hacimli bir şekilde depolanması ve transportu artan bir şekilde jüt, kağıt veya plastik torbalar yerine, dokunmuş FIBC' s polipropilen (esnek, hacimli ara konteynerler - "big bags") kullanılarak gerçekleştirilmektedir **[4].**

Tarım aynı zamanda, drenaj ve toprak ıslahı için jeo tekstiller, spreyler ve zararlı ekipmanlarla çalışan kişiler için kullanılan koruyucu giysiler, traktörler ve kamyonlar için transport tekstilleri, taşıyıcı bandajlar, hortumlar, filtreler, ve siloların, tankların ve boru hatlarının takviyesinde kullanılan kompozitler gibi diğer son kullanım alanlarının ürünlerinin de önemli bir kullanıcısıdır **[4].**

Deniz balıkçılığı özel ağları ve diğer tekstil ürünlerini kullanan büyüyen bir endüstridir. HMPE (Örneğin Dyneema ve Spectra) gibi yüksek performanslı lifler, hafif ve çok yüksek mukavemetli misinaların ve ağların imalatı için balıkçılık endüstrisine giren bir ürün çeşididir **[4].**

II.5.7. Kompozit, Konstrüksiyon - Bina ve Çatı Yapımı

Tekstiller binaların inşasında, barajlarda, köprülerde, tünellerde ve yollarda birçok şekilde kalıcı veya geçici olarak kullanılmaktadır. Konu ile yakın ilişkili fakat ayrı bir kullanım alanı inşaat mühendisliği sektöründe jeo tekstillerdir. Çadırlar, tenteler ve güneşlikler gibi geçici yapılar tekstillerin en görünür ve belirli uygulamalarından bazılarıdır. Bunlar önceleri ağır pamuklulardan yapılırlarken, şimdi ise daha hafif, mukavemetli, çürümeye, güneş ışıklarına ve hava etkilerine (sıkça ateşe) dayanıklı sentetik malzeme çeşitlerine artan bir şekilde ihtiyaç duyulmaktadır. Oldukça yeni bir kategori sayılan mimari membranlar spor stadyumları, fuar merkezleri (Örneğin Greenwich Millenium Dome) ve diğer modern binalar gibi yarı saydam yapıların konstrüksiyonunda göze çarpmaya başlamıştır **[4].**

Diğer tekstiller duvarları rutubete karşı korumak için nefes alabilen membranlar olarak kullanılırken, nonwoven cam ve poliester kumaşlar, halihazırda, çatı kaplama uygulamaları için büyük ölçüde kullanılmaktadır. Lifler ve tekstiller bina ve ekipman izolasyonunda da önemli bir rol oynamaktadır. Cam lifleri şu anda üniversal olarak asbest liflerinin yerine

kullanılmaktadır. Modern metal kaplamalı çatılar ve binalar nemin yoğunlaşmasını ve damlamasını önlemek için özel nonwoven ile çevrilebilir. Çift duvar arası kumaşları ses ve ısı yalıtımı için uygun malzemeler ile dolgulu yapılabilir veya kompozit materyaller için hafif gramajlı boşluklar olarak hizmet yapabilir **[4].**

Kompozitler genellikle inşaat ve konstrüksiyon alanlarında parlak bir geleceğe sahiptir. Mevcut cam takviyeli materyal uygulamaları duvar panellerini, fosseptik depolarını ve sağlıkla ilgili teçhizatları içermektedir. Cam, polipropilen ve akrilik lifleri ve tekstillerinin hepsi betonun, sıvaların ve diğer inşa malzemelerinin çatlamasını önlemede kullanılmaktadır. Şimdi daha yenilikçi bir kullanım köprü konstrüksiyonunda camın bulunmasıdır. Japonya' da karbon lifi depreme dayanıklı binalar için muhtemel bir takviye malzemesi olarak büyük bir ilgi çekmektedir ancak bunun fiyatı halen geniş çaplı kullanımı için önemli bir sınırlama durumundadır **[4].**

Tekstillerden geniş çapta konstrüksiyon çalışmaları sırasında, emniyet ağları, kaldırma ve germe halatları ve tedavi amaçlı esnek örtme ürünleri gibi farklı kullanım alanlarında da yararlanılır **[4].**

Konstrüksiyonda tekstiller için potansiyel kullanım alanları hemen hemen sınırsızdır. Bu piyasa içinde çalışan tekstil imalatçılarının karşılaştıkları zorluklar konstrüksiyon endüstrisinin kuvvetli dönüşler içeren doğal yapısı, ana projelerdeki düzensizlikler, uzun süren test ve kabul prosedürleri, belki de hepsinin üzerinde, bu gelişmeler için farklı ve hayli bölünmüş mimarlar, konstrüksiyon mühendisleri ve düzenleyici kişilikler gibi temel gruplarla iletişim kurma görevidir. Her ülkenin konstrüksiyon gereksinimleri, pratik uygulamaları ve standartları farklıdır ve şimdiye kadar, her hangi bir kabul edilmiş olan küresel liderin bu piyasa içine, örneğin endüstriyel ve otomotiv tekstillerinde olduğu gibi, girmesinin çok zor olduğu ispatlanmış durumdadır **[4].**

II.5.8. Paketleme

Tekstillerin önemli kullanımları geleneksel olarak pamuk, keten, jüt ve artan bir şekilde polipropilenden yapılmış torba ve çuvalları kapsamakladır. Bu sentetik materyalin mukavemet ve düzgünlüğü, modern materyal işleme teknikleri ile kombine edildiğinde gübre, kum, çimento, ve şekerden

başlayarak boyarmaddelere kadar değişen toz ve granül halindeki malzemenin daha etkin taşıma işlemleri ve dağıtımı için FIBC' s in ortaya çıkarılmasına olanak sağlamıştır. Yarım tondan iki tona kadar taşıma kapasitesi bulunan 'big-bag' ler özel astarlar, taşıma şeritleri ve doldurma/boşaltına düzenleri ile donatılabilmektedirler. Kullanılıp atılan 'one-trip' çuval ve torbaların yerine birçok uygulamalarda bu konteynerlerin yeniden kullanılabilme olanağı, bunların geniş çaplı olarak kullanımları için güçlü bir argüman durumundadır **[4].**

Paketleme piyasasının hızla büyüyen bir bölümü dahi, özellikle gıda endüstrisinde, birçok sarma ve koruma uygulamalarında hafif ağırlıklı nonwoven ve örme yapılarını kullanmaktadır. Çay ve kahve poşetleri ıslak serimli nonwoven ürünleri kullanmaktadır. Etler, sebzeler ve meyveler sıvıların absorbe edilmesi için nonwoven aralarla paketlenmektedir. Diğer meyveler ve sebze ürünleri örme ağ paketlerde tedarik edilir **[4].**

Sağlam ve hafif spunbonded veya eşdeğeri nonwoven üründen yapılan kağıdımsı materyaller özellikle kurye zarfları için kullanışlıdır. Genellikle lif, iplik ve kumaşlarla takviye edilmiş yapışkan bantlar klasik sicimlerin yerine artan bir şekilde kullanılmaktadır. Dokunmuş çemberler keserken, sıkıştırılmış balyalarda geleneksel olarak kullanılan metal band ve tellerden çok daha az tehlikelidir. Bu alandaki tekstillerin kullanımlarının ve gelişiminin güçlü önderi paketleme materyallerinin yok edilebilirliği ve geri kazanılabilirliği hakkında gittikçe artan çevre konusudur. Özellikle Almanya gibi ülkelerde büyük ölçüde yürürlüğe giren Avrupa Birliğindeki kanunlar birçok imalatçıyı ve ürün dağıtıcısını paketleme konusundaki uygulamalarını temelden yeniden gözden geçirmeye zorlamaktadır **[4].**

II.5.9. Spor Ekipmanları

Giysilerin ve ayakkabıların performansında tekstillerin kullanımlarının çok önemli kullanımları hariç tutulsa bile, teknik tekstillerin spor ve serbest zaman ürünleri piyasasında kullanımları için çok sayıda olanak bulunmaktadır. Uygulamalar birbirinden farklıdır ve spor sahalarında kullanılan yapay çimlerden, raket çerçeveleri, olta kamışları, golf değneği ve bisiklet gövdeleri için geliştirilmiş karbon kompozitlere kadar uzanmaktadır. Görülen diğer kullanım alanları balon kumaşları, paraşüt kumaşları ve yelken bezleridir **[4].**

Büyüme oranlan ortalamanın epeyce üzerindedir ve birim değerleri genellikle yüksektir. Spor sektörü, yenilikleri kabul eden bir yapıdadır ve en azından başlangıçta, yeni lifler, kumaşlar ve kaplamalar geliştirenler sıkça bu piyasayı hedeflerler. Burada tanıtılan birçok ürün ve fikir sonuçta serbest zaman piyasasına ve hatta cadde modası piyasasına girmektedir **[4].**

II.5.10. İnşaat Mühendisliğinde Jeo Tekstiller

Hacim ve değer bakımından halen beklenmedik bir şekilde küçük bir piyasayı oluşturmasına rağmen, yaratmış olduğu ilgi ve dikkati göz önüne alarak, jeo sentetik piyasasının (jeo tekstiller, jeo ızgaralar ve jeomembranlar içine alan) yine de yakın bir gelecekte sektörler arasında en büyük büyümeleri göstereceği tahmin edilmektedir **[4].**

Takviye etme, slabilizasyon, drenaj ve filtrasyon amacıyla kullanılan tekstillerin ekonomik ve çevre bakımından avantajları şimdiden iyi bir şekilde ispatlanmış durumdadır. Jeo tekstillerin daha dik kenarlı demiryollarının, yolların ve setlerin inşasına olanak sağlar, bu şekilde daha az alan ihtiyacı ve çevrenin daha az zarar görmesi sağlanabilir. Bu setlerin veya nehir ve su yolu kenarlarının yeniden bitkilendirilmesi uygun materyaller kullanılarak desteklenebilir. Bu tür uygulamalar için biyolojik olarak parçalanabilen dokunmuş jüt gibi geçici slabilizasyon sağlayan malzemelere karşı yeniden bir ilgi ortaya çıkmaktadır **[4].**

Konstrüksiyon tekstillerinde olduğu gibi, bu malzemelerin imalatçısı ve tedarikçisi tarafından karşılaşılan problemlerden bir tanesi performans gereksinimlerinin tamamen birbirinden farklı olmasıdır. Herhangi iki tesis hidrolojik veya jeolojik bakımdan, veya daha sonraki kullanımları açısından birbirinin aynısı değildir. Bu piyasanın tedarikçileri önemli ölçüde bir deneyim geliştirme ve uygun ürünler tasarlayıp tanımlayabilmek için mühendisler ve danışmanlar ile birlikte çalışma ihtiyacını hissetmektedirler **[4].**

Bir tek proje içerisinde ihtiyaç duyulabilecek önemli miktardaki kumaş nedeniyle maliyet önem verilen bir konudur ve istenilenden üstün veya düşük nitelikte olmamalıdır. Ele alınan araştırma ve geliştirme çalışmalarının birçoğu, belirsiz ortamlarda uzun yıllar boyunca gömülü kalmak ve uygun standartlarda performansını devam ettirmek zorunda olan (örneğin toprak

dolguları ve zehirli atık siteleri) tekstillerin uzun dönemli performans karakteristiklerinin daha iyi bir şekilde anlaşılması için yapılmıştır [4].

Nonwoven ürünler jeo tekstil uygulamalarında %80 kadar bir paya sahiptir. Bu kısmen ekonomik bir konu olmakla birlikte, bu tür tekstil yapılarının yerine getirmek zorunda olduğu birçok filtrasyon ve ayırma görevlerine uygunluğu ile de ilgilidir. Güncel ilgi, dokuma, örme, nonwoven ve membran malzemeler gibi farklı tekstil yapılarının avantajlarının bir araya getirilebildiği kompozit kumaşlardır. Jeo tekstillerin çok farklı uygulamaları için ihtiyaç duyulan değişik kumaşların tedarik edilmesi için önde gelen uzman imalatçılar birleşme ve diğer yollarla geniş ölçekli tamamlayıcı birtakım kapasiteler meydana getirmeye başlamışlardır [4].

II.5.11. Koruyucu ve Emniyet Giysileri ve Tekstilleri

Koruyucu giysiler ve bununla ilgili diğer uygulamalar için tekstiller, mevcut piyasanın büyüklük ve değeri ile orantılı olmayan bir şekilde dikkat ve ilgi çeken başka bir önemli büyüme alanıdır. Spor tekstillerinde olduğu gibi, çok sayıda nispeten yüksek değerli ve performansı kritik öneme sahip olan ürünler alanı, en çarpıcı örneği aramid ve diğer birçok özel materyaller de dahil olmak üzere yeni jenerasyon yüksek performanslı lifler için ideal bir hareket noktası olduğunu ispatlamıştır [4].

Farklı tekstil ürünleri ile sağlanması gereken birçok koruyucu fonksiyon dikkati çekmektedir ve bunlar çok çeşitlidir. Bunlar kesmeye, aşınmaya karşı ve balistik koruma sağlamalıdır. Ayrıca bıçakla yaralanma ve patlamalar, yangın ve aşırı sıcaklık, zarar verici toz ve partiküller, nükleer, biyolojik ve kimyasal tehlikeler, yüksek voltaj ve statik elektrik, kötü hava, aşırı soğuk ve zayıf görüş gibi diğer tiplerdeki etkilerden korunma da söz konusudur [4].

İnsanların olduğu kadar, hassas cihazların ve proseslerin de korunmaya ihtiyacı bulunmaktadır. Bu nedenle temiz oda giysisi elektronik ve eczacılık dahil olmak üzere birçok endüstri için önemli bir gereksinimdir [4].

Avrupa' da ve diğer gelişmiş endüstriyel bölgelerde, iş kanunlarına (Avrupa Birliği) Personel Koruma Donanımı gibi maddelerin konulmasıyla çalışanlar üzerine sıkı kurallar getirilmiştir. Bu tür kurallar altında, yalnızca ekipmanların ve giysilerin muhtemel tehlikelere karşı uygun olması değil aynı zamanda efektif olarak kullanılabilmeleri için giysilerin giyim için iyi

tasarlanmış ve konforlu olmaları da gerekmektedir. Bu durum da araştırmaların yalnızca gelişmiş lifler ve malzemeler üzerine yapılmasını değil aynı zamanda, koruyucu giysi fizyolojisi dahil olmak üzere pratikte giysilerin nasıl bir performans gösterdiğinin değerlendirilmesini ve gerçek uygulama testlerini de içine alacak şekilde yürütülmesini gerektirmektedir **[4].**

Gelişmekte olan birçok ülkede geçmişte bu tür yasalar yürürlükte değildi. Mamafih bu durum hızla değişmektedir ve gelecekte piyasaların büyümesi muhtemelen eski endüstriyel piyasalarda, Asya' da ve diğer başka yerlerde yeni endüstrileşmekte olan ülkelerdekinden daha az yoğunlaşacaktır. Koruyucu giysi endüstrisi halen yüksek derecede bölünmüş durumdadır ve yeniliklerin ve piyasa büyümelerinin çoğu belli başlı lif ve diğer malzemelerin üreticileri tarafından tedarik edilmektedir. Bu durum, kendi imalatları olmasa bile dünya çapındaki bazı kontratlı imalatçılara dayalı olan bazı küresel tedarikçiler ortaya çıkarken, değişebilir. Örneğin günümüzde konfeksiyon endüstrisinin ana bölümünün yaptığı gibi **[4].**

II.5.12. Ekolojik Koruma Tekstilleri

Teknik tekstiller piyasasının son kategorisi Techtextil tarafından tanımlandığı haliyle çevre ve ekolojiyi koruma tekstilleridir. Endüstriyel tekstiller (filtrasyon araçları), jeo tekstiller (Erozyondan koruma ve toksik atıkların kapatılması) ve tarımsal tekstiller (Örneğin topraktan su kaybını minimize etmek ve bitki köklerini örterek herbisit kullanım gereğini azaltmak) dahil olmak üzere farklı birçok alan ile çakışmasına rağmen, bu tip tekstiller henüz çok iyi tanımlanmış bir bölüm değildir **[4].**

Bu doğrudan uygulamaların dışında teknik tekstiller kullanıldıkları hemen hemen her alanda çevreye katkı sağlayabilmektedirler. Örneğin transport ve konstrüksiyon da ağırlığı azaltıp, buna dayalı olarak malzeme ve enerji tasarrufunun sağlanması iyileştirilmiş geri kazanıla bilirlik yalnız paketlemede değil fakat aynı zamanda otomobil gibi ürünler için de giderek önemi artan bir husustur **[4].**

Kompozitler, termofikseli reçine matrisi içinde tutulan tekstil takviye materyalinin geri kazanılabilirliği için potansiyel bir problem oluşturan alandır. Mamafih, geri kazanılması daha kolay olan termo plastik, kompozitler üzerine büyük bir ilgi vardır ve bununla ilgili geliştirme çalışmaları

yapılmaktadır. Örneğin daha düşük performanslı ürünler için bunların eritilip yeniden şekillendirilmesi gibi [4].

II.6. TEKNİK TEKSTİLLERİN KÜRESELLEŞMESİ

Eğer Kuzey Amerika ve Batı Avrupa şu anda teknik tekstillerin kişi başına tüketimlerinde en yüksek seviyede yer alıyor ise (**Tablo II.1**) o halde bunlar doymuş pazarlar demektir. Asya, Doğu Avrupa ülkelerinde ve dünyanın geri kalan kısmında otomobil imalatından spor ve serbest zaman ürünlerine varıncaya kadar hemen hemen tüm alanlarda önemli pazarlar ortaya çıkmaktadır. Gıda üretimi için teknik tekstiller, konstrüksiyon tekstilleri ve jeo tekstiller muhtemelen özel bir öneme sahip olacaktır. 2005 yılına kadar jeo tekstillerin tüketiminin tüm Asya'da büyümesinin, büyüme oranı %6'dan daha düşük olan Batı Avrupa ve ABD'ye göre yıllık % 12'nin üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. Doğu Avrupa ve Güney Amerika' da ise yıllık büyüme oranlan şu anda nispeten çok küçük baz seviyelerde olmasına rağmen , %18 ve %16 gibi yüksek düzeylerde gerçekleşebilecektir. 2000 yılında, mevcut ana kullanıcılar olan Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya toplam teknik tekstiller tüketiminin %65' inden daha az bir kısmı ile ifade edilmektedir. 2005 yılında bu oran %60' a ve belki de 2010 yılında %50' ye inebilecektir. Çin' deki teknik tekstiller tüketimi en azından tonaj bakımından şu anda Japonya' yı geçmiş durumdadır. 2000 yılında Çin teknik tekstillerinin bu ülkede toplam tekstil üretiminin %20' sini, dünya tüketiminin ise %12' den fazlasını kapsayacağı beklenmektedir, (**Tablo II .4**) [4].

Tablo II.4: Coğrafi Bölgeler Bakımından Teknik Tekstillerin Dünyadaki Tüketimleri, 2000 – 2005 [4].

	10^3 ton			Milyon $		
	2000	2005	Büyüme (% yıllık)	2000	2005	Büyüme (% yıllık)
Batı Avrupa	2690	3110	2.9	13770	15730	2.7
Doğu	420	560	5.9	2500	3260	5.5
Kuzey	3450	3890	2.4	16980	18920	2.2
Güney	350	430	4.2	1870	2270	3.9
Asya	3560	4510	4.8	20560	25870	4.7
Diğer	870	1190	6.5	4590	6280	6.5
Toplam	**11330**	**13690**	**3.9**	**60270**	**72330**	**3.7**

Ancak küreselleşme yalnızca, piyasaların gittikçe artan bir şekilde uluslararası hale gelmesi anlamını taşımamaktadır. Aynı zamanda ulusal ve kıtalararası çalışan firmaların ve tedarik zincirlerinin onaya çıkmasını da kapsamaktadır. Böyle bir küreselleşme yukarıda belirtilen 12 piyasa segment' inin en büyüğü olan otomotiv ve transport endüstrisinde şimdiden aşama kaydetmiş durumdadır. Diğer belli başlı branşlar da şimdi bu yoldan geçmektedir ve burada en belirgin olanlar endüstriyel tekstiller ve tıbbi/hijyen tekstilleridir ve kalanlar için de artan bir şekilde bu durum sürecektir **[4]**.

Küreselleşmenin karakteristikleri yüksek seviyede uluslararası ticareti ve materyal temin edilebilirliğine, lokal endüstrinin gücüne ve bölgesel pazar özelliklerine göre her bir yörenin, ülkenin ve bölgenin içindeki imalatın artan bir şekilde özgün hale gelmesini içine almaktadır **[4]**.

Torbalar ve çuvallar gibi önemli miktarda düzgün işçilik veya diğer fabrikasyon işlemleri gerektiren, nispeten düşük birim değeri olan ürünler şimdiden önemli ölçüde Uzak Doğu veya Doğu Avrupa' ya kaymış durumdadır. Çadırlar, valizler için tekstiller ve ayak giyimi ile giysilerin teknik komponentlerinin kaynakları şimdi artan bir şekilde, ihracat için bu ürünlerin imal edildikleri Çin ve Endonezya gibi yerlere yakın olarak konumlanmaktadır **[4]**.

Yeni endüstrileşmekte olan yerlerdeki imalatçılar hızla en son materyal ve proses teknolojilerine uyum sağlamaktadır. Tayvan şimdiden spor ekipmanlarında uzmanlaşmış olan önemli bir kompozit imalat sektörüne sahiptir **[4]**.

II.7. TEKNİK TEKSTİLLER ENDÜSTRİSİNİN GELECEĞİ

Teknik tekstillerin geleceği, tekstillerin doğrudan doğruya imalatı ve proseslerinden daha geniş bir ekonomik aktivite alanını içerisine almaktadır. Endüstrinin tedarikçileri hammadde üreticilerini (doğal ve yapay), makine ve ekipman imalatçılarını, enformasyon ve yönetim teknolojileri tedarikçilerini, Ar-Ge servislerini, test ve sertifikasyon kuruluşlarını, danışmanlıkları, eğitim organizasyonlarını içine almaktadır. Bunun müşterileri ve anahtar rolündeki belirleyicileri hemen hemen her uygun endüstri dalını ve ekonomik aktivite

alanını mimarlar, mühendisler, tasarımcılar ve bu endüstrilerde görev alan diğer danışmanlar dahil olmak üzere kapsamaktadır. Çevre, sağlık, emniyet, iş ve serbest ticaret düzenleyicileri, patent ve fikri mülkiyet acenteleri ve avukatlar, yatırımcılar, bankerler, bölgesel yatırım acenteleri ve geliştirme destek tedarikçileri dahil olmak üzere arada ilgili birçok kurum bulunmaktadır **[4].**

Her ne kadar teknik tekstil tüketimi toplam tekstil tüketiminden daha hızlı büyümeye devam etse de, endüstrideki en hızlı büyüme sürecinin tamamlandığı açıktır. Asya ve diğer bölgelerde gelişen yeni önemli pazar potansiyeline rağmen durum budur. Teknik tekstillerde global üretim arttıkça rekabetin de artması bekleniyor. Üreticiler ve işlemciler, özellikle gelişmiş ülkelerde yer alanlar, artan şekilde olgunlaşan bazı pazarlarda çalışmaya başlayacaklardır. Son on yıl içinde gerçekleşen hızlı ve büyük oranda planlanmamış büyümeden sonra birçok şirket çok fazla sayıda ürün, mamül, pazar ve müşteri kaynaşması yaşamıştır. Bu şirketler şimdi yeni bir çevrede çalışmalarını tekrar gözden geçirmek zorunda kalmaktadır. Genellikle global şekilde organize edilmiş ve birkaç tane endüstri sektörüne uzanan daha usüle uygun üretim zincirlerinin oluşturulması. şirketlerin daha stratejik açıdan düşünmelerini gerektirmektedir **[13].**

Özellikle bazı eski sektörlerde, teknik tekstil endüstrisinde daha fazla yoğunlaşma ve dikey yapılaşma amacıyla güçlü baskılar bulunmaktadır **[13].**

Tüm bu kuruluşlara ve kişilere bilginin yayılması ve iletişim görevi, uluslararası veya lokal ticaret sergileri, fuarlar, seminerler ve konferanslar ile birlikte artan sayıdaki uzman ve yayıncılar tarafından yerine getirilmektedir **[4].**

Teknik tekstillerin dünya çapındaki ekonomik önemi bu nedenle hiç şüphesiz **Tablo II.2 -II.4'** de yalnızca temel lifler, iplikler ve tekstiller için 60 milyar $ seviyesinin üzerinde tahmin edilmektedir **[4].**

BÖLÜM III

KOMPOZİTLER

III.1. KOMPOZİTLERE GİRİŞ

III.1.1. Kompozitlerin Tanımı

Kompozit malzeme; mevcut ve / veya ayrı iki veya daha çok malzemeyi fiziksel olarak karıştırmak yoluyla elde edilen ve kendisini oluşturan malzemenin her birinden farklı özelliklere sahip olan çok bileşenli malzeme olarak tanımlanmaktadır [14].

Bunun tanımlamadan başka kompozit malzemeler şu şekilde de tanımlanabilir. Kompozit malzeme; iki ya da daha fazla sayıdaki, aynı veya farklı gruptaki malzemelerin en iyi özelliklerini, yeni ve tek bir malzemede toplamak amacıyla, makro-düzeyde birleştirilmesiyle oluşturulan malzemelerdir [14].

III.1.2. Polimerlerin Tanımı ve Önemi

Yaşadığımız dünya polimerlerin hayalımızı nasıl değiştirdiğine ilişkin birçok örnekle doludur. Polimerler kategorisi içerisinde yer alan en geniş kapsamlı gruplardan biri "plastikler" dir. Kompozit konusuna yakın olanlarca genel olarak "reçineler" olarak ifade edilmektedirler. Her gün daha fazla üretici ve tüketici yüksek kalite, dayanıklılık, düşük maliyet sebebiyle plastik ürünleri tercih etmektedir. Kayak tahtalarından bisikletlere, otoyollardaki köprü platformlarına ve araç gövde panellerine kadar birçok uygulama bu ürünler hakkında ayrıntılı fikir sahibi olmamıza yardımcı olmaktadır. Plastiklerin büyük çoğunluğu, insan becerisinin ve süregelen teknolojik ilerlemelerin sonucunda ortaya çıkmaktadır. Plastiklerin çok farklı çeşitleri vardır, örneğin; naylon, polyester ve polietilen gibi bazı reçine türlerinin kullanımları oldukça yaygındır, bunun yanı sıra epoksiler,

fenolikler, bisfenoller veya silikonlar gibi reçineler daha az tanınmaktadır. Bazı plastikler sadece katkısız reçine içerirken, bazıları takviye malzemeleri, katkı malzemeleri ve diğer girdilerin karışımından oluşan karmaşık bir yapıya sahip olabilirler. Bununla birlikle temel plastik reçinelerin her biri plastik ailesinin işlevsel bir üyesidir **[14].**

Çözüm yolu plastikler;

Bu gün bir çok iş alanında artan rekabet yaşanmaktadır.Teknolojideki hızlı değişimler ve pazarlardaki gelişmeler bir silsile halinde tüm endüstri dallarını geçmişte olduğundan daha fazla etkilemektedir. Artan iç rekabet, çevresel ve sosyal sorunlar da alınan ticari kararları etkilemektedir.Oldukça dinamik bir yapıya sahip ve sürekli değişim içinde olan kompozit plastik malzemeler; maliyetlerin düşürülmesi, verimliliğin arttırılması veya ürüne ilişkin sorunlara çözüm getirilmesi sayesinde çok çeşitli iş alanlarında artan bir kullanıma sahip olmaktadırlar. Kompozit malzemeler sağladıkları avantajlarla taşımacılık, tüketim malları, inşaat, iş aletleri ve malzemeleri, uzay/savunma gibi sektörlerdeki gelişmeler açısından yaratıcı bir fırsat oluşturmaktadır **[14].**

III.1.3. ABD ve Türkiye de Takviyeli Kompozit Malzeme Pazarı

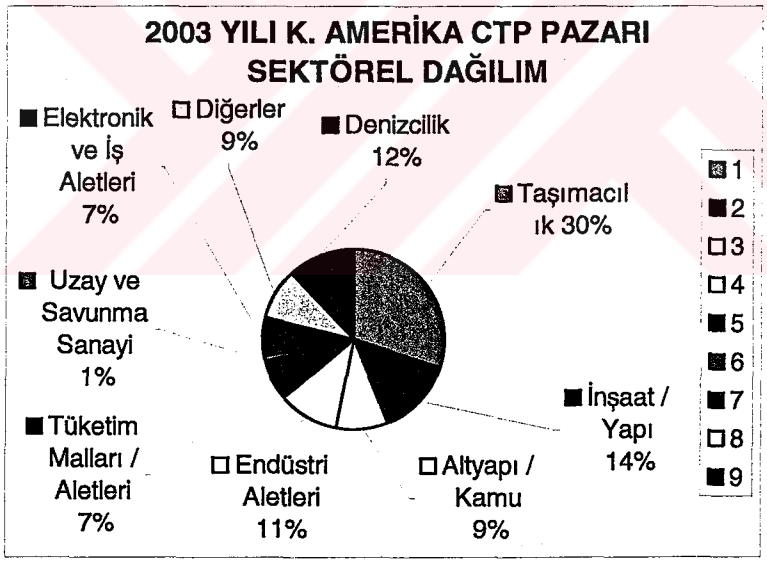
A.B.D dünya takviyeli kompozit tüketiminin (talebinin) yaklaşık yansına yakın bir pazar görünümündedir. 1960 yılında 113 milyon kg olan ABD takviyeli plastik endüstrisi. 2003 yılında 2.3 milyar kg.' lık bir rakam' a ulaşmıştır. Önümüzdeki beş yıllık dönemde yıllık %4-5 arasında bir büyüme göstermesi beklenmektedir. 13.000 üretici firma sayısı ve istihdam edilen 236.000 çalışanı ile Amerikan ekonomisine 24 milyar $' lık bir katkı sağlamaktadır. Takviyeli kompozit ürünlerin yaklaşık %90' ı cam elyafı ile takviye edilmektedir. Yine üretimin yaklaşık %75' lik bir kısmında matriks malzeme olarak doymamış polyester veya diğer termoset reçineler ağırlık kazanmaktadır. Poliamid, polipropilen ve PBT gibi diğer termo plastik reçineler geriye kalan %25' lik kısmı oluşturmaktadır. Sektörlere göre A.B.D takviyeli kompozit pazarına 693 milyon kg ile taşımacılık sektörünün hakim olduğunu, taşımacılık sektörünün ardından köprü ve diğer köprü bileşenleri uygulamaları ile yapı sektörünün 323.4 milyon kg ile ikinci en önemli sektör konumunda okluğunu görmekteyiz. Enerji sektörü ise, kompozit rüzgar tribünü kanatları uygulamaları ile gelecek açısından

umut vericidir. Otomotiv sektörü ise 2003 yılında bir önceki yıla göre %11' lik bir büyüme göstererek, 156 milyon kg.' dan 174 milyon kg.' a ulaşmıştır. Otomotiv sektöründe takviyeli termoset tüketiminin 2005 yılında 227 milyon kg.' a ulaşması beklenmektedir ve bu büyüme trendi içerisinde SMC üretimi önem taşımaktadır. Yurtiçi pazarı büyüme trendindedir. Dünya CTP pazarındaki gelişmelere ve ekonomik konjonktüre bağlı olarak yıllık %10-12 bir büyüme göstermektedir. Dünyada ve Avrupa da uygulanan çevre standartları ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak daha yüksek performansta ürünlere ihtiyaç artmakta olup, artık CTP üretimi açık kalıplamadan, makine üretimine kaymaktadır **[14].**

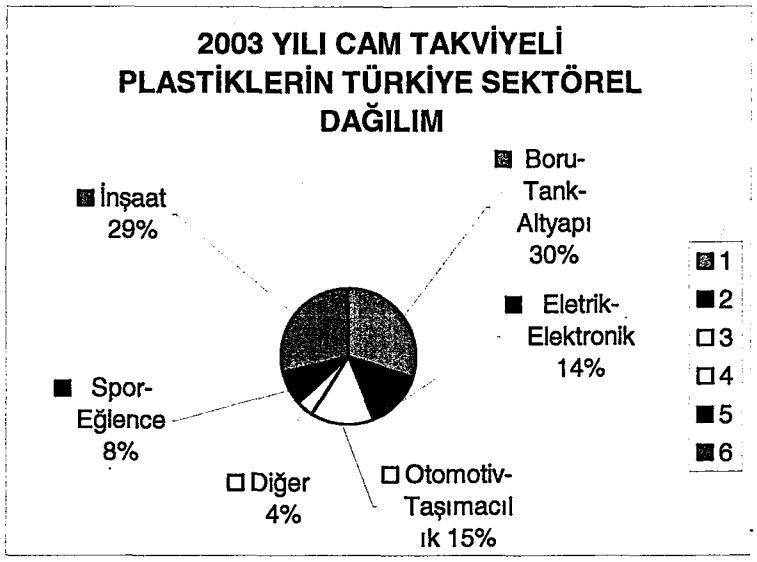
III.1.3.1. Pazar Görünümü ve Uygulamaları

Kompozitler yaygın olarak birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Kompozit/CTP endüstrisine ilişkin on farklı sektörden ürün örnekleri aşağıda verilmiştir **[14].**

Grafik III.1: 2003 Yılı K. AMERİKA CTP Pazarı Sektörel Dağılımı [14].



Grafik III.2: 2003 Yılı Cam Takviyeli Plastiklerin Türkiye Sektörel Dağılımı [14].



Tablo III.1: Kompozit Yapıların Kullanım Yerleri [14].

Havacılık/Uzay/ Savunma	Ev aletleri ve İş ekipmanları (İmalat Sanayi)	Yapı sektörü	Tüketim Malları ve Spor/Eğlence	Korozyon Dayanımlı Ürünler
Kargo konteynerleri	Buz dolapları	Saniter malzemeler (banyo küvetleri, v.b.)	Yüzme havuzları	Boru ve bağlantı parçaları
Kanatlar	Dondurucular		Yüzme havuzu aksesuarları ve ekipmanları	Endüstriyel tanklar
Pervaneler	Mikro dalga fırınlar	Yağmur suyu taşıma (yağmur oluğu, su indirme boruları, baca)		Silolar
Kontrol panelleri			Fıskiyeli süs havuzları	Pompa gövdeleri
	Küçük ev aletleri			
Radar koruyucusu	Motorlu aletler		Su kaydırakları	Kanallar
	Fırınlı ocaklar	Yüzme havuzları	Olta kamışları	Fan kanatları (pervaneler)
	Dikiş makinesi parçaları	Soğutma kule komponentleri	kayaklar	Konteynerler
Pervane çerçeveleri	Hesap makineleri		Snowboardlar	Arıtma tesisleri
		Beton kalıplar	Golf sopaları	Yer ızgaraları
Tuvalet birimleri	Bilgisayarlar	Sera panelleri	Tenis raketleri	Kimyasal proses tankları
Oturma elemanları	Fotokopi makineleri	Temel kazıkları	Kasklar	
		Dış ve iç cephelerde ve duvarlarda giyimde cephe panelleri	Motorlu kızak	Su ve su atık boruları
	Masa lambaları		Bowling aletleri	
	Servis tepsileri			
Antenler	Ambalajlar		Bisikletler	Baca arıtma cihazları
	Depolama tankları ve çöp konteynerleri		Eksersiz aletleri	
		Prefabrik binalar	Karavanlar	
		Modüler kabinler	Tribün oturma elemanları	
	Mobilya ve ev eşyaları (oturma koltukları, dolaplar)	Çatı ve cephe kaplama levhaları	Lunapark gereçleri	
Planörler				
Uçak ve helikopter gövdeleri		Taşıyıcı profiller		
	Emniyet baretleri	Köprü platformu ve ayakları		
Isı kalkanı				
Roket motoru kaplama panelleri	Paletler	Otoyol korkulukları ve işaret levhaları		
	Profiller			
	Elektrik-elektronik cihaz gövde ve kapakları	Borular		
		Dekoratif elemanlar		
	Mutfak tezgahları	Çatı, cami ve muhtelif amaçlı izolasyon işleri		

Tablo III.1' ün devamı

Elektrik/Elektronik	Denizcilik	Taşımacılık ve Otomotiv	Askeri Uygulamalar	Tarım/Gıda sektörü
İzolatörler	Yelkenler ve motorlu tekneler	Kara yolları işaretleri	Miğferler	Silolar
Antenler	Cam flikalar	Tampon ve çamurluklar	Balistik koruyucu paneller	Sulama boruları
Baskı devre panelleri	Motor kapakları	Kaporta parçaları	Konteynerler	Yem tesisi gereçleri
Devre kesiciler	Can kurtaran simitleri	Frigorifik kamyon kasaları	Taşıt araç parçaları	Gıda depolama tankları
Sigorta-Panel kutuları	Kanolar	Makaslar	İstihdam malzemeleri	Sulama tankları
Aydınlatma gövdeleri	Su kayakları	Şaftlar	Silah ve roket parçaları	Balık çiftlikleri
Yalıtkan platformlar	Dubalar-iskeleler	Kamyonet kabinleri	Mayın avlama gemileri	Çiftlik ekipmanları
Elektrik ve aydınlatma direkleri	Sörf tahtaları	Rüzgar deflektörü	Sahil koruma botları	Taşıma kapları
Elektrik direk bazaları	Deniz motosikletleri	Treyler gövde panelleri	Planörler	Pulvarizatör
Devre kesici kutular	Sallar	Araç kapıları ve gövde panelleri	Çıkartma gemileri	
Rüzgar jeneratörleri		Traktör parçaları	Helikopterler kapıları	
Kablo taşıyıcıları		Motosiklet parçaları	Pervaneler	
Kablo kanalları		Banliyö trenleri araç koltukları ve tutamaklar	Barınaklar	
Doğalgaz kutuları		Fren ve debriyaj balataları		
Sokak lamba gövdeleri				
Sayaç panoları				
Merdivenler				
Balast				
Koflalar				
Projektörler				

III.2. KOMPOZİT MALZEMELER

Tekstil takviyeli kompozit malzemeler (TTKM), kompozit malzemeler olarak adlandırılan mühendislik malzemelerinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Tüm mühendislik malzemelerini genel olarak dört sınıfa ayırmak mümkündür: Metaller, polimerler, seramikler ve kompozitler. Kompozit malzemelerin kesin bir tanımını yapmak güçtür, çünkü homojen malzemelerin ilk üç sınıfı, mikron altı mertebelerde heterojen özellikte olabilmektedir. (Örneğin; Metallerde çökelek oluşumu,vb.) Kompozit malzemelerin kullanışlı bir tanımı "Bir veya daha fazla özelliği optimize

etmek için hassas bir şekilde hazırlanmış, faz dağılımı ve geometrisine sahip çok fazlı malzemeler" şeklinde verilebilir. Bu, tekstil takviyeli kompozitler için de uygun bir tanımdır. Çünkü bu tip malzemeler, tekstil malzemesi niteliğindeki lifli bir takviye yapısı ile güçlendirilmiş, matris adı verilen bir fazdan oluşan malzemelerdir **[4].**

Prensipte genel kompozit malzemeler için olduğu gibi, tekstil takviyeli kompozitler için de birçok lif ve matris kombinasyonu mevcuttur. Çok geniş bir çeşitlilikteki malzemelerin yanı sıra, imalat yöntemini de ilave bir faktör olarak kabul etmek gerekir, çünkü kompozit malzemelerin değerli bir özelliği, malzemelere kendileri üretilirken aynı zamanda kompozit malzemenin de üretilebilmesidir. Bu özellik diğer mühendislik malzemelerinin özellikleri ile bir zıtlık oluşturmaktadır. Mühendislik malzemeleri için genelde önce malzeme üretilmekle ve daha sonra istenen şekle sokulmaktadır **[4].**

Kompozit malzemeler için olasılıklar çok fazladır. Takviye açısından bakıldığında S-camı, R-camı, çok çeşitli karbon lifleri, bor lifleri, seramik lifleri (Örneğin; Alümine, silikon karbür) ve aramid lifleri örnek olarak verilebilir. Takviye uzun veya kontinü lifler, kısa lifler, disk veya levha, küre veya elipsoit şeklinde olabilmektedir. Matrisler çok geniş bir çeşitliliğe sahip polimerler (epoksid, poliester, naylon,vb.), metaller (alüminyum alaşımları, magnezyum alaşımları, titan, vb.) ve seramikler (Si C, cam seramiği, vb.) şeklinde olabilmektedir. Proses yöntemleri arasında, polimerler için, elle şekil verme, otoklav, reçine transferli kalıplama (RTK), enjeksiyon kalıplama; metaller için, pres döküm ve toz metalürji yöntemleri, seramikler için de kimyasal buhar infiltrasyonu ve takviye maddesi empregnasyonu yöntemleri yer almaktadır. Kompozit malzemeler hakkında genel bir bilgi edinmek isteyen okuyucular çok sayıdaki kaynaklara başvurabilirler. Polimer matrisli kompozitlere iyi bir giriş, Bader ve arkadaşları tarafından sağlanmıştır **[4].**

Kompozit malzemeler için pazar genel olarak iki kategoriye ayrılmaktadır: Kısa E-camı lifi ile takviyelendirilmiş doymamış poliester reçineleri (Hacmin % 95'ini oluşturmaktadır) esasına dayanan "takviyelendirilmiş plastikler" ve gelişmiş lifler (karbon, bor, aramid, Si C, v.b.) veya gelişmiş matrisler (yüksek sıcaklık polimer matrisleri, metal veya seramik matrisler) veya gelişmiş tasarım, ve üretim tekniklerinin kullanıldığı "gelişmiş kompozitler". Bu genel olarak tanımlanmış iki kategori içinde bile, tekstil kompozitleri, tekstil takviye yapılarını üretmek için

kullanılan imalat teknikleri yüzünden gelişmiş kompozitler arasında yer almaktadır. Bu bölümde çoğunlukla tekstil takviyeli polimerik matrislerden bahsedilecektir. Aynı zamanda seramik matrislerin takviyesinde kullanılan tekstil form atındaki seramik lifler de incelenecektir **[4].**

Kompozitler; termoset veya termo plastik yapıda, tek yada çok yönde takviye özelliği sağlayacak şekilde, cam elyafı ve/veya diğer takviye malzemelerinden yeterli miktarda (uzunluk ve ağırlıkça) katılmış bir polimer matriksdir. Bütün plastikler kompozit değildir. Günümüzde plastik malzemelerin büyük çoğunluğu saf plastik reçineler kullanılarak kalıplanmaktadır **[14].**

Oyuncaklar, dekoratif amaçlı ürünler, ev eşyaları ve benzen birçok plastik son ürün uygulamasında ürünlerin işlevselliği için saf haldeki plastik reçinenin mukavemeti yeterli olmaktadır. Mühendislik termo plastikleri, maliyetleri saf reçinelere göre daha fazla olmakla beraber daha yüksek "Yük Altında Deformasyon" sıcaklığı (HDT) gibi üstün performans değerlerini sağlayabilirler. İlave bir mukavemet değerine gerek duyulduğunda, plastikler genel olarak lif haline getirilmiş takviye malzemeleriyle istenilen mukavemet değerini karşılayacak şekilde takviye edilirler. Herhangi bir termoset veya termo plastik reçine takviye edildiği zaman kompozit olarak adlandırılmaktadır **[14].**

"Cam Elyafı Takviyeli Plastikler" (CTP) terimi geçen yıllar İçerisinde "Cam Elyafı Takviyeli Polyester" ifadesi ile eş anlamlı hale gelmiştir. "Fiberglass Reinforced Plastics" (FRP) veya "Glassfiber Reinforced Plastics" (GRP) şeklindeki İngilizce ifadelerde de bu eş anlamlı kullanım geçerlidir. "Kompozit" kavramı ister termoset, ister termo plastik yapıda olsun; ister elyaf ile, ister diğer takviye malzemeleri ile performansı yükseltilmiş olsun tüm takviye edilmiş plastik malzemeleri tanımlamak amacı ile kullanılmıştır. (Uluslararası bir kuruluş olan "SPI Composite Institute" da bu tanımlamayı kabul ve tavsiye etmektedir.) **[14].**

III.2.1. Termo Plastik ve Termoset Farkı

Plastiklerin büyük bir çoğunluğu ve hemen hemen takviyesiz plastiklerin tamamı termo plastiktir **[14].**

Termo plastik malzemeler ısıtıldığında yumuşar ve yarı akışkan haldeyken yeniden şekillendirilebilir. Plastik malzeme soğuduğundu ise yeni kalıplanmış şekil elde edilir, daha sonra yeniden farklı bir ürün elde etmek istenirse, termo plastik malzemenin yeniden ısıtılması ve kalıplanması mümkündür. Termo plastiklerin ka-

lıplama özellikleri mumun özelliklerine benzetilebilir. Öyle ki, mum yarı akışkan hale gelecek kadar ısıtıldıktan sonra bir kalıp içerisine dökülecek olursa, kalıbın şeklini alacaktır. Bu şekilde kalıplanmış olan mum tekrar ısıtılıp bir başka kalıp içine dökülürse bu kez de yeni kalıbın şeklini alacaktır. Termo plastiklerin ısıtılma ve soğuma özellikleri genelde birbirine benzemektedir **[14].**

Takviyeli plastiklerin büyük bir çoğunluğu termosettir. Termoset reçineler genellikle sıvı haldedir. Bazı özel termoset reçinelerin düşük ergime derecelerinde katı halde bulundukları da bilinmektedir. Kalıplama sırasında meydana gelen kimyasal ve egzotermik (ısı çıkartan.) reaksiyonlar sonucunda termoset reçineler sertleşmektedirler. Genellikle termoset reaksiyonlar geri dönüşümlü değildir. Bu özelliği ile termoset reçineler yumurtaya benzemektedir. Bir başka deyişle, bir kere pişirildiğinde katı hale gelen yumurtayı sıvı haldeki ilk şekline döndürmek veya kabuğunun içine yerleştirmek mümkün değildir. Değişim kalıcıdır. Termoset reçineler uygun malzemelerle takviye edildiğinde ağırlıklarına oranla teknolojinin geliştirdiği en dayanıklı malzemeler arasına yer almaktadırlar. Bunun yanı sıra takviyeli termo plastiklere duyulan ilgi de her geçen gün artmaktadır. Birkaç yıl öncesine kadar, yalnızca takviyeli termoset reçinelerle karşılanabilen birçok performans özelliği, artık geliştirilmiş takviyeli termo plastiklerle de sağlanabilmektedir **[14].**

III.2.2. Kompozitlerin Tercih Edilme Nedenleri

Kompozit ürünlerin günümüzde mühendisler, tasarımcılar, üreticiler ve yöneticiler tarafından yaygın olarak kabul görmesindeki en önemli etken sunduğu değişik performans avantajlarıdır. Kompozit malzemeler tüketiciler ve üreticilerin kullanımında çeşitli faydalar sağlamaktadır. Kompozitlerin sağlayacağı bu faydaların daha iyi anlaşılması sonucunda, tasarımcılar, mühendisler ve tasarımlarını son ürüne dönüştüren ilgili diğer meslek grupları, işlerini daha kolay yapabilirler. Kompozit uygulamalarının üstün yanlarını şu başlıklar altında özetleyebiliriz; **[14].**

- **Yüksek Mukavemet :** Kompozitler yüksek mukavemet değerleri sağlayan malzemeler arasında en etkin olanlardan birisidir. Çekime, eğilme, darbe ve basınç dayanımı gibi mekanik değerlerin sağlanmasına yönelik tasarlanabilmektedirler. Geleneksel malzemelerin aksine kompozitler, bir

- **Hafiflik:** Kompozitler birim alan ağırlığında hem takviyesiz plastiklere, hem de metallere göre daha yüksek mukavemet değerleri sunmaktadırlar. Ürüne sağladığı yüksek mukavemet/hafiflik özelliği etkin bir şekilde kullanılmasındaki en önemli nedenlerden biridir.
- **Tasarım Esnekliği :** Kompozitler bir tasarımcının aklına gelebilecek her türlü karmaşık, basit, geniş, küçük, yapısal, estetik, dekoratif yada fonksiyonel şekle sokulabilirler. Maliyet düşürme çalışmalarının yanı sıra, kompozit ürün tasarımcıları prototip üründen seri üretime geçme yönünde yeni yaklaşımları denemekledirler.
- **Boyutsal Stabilite :** Çeşitli mekanik, çevresel baskılar altında termoset kompozit ürünler şekillerini ve işlevselliklerini korumakladırlar. Kompozitler takviyesiz termo plastiklerin visko elastik ve büzüşme özelliklerini sergilemezler. Isıl genleşme katsayıları daha düşüktür. Kompozitlerin sünme noktası genel olarak kırılma noktasına eşdeğerdir.
- **Yüksek Dielektrik Direnimi :** Kompozitlerin göze çarpan elektrik yalıtım özellikleri, birçok komponent' in üretimi konusunda açık bir tercih nedenidir. Ayrıca uygulama gereği, uygun modifiye edicilerin ve katkı malzemelerinin kullanılması durumunda kompozit ürüne elektriksel iletkenlik niteliği katmak da mümkündür.
- **Korozyon Dayanımı :** Kompozitler paslanmaz ve aşınmaz çeşitli kimyasal ve ısıl ortamlara dayanım sağlamak amacı ile geliştirilmiş birçok reçine sistemi mevcuttur. Uygun tasarlandığında kompozit ürünlerin en az bakımla, uzun süreli hizmet ömrüne sahip olmaları sağlanabilir.
- **Kompozit Parçaların İmalatı :** Kompozit ürünler çelik türündeki geleneksel malzemeler de karşılaşılan "birçok parçanın birleştirilmesi ve sonradan monte edilmesi" işlemini "tek parçada kalıplama" olanağı ile ortadan kaldırırlar. Böylece üretim maliyetinin daha düşük olmasını ve montaj sırasında karşılaşılabilecek sorunların azaltılması sağlanmaktadır.
- **Yüzey Uygulamaları :** Kompozit uygulamalarının çoğunda renk kalıplama sırasında ürüne kazandırılabilmekte ve uzun süre bakım gerektirmeden kullanılabilmektedir. Düzgün yüzey (A sınıfı) ve düşük çekme özelliklerine sahip reçine sistemleri metalik boyama uygulamalarına uyumludur. Kalıpların uygun tasarımı ve uygun malzeme seçimi trim atıkları, zımpara ve kenar firelerinin azaltılabilmesini sağlayabilmektedir.

uyumludur. Kalıpların uygun tasarımı ve uygun malzeme seçimi trim atıkları, zımpara ve kenar firelerinin azaltılabilmesini sağlayabilmektedir.

- **Düşük Araç/Gereç Maliyeti :** Genel bir kural olarak seçilen kalıplama yöntemi ne olursa olsun kompozit üretimi için seçilen araç ve gereçlerin maliyeti çelik, alüminyum ve metal alaşımlı geleneksel malzemelere göre daha ucuzdur.
- **Geçmişteki Başardı Uygulamalar :** Geçen kırk beş yıl içinde, elli binin üzerinde başarılı kompozit uygulaması bu ilginç malzemenin değerini ortaya koymaktadır. Daha düne kaçlar kompozit endüstrisinin öncüleri, kompozit malzemelerin kabul görmesi için çalışırken bugünün mühendisleri, tasarımcıları, pazarlama uzmanları son kullanım ve uygulamalarda, kompozit malzemelerin artan başarısı nedeniyle bu tür malzemelere karşı duydukları güveni vurgulamaktadırlar. Bu uygulamalar kompozitlerin maliyet ve performans değerlerini kanıtlamaktadır.

Kompozitler ayrıca; sınırsız kalıplama boyutları, çok sayıda üretim tekniği, diğer malzemelerle uyuşma özelliği (takviye amacı ile köpük kullanımı), kendinden renklendirilme olanağı, isteğe bağlı olarak, ışık geçirgen özellikte üretilebilme olanağı gibi avantajlara da sahiptir **[14].**

III.3. KOMPOZİTLERDE KULLANILAN KAPLAMA MADDELERİ

III.3.1. Polimerlerin Esasları

Polimer terimi çok anlamına gelen "poli" ve bir birimi tanımlayan "mer" kelimelerinden oluşur. Monomerler birleşerek polimerleri oluşturan ayrı yapı taşlarıdır. Genellikle kompozitlerde kullanılan bütün polimerler karmaşık kimyasal proseslerden elde edilir. Polimerlerin dünyasına girmeden önce içerdiği kimya hakkında bilgi sahibi olmak yararlıdır. Bu malzemeleri anlayabilmek için kimyagerler gibi bir uzmanlık bilgisine sahip olmamıza gerek yoktur. Kimyagerler çeşitli kimyasal elementler için kısa işaretlemeler kullanırlar. Burada tartışacağımız plastiklerin çoğunu oluşturan önemli elementler şunlardır **[14]:**

C= karbon H= hidrojen O= oksijen

Örneğin; bu kısa işaretlemeler kullanılarak, tipik bir polyester reçine şu şekilde ifade edilebilir:

H- (OOC-C_6H_rCOO-C_2H_4)n-OH

Böyle bir durumda parantezler içindeki yapı "n" sayısıyla gösterildiği üzere, kendini çok kez tekrar eder. Bir polimer için bu uzun bir zincir anlamındadır, "n" değeri yüz' den büyük olabilir. Aynı kısa işaretleme kullanılarak stiren şu şekilde gösterilebilir **[14].**

C_6H_5-CH=CH_2

III.3.2. Termoset-Termo Plastik

Reçineleri veya plastikleri, termoset ve termo plastik olarak bilinen iki büyük gruba ayrılırlar. Termo plastik reçineler ısıtıldıklarında yumuşarlar ve ısıtılmış yan sıvı haldeyken şekillendirilebilir veya kalıplanabilirler. Termoset reçineler bunun aksine ilk hallerinde genelde sıvıdır veya düşük ergime noktasındaki katılardır. Son ürüne yönelik olarak kullanıldığında termoset reçineler bir katalizörün, ısının yada her ikisinin yardımıyla sertleşme aşamasına geçerler. Sertleşme tamamlandıktan sonra katı termoset reçineler orijinal sıvı hallerine döndürülemezler. Termo plastik reçinelerin aksine, sertleşme reaksiyonuna giren termosetler ısıtıldıklarında ergimeyecek ve akmayacaklardır. Bir kez şekillendiğinde bir daha, yeniden şekillendirilemezler. Kompozit endüstrisi öncelikle üretim proseslerindeki farklı gereksinmeler nedeniyle, termoset ve termo plastik grupları olarak ikiye ayrılmıştır. Her iki plastik türü de takviye edilebilir niteliktedir. Kompozitlerin ilk gelişmesi termosetler alanında olmuştur. (Öncelikli cam elyafı takviyeli doymamış polyester reçineler olarak) Bununla birlikte, son zamanlarda takviyeli termo plastiklerin kullanımında da hızlı bir büyüme yaşanmaktadır. Termo plastiklerin özellikleri ve maliyet koşullarındaki olumlu gelişmelere paralel olarak bu gelişme trendinin devam etmesi beklenmektedir. Bu yüzden, kompozitlerin kullanımını tasarlayan kişilerin hem termoset hem de termo plastik polimerler konusunda tecrübeli olmaları da gittikçe önem kazanmaktadır **[14].**

III.3.3. Kullanılan Reçineler

Kompozitlerde kullanılan reçineler, CTP uygulamasının başarılı olması için gerekli olan önemli bir girdidir. Her bir reçine performans özellikleri, işlenilebilirlik ve maliyet faktörleri dikkate alınarak üretilmekte ve pazara sunulmaktadır. Değişik reçineler arasındaki ilişkiyi anlamak, kullanıcılara kompozitlerin problem çözme, verimliliği yükseltme yada yeni uygulamalar yaratma gücünü kullanma olanağı sağlayacaktır **[14]**.

II.3.3.1. Termoset Reçineler

Kompozit endüstrisinde kullanılan en yaygın termoset reçineler; doymamış polyesterler, epoksiler, vinilesterler, poliüretanlar ve fenoliklerdir. Bu reçineler arasında, spesifik bir uygulamaya yönelik olarak uygun malzemenin seçimi konusunda kavranması gereken bazı farklılıklar vardır **[14]**.

III.3.3.1.1. Polyester Reçineler

Doymamış polyester reçineler kompozit endüstrisinin lokomotifi konumunda olup, kullanılan reçinelerin yaklaşık %75' ni temsil ederler. Kavramlarda meydana gelebilecek herhangi bir karışıklığı önlemek için tekstil ve giyim sanayinde de polyester elyafı olarak bilinen bir termo plastik ailesinin bulunduğu da bilinmelidir. Bu reçineler kompozit ve kompozit dışı parçaların enjeksiyon ile kalıplanmasında farklı grade' lerde kullanılmakladır. Polyesterler, dikarboksilik asitler ve polihidrik alkollerin (glikoller) kondenzasyon polimerizasyonu sonucu oluşurlar. Buna ek olarak, doymamış polyesterler dikarboksilik asit bileşeni olarak maleik anhidrit veya fumarik asit gibi doymamış bir madde içerirler. Ürün olarak alınan polimer, şebeke yapısı oluşturabilmek ve düşük viskozite de bir sıvı elde edebilmek amacıyla stiren gibi reaktif bir monomer içinde çözülür. Bu reçine sertleştiğinde, monomer polimer üzerindeki doymamış uçlar ile reaksiyona girer ve onu bir katı termoset yapıya çevirir **[14]**.

Kısaca bakılacak olursa, polyester üretimi için gerekli olan maddeler:

- glikol,
- doymuş dibazik asit,
- reaktif monomer,
- İnhibitörler.

Ancak polyester üretiminde bunlara ek olarak bir madde daha kullanmak gereklidir. Bu madde inhibitördür ve stoklama sırasında polyesterin kendi kendine jelleşmesini önlemek için polyester üretiminden sonra ambalajlama sırasında kullanılır. Bu maddeleri birer birer inceleyebiliriz **[14].**

III.3.3.1.1.1. Glikoller

Genel olarak glikol seçimi, aranan özelliği sağlayacak en ucuz hammadde olarak yapılır. Glikollerin en basiti etilen glikoldur. Polyester üretiminde kullanılabilir. Ancak kristalleşmeye meyil eden bir polyester ürünü verir ve stiren monomerle bağdaşmaz. Bu nedenle ya diğer glikollerle birlikte kullanılır ya da reçine içinde asetil veya propionil grubu bulunması sağlanır **[14].**

III.3.3.1.1.2. Doymamış Asitler

Polyester içindeki doymamış asit polyesterin cross-link yapmasını sağlar. Kullanım oranı ne kadar yüksek ise cross-link derecesi o kadar yükselir. Ayrıca bu oranın artması yük akında deformasyon sıcaklığını yükseltir. Ancak çekme dayanımı ve kırılmada uzama miktarında azalmaya neden olur. Bu oran bir de reçinenin reaktivesini etkiler, ne kadar yüksek olursa o kadar reaktif polyester elde edilir. Reaktivite ve sertleşmiş polyester özellikleri doymamış dibazik asit ile doymuş dibazik asit' i belirli oranlarda karıştırarak elde edilir. Nitekim, bu yöntem tüm polyester üreticilerince kullanılmaktadır **[14].**

En çok kullanılan doymamış asit maleik asittir. (Tm132-140 ^{0}C) Genellikle düşük erime noktası nedeniyle anhidrit halinde kullanılır. (Tm60 °C) Bir diğer asit, fümarik asittir. Maleik asit'in trans izomeridir. Her ne kadar polimerizasyon sırasında maleik asit belli bir miktarda fümarik asit ile yapılan polyesterlerin kristalleşme eğilimi gösterdikleri, ancak daha yüksek yumuşama noktasına sahip olduğu, görülmüştür **[14].**

Kloromaleik asit, itakonik asit ve sitrakonik asit gibi diğer doymamış asitler hem pahalıdır, hem de polyester üretiminde yaygın kullanımı yoktur. Ayrıca, bu tür asitlerde özellikle itakonik asitte stabilite sorunlarıyla karşılaşılmıştır. Keza, kloromaleik asit %267 klor içermesine rağmen, alev geciktiricilik için bu miktar yeterli değildir **[14].**

III.3.3.1.1.3. Doymuş Asitler

Dibazik asit veya anhidritler için "doymuş" ifadesi, peroksit katalistler ile reaksiyona girecek serbest çifte bağ bulunmaması anlamını taşımaktadır. Ancak, molekül içinde aromatik halka bulunabilir. Doymamış polyester üretiminde ortoftalik anhidrit önceleri kristallenme problemlerini gidermek amacı ile kullanılmıştır. Ortoftalik anhidrit (veya diğer izomerleri anhidrit olmadığı için genellikle söylenen adıyla italik anhidrit) ile yapılan polyesterler berrak olmakta ve stiren monomeri ile mükemmel bir şekilde bağdaşabilmektedir. Ayrıca, ucuz ve kolay bulunabilir olması da en çok kullanılan anhidrit haline getirmiştir **[14].**

Yine çok kullanılan bir doymamış asit, izotaftalik asittir. Sertleşmiş reçineye su dayanımı sağlar. Kimyasal maddelere karşı dayanım aranan polyester üretiminde kullanılır. Diğer izomer şekli, teraftalik asittir ve polyester üretiminde kullanılır. Diğer iki izomere benzer özellikler arz eder **[14].**

Alev geciktiricilik özelliğinin polyestere verilebilmesi için klorlu veya bromlu asitler kullanılır. Bunların başlıcaları tetrakloroftalik anhidrid ve HET anhidrid' dir. (Hegzokloro-en-do-metilen-tetrahidro ftalik anhidrid veya diğer adıyla, Klorendik anhidrid) Yanmazlık konusunda HET anhidrid yüksek klor oranı nedeniyle daha faydalıdır. Polyesterde esneklik özelliği, doymuş dibazik asit' i tamamen veya kısmen bir alifatik dibazik asit ile değiştirme ile sağlanır. Bu asitlere örnek olarak, adipik asit ve sebazik asiti gösterebiliriz. Bu tür esnek reçineler genellikle esneklik sağlamak amacıyla konvansiyonel reçinelere katılırlar. Tek başına bu tür reçinelerin kullanımı çok sınırlıdır. Polyester reçinelerin üretiminde kullanılan çeşitli asitler ve glikoller mevcuttur **[14].**

Tablo III.2: Glikol ve Asitlerin Kullanım Yerlerinde Sağladıkları Katkılar [14].

Glikoller	**Katkıları**
Propilen glikol	Suya ve kimyasallara dayanım sağlamak
Etilen glikol	Düşük maliyet, rijitlik sağlamak
Dipropilen glikol	Esneklik, sertlik sağlamak
Dietilen glikol	Esneklik, sertlik sağlamak
Neopentil glikol	Ultraviyole ışınlara, suya ve kimyasallara dayanım sağlamak
Propoksile Bisfenol	Suya ve kimyasallara dayanım sağlamak

Asitler	**Katkıları**
Ftalik anhidrit	Düşük maliyet, stirenle uygunluk sağlamak
Maleik anhidrit	Doymamışlık sağlamak
Adipik asit	Esneklik, sertlik sağlamak
İzoftalik asit	Yüksek ısı, eğilme sıcaklığı, suya ve kimyasallara yüksek dayanım sağlamak
Teraftalik asit	Yüksek ısı, eğilme noktası sıcaklığı, suya ve kimyasallara yüksek dayanım sağlamak

III.3.3.1.1.4. Monomerler

Monomerler iki amaçla kullanılır:

- Reçinenin viskozitesini düşürecek şekilde bir çözücü fonksiyon göstermesi.
- Polyester zincirlerinin cross-link ile birbirine bağlanmasını sağlaması.

Bu amaçla düşük viskozitesi, düşük fiyatı ve kolay bulunabilirliği nedeniyle en çok kullanılan monomer, stiren' dir. Bir diğer monomer, daha berrak ve ultraviyole stabilitesi aranan reçinelerde kullanılan metil metakrilat ve n-bütil metakrilat' dır. Bu tür reçineler ışık geçirgen levha üretiminde ve çatı ışıklığı üretiminde "E" camı ile aynı kırılma indisine sahip oldukları için kullanılır **[14].**

Diğer bazı monomerler ve kullanım amaçlarını şöyle sıralayabiliriz;

Diallil ftalat, özellikle sıcak pres üretiminde kullanılacak polyesterlerde kullanılır; oda sıcaklığında sertleşme yapmaz. Bünyesinde metil stiren bulunan reçineler hem daha esnek, hem de düşük çekmeli olmaktadır **[14].**

Bünyesinde dikloro stiren veya dibromo stiren gibi halojinli monomerler bulunan reçineler, belli oranda alev geciktirici özellik gösterirler; Ancak bu monomerler çok pahalıdır. Yanmazlık özelliğini en iyi sağlayan monomer, diallil benzen sülfonat' dır. Ayrıca polyesterin diğer özelliklerini de etkilemez. Fiyatının çok yüksek olması kullanımını sınırlamakladır. Isıya dayanıldı polyester üretiminde triallil siyanürat da kullanılabilir **[14].**

III.3.3.1.1.5. İnhibitörler

Polyester polimeri monomer içinde çözüldüğü zaman, oda sıcaklığında katalizör olmaksızın jelleşmeye başlar. Bu sakıncayı gidermek ve polyestere makul bir ömür kazandırmak amacıyla bir inhibitör katılır. Bu işlem normal koşullarda polikondensasyon reaksiyonundan sonra ve monomer içinde çözülmeden önce yapılır **[14].**

İnhibitörler genellikle redükleyici kimyasal maddelerdir ve serbest radikalleri hidrojen atomu vererek absorblarlar, böylece reçinenin polimerizasyonunu önlerler. Ancak devreye girecek yeni serbest radikaller reçinenin jelleşmesini başlatabilir **[14].**

Hızlandırıcısı katılmış bir polyestere peroksit katalizör katıldığı zaman meydana gelen olay, ilk önce inhibitörün nötralize edilmesidir. Jelleşme süresini geciktirmek için kullanılan bu yöntemle belli bir süre reçinenin aktif olması önlenir. Ancak nötralizasyon tamamlandıktan sonra polimerizasyon başlar. Bazı hallerde oldukça uzun bir jelleşme süresi, ancak kısa bir sertleşme süresi arzu edilebilir. Bu gibi durumlarda ayrıca başka bir inhibitör kullanılması mümkündür **[14].**

Kullanılan başlıca inhibitörler hidrokinon, t-bütil katekol ve sübstitüe benzokinonlardır. Kullanım mertebeleri % 0.01- 0.03' dür. Ancak bu mertebe reçinenin cinsine veya tropikal İklimde kullanılıp kullanılmamasına bağlı olarak değişir. Uygulamada optimum stabiliteyi ve optimum reaktiviteyi sağlayacak miktarda inhibitör kullanılır **[14].**

Ayrıca inhibitör kullanılması istendiğinde, seyreltik çözeltiler kullanılmalıdır. Örneğin %1' lik inhibitör çözeltisinden %1 oranında katılırsa, %0.01' lik mertebeye ulaşılır ve böyle bir ilave sonucu jelleşme süresi 18 dakikadan 50 dakikaya yükseltilebilir **[14].**

ve biçimlendirilebilme olanağı sayesinde kompozit endüstrisinin hemen hemen bütün bölümlerinde sınırsız kullanım alanına sahip olduğu görülmektedir. Bu tür reçinelerin en büyük avantajı mekanik, kimyasal ve elektriksel özellikler, boyutsal stabilite, maliyet ve kullanım kolaylığı gibi özellikleri arasındaki dengeden ileri gelmektedir, doymamış polyesterler temel yapı taşlarındaki özelliklere göre sınıflara ayrılırlar. Örneğin; Ortoftalik ("orto"). izoftalik ("izo"), disiklopentadiyen ("DCPD") ve bisfenolik (Bisfenol A) reçineler gibi. Buna ek olarak polyester reçineler genel amaçlı ya da özelikli polyesterler adı akında kullanım amacına.göre de sınıflandırılırlar **[14].**

III.3.3.1.2. Genel Amaçlı Polyester Reçineler

"Genel amaçlı" terimli belirli bir polyester reçine sınıflandırması belirtmez. Onun yerine nispeten düşük maliyetli, yeterli mekanik ve elektronik performansı sunan ürünler ve gayet iyi bilinen proses/imalat karakteristikleri, GA polyesterleri tanımlamaktadır. Hemen hemen bütün ortoftalik ve DCPD reçineleri ile bazı izoftalik reçineler bu GA grubuna girerler **[14].**

Genellikle GA polyester orta ya da düşük viskoziteli olarak üretilirler ve sadece katalist ve hızlandırıcı eklenmesine gereksinim duyarlar. GA polyesterler, dolgu ve katkı malzemeleriyle birlikte kullanılarak işlenebilir bir reçine sistemini tamamlamaktadır. Yüksek maliyetli, üstün performans beklenmeyen uygulamalar hariç GA polyester ; tekneler, kamyon parçaları, mobilyalar, küvet ve duş teknelerini kapsayan geniş bir yelpazede açık kalıplama yöntemi ile (el yatırması/püskürtme v.b.) üretilen son ürünlerde kullanılmaktadır. Aşağıdaki tablo, polyester reçinelerin farklı çeşitlerini karşılaştırmamıza yardımcı olmaktadır. Ayrıca reçineler bölümünde Cam Elyaf Sanayi A.Ş.' nin kullanımını tavsiye ettiği ürünlere ait ürün kodları parantez içerisinde belirtilmiştir **[14].**

Tablo III.3: Farklı Polyester Türleri Karşılaştırması [14].

	Polyester türü	Performans özellikleri	Son kullanım alanları
Sertleşmiş Reçine Özellikleri	Hassas profil	Düzgün yüzey görünümü	Dış otomotiv parçaları
	Kimyasal dayanım	Mükemmel asit dayanımı	Boru, tanklar, kanal yardımcı malzemeleri
	Alev dayanımı	Alevin çabuk sönmesi/Düşük duman çıkışı	İnşaat levhaları, elektrik ürünleri, duş tekneleri
	Elektriksel	Yüksek Dielektrik direnci, yüksek ısı dayanımı	Elektrik kutuları, elektrik direkleri, kablo taşıyıcıları, çubuklar
	Yük altında deformasyon	Yüksek ısılarda düşük sapma	Pultruzyon, çubuklar, mikrodalga fırınlar için tabakalar
	Hava koşullarına ve ışığa dayanım	İyi kararlılık ve UV dayanımı	Işık geçiren paneller, mimari parçalar
	Düşük çekme	Kalın cidarlarda boyutsal stabilite	Karmaşık şekilli parçaları
	Esneklik/Yarı rijitlik	Daha yüksek darbe direnci	Spor ürünleri, hasar görebilecek ürünler
	Genel amaçlı	Düşük maliyet, yeterli performans	Tekneler, koltuklar, genel ürünler, makine kapakları
Proses Karakteristikleri	**Polyester türü**	**Performans özellikleri**	**Son kullanım alanları**
	Tiksotropik	Dik yüzeylerde akmayı veya süzülmeyi önler	Tekneler, havuzlar, banyo küveti, duş teknesi
	Hava teması ile kuruma	Oda sıcaklığında sertleşme	Açık kalıp ürünleri, havuzlar, banyo küvetleri v.s.
	Ekolojik	Monomer buharlaşmasını/uçmasını azaltmaktadır.	Tesisat bağlantıları, tekneler, kamyon ön paneli
	Hızlı sertleşme	Çatlama olmaksızın hızlı sertleşme	Otomotiv, elektrik
	Isı dayanımı	Ürünler sıcakken kalıptan kolayca çıkarılabilir.	Konteynerler, motor/ makine kapakları,tablalar
	Düşük ekzoterm	Kabarcık oluşturmama, sertleşirken düşük ısı çıkışı, kalın cidarlı parça üretimi	Elektronik, balistik ve döküm parçalar
	Uzatılmış raf ömrü	Homojen dağılım	Geniş yüzeyli karmaşık kalıplama
	Düşük viskozite	İyi penetrasyon	RTM parçaları
	Viskozitesi yükseltilebilen	SCM/BMC içindeki kimyasal viskozite artırıcılar ile reaksiyona girer.	Pres ve enjeksiyon tekniği ile kalıplanmış parçalar.

III.3.3.1.3. Özel Amaçlı Polyester Reçineler

Polyesterler, geniş bir yelpazedeki uygulamaların gereklerini karşılamak üzere kimyasal bir proses ile üretilmekte olduğu için, özel amaçlı uygulamalara uygun özel polyester çeşitleri bulunmaktadır. Özel amaçlı polyesterlere örnek şunlardır **[14]:**

- Esneklik Kazandıran Polyesterler
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 511 ürünü)
- Kimyasal Dayanımlı Polyesterler
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 266 N 12)
- Isı Altında Yük Dirençli Polyesterler
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 206 N 12 ,
  CE 67 HV 4 ürünleri)
- Alev Geciktirici Polyesterler
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 501 ürünleri)
- Işık Geçirgen Levha Polyesterleri
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 53 N 4,
  CE 55, ürünleri)
- SMC/BMC için Düşük Çekmeli
  Hassas Profil Polyesteri
  (Cam Elyaf San. A.Ş CE 227 ürünleri)

Özel amaçlı polyesterler, genellikle polimerin kimyasal yapısından dolayı yüksek performans değerlerine ulaşmaktadırlar. Dolgu malzemelerinin veya katkıların uygun kullanımı ela alev dayanımı, yorulma dayanımı veya kimyasallara karşı dayanıklılık gibi özellikleri arttırabilir. Özel amaçlı polyesterlere ait parametreler, karşılıklı etkileşim içerisindedirler. Kimyasal dayanım gibi bir parametrede meydana gelen artış, ısı dayanımı gibi bir başka paremetreyi de arttırabilir. Örneğin; Bisfenol A, daha geniş bir kimyasal dayanım sağlamak ve daha yüksek sıcaklıklara dayanım sağlamak amacı ile CTP üretiminde kullanılmaktadır. Stiren katkılı polyester reçineler kullanım kolaylığı ve sertleşme mekanizması açısından önem taşımaktadır. Sertleşme, polyester içindeki doymamış uç ile stiren monomer arasındaki bir kopolimerizasyon reaksiyonundan ibarettir bu reaksiyon polyester zincirlerinin stiren monomer ile bir şebeke bağ yapmasıyla sonuçlanır **[14].**

Polyester reçinelerin sertleşme mekanizması epoksi, üretan veya fenolik reçinelerin sertleşme mekanizmasından tamamen farklıdır. Çoğu epoksinin ve

üretan' ın katalizör sistemi katıldığı anda vizkositesi yükselmeye başlar ve sertleşme tamamlanana kadar yükselmeye devam eder **[14].**

Polyester reçineler, önce çok düşük bir vizkosite artısı ve sıcaklık değişikliği göstererek spesifik bir çalışma süresi (jelleşme süresi) sağlarlar. Jelleşme, ilk baştaki doymamış uçların %5'inden daha azının reaksiyona girmesiyle başlar ve tam sertleşme bundan kısa süre sonra gerçekleşir **[14].**

Polyester reçine seçimi için **Tablo III.3** de verilmiştir. Polyester reçineler üzerine daha fazla bilgi edinmek için literatüre veya Cam Elyaf Sanayi A.Ş ürün kataloguna başvurabilirsiniz. Polyester üreticileri, spesifik son ürün uygulamalarının ihtiyaçlarına cevap verebilecek, gerekli özelliklere sahip reçineleri sağlamakta istekli ve yetenekli olduklarını kanıtlamışlardır. Bu reçineler, istenilen özelliklen sağlayacak ve prosese uygun olabilecek şekilde formüle edilerek üretilebilirler **[14].**

Ticari amaçlı üretilen özel amaçlı polyesterlerin bazılarına değinecek olursak;

III.3.3.1.3.1. Alev Geciktirici Reçineler

Yangın ihtimalinin bulunduğu birçok inşaat ve nakliye uygulamaları için alev geciktirici polyester reçineler kullanılmaktadır. Polyester reçinelerin alev geciktiriciliği değişik değerlerde olduğu için bu konuda, ilerdeki bölümlerde değineceğimiz birçok standart ve spesifikasyon geliştirilmiştir **[14].**

Alev geciktirici polyester üretimi İçin değişik maddeler kullanılabilir;

- Klorlu veya bromlu bir monomer
- Kromlu veya bromlu bir glikol
- Klorlu veya bromlu bir asit
- (Doymuş, doymamış veya karışımı)
- Diğer alev geciktirici monomerler

Alev geciktirici özellik katmak için ayrıca, klorlu hidrokarbonlar, trikloro etil fosfat veya brom içeren bileşikler de polyester molekülü içine katılabilir. Bütün bu maddelerin vermiş olduğu alev geciktiricilik özelliği birbirinden farklıdır. Kullanım özelliğine ve aranan yanmazlık derecesine bağlı olarak reçine seçimi yapılmalıdır. Alev geciktiricilik özelliğini yükseltmek amacıyla, halojen içeren polyesterlere antimon trioksit ilave edilebilir. Ancak bu durumda, polyester şeffaflığını kaybeder. Aynı şekilde alüminyum hidroksit ve çinko borat da kullanılabilir oranı yamalığı etkileyen bir faktördür. Cam oranı ne kadar yüksek olursa, yamalık dan kadar azalmaktadır **[14].**

III.3.3.1.3.2. Stiren Buharlaşması Az Olan Reçineler

Dünyada birçok ülkede çalışanların sağlığının korunması açısından, atölyelerde stiren bullarının belirli sınırlar içerisinde kalması zorunluluğu konmuş bulunmakladır. Bu sınır genellikle 100 ppm (420 mg/m^3) mertebesindedir. Bu sınırlamalar sonucu s tiren buharlaşması az olan reçinelere rağbet artmıştır. Böyle bir polyesterin sağlanması üç yoldan mümkündür **[14];**

- Daha az uçucu monomerler kullanmak,
- Polyester içindeki stiren oranını azaltmak,
- Film oluşturan veya polyesterle bağdaşmayan diğer katkıların kullanılması.

Değişik bir monomer kullanılması gerçekçi bir çözüm olamamaktadır. Çünkü, monomerler "içinde en ucuzu stiren' dir ve çoğu monomer buharları en az stiren kadar zararlıdır. Polyester içindeki stiren oranının %42' den %35' e düşürülmesi halinde, buharlaşma oranında büyük bir azalma olduğu, deneyler sonucu görülmüştür. Bu durumda viskozite büyük ölçüde artış göstermektedir. Bu sakıncayı önlemek için polyester molekülleri küçük tutulabilir ancak, böyle bir polyesterin efe mekanik özelliklerinde düşüş görülür. Tüm bu avantaj ve dezavantajlar dikkate alınarak optimum bir mertebeye varılmalıdır. Stiren buharlaşmasını önlemek için en çok kullanılan yöntem, reçine içine film oluşturucu bir madde katmaktır. Bu madde reçine ile bağdaşmaz ve sertleşme sırasında dışa atılarak, laminat yüzeyinde film tabakası oluşturur. Böylece stiren buharlaşması önlenmiş olur. Vaks türü katkı maddeleri bu tür bir uygulamada sonuç vermekle birlikte, özellikle kalın laminat uygulamalarında, tabakalar arasında ayırıcı oluşturma tehlikesini ele getirmekte ancak, bir darbe sonucu tabakaların ayrılmasından sonra hu sakınca belirgin hale gelmektedir. Bu sakıncayı önleyici katkı maddeleri de geliştirilmiştir. Her türlü el yatırması ve püskürtme uygulamalarında havalandırma ihmal edilmemelidir **[14].**

III.3.3.1.3.3. Düşük Çekmeli Reçineler

Son 15 yıldan bu yana düşük çekmeli polyesterler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Normal olarak bünyesinde %35 stiren içeren doymamış polyester reçinelerde, %8'e varan bir çekme görülmektedir. Bu çekme sonucu istenmeyen yüzey bozuklukları görülmektedir. Çekme miktarını azaltmak için stiren yerine vinil toluen veya t-butil stiren kullanılması halinde viskozite yükselmekte ve bazı

bağdaşmazlıklar görülmektedir. Çekme sorununu çözümlemek amacıyla, genellikle termo plastik ilavesi kullanılmaktadır. Bu konuda, 39 firmaya ait 116 patentin var olduğunu söylemek, konunun geniş boyutunu ve henüz tam çözüme ulaşamamış olduğunu göstermektedir **[14].**

Düşük çekme konusunda en çok kullanılan ilave maddeler şöyle sıralanabilir; Polivinil asetat homopolimer ve kopolimerleri, Polikaprolaktam selüloz asetat bu tirat ve akrilik polimerler. Düşük çekme mekanizması ile ilgili bir teori, termo plastik moleküllerin doymamış polyesterin sertleşmesi sırasında yarattığı boşlukları, küçük kürecikler halinde doldurduğunu ileri sürmektedir. Bir diğer teori, bu boşlukların termo plastik moleküllerin sıcaklıkta genişlemesi sonucu oluştuğunu ve soğuma sırasında boşlukların dolu olarak kaklığını ileri sürmektedir **[14].**

Teori ne olursa olsun, polyester içine katilim bu maddeler, çoğunlukla tam bağdaşma meydana getirmedikleri için, kullanım oranı 20 mertebesini aşmamaktadır. Ayrıca, renklendirilememe, boya tutmama, yüzeyde boşluklar olması gibi birçok problemleri olan bu tür reçineler oda sıcaklığında çalışmaya uygun değildir; Ancak, sıcak pres çalışmalarında kullanılabilir **[14].**

III.3.3.1.3.4. Esnek Reçineler

Esnek reçineler sertleşme süresi tamamlandıktan sonra bile, yumuşak, lastik gibi olan reçinelerdir. Doymuş asit yerine adipik veya se-basik asit gibi, dibazik alifatik asit kutlanılarak üretilir. Bu tür reçinelerde kimyasal dayanım büyük ölçüde düşer ve su absorbsiyonu çok miktarda artar.

Başlıca kullanım alanı, esnekliği ve darbe dayanımını arttırmak üzere diğer elyaf tipi reçinelere ve döküm tipi reçinelere katılmasıdır **[14].**

III.3.3.1.3.5. Hazır Kalıplama Bileşimleri İçin Reçineler

HKB üretimi için değişik tür reçineler kullanılabilir. Önemli olan husus çok miktarda dolgu kabul edebilmesi, bu dolgu miktarına rağmen cam elyafını ıslatabilmesi, katalist ile birlikte uzun süre reaksiyona girmeden kalabilmesi, yüksek ısıda çabuk sertleşebilmesidir. Bu amaçla kullanılan reçinelerde, genellikle düşük çekme sağlayan katkı maddeleri bulunur. HKB hamurunun yapılması için her şeyden önce az uçan monomer kullanılmalıdır. Bu monomer genellikle diallil flatlar' dır. Cam elyafı, aseton içinde çözülmüş reçine ile ıslatılır, asetonun uçması beklenir ve hamur elde edilmiş olur **[14].**

III.3.3.1.3.6. Işıkla Sertleşen Reçineler

Doymamış polyester içerisine özel bir katalizör katılarak, yalnızca ışık altında sertleşmesi sağlanabilmektedir. Genellikle ışık geçirgen levha üretiminde kullanılan bu tür reçinelere %0.5 oranını geçmemek kaydıyla pigment de katılabilir. Bu tür reçinelerin avantajları şöyle sıralanabilir **[14];**

- Kullanıcı tarafından ayrıca katalizör ilave edilmesi gerekmediğinden, karıştırma ve ölçme hataları olmaz.
- Reçine fırça üzerinde donmaz, dolayısı ile temizlik kolaydır.
- Özellikle kuvvetli ışık kaynağına tutulmadıkça sertleşme olmayacağından istenilen yerlere fazladan reçine uyguluma olanağını verir.

III.3.3.1.3.7. Döküm Reçineleri

Polyester reçineler düğme üretiminde büyük ölçüde kullanılır. Kabartma desenli düğmeler için silikon kauçuğu veya esnek PVC kalıplar kullanılır. Sonradan işlenecek düğmeler için İse, savurma döküm tekniği ile polyester levha dökülür ve tam sertleşmeden özel kesme bıçaklarıyla kesilir **[14].**

Döküm için ayrıca şeffaf, renksiz polyesterler kullanılır. Bu amaçla kullanılan reçinelerin düşük viskoziteli ve bava kabarcığı bırakmayan türden olması istenir. Döküm parçalar içine küçük süs eşyaları gömülmek istenirse, bu parçaların rutubetsiz olması gereklidir. Aksi takdirde döküm polyester içinde bulanıklık oluşturur. Ayrıca, bu parçaların 5-10 dakika aseton içerisine daldırıldıktan sonra polyester banyosundan geçirilmesi ve ondan sonra gömülmesi tavsiye edilir. Suni mermerlerin yapımında da döküm tipi polyester kullanılmaktadır **[14].**

III.3.3.1.3.8. Köpük Polyester Reçineler

Son zamanlarda geliştirilen bir yöntemle, elde edilen polyester köpük diğer köpük maddelerin gösterdiği özelliklere sahip olmakla birlikte, üretimi diğerleri kadar kolay değildir. Köpük polyester üretim prosesinde, reçine sistemi içine bir özel hızlandırıcı ve organik karbonik asit türevi katılarak karbondioksit çıkışı sağlanır. Katalizör olarak ve sertleşme reaksiyonları ayrı ayrı yürür. Jelleşmeden önce 3 mm yüksekliğe kadar kontrol edilebilir. Köpürme süresi 30 saniye ile 15 dakika arasında kontrol altında tutulabilir. Açık hücre yapısı sayesinde su buharı geçirgenliği vardır. Dolgu ve cam takviyesi kabul eder. Hafif sandviç panel üretiminde. ısı ve ses izolasyonunda kullanılabilir. Mekanik

özellikleri yoğunluğuna ve cam takviyesi oranına bağlı olarak değişmekledir **[14].**

III.3.3.1.4. Jelkotlar

Jelkotlar bir kompozit parçaya estetik açıdan güzel bir görünüm sağlamak ve dış etkenlerden korumak amacıyla kalıp içinde uygulanmak üzere tasarlanmıştır. Geniş bir yelpazedeki ürün ihtiyaçlarına cevap vermek üzere tasarlanmıştır. Çizilmeye ve hava koşullarına dayanım sağlamak, ozmoz etkisini azaltmak gibi dış etkenlere karşı direnç sağlanması öngörülerek geliştirilmiştir. Jelkot uygulaması yapılmış kompozit parçalarının son kullanım alanları denizcilik sektöründen, hijyenik amaçlı uygulamalara kadar uzanan değişik bir yelpazeyi kapsamaktadır. Kalıp yüzeyinde bir tabaka oluşturacak şekilde uygulanan jelkot' un, sertleşmeye başladığı anda (ancak tanı sertleşme tamamlanmadan önce) cam elyafı ve polyester reçineden oluşan bir laminat jelkot tabakası üzerine takviye amaçlı olarak uygulanmaktadır, jelkotların hava koşullarına dayanımları ve sağlamlıkları onları denizcilik uygulamaları için ideal kılmaktadır (CE İzo NPG Fırça jelkot, CE İzo NPG Fırça jelkot- UV, CE İzo NPG Püskürtme jelkot, CE Ortaftalik Fırça jelkot) Jelkotlar termoset reçine sistemlerinin çeşitliliği içinde, şeffaf ve pigmentli formülasyonlar halinde satılmaktadır. Renk belirleme, renk kalite kontrolü artık spektro fotometreler ve renk tespit eden bilgisayar programlan ile yapılmaktadır. Jelkot üreticileri kompozit parça üreticisinin beklentileriyle en iyi uyuşacak jelkot tipini seçerek üretirler. Jelkotlar sekiz temel kimyasal bileşen grubunun bir araya getirilmesi ile üretilirler. Seçilen reçineye ek olarak jelkotlar aynı zamanda pigmentler, hızlandırıcılar, tiksotropik ve plastifiyan maddeler, dolgu malzemeleri, inhibitörler, monomerler ve muhtelif katkı malzemeleri içerirler **[14].**

III.3.3.1.4.1. Reçine Tipi

Bir jelkot formülü için seçilen reçine çeşidi, kompozit parçanın kullanım amacına bağlıdır. Kompozit endüstrisinde genel olarak izoftalik (İzo) (CE 266 N12, CE 66 N4.) ve izo/neupentil glikol (CE 67 HV 4) ve ortoftalik (CE 92 N8, CE 188 NS, CE BV 8) reçineleri kullanılmaktadır. Esnek tip, alev geciktirici tip, kalıp tipi, kimyasal dayanımlı tip, vinil ester ve başka özel amaçlı reçinelerden ele jelkot üretiminde yararlanılmaktadır **[14].**

III.3.3.1.4.2. Pigment Seçimi

Pigment seçimi jelkot üretiminde önemli bir girdidir. Doğru pigment seçimi opaklığa, hava koşullarına ve ufalanma etkisine karşı en uygun dayanımın elde edilmesi açısından önemlidir. Jelkot üreticileri jelkot üretimlerini resmi standartlarla uyuşturmak ve daha fazla çevre dostu olabilmek için kurşun ve krom-hazlı pigment kullanımından kaçınmaktadırlar **[14].**

III.3.3.1.4.3. Tiksotropi Sağlayıcılar

Tiksotropik maddeler düşük ağırlıktaki katkılardır, (genellikle silika ve organik idiler) Tiksotropik maddeler jelkot' un püskürtülmesi sırasında akmasını ve daha sonra sertleşme sırasında da kalıp dik yüzeylerinden sarkmasını engeller **[14].**

III.3.3.1.4.4. Hızlandırıcılar ve İnhibitörler

İnhibitörler ve hızlandırıcılar jelkotların jelleşme ve sertleşme süresini etkiler. Jelkot üreticisi böylece el yatırma prosesi için öngörülen gerekli çalışma süresini ayarlama olanağına sahip olur **[14].**

III.3.3.1.4.5. Monomer ve Dolgular

Stiren monomer vizkositeyi ayarlamak ve sistemi kolay çalışılabilir hale getirmek için çoğu jelkot formülasyonu içinde yer ajan öncelikli maddelerden biridir. Dolgular, tiksotropik maddeler ve dispersiyon oluşturucu maddelerle birlikte çalışan minerallerdir. Jelkot vizkositesi' ni ve formüldeki pigment oranını (suspension) kontrol etmeye, apaklığı geliştirmeye, hidrolik stabiliteyi arttırmaya yardımcı olmakladır **[14].**

III.3.3.1.6. Diğer Katkılar

Spesifik performans özelliklerini elde etmek için jelkotlarda kullanılan daha bîr çok katkı maddesi vardır. Seçilen pigmentlerin performansını arttırmak için ıslatıcılar kullanılır. UV ışımasının jelkot tabakası üzerindeki zararlı etkilerini geciktirmek üzere ultraviyole (UV) emiciler kullanılmaktadır. Yüzey gerilimi sorunlarının üstesinden gelmek ve jelkot tabakası sertleşirken hava çıkışını düzenlemek üzere başka katkılar seçilebilir. Kendinden renkli ürünler talep edildiğinde jelkot uygulanmış kompozit parçalar tercih edilmektedir. Denizcilik, sıhhi tesisat, döküm endüstrileri, jelkot uygulanmış kompozit parçalarının yaygın olarak kullanıldığı ve kabul gördüğü alanlara üç örnektir **[14].**

III.3.3.1.5. Epoksi Reçine

Epoksi reçineler geniş bir yelpazedeki kompozit parçaların üretiminde en yaygın kullanıma sahip reçinelerden biridir, farklı performans düzeylerine sahip bir dizi ürün elde etmek için reçinenin yapısı geliştirilebilir. Epoksi reçineler, spesifik performans özellikleri sağlamak üzere değişik şekillerde formüle edilebilirler veya diğer epoksi reçinelerle karıştırılabilirler. Epoksi reçineleri, her molekülde iki veya daha fazla epoksi grubunu veya daha genel tanımlamada glisidil grupları ihtiva eden maddelerdir. Aynı terimler sertleşmiş maddelerin tanımlanmasında da kullanılır. Proses gereklerini yerine getirmek için uygun sertleştirici ve/veya sertleştirici sistemi seçilerek sertleşme hızları kontrol altında tutulabilir. Genellikle epoksi reçineler, bir anhidrit veya bir amin sertleştirici eklendiğinde sertleşme reaksiyonuna girer. Her sertleştirici farklı bir sertleşme profili gösterir ve son ürün'e farklı özellikler katar. Tipik sertleşme maddeleri birinci ve ikinci derece aminler, poliamidiler ve organik anhidritlerdir. Bu maddeler reçineye stokiometrik oranlarda eklenir ve sertleşme için ısı gerektirir. Kullanılan diğer sertleşme maddeleri arasında bor triflorid kompleksleri gibi katalitik sertleşme maddeleri ele bulunur. Bu maddeler katalitik miktarlarda kullanılıp, az bir ısıya veya ısı sertleşmesine ihtiyaç gösterirler. Sertleşme sırasında hiçbir yan ürün meydana gelmez. Sonuçta çıkan sertleşmiş reçine genelde mükemmel kimyasal, mekanik ve elektrik özelliklen olan sert termoset maddelerdir. Epoksi reçineler öncelikle üstün mekanik özellikleri, korozif sıvılara ve ortamlara dayanımı, üstün elektriksel özellikleri, yüksek ısı derecelerine dayanım veya bu değerlerin bir kombinasyonu olarak yüksek performanslı kompozit ürünlerinin üretimi amacı ile kullanılmaktadır. Epoksi reçineler laminat ve döküm uygulamalarında kaplama, yer döşemesi ve yapıştırıcı olarak kullanılır. Birçok uygulamada doğrudan reçine ile sertleştirici maddenin kullanımı hemen kullanılabilecek uygun ürün verir. Diğer uygulamalar için esas formülasyonda işleme, mekanik ve sertleşme özelliklerini geliştirmek için bazı modifikasyonlar yapmak gerekebilir. Bu modifasyonlar seyrelticiler, pigmentler, dolgu ve katkı maddeleri, alev geciktiriciler ve hızlandırıcıların eklenmesiyle elde edilir. Epoksi reçineler genellikle üstün performanslı fakat daha yüksek maliyetteki reçine sistemlerinin kullanımını öngören kritik uygulamalarda tercih edilmektedir. Epoksi reçineler denizcilik, otomotiv, elektrik/elektronik ve diğer çeşitli sektörlerdeki kompozit parçaların üretiminde performans faktörünün maliyet

faktöründen daha önemli olduğu uygulamalarda kullanılmakladır. Ancak, epoksi reçinenin vizkositesi' nin çoğu polyester reçinenin kinden yüksek olması ve üstün mekanik özellikler elde etmek için post kür gerektirmesi nedeniyle epoksilerin kullanımı zordur. Epoksi reçinelerin diğer polyesterlere göre sağladığı yararların başında sertleşme sırasındaki düşük çekme özelliği gelir. Bu genelde %1-2'dir. Fakat dolgu maddeleri ile sıfıra indirilebilir. Epoksi reçineler, epoksi ekivalant ağırlıkları veya epoksi moleküler kütleyle (EMM) sınıflandırılır. Bu bir epoksi grubunu ihtiva eden reçinenin gram cinsinden ekivalant ağırlığıdır. Alternatif olarak bu epoksi miktarı olarak belirtilebilinir. Her kilogram başına reçinenin ekivalant sayısı olarak. Epoksi ekivalant' ı veya 500 EMM aynı olup, 2.0 epoksi miktarına tekabül eder. Epoksi ekivalant'ı reçinenin uygun solventle direkt titrasyonu ile elde edilir. Bu titrasyon uygun solventle hidrobromik asit veya perklorik asitlle yapılıp, indikatör olarak da kristal metil viyolet kullandır **[14].**

Laminat uygulamaları için kullanılan reçineler iki sınıfa ayrılır;

- Sıvı reçineler ıslak yatırma ve yan uygulamalarda kullanılır.
- Düşük molekül ağırlıklı katı reçineler "prepreg" yapımında solüsyon olarak kullanılır **[14].**

Modifiye edilmemiş bisfenol A reçineleri (bisfenol A' nın diglisidil eteri DGEBA) genellikle ıslak yatırma sistemlerinde ısıyla sertleştirmek için kullanılır. Bunlar aminle sertleştirildiklerinde, daimin difenilmetan (DDM) gibi, 150 °C' nin üstünde ısı defleksiyonu ısısıyla mükemmel mekanik ve elektriksel özelliklere sahip olurlar. Kimyasal dayanımları da çok iyidir. Uygulamalarda bazik reçinenin vizkositesi çok yüksek olduğundan viskoziteyi düşürmek için seyreltici eklenir. Bu ayrıca sertleşme ısısını etkileyip, sistemin akışkanlığını arttırır **[14].**

Isıyla sertleşen epoksi reçine sistemlerinin çoğunun ısı defleksiyonu derecesi 50 °C' nin üstündedir. Bu ısı, "post cure" de yükseltilen derece ile arttırılır. Genelde laminat uygulanırken yapılır. Elektrik teminatları için kullanılan reçineler kullanılan tekniğe (ıslak yatırma, prepreg tekniği) göre sıvı veya katı haldedir. "Prepreg" üretimi için sıvı reçine, EMM 190-250 veya düşük molekül ağırlıklı katı reçine, EMM 450-900 kullanılır. Bunlar prepreglere yapışkan olmayan yüzeyler sağlar, Alev geciktirici laminatlar, genelde bromlu reçineden hazırlanır. Epoksi reçineler cam, karbon ve aramid olmak üzere çeşitli elyaf takviye malzemeleriyle birlikte kullanılmaktadırlar. Bor, tugsten, çelik, bor karbür, silikon karbür, grafit ve kuartz gibi özel takviye malzemeleri için matriks reçine olarak da

kullanılmaktadır. Bu son gaip küçük ölçeklidir. Nispeten yüksek maliyetlidir. Genellikle yüksek mukavemet ve/veya yüksek sertlik gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılmaktadır. Epoksi reçineler özellikle "vakum torba", otoklav, basınçlı torba, pres, elyaf sarma ve el yatırması gibi kompozit üretim tekniklerinde kullanımda elverişlidir. Epoksi reçineler altı sınıfa ayrılır. Bisfenol A bazlı reçineler, glisidil esterler, glisidil aminler, novolaklar, bromlu reçineler, sikloalifatik ve diğer reçineler **[14].**

III.3.3.1.5.1. Seyrelticiler

Seyrelticiler epoksi reçinelere viskoziteyi düşürmek ve işlemeyi kolaylaştırmak için eklenir. Bunlar reçinenin sertleşmiş özelliklerini de modifiye ederler. Genelde reçineye eklenen seyreltici miktarı ne kadar yüksek olursa viskozite, mekanik özellikler ve kimyasal dayanım o kadar düşük olur. Özelliklerin bozulma düzeyleri seyreltici cinsine göre değişir. Seyrelticilerin %10-15' e kadar ilave edilmesi sonucunda genellikle çok az bir bozulma görülür **[14].**

Seyrelticiler iki sınıfa ayrılır;

- Monoglisidil eterler gibi reaktif seyrelticiler
- Reaktif olmayan seyrelticiler

Reaktif Seyrelticiler daha çok kullanılır. Nedeni, bunların sertleşmiş yapının bir parçası haline gelip, ayrıştırılamamasıdır. Son kullanım ihtiyaçlarına göre reçine üreticileri değişik oranda seyreltilmiş reçineler hazırlarlar. Seyreltici konsantrasyonları % 0-20 aralığındadır **[14].**

III.3.3.1.6. Vinil Ester

Vinil ester reçineler, epoksi reçinelerin avantajları ile doymamış polyester reçinelere özgü "kolay işleme"/"hızlı sertleşme" gibi özellikleri birleştirmek üzere geliştirilmiştir. Epoksi reçine ile akrilik ya da meta akrilik asidin reaksiyona sokulması sonucu elde edilmektedirler. Bu reaksiyon, maleik anhidrit kullanıldığında polyester reçinelerde olduğu gibi doymamış bir uç üzerinde meydana gelmektedir. Polyester reçinede olduğu gibi benzer bir sıvı elde etmek için üretilen polimer, stiren içinde çözülür. Vinil esterler polyester reçinelerle kullanılan geleneksel organik peroksitlerle de sertleştirilebilir **[14].**

Vinil esterler mekanik dayanım ve mükemmel korozyon dayanımı sağlarlar. Bu üstün özellikleri sayesinde epoksi reçinelerdeki gibi karmaşık proses veya özel kullanım becerisi gerektirmezler **[14].**

III.3.3.1.7. Poliüretanlar

Poliüretan bir organik diizosiyanat veya poliizosiyanat' ın bir poliol (birden fazla hidroksil içeren bir alkol) ile oluşturduğu ekzotermik reaksiyon sonucu elde edilen ve çok fazla sayıda özellik içeren, büyük bîr polimer ailesidir. Birkaç temel diizosiyanat ve farklı molekül ağırlıklarında farklı fonksiyonellikte bir dizi poliol kullanılarak, bütün poliüretan çeşitleri elde edilmektedir. Poliüretan kimyasının çok yönlülüğü poliüretan kimyagerine, istenilen özelliğe sahip poliüretanı geliştirebilme olanağı sağlar **[14].**

Poliüretanlar çok çeşitli biçimlerde ortaya çıkmakta ve bu çeşitlilik devamlı olarak artmaktadır. Poliüretan malzeme hemen her yerde, günlük hayatımızın çoğu evresinde, belki de başka hiçbir polimerde rastlanamayacak kadar önemli roller üstlenerek karşımıza çıkmaktadır **[14].**

Diğer bazı plastik malzemelerden farklı olarak poliüretanlar, uygulamacılara son ürünün özelliklerini kontrol etme imkanı vermektedir. Şöyle ki; Çoğu poliüretan reçineler kalıplama sırasında reaksiyona sokulur. Reaksiyona girecek poliüretan kimyasalları özel bir makine karıştırılmakta ve polimer genellikle son şekline bu polimerizasyon reaksiyonu sırasında kavuşmaktadır **[14].**

Kompozit endüstrisinde önemli poliüretanların başında "elyaf takviyeli termoset poliüretan RIM (reaction injection molding) malzemeler gelmekledir. Takviyeli RTM (RRIM) malzemeleri, birçok otomotiv sektörü uygulamalarında aşağıdaki ihtiyaçları karşılamak için kullanılmaktadır **[14].**

- A sınıfı otomotiv yüzey uygulamaları
- Fırın boyama işlemi sırasında yüzey düzgünlüğünü koruma performansı
- Geniş sıcaklık aralıklarında iyi darbe dayanımı
- Standard gövde boyalan ile boyanabilirliği
- Isıl genleşme katsayısı bakımından metal gövde kasaları ile bir arada kullanılma uygunluğu

Takviyeli RTM ayrıca, yüksek darbe dayanımının önemli olduğu uygulamalarda da kullanılmaktadır **[14].**

III.3.3.1.8. Fenolikler

Fenolikler; çoğunlukla fenol (karbolik asit) ve formaldehite dayanan bir reçine topluluğudur. Fenolikler, kondenzasyon reaksiyonu sırasında sertleşen termoset reçinelerdir. Bu reaksiyonda, işlem sırasında ortamdan uzaklaştırılması gereken su oluşur **[14].**

Asidik veya bazik ortamlarda islenen reçine tipine göre, fenol veya kresol, iksilenol ve formaldehid' den hazırlanırlar. Sertleşmeyi gerçekleştirmek için ısıya, laminat ve kalıplamalar için de basınca ihtiyaç vardır. Alkalinli ortamlarda fenol'ün formaldehid' le reaksiyonu sonucunda resol' ler üretilir. Eriyebilir olan bu maddeler, laminat ve kalıplama kompozisyonlarında kullanılır. Sadece ısıtmakla, şebeke yapısı sağlanabilir. Asidik ortamlarda formaldehid' in fenolle reaksiyon sonucunda novaklar oluşur. Şebeke yapısını etkileyen faktörler, ısı ve heksametilentet-ramin (heksamin)dir. Bu reçineler kalıplama bileşimlerinin hazırlanmasında kullanılır, Fenolik kompozitler ışık ve oksijen' e maruz bırakıldıklarında mekanik bütünlüklerini korurlar. Dolayısıyla pigmentli uygulamalar kırmızı, kahverengi veya siyah ile sınırlıdır. Oysa ki. melamin formaldehit ve üre Formaldehit açık renklidir. Fenolik kompozitler yüksek sıcaklık dayanımı, yük altında boyutsal stabilite ve ses geçirmezlik özellikleri, korozyon dayanımı (kimyasal dayanım) ve mükemmel alev dayanımı / az duman çıkarma / zehirsiz duman özellikleri gibi birçok özgün performans niteliklerine sahiptir. Fenolikler ahşap. fren ve debriyaj balataları, cila ve izolasyon endüstrilerinde yüksek miktarlarda kullanılmaktadır. Fenolik enjeksiyon ve basınçlı hazır kalıplama bileşimleri, otomotiv ve elektrik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bunun için, sertleşme sırasında oluşan suyun buhar olarak çıkışını sağlamak amacı İle kalıplama sırasında özel bir işleme gerek duyulur. Uçak endüstrisinde kullanılan fenolik prepregler, reçinenin ileri derecede polimerizasyon reaksiyonu ile hazırlanır, solüsyon içinde çözülür, cam veya karbon takviye malzemesi ile doyurulur, daha sonra solüsyondan arındırılır. Yüksek sıcaklıkta ve basınçta kalıplanır. Bununla beraber, yakın geçmişte geliştirilen düşük vizkositeli, oda sıcaklığında sertleşen fenolikler, daha sık kullanılan teknikler ile işlenirler. Bu teknikler, el yatırması / püskürtme, elyaf sarma, SCRIMP (Seeman Composite Resin Infusion Molding Process) ve pultruzyondur. Önceleri, pratik olmadığı gerekçesi ile pek kullanılmayan fenolik kompozitler için bu,durum yeni uygulamaların kapısını açmıştır **[14].**

III.3.3.1.9. Melamin ve Üre Formaldehid

Bu reçineler, asidik onamlarda melamin veya ürenin formaldehitle reaksiyonu sonucunda hazırlanır **[14].**

Melamin-formaldehid reçinenin şebeke yapısını oluşturması için, ısı yeterlidir. Oysa üre formaldehid (UF) reçinelerinde, asit kataliste ihtiyaç vardır. Üre-formaldehid reçineleri, a-selüloz dolgu maddesi ite açık renkli kalıplama bileşimlerinde kullanılır **[14].**

Bu dolgu maddesi yüksek mukavemet ve kalıplanabilme özelliği sağlar. Düşük frekansta iyi elektrik özellikleri, sertleştiklerinde ise yapışmaya karşı dayanımları mevcuttur. Fenolik reçinelerine göre daha iyi ark dayanımları olup, karbonize olmazlar. Fenolik reçinelere göre, suya karşı dayanımları daha azdır. Sıcak suyla temas ettirilmemelidir. Asillere veya kuvvetli alkalilere karşı dayanıklı değillerdir. Üre-formaldehid reçineleri ışıklandırmada (ışık dağıtıcısı gibi) kullanılır. a-selüloz kullanıldığında yarı şeffaf süt beyaz ürün elde edilir. Takviye maddesi olarak kraft kağıdı kullanıldığında, dış yüzey dekoratif laminat'ı (formika çeşidi) olarak kullanılır. Laminat' ın esasını kraft kağıdı ile takviye edilmiş fenolik reçine oluşturur. Melamin-formaldehid reçineleri renksiz olup renksiz, yarı şeffaf kalıplamalar ve laminatlarda kullanılır **[14].**

A-selüloz ile doldurulduğunda, kalıplar üre-formaldehid reçine ile üretilenlere göre sertlikleri ısı ve kimyasal dayanımları daha fazladır. Düşük su emişleri vardır. Üre-formaldehid reçinelerinin tersine, asbest dolgu kullanılarak ısı dayanımı olan kompozitler üretilebilir. Melamin-formaldehid yüzeyli laminatlar U-F reçineleri ile üretilenlere göre daha sert olduklarından, aşınmayan yüzeyler elde edilmek istendiğinde (masa üstü ve diğer dekoratif uygulamalarda) kullanılır. Sıcak suya karşı mükemmel dayanımları olduğundan, mutfak aletlerinde de (tabak-bardak) kullanılır **[14].**

III.3.3.1.10. Silikon Reçineler

Silikon reçineleri veya poliorganosilosanların diğer reçinelerden farkı, yapısında karbon yerine inorganik bazlı silikonların olmasıdır. Bunlar zincir yapısına metil (-CH_3) ve fenil (-$C_6 H_5$) gruplarının eklenmesiyle elde edilen siliko (Si O_2,) türevleridir. Şebeke yapısı kobalt naftanat, çinko oktonat, trietanolamin veya morfolin gibi ortamda bulunan kat üstlerle beraber ısıtılmasıyla elde edilir. Silikon reçineler genelde, toluen veya iksilen gibi solüsyonların içinde bulunur. Cam veya asbestos

keçeleri gibi takviyelerle "prepreg" lerin hazırlanmasında kullanılırlar. "Prepreg" hazırlanması, epoksi reçine sistemlerinde kullanılana benzer yapıdadır. Solvent buharlaştıktan sonra "prepreg" katlarına sıcak pres uygulanıp, sertleştirilir. Sertleştirilen silikon /cam bez teminatlarının ısısal stabilitesi mevcuttur **[14].**

250 °C' ye kadar ısıtılmasıyla mekanik ve elektrik özelliklerinde çok az bir değişme olur. Buhar ve kuvvetli alkalilerden etkilenirler. Diğer laminatlarla mukayese edildiğinde, silikon bazları reçinelerin mekanik mukavemetlerinin daha az olduğu görülür. Bu faktör ve yüksek maliyetinden dolayı, silikon bazlı laminatların kullanımı yaygın değildir **[14].**

III.3.3.1.11. Friedel - Crapts Reçineleri

Fridel Crafts reçineleri denmesinin sebebi, hazırlanmaları sırasında, Friedel Crafts reaksiyonunun kullanılmasıdır. Diğer bir deyişle kata üst yardımıyla alkil veya acil grupların aromatik halkaya eklenmesidir. Bu reaksiyon 1885'den beri kullanılmaktadır. Ticari ismi ise, fenol aralkil reçinedir. 1950 sonlarında, polyester, epoksi ve diğer reçine sistemleri havacılıkla ilgili endüstriyel istekleri karşılayabiliyordu. Zamanla, 200 °C' nin üstünde ısıya dayanıklı maddeler için istek artmıştır. Aromatik veya heterosiklik halkalar ihtiva eden polimerlerin yüksek ısılarda stabil oldukları da bilindiğinden, bu tip reçine üretimi ve sertleşme mekanizması için çalışmalar yapılmıştır **[14].**

İlk üretilen polimerler çok korrozif olduğundan, sertleşme esnasında ortama hidrojen klorid verilmekte idi. Bu yüzden, bu maddenin kullanımı kabul edilmemiştir. Daha sonra, aralkil eterlerin fenolik bileşimleriyle reaksiyon sonucunda üretilen polimer üretilmiştir. Bu polimer değişik yollarla sertleştirilebilmektedir **[14].**

III.3.3.1.12. Poliamid Reçineleri

Organik reçineler arasında en fazla ısısal stabilite polimid reçinelerinde mevcuttur. Di-amin ve clianhidrid' in reaksiyonu sonucunda oluşan reçine erimez ve çözünmez özelliklere sahiptir. Bu nedenle, poliamik asit' ten üretilen kompozitlerle iki kademeli reaksiyon gereklidir. Bu ara proses de üretilen polimer dengeli olmadığından, polar çözücü içinde kum soğuk yerlerde depolanmalıdır. Mükemmel ısı stabilitesi elde etmek için. kalıplama 300 °C' de. post cure ise 400 °C' de yapılır. Sertleşme esnasında su ortamından uzaklaştırılmalıdır. Aksi takdirde,

kalıplama prosesi karmaşık hale gelir. Su emişi yüksek olmasına rağmen, ısı stabilitesi mükemmeldir **[14].**

Termoset kompozit reçineler, çok önemli proses karakteristiklerine sahiptir. Kompozitlerin gelişmiş tasarım güçlerinden biri reçinelerin çok seçenekli olmalarıdır. Bu seçeneklerin verimli kullanılabilmesi için tasarımcıların, kompozit reçinenin özellikleri, avantajları ve kısıtları hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir **[14].**

III.3.3.2. Termo Plastik Reçineler

Kompozit ürünlerde, termo plastik reçineler özellikle elyafla takviye edildiğinde eşsiz ve avantajlı özellikler sunmaktadır. Tasarımcılar ürün performansını arttırmak ve üretim harcamalarını düşürmek için, giderek termo plastik kompozitlerin özellikleri üzerinde yoğunlaşmaktadırlar. Termoset reçineler, tipik olarak sert ve parlak olarak nitelendirilmelerine karşın, termo plastik reçineler yapısal olarak sağlam ve darbeye karşı olağanüstü dayanıklılık gösterir. Ayrıca, termo plastik reçinelerde, termosetlerdeki gibi bir sertleştirme işlemi yoktur; soğuyunca kendi sertliğine ulaşır. Bu özelliklerinden dolayı üretim, artan üretkenliğe ve düşük parça maliyetine dönüşmektedir. Önemli bir gelişme de, termo plastik reçinelerden yapılan kompozit ürünler, özellikle otomotiv piyasasında çevresel gereksinimlere cevap verebilecek bir biçimde, kolayca geri dönüştürülebilmektedirler. İlaveten, bu tür reçineler en kuvvetli kimyasallara, petrol ürünlerine ve çevresel elementlere karşı dayanıklıdırlar **[14].**

Sonuç olarak, termo plastik reçine çeşitleri geliştikçe ve değiştikçe, son uygulamaya uygun. İstenen özelliklere sahip bir reçine sunumu da artmaktadır. Kompozit üretiminde kullanılan en bilinen termo plastik reçinelerin listesi ilgili özellikleriyle birlikle verilmiştir **[14].**

III.3.3.2.1. Naylon. (PA)

Yüksek sertlik ve darbeye dayanıklılık, makul sıcaklık stabilitesi özelliklerine sahip olup, eğlence alanındaki ürünlerde popülerlik kazanmakladır **[14].**

III.3.3.2.2. Polifinilen Sülfür (PPS)

Mukavemetle mükemmel denge, yüksek ısı derecelerinde kullanım ve maliyet / kimyasal dayımım dengesi özelliklerine sahip olup, otomotiv sektöründe kaput altı uygulamalarında artan önem göstermektedir **[14].**

III.3.3.2.3. Sıvı Kristal Polimerler (LCP)

Olağanüstü elektriksel özellikler, yüksek ısı ve kimyasal dayanıklılık, mükemmel mukavemet özellikleri olup daha yaygın olarak elektrik bağlantı kutuları ve prizlerde kullanılmaktadır **[14].**

III.3.3.2.4. Polieterketon (PEEK)

Kimyasal dayanım, yüksek ısı dayanımı, düşük duman çıkışı, yangın dayanımı gibi özelliklerin arandığı uygulamalar için elverişlidir **[14].**

III.3.3.2.5. Polipropilen (PP)

Yüksek spesifik mukavemet, düşük maliyet, çok iyi kimyasal dayanım ve esneklik özelliklerine sahip olup, petro-kimya ve boru ürünlerinde kullanılmaktadır **[14].**

III.3.3.2.6. Polietilen (PE)

Özellikleri bakımından biraz polipropilene benzer, kolay işlenebilir ve çok dayanıklı olup, çeşitli moleküler ağırlıklarda mevcuttur **[14].**

III.3.3.2.7. Polieterimid (PEI)

Yüksek sıcaklıklarda mükemmel mukavemet ve sertlik, alev dayanımı, boyutsal değişmezlik özelliklerine sahip olup, uçak iç parçalarında, sterilize edilen tıbbi aletlerde kullanılmaktadır **[14].**

III.3.3.2.8. Fluoropolimerler

Çok iyi kimyasal dayanım, kuvvetli elektriksel özellikler ve düşük sürtünme katsayısı özelliklerine sahip bir reçine türüdür **[14].**

III.3.3.3. Diğer Polimerler

Kompozit endüstrisinde çoğunlukla kullanılan diğer polimerler; PPO (polifenilen oksit), SAN (stiren akrilonitril) ve diğerlerini kapsamaktadır. Termo plastik reçinelerin çeşitliliği kompozit uygulamalarının gelişimi açısından büyük bir avantajdır. Aynı zamanda bu çeşitlilik, bir mühendis veya tasarımcıya, özel uygulamalar için doğru malzeme .seçiminde, malzeme özellikleri, malzeme uyumu, maliyet / performans ilişkisi gibi konuların arasındaki bağıntıyı doğru kurma olanağını da sağlamaktadır. Bu kitap boyunca bulabileceğiniz yararlı teknikler,

malzeme karşılaştırmaları;, sizi başarılı bir uygulamanın gelişiminde gerekli olan başlıca basamaklara ve kararlara yönlendirecektir. Başarılı kompozit uygulamalarının gelişimine destek sağlamak amacıyla termo plastik reçinelerin ve hazır bileşim tedarikçilerinin iyi bir donanıma sahip olması gerekmektedir **[14].**

Büyük kuruluşlar, her yıl malzeme ve teçhizat tedarikçileri konusunda anlaşılabilir bir kılavuz yayınlamaktadır. SPI' ın "Membership Directoıy and Buyer's guide" yayını, endüstride önde gelen kaynaklardan biri olup, gerekli olan bilgiye sahip olma açısından oldukça yararlıdır **[14].**

III.4. DOLGU MADDELERİ

Kompozit ürünlerde inorganik dolguların kullanımı artmaktadır. Dolgu maddeleri sadece inorganik ürün maliyetini düşürmekle kalmayıp, takviye ve reçine girdileriyle elde edilmesi mümkün olmayan ürün performans artışlarını da sağlamaktadır. Dolgular kompozit laminat' ın içindeki organik madde içeriğini azaltarak, alev dayanımı ve duman çıkışı performansını arttırabilir. Ayrıca dolgulu reçinelerin dolgusuz reçinelere göre çekme oranı daha düşüktür. Buna paralel olarak kalıplanan parçaların boyutsal stabilitesi artmaktadır. Su direnci, hava etkisiyle meydana gelen değişmeler, yüzey düzgünlüğü, sertlik, boyutsal stabilite ve ısı dayanımı gibi önemli özellikler dolgu maddelerinin kullanımı ile arttırılabilmektedir **[14].**

Termoset reçineleri kullanılan kompozit sektöründe, dolgu maddeleri, uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Son zamanlarda, termo plastik endüstrisinde de inorganik dolguların kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır **[14].**

Dolgu maddeleri üzerinde yapılan kimyasal işlemler, daha yüksek oranda dolgu kullanılmasına, dolayısı ile üründe daha yüksek performans sağlamasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle, dolgu malzemeleri kullanımındaki trend pozitif yönde gelişmektedir. Dolgu malzemeleri, özelliklerindeki gelişmeler sayesinde kompozit ürün uygulamalarında eskiye oranla daha yüksek miktarda kullanılmaktadır **[14].**

III.4.1. Dolgu Maddeleri Çeşitleri

Kompozit uygulamalarında kullanılan başlıca dolgu maddeleri şunlardır **[14].**

III.4.1.1. Kalsiyum Karbonat

En yaygın kullanımı olan inorganik dolgu malzemesidir. Kalsiyum karbonat dolgu malzemelerinin büyük bir çoğunluğu kireçtaşı veya mermerden elde edilmektedir **[14].**

III.4.1.2. Alüminyum Silikat ve Killer

İkinci en yaygın kullanımı olan dolgudur. Kompozit endüstrisinde daha yaygın bir ifadeyle kil olarak bilinmektedir. Maden killeri, hava flotasyonu veya gayri safiyetin kaldırılması için su ile yıkanarak işleme tabi tutulmaktadır. Çok farklı partikül boyutlarında piyasada bulunmaktadır. Bu bölüm kaoleni, bentonit'i, arduvaz' ı, mika' yi ve sünger taşını içerir **[14].**

III.4.1.3 Alüminyum Trigidrat

Yüksek alev dayanılmaz duman çıkısı gerekli olduğu uygulamalarda dolgu malzemesi olarak sıkça başvurulmaktadır. Bu tür dolgu malzemeleri yüksek ısılarla karşılaştığında bünyesindeki su molekülünü açığa çıkartmaktadır. Böylece alev yayılması ve dumanın oluşmasını azaltmaktadır, Alüminyum trihidrat, boru tesisatı uygulamalarında (banyo küvetleri, duş kabinleri ve ilgili diğer ürünlerde) kullanılmaktadır **[14].**

III.4.1.4. Kalsiyum Sülfat

Alev geciktirici dolgu malzemesi olarak, banyo küveti ve duş teknelerinde kullanılmaktadır. Molekülünde az miktarda su bulunan bu dolgu maddesi kullanıldığında daha düşük sıcaklıkta su açığa çıkmaktadır. Düşük maliyetli alev geciktirici dolgu malzemesi olarak tercih edilmektedir **[14].**

III.4.1.5. Diğerleri

Yaygın olarak kullanılan bu dolgu maddelerini ve diğer çeşitlerini ana ürün grupları allında belirtelim **[14].**

- **Karbonatlar:** Magnezyum Karbonat

- **Silika ve Silikatlar:** Kum ve Toz Silikatlar, Talk, Kalsiyum Silikat, Kieselguhr, Zirkan
- **Alüminyum Silikatlar ve Killer:** Kaolen, Bentonil, Arduvaz, Mika, Kalsiyum, Vermikülit, Sünger Taşı
- **Cam Dolgu Maddeleri :** Katı Cam Kürecik, Boş Cam Kürecikler, Pul Camlar
- **Metal Oksit Dolgu Maddeleri :** Alüminyum, Alüminyum Hidroksit, Antimon Trioksit, Demir Oksit, Kurşun Oksit, Magnezyum Oksit, Titanyum Dioksit, Çinko Oksit, Zirkonyum Oksit
- **Metalik Toz dolgu Maddeleri :** Alüminyum, Bronz, Bakır, Demir, Kurşun, Gümüş, Paslanmaz Çelik, Çinko
- **Alev Geciktirici Dolgu Maddeleri :** Antimon Trioksit, Alüminyum Hidroksit
- **Diğer Dolgu Maddeleri:** Baryum Sülfat, Baryum Titanat, Karbon Siyahı, Grafit, içi Boş Karbon Kürecikleri, Fenolik Kürecikler, Feldspat, Vollastonit, öğütülmüş Cam Elyafı **[CE].**

III.4.2. Kompozit Ürünlerde Dolgu Malzemelerinin Kullanımı

Kalıplanmış; kompozit laminat ürünün, genelde ağırlıkça '%40-65' ni inorganik dolgular oluşturmaktadır. Reçineler ve takviyeler ile karşılaştırıldığında, temel girdiler içinde en az maliyetli olan ürünlerdir. Bununla birlikte dolgu malzemeleri bir ürünün arzu edilen performans değerlerinin elde edilmesinde aşağıdaki sebeplerden dolayı önemlidir **[14];**

- Dolgular, laminat içeriğindeki yanabilir hidrokarbon miktarını düşünerek bileşim ürünleri' nin alev dayanımını arttırmaktadır.
- Dolgular, reçineleri seyrelterek ve gerekli takviye miktarını azaltarak bileşim maliyetini düşürmektedir
- Dolgulu reçinelerin mekanik direnci daha yüksek olma eğilimindedir.
- Dolgular, reçine ve takviye malzemeleri gibi laminat' ı oluşturan ana yapısal komponentler arasındaki yük dağılımına hizmet ederek, CTP' nin mekanik ve fiziksel performansını arttırmaktadır.

- Laminat üzerindeki her bir noktanın aynı özellikleri taşıması dolgu malzemelerinin verimli kullanılması suretiyle arttırılabilir.
- Reçinenin çatlama dayanımı ve çatlamaların önlenmesi özellikleri dolgu kullanılarak arttırılabilir.
- Dolgu malzemelerinin farklı partikül boyutlarında kombinasyonu, yüksek ısı ve basınç ortamında hazır bileşimin daha homojen olmasını sağlamaktadır.
- Ağırlıkça hafif dolgu malzemeleri, genellikle denizcilikle kullanılan yapıştırma macunlarında ve taşımacılık sektöründe kullanılmaktadır. Bu tür dolgu malzemeleri, üründe ağırlık artışı olmaksızın performans yükselten en düşük maliyeti sağlamaktadır **[14]**.

III.4.2.1. Dolgu Malzemelerini Seçmek

Dolgu malzemeleri genellikle kalıplanan parçaların performans ve maliyet unsurlun dikkate alınarak seçilmektedir. Bir dolgu malzemesinin seçiminde kimyasal bileşenler, partikül hacmi ve seçilmesi olası malzemelerin hacmi gibi faktörler önem kazanmaktadır. Aynı şekilde kompozit ürünün bulunacağı ortam da dikkate alınması gereken bir husustur. Örneğin; son ürün mineral asitte maruz kalacaksa, kalsiyum karbonat gibi asitlerden etkilenecek olan dolgu malzemeleri kullanılmamalıdır. Eğer son ürünün alev dayanımlı veya ark dayanımlı özelliklere sahip olması gerekiyorsa, dolgu malzemesi seçimi kil veya kalsiyum karbonat ile hidrit alüminyum oksit'in karışımı olması gerekir. Yüksek yüzey alanı özellikleri nedeniyle, düzgün yüzeye görünümü vermek amacıyla kil sıkça kullanılan bir malzemedir **[14]**.

III.4.2.2. Dolgu Malzemelerinin Prensipleri

Dolgulu reçine sistemlerinde verimliliğin en yüksek düzeyde sağlanabilmesi için dolgu malzemelerinin kombinasyonu .sıklıkla tercih edilmektedir. Teoride kil gibi daha küçük hacimli malzemeler, daha büyük hacimli dolgu malzemeleri (hidrit alüminyum oksit, kalsiyum karbonat v.s) arasındaki boşluklara girer. Geri kalan hacmi polyester reçine dolgu malzemelerini bağlayarak doldurur. Son olarak ise kompozit haldeki bu karışım yapısal olarak elyaf ile takviye edilmektedir. Bu durum daha geniş taşların ve çakılların 'arasına daha küçük hacimdeki kum tanelerinin yerleştirildiği sıkıştırılmış dolgu uygulamalarının

olduğu beton malzeme sistemine benzerlik göstermektedir. Kum tanecikleri arasındaki boşluklar daha sonra bağlayıcı çimento ile doldurulmaktadır **[14].**

III.4.2.3. Yüzey İşlemleri Bazı Dolgu Maddelerinin Gelişmesini Sağlamaktadır

Bir bağlayıcı (coupling agent) aracılığıyla partiküllerin yüzey alanına yapılan işlemlerle dolgu maddeleri kimyasal olarak modifiye edilmekledir. Bu tür bağlayıcılar reçine ile dolgu maddeleri arasındaki kimyasal bağın artmasını sağlayarak reçine tüketimini azaltmaktadır **[14].**

Kompozit ürünlerde dolgu malzemelerinin erkin kullanımı ürün performansını yükseltmekte, üretim maliyetini azaltmaktadır. Kompozit ürünler için gereken birçok özelliği bir arada sağlayabilen dolgu sistemleri mevcuttur. Alevlenme, duman yayma, çekme kontrolü, ağırlık dağılımı ve fiziksel özellikler özel ve yaygın amaçlı kullanımı olan dolguların karışımı olan bir dolgu paketi ile kullanılarak modifiye edilebilir. Malzeme, proses, tasarım ve maliyeti etkileyen bu çok önemli kompozit girdileri ile ilgili olan ürün teknik bilgileri üretici firmalardan sağlanabilmektedir **[14].**

III.5. KATKI MALZEMELERİ VE MODİFİYE EDİCİLER

III.5.1. Reçinelerdeki Başlıca Girdi Malzemeleri

Çok çeşitli katkı malzemeleri laminat'ı istenilen performans düzeyine getirmek ve malzeme özelliklerini modifiye etmek amacıyla kompozit ürünlerde kullanılmaktadır. Bu tür malzemeler reçineler, takviyeler ve dolgu malzemeleri gibi ürün içinde önemli bir işlevselliğe sahip olan malzemelerle karşılaştırıldığında düşük miktarlarda kullanılmaktadırlar **[14].**

III.5.2. Katalizörler, Hızlandırıcılar (Fromotörler) , İnhiritökler

III.5.2.1. Katalizörler

Polyesterdeki en önemli katkı malzemesi katalizörlerdir. Oda sıcaklığında sertleşmenin sağlanabilmesi için en yaygın olarak, metil etil keton peroksit (MEKP) gibi bir organik peroksit kullanılmaktadır. Ayrıca benzoil peroksit reçinenin sıcak kalıpta sertleştirilmesi amacı ile kullanılmaktadır. Katalizörler

kimyasal reaksiyonun bir parçası olmamakla birlikte polimerizasyon prosesinin başlaması için gerekli enerjiyi sağlamaktadır **[14].**

Doymamış polyester reçinelerin sertleştirilmesinde kullanılan peroksitler; hidroperoksitler, alkilperoksiller, peresterler. açilperoksitler, ketal peroksitler ve keton peroksitler olmak üzere 6 ana gruba ayrılır. Bütün peroksitler bir nevi hidrojen peroksit türevidirler. Polyesteri sertleştirmek için kullanılan organik peroksitler katı, sıvı veya pasta halinde piyasaya sürülürler. Organik peroksitler stabilitelerinin az oluşları yüzünden genellikle ineri maddelerle flegmatize edilirler. Flegmatize maddesi ya mineral dolgu veya ftalat cinsi maddelerdir. Böylece piyasadaki ticari peroksitlerin konsantrasyonu genellikle %50 civarındadır. Organik peroksitler darbe veya ısı etkisi ile parçalanabilirler. Peroksitin miktarına göre bu parçalanma patlama şeklinde olabilir. Bu yüzden peroksitler kullanılırken çok özen göstermeli, darbeden ve ısıdan uzak tutulmalıdır **[14].**

III.5.2.2. Hızlandırıcılar (Promotörler)

Isıtıldığında veya kobalt naftanat gibi bir hızlandırıcı ile birleşerek kullanıldığında, peroksitler reaktif hale dönüşerek, doymamış polyesterin reaksiyona girmesini (polyester moleküllerinin cross link adı verilen bir şebeke yapısı oluşturmasına) ve sertleşmesini sağlar. Başlıca hızlandırıcılar kobalt naftanat, kobalt oktoat, dimetil anilin (DMA) ve dietilen anilindir. (DEA) Doymamış Polyesterleri sertleştirmede kullanılan hızlandırıcılar Kobalt ve Vanadyum metallerinin birleşikleri ile Azotlu bileşiklerdir. Bu yüzden hızlandırıcılar Kobalt hızlandırıcısı, Vanadyum hızlandırıcısı ve Amin hızlandırıcısı diye adlandırılır **[14].**

- Kobalt hızlandırıcıları; organik kobalt tuzlandır. Genellikle ya Kobalt oktoat veya Kobalt Naftanat şeklindedirler. Yumuşatıcılarda (ftalat) veya stiren içerisinde çözülmüşlerdir dozajı ayarlamak bakımından Kobalt hızlandırıcılar %1, %6 veya %10 metal ihtiva eden çözeltiler şeklinde piyasaya sürülürler. Reçineye %0,1 ile %3 arasında ilave edilirler. Kobalt hızlandırıcılar Keton peroksitlerle (.6. grup katalistler) oda sıcaklığında, Hidroperoksitlerle biraz daha yüksek sıcaklıklarda, Peresterlerle 70 °C' nin üstündeki sıcaklıklarda sertleşme verirler. Keton peroksit ve Kobalt

hızlandırıcı miktarları değiştirilerek isleme süresi geniş sınırlar içinde ayarlanabilir. Kalıptan çıkarına süresi genellikle aminli hızlandırıcılara nazaran daha uzundur. Buna karşılık CTP malzemenin ışığa mukavemeti ve dış etkenlere mukavemeti daha yüksek olur. Kobalt yüzeyde kurutucu etki yapar ve havanın inhibitör etkisine karşı koyar. Bu yüzden Kobalt hızlandırıcı ile ince tabakalarda bile yapışkan olmayan yüzey ekle edilebilir.

- Vanadyum' lu hızlandırıcılar da oktoat veya naftanat şeklinde piyasaya sürülürler. Vanadyum ela ha etkili bir hızlandırıcıdır. Ancak stabilitesi düşüktür, yani /zamanla bozunur. Bu yüzden kullanımı pek yaygınlaşmamıştır, Vanadyum' lu hızlandırıcılar yalnız keton peroksitlerle değil, aynı zamanda hidroperoksitlerle, perketallerle, peresterlerle (yani daha az aktif peroksitlerle) de birlikte kullanılabilirler.Vanadyum' lu hızlandırıcılar Kobalt' a nazaran daha iyi sertleşme ve kimyasal dayanımı daha yüksek CTP parçalar verirler. Sadece Vanadyum' lu hızlandırıcının depolama ömrü daha kısadır.
- Amin hızlandırıcılar da %10' luk çözeltiler halinde stiren içinde veya ftalat' lı yumuşatıcılar içinde piyasaya sürülürler. En çok kullanılanlar Dimetilparatoluidin, Dietilanilin ve Dimetil anilin cinsleridir. Amin bulandırıcılar genellikle Benzoil peroksit' le beraber kullanılırlar. Normal jelleşme küresine karşılık süratli bir sertleşme verirler. Polyestere hafif .sarımtırak bir renk verirler. En etkin olanı Dimetilparatoluidin' dir. Onu sırasıyla Dimetil anilin (en çok kullanılan.) ve Dietilanilin takip ederler **[14].**

III.5.2.3. İnhibitörler

TBC (Tersiyer bütil katekol) reaksiyon hızını yavaşlatmak için kullanılır. Bu tür katkılara "inhibitör" elenmektedir. En yaygın olanları; hidrokinon ve tersiyer bütil katekoldür (TBC), Monotersiyerbutilhidrokinon, Para-Benzokinon, Bakır ve Bakır Tuzları, Kuaterner amonyum tuzlarını verebiliriz **[14].**

III.5.3. Renklendiriciler

Renklendiriciler kompozit ürünün tamamının kendinden renklendirilmedim sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür katkılar reçinenin bir parçası olarak veya kalıplama prosesinin (jelkot gibi) bir parçası olarak uygulanmaktadır. Boya gibi bir çok kaplama malzemesi kalıplama sonrasında da uygulanabilmektedir **[14].**

III.5.4. Kalıp Ayırıcılar

Ayırıcılar, CTP parçaların kalıptan çıkarılmasını sağlayan malzemelerdir. Bu ürünler reçineye katılarak kalıba uygulanmakta veya hem reçineye katılmakla hem de kalıba sürülmektedir. Çinko sterat reçineye katılan pres kalıplama için geliştirilmiş popüler bir kalıp ayırıcıdır. Vakalar, silikonlar ve teflon gibi diğer kalıp ayırıcılar, kalıp yüzeyine doğrudan uygulanabilmektedir **[14].**

III.5.4.1. Vaks Kalıp Ayırıcılar

Vaks kalıp ayırıcılar çoğunlukla vaks cila şeklinde kullanılır. Yüksek oranda Carnuba vaksından yapılmışlardır ve silikon katkı içermezler. Carnuba vaks esaslı özel vaks pasta cilalar sunan çeşitli üreticiler vardır. Sert, orta sert ve yumuşak kıvamda bulunabilirler **[14].**

Kalıp yüzeyinde vaks birikmesine mani olmak ve kalıp yüzeyinin bir defada kaplanıp temizlenebilmesi için sıvı kalıp ayırıcılar da mevcuttur. Vaks cilalar parlak son yüzeyler vermek için parlatılarak da kullanılırlar. Normal olarak ince birçok kat olarak uygulanır ve her uygulamada aynı işlem tekrarlanır. Uygun kalınlığa ulaşılana kadar yaklaşık altı kat vaks, her katı ayrı ayrı parlatarak sürmek gerekebilir. Her tabakanın kalınlığını arttırarak tabaka adedini azaltma yoluna gidilmemelidir. Böyle bir uygulama istenilen nitelikte bir ayırıcı tabakası elde edilememesine neden olur **[14].**

III.5.4.2. Silikon Kalıp Ayırıcılar

Silikon kalıp ayırıcılar epoksi reçine sistemleri için uygundur. Ancak polyester reçine sistemleri ile silikon kalıp ayırıcıların karışına olasılığı çok yüksek olduğundan, sıcak pres kalıplama dışında polyester reçine sistemiyle kullanılamazlar. Aynı şekilde poliüretan reçinelerin köpürmesini önlediklerinden bu uygulamalar için de tavsiye edilmezler. Spray, emülsiyon, solüsyon ve yağ seklinde birçok silikon kalıp ayırıcı ticari olarak bulunmaktadır **[14].**

III.5.4.3. Diğer Başlıca Kalıp Ayırıcılar

Polivinil Alkol (PVA), Spray Kalıp Ayırıcılar, Film Kalıp Ayırıcılar, Selüloz Asetat, Nitro Selülüz ve Şellak' dır **[14].**

III.5.5. Katkı Malzemelerinin İşlevleri

Katkı malzemelerinin başlıca işlevleri şunlardır **[14];**

- **Düşük Çekme/Hassas Profil:** Düzgün yüzeyin arzulandığı kompozit parçalarda reçine çekmesini azaltan özel bir termo plastik reçine, termoset reçineye eklenebilir. Pigment katkılı SMC/BMC için kullanılan düşük çekmeli termo plastik reçineler, anti seperasyon katkılarla stabilize edilebilirler,

- **Alev Dayanımı:** Yunma dayanımı uygun reçinenin secimi, dolgu malzemelerinin veya alev geciktirici katkı malzemelerinin kullanımı ile arttırılabilir. Bu kategorinin içinde yer alan malzemeler organik brom, klor, borat veya fosfor bileşenlerini kapsamaktadır.

- **Hava Kabarcığı Gidericiler:** Kompozit üretiminde kullanılan reçinelerin büyük bir çoğunluğu, jelkotlar ve diğer polyester reçineler, proses ve uygulama sırasında hava kabarcıkları oluşturma eğilimindedirler. Hava kabarcıkları, hava boşluklarına ve elyafta ıslanma sorunlarına neden olmaktadır. Hava kabarcıklarını gideren katkı malzemeleri reçine üreticileri, jelkot üreticileri ve kalıpçılar tarafından elyafın ıslanma özelliklerinin iyileştirilmesi ve kabarcıkların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır.

- **Emisyon Kontrolü:** Açık kalıplama CTP uygulamalarında, çevre sağlığı açısından stiren emisyonunun azaltılması yönünde kısıtlayıcı tedbirler alınmaktadır. Alınan tedbirler ile daha düşük stiren katkılı üretim gerçekleştirilmektedir.

- **Vizkosite Kontrolü:** Birçok kompozit ürün uygulamasında örneğin; hazır kalıplama bileşimi (SMC) veya yüksek dolgulu CTP uygulamalarında, üretim esnasında düşük düzeyde bir vizkosite sağlamak önemlidir. Dolgulu sistemlerdeki bu düşük vizkosite genellikle ıslatıcı veya dağıtıcı katkıların kullanılmasıyla elde edilmektedir. Bu katkı malzemeleri daha düşük vizkosite sağlayarak, dolguların dağılmasını ve ıslanmasını kolaylaştırmaktadır. Şu da ilave edilmelidir ki; ıslatıcı ve dağıtıcı katkılar,

pigmentin reçine içinde daha kolay dağılmasını ela sağlamaktadır. SMC ürünlerin kalıplanmasında, takviyelerin ve dolguların kalıp içerisinde üniform bir şekilde (kalıbın tamamına) dağılım gösterebilmesi için vizkositenin yeterince yüksek düzeyde olması önemlidir. Bileşim üretiminde uygun kalıp vizkositesi' nin sağlanabilmesi için özel "kalınlaştırıcılar" eklenmektedir. Yaygın olarak kullanılan kalınlaştırıcılar magnezyum hidroksit veya kalsiyum hidroksittir. El yatırması ve püskürtme gibi diğer bazı uygulamalarda tiksotropik maddeler/pastalar kullanılabilir. Hareketsiz bir durumda tiksotropik maddeler içeren reçineler yüksek bir vizkositeye sahiptir, Bu durum sıvı reçinelerin dik yüzeylerden akma veya süzülme eğilimini azaltmaktadır. Reçineler çalkalandığında (hareketli bir haldeyken) vizkositesi düşer ve reçineler kalıba püskürtülebilir veya fırçayla uygulanabilirler. Kurutulmuş silika ve bazı killer yaygın tiksotropik maddeler olarak kullanılmaktadır.

- **Elektriksel İletkenlik :** Kompozitlerin çoğunluğu elektriği iletmezler. Elektriksel iletkenlik metal, karbon partikülleri veya iletken liflerin eklenmesiyle elde edilebilir. Elektromanyetik girişim maskelenme işlemi (electromagnetic interference shiekling), kalıplama sırasında, bileşim içerisine iletken malzemelerin katılması ile sağlanmaktadır.

- **Dayanıklılık :** Takviye malzemelerinin katkısıyla sağlanmakladır. Kauçuk veya diğer elastomer malzemeler gibi özel katkıların kullanılması da dayanıklılığı arttırmaktadır.

- **Antioksidantlar:** Plastikler, bazen polimer oksitlenmesini önleyen veya geciktiren antioksidantlar ile modifiye edilmektedir. Bunun sonucunda, bazı özelliklerin yitirilme riski vardır.

- **Anti statik Katkılar:** Polimerlere eklenen bu malzemeler, polîmerlerin elektrik yükü çekme eğilimini azaltmaktadır. Statik elektrik kontrolü, nihai ürünlerde olduğu kadar, bazı plastiklerin işlenmesinde ve kullanımında da önemlidir. Plastiklerdeki statik yükler; elektrik şoku oluşturabilir, yangın tehlikesi ve toz toplama riski oluşturabilir. Örneğin bilgisayar/,bilgi işlem uygulamalarında, özellikle statik yükün etkisi zararlıdır.

- **Köpürtücüler :** Polimerler içine, proses sırasında, reçineyi küçük hücrelere bölmek amacı ile katılan kimyasallardır. Köpük plastikler, düşük yoğunluklu olup, malzeme maliyetini düşürürler, elektrik ve ısı yalınını sağlarlar, birim ağırlık başına mukavemet değerini yükseltirler ve reçinenin çekmesini azaltarak, parçanın deformasyonunu engellerler.

- **Plastifiyanlar:** Bileşiklere işlenilebilirlik özelliklerinin arttırılabilmesi, fiziksel ve mekanik özelliklerin dalın geniş bir sahada sunulabilmesi için eklenmektedir.

- **Kaydırıcılar ve Blok Oluşturucular:** Yüzeyin kayganlaşmasını sağlamakladır. Bu sayede kompozit parça yüzeylerinde sürtünme katsayısı azalmakla ve kompozit parçanın kalıplan kolayca ayrılması sağlanmakladır **[14].**

III.5.6. Termo Plastik İçin Katkılar

Termosetlerde olduğu gibi termo plastiklerde de katkılar daha gelişmiş ürün özelliklerinin işlenilebilirliğin ve dış görünümün sağlanabilmesi için malzeme sistemini değiştirebilir ve modifiye edebilirler. Renklendiriciler, alev geciktiriciler ve kalıp ayırıcılar termosetlerde olduğu gibi termo plastiklere ele benzer bir rol oynamaktadırlar **[14].**

III.5.6.1. Isı Stabilizatörü

Isının açığa çıkması sonucunda, polimerin bozulmasını önlemek amacıyla termo plastik sistemlerde kullanılmaktadırlar **[14].**

III.5.6.2. Ultraviyole Stabilizatörü

Termoset ve termo plastik kompozitler' in her iki grubu için de parlaklık, çatlama, ufalanma etkisi ve renk kaybının önlenmesi, elektriksel karakteristiklerin korunması, gevrekleşme ve ultraviyole ışınlar nedeniyle dağılma gibi sorunlara karşı eklenen bazı özel malzemeler kullanılabilir. UV ışınlarını emerek kompozitleri koruyan katkılar, ultraviyole absorblayıcıları olarak adlandırılmaktadır. Daha karmaşık bir biçimde polimerleri koruyan malzemeler ultraviyole stabilizatörü olarak bilinmektedir **[14].**

Katkı malzemeleri ve modifiye edici girdiler, polimerlerin .sağladığı faydayı ve ürün işlenilebilirliliğini artırmakla veya ürün dayanıklılığını arttırmaktadır. Katkılar ve modifiye ediciler temel malzeme sistemlerinin maliyetlerini genellikle artırırken, bu malzemeler maliyet/performans özelliklerinin ve verimliliğin artmasına veya daha pahalı polimerlerin kullanılmasını gerektirebilecek uygulamalarda daha ucuz maliyetli polimerlerin kullanımına olanak sağlamaktadır **[14].**

III.5.7. Malzeme Sistemleri Olarak Kompozitler

Yeni bir kompozit ürünü başarılı bir şekilde geliştirmek veya varolan ürünler için geleneksel malzemelerin yerine kompozit malzemelerin kullanılmasını sağlamak, çok çeşitli faktörlerin aynı anda düşünülmesini gerektirir. Endüstriyel tasarımcılar "şekil işlevselliği takip eder" derler. Gerçekte ürünün "şekil" kompozit parçaların üretilmesinde kullanılan proses ve seçilen malzemelerin nitelik ve özelliklerinden de etkilenmektedir. Kompozitler için bu yaklaşım daha gerçekçidir. Bu yüzden kompozit ürün uygulama geliştirmesini, uygulamanın bütün işlevsel gereksinimlerini, malzeme performansı ve islenilebilirlik seçeneklerini adres gösteren bir sistem olarak düşünmek gerekir. Yeni bir üründe parçanın işlevsel gereksinimleri dikkatli bir şekilde tanımlanmalıdır. Bu tanımlama ürünün sadece son ürün işlevlerinin değil, ürünün son hedefine ve kullanım haline ulaşmadan önce geçirdiği evreleri dikkate almaktadır. Montaj ve nakliye ihtiyaçları bazı durumlarda, ürünün üretimi için gerekenden daha büyük bir organizasyon gerektirebilir. İyi bir şekilde ifade edilen işlev ve sekil ilişkisi ile kullanım şansı olabilecek malzemeler, ürün kalıplama yöntemleri birbirini etkileyen bir sistemin parçası haline getirilebilir **[14].**

III.5.8. İşlevsel Gereksinimleri Anlamak

Kompozitleri diğer malzemelerin yerine geçen bir malzeme olarak düşündüğümüzde, işlevsel gereksinimler tanımlanamayabilir hatta anlaşılamayabilir. Uygulamada kullanılan malzemenin spesifikasyonları gerçek işlevsel sınırlan veya bütün önemli performans parametrelerini açıklayamayabilir. Bir örnek olarak, çelik parçalar, malzemenin yüksek ısı dayanımı nedeniyle kullanım ısı sınırlan tanımlanamamaktadır.

Öte yandan kompozit kısımlara yer verilmesi, malzemelerin uygun bir kombinasyonunun seçimini ve uygulama fizibilitesinin analizine ilişkin bilgileri gerektirir **[14].**

Kompozit malzemeler, kendi başlarına bir bileşiği meydana getiren malzemeler olarak "tercih-karşılıklı etkileşim" içindedirler. Bu durumda tercih edilen reçineye uygun takviye malzemesinin ve dolgunun belirlenmesi gerekmekte, hatta ürün kalıplama seçenekleri bile kısıtlı kalabilmektedir. Aynı düşünce içerisinde uygulamanın yapısal zorunlulukları, bilinen takviye malzemelerini en uygun reçine ve kalıplama yönteminin seçimi konusunda zorlayabilir. Kalıplama yöntemine endeksli kararlar en uygun malzemelerin seçilmesini gerektirir. Bir bütün olarak kompozit malzemelerin işlev ve sekil açısından kullanılabilirliliğinin devamlı bir biçimde farkında olmak, son kullanım gereksinimlerinin verimli bir şekilde karşılanması açısından esas teşkil etmektedir **[14].**

BÖLÜM IV

TEKSTİL TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELER

IV.1. TEKSTİL MALZEMELERİ İLE TAKVİYE

Tekstil takviyeli kompozitler uzun yıllar boyunca mühendislik uygulamaları alanında nispeten daha düşük maliyetli uygulamalarda kullanılmışlardır. (Örneğin; Maden silicileri için dokuma camla takviyeli polimer kılıflar) 1970' lerde ve özellikle de 1980' lerden bu yana, tekstil malzemeleri ile takviye işlemine sürekli bir ilgi gösterilirken kompozit malzeme kullanımını artırma talebinin, tekstil takviyesi alanında araştırmalara başlanması üzerinde büyük etkisi olmuştur. Tekstil takviyelerinin şu anki metal teknolojisinin yerini alabileceği yeni uygulama imkanlarına ilaveten, tekstil takviyesi daha geleneksel takviye maddesi empregnasyonu ve otoklavlı imalatın kullanıldığı oturmuş kompozitler ile de rekabet halindedir. Bu, TTKM' nin daha düşük maliyet ve gelişmiş işlenebilirlik potansiyeli göstermelerinden ve yeterliden daha iyi veya gelişmiş mekanik özelliklere sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. Kompozit malzemelerin çok iyi bir gelişme gösterdiği ekonomik çevreler, esasen Avrupa Birliği ülkeleri (dünya toplam kompozit tüketiminin % 30'u), ABD (% 30) ve Japonya (% 10), 1990'lı yıllarda tekstil takviyesine gittikçe artan bir ilgi göstermeye başlamışlardır. Bu ülkeleri; Çin, Tayvan, Rusya, Güney Kore, Hindistan, İsrail ve Avustralya izlemektedir. 20. Yüzyılın sonlarına doğru kompozit malzemeler üzerine verilen konferanslarda, tekstil malzemeleriyle takviye bölümleri de yer almaya başlamıştır [4].

Mümkün olan tekstil takviye malzemeleri (dokuma, örgü, saç örgü, dikişli) arasında dokuma kumaşın takviye olarak kullanılması, artık oturmuş bir uygulamadır.

Ancak birçok tekstil malzemesi de halen proje bazında beklemektedir. Örneğin; Cam elyafından örme bir kumaş, bir kalıp üzerine geçirilerek reçine enjeksiyonu (RTK tekniği kullanılarak) yapılmakta ve bu malzeme helikopter kapısı imalatında kullanılmaktadır. Bu yöntemin, şu andaki karbon lifi/epoksi reçine empregnasyon malzemesinin otoklavda işlem görmesi şeklindeki imalat yöntemini ortadan kaldırması amaçlanmaktadır. Bazı uygulamalar için çeşitli tekstil tekniklerinin birbirleriyle kombine edilebilmeleri de mümkün olmaktadır. Örneğin; I-şeklinde bir yapı elde edebilmek için şerit ve örme teknikleri bir arada kullanılmaktadır **[4].**

İnşaat uygulamaları için ilk sırada yer alan özellikler: Sertlik, mukavemet ve çatlak büyümesine karşı dirençtir. Kompozit malzemeler için geliştirilmekte olan tekstil takviyeleri **Tablo IV.1**' de görülmektedir (Ramakrishna). Aşağıdaki bölümlerde dokuma, saç örgü, örgü veya dikişli takviyeler için giriş niteliğinde bilgi verilmektedir. Daha detaylı bilgi için okuyucu, ilk olarak burada değinilen ilgili makalelere başvurabilir. Bunun yanı sıra tekstil takviyeli kompozitleri anlatmadan önce, laminant kompozitlerin daha geleneksel olan konusu liflerle takviyesinin mekanik özellikleri hakkında bilgi vermek yerinde olacaktır. Bu bilgiler tekstil malzemeleri ile takviye anlatılırken de yararlı olacaktır **[4].**

IV.1.1. Kompozit Takviyesinin Temel Mekaniği

IV.1.1.1. Tek Yönlü Konumlu Liflerden Oluşan Kompozitler

İzotropik malzemeler için geçerli olan makroskobik elastik gerilme-uzama ilişkilerinin, izotropinin hassas bir şekilde ele alındığı (Örneğin; Uçaklarda kullanılan kuazi İzotropik laminantlar) veya malzeme mikro yapısının doğal bir sonucu olduğu (Örneğin; Bir tabakada lif yönüne dik düzlemdeki çaprazlamasına izotropinin nadir durumlar dışında, kompozit malzemeler için geçerli olmadığını göz önün de bulundurmak gerekir. Kompozit malzemelerle ilgili yazılarda, temel mekaniğin anlatılmasına her zaman bir matrisin takviyesinde kullanılan tek yönlü lifler ile başlanır ve matristen liflere iyi bir yük transferi sağlayan matris ile lif arasındaki güçlü bağın açık (veya kapalı) yaklaşımı ile devam edilir. (Lif ve matris arasındaki interfaz bölgesinin kimyası ve özellikleri birçok araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.) Bu hem mantıklı, hem de pratik bir başlangıç noktasıdır; Çünkü geleneksel kompozitlerin çoğunda işlenmesi kolay olması amacıyla, kısmen fikse edilmiş reçine emdirilmiş takviye liflerinden oluşan tabakalar kullanılmaktadır. Genelde 0.125 mm kalınlıkta olan bu reçine emdirilmiş tabakalar uygun bir biçimde

(beklenen yüklemeye bağlı olarak) istiflenmekte ve istenen bileşen veya parçanın imal edilebilmesi için, genelde yük veya basınç altında bir fırın içinde fikse edilmektedir (**Şekil IV.1**) **[4].**

Liflere paralel konumdaki kompozit laminat'ın Young modülü, E_t, (matris ve lif arasındaki Poisson oranındaki farkı göz ardı eden) iyi bir yaklaşımla "Karışımlar kuralı" (Bu bazen Voigt tanımı olarak da adlandırılmaktadır) uygulanarak şu şekilde verilmektedir **[4]:**

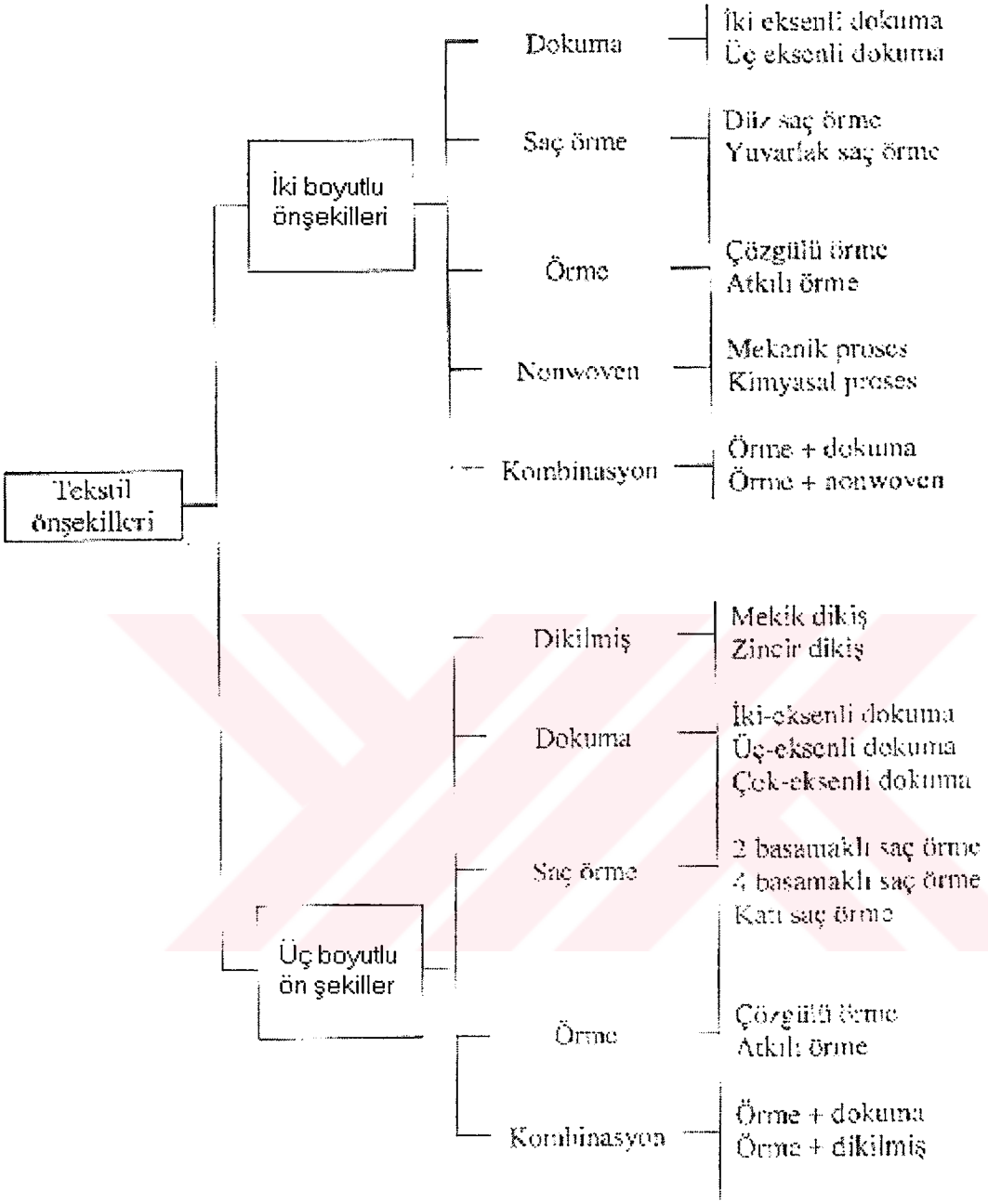
$$E_l = E_f V_j + (1 - V_f) E_m \qquad \text{(IV.1)}$$

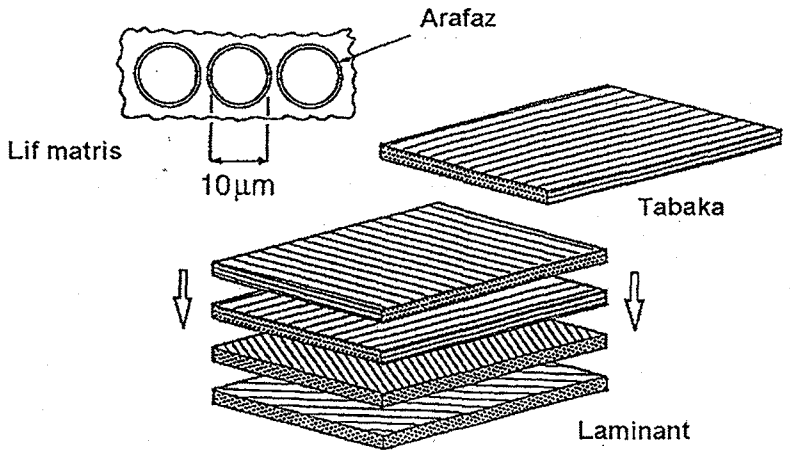
Burada V_f gözeneksiz bir kompozitteki lif hacmi oranı ve E_f ve E_m sırasıyla lif ve matris modülleridir. Liflere dik konumda modül şu şekilde hesaplanmaktadır **[4]:**

$$E_2 = \frac{1}{\frac{V_f}{E_f} + \frac{1 - V_f}{E_m}} \qquad \text{(IV.2)}$$

Bu şekilde hesaplanan modül belli bir lif hacmi oranı için karışımlar kuralı ile hesaplamadan çok daha düşük olmaktadır. Bunun nedeni uzunlamasına modülde liflerin dominant olması, çaprazlamasına modülde matrisin dominant olmasıdır **[4].**

Tablo IV.1 : Kompozit Malzemeler İçin Geliştirilen Tekstil Teknikleri [4].





Şekil IV.1 : Lif Etrafındaki İnterfazın Gösterimi; Bir Tabaka (veya Reçine Emdirilmiş, Normal Olarak 0,125 mm. Kalınlığında Bir Levha) ve Farklı Oryantasyonlardaki Tabakaların Laminant Oluşturmak Üzere İstiflenmesi [4].

Tam şekil (form) matris veya liflerden hangisinin kopma gerilmesinin daha büyük olduğuna bağlı olmakla beraber, kompozit tabakasının boyuna mukavemeti de karışımlar kuralı ile tanımlanmaktadır. Örneğin; Matrisin kopma gerilmesi daha büyükse ve lif hacmi oranı tipik mühendislik malzemelerinde olduğu gibi ise (Ör; %10-%70 arası) kompozit mukavemeti, σ_c, şu şekilde hesaplanmaktadır **[4]:**

$$\sigma_c = \sigma_{fu} V_f \qquad \text{(IV.3)}$$

Burada σ_{fu} mukavemetidir.

Laminat kompozitlerde genelde farklı oryantasyonlardaki lif tabakaları bir araya getirilmektedir. Laminat özelliklerini tahmin edebilmek için, bir tabakayı lif yönüyle arasında 6 açısı oluşacak şekilde yüklemek ve düzlemde veya eğildiğinde yüklemek için gerilme-uzama ilişkileri bilinmelidir. Laminat kompozitler için kompozit mekaniği iyi bir şekilde incelenmiştir ve konuyla ilgili çok sayıda kitap bulunmaktadır (Örneğin; Jones, Matthews ve Rawlings, Agarwal ve Broutman) **[4].**

Örneğin, lif yönüyle 6 açısı oluşturacak şekilde yüklenmiş bir tabakanın modülü, E_x, şu şekilde hesaplanmaktadır **[4].**

$$\frac{1}{E_x} = \frac{1}{E_1}.\cos^4\theta + (\frac{1}{G_{12}} - \frac{2.\nu_{12}}{E_1})\sin^2\theta\cos^2\theta + \frac{1}{E^2}\sin^4\theta \quad \text{(IV.4)}$$

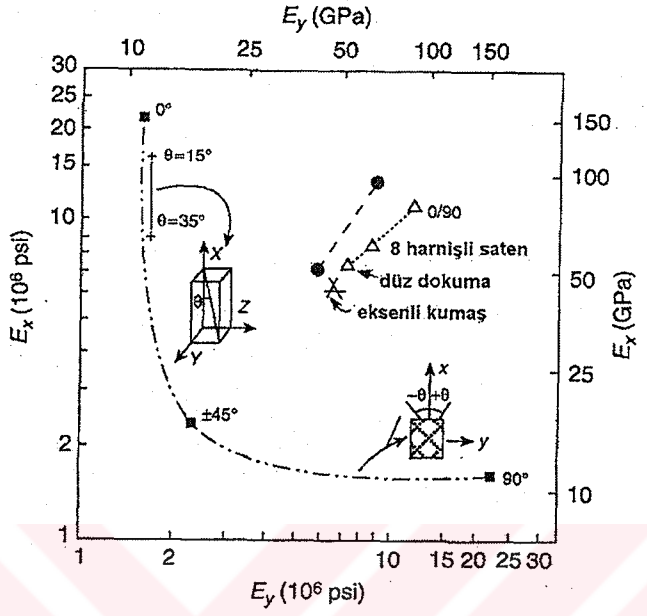
Bu bağıntıdaki E_1 ve E_2 yukarıda verilmiş olup, ν_{12} tabakanın Poisson oranıdır (tipik olarak 0,3) ve G_{12} tabakanın düzlem içi kesme modülüdür. Elastik gerilme-uzama ilişkilerini tanımlamak için iki tane elastik sabit gereken izotropik malzemelerin aksine, bir kompozit tabakasının (ortotropik malzeme) anizotropisi için düzlem içi davranışının tahmin edilmesinde dört tane elastik sabit gerekmektedir. Bir laminat' ın gerilme-uzama eğrileri laminat tabaka teorisi (LTT) kullanılarak çıkarılabilir Bu teoride hem düzlem içi hem düzlem dışı yüklenmeler için her tabakanın katkısı toplanmaktadır. Laminat tabaka teorisi tek yönlü kontinü takviye maddesi empregneli tabakalarından imal edilen kompozit malzemelerin tüm tipleri için ölçülen laminat elastik özellikleri ile uyumlu sonuçlar vermektedir. Teori laminat mukavemetleri tahmin edilirken, diğer yönden, bazı basit haller haricinde daha da güvenilir sonuçlar vermektedir ve halen araştırma safhasındadır, Kompozit malzemeler genelde yapıda meydana gelen birinci tip görülür hataların altında gerilmelere maruz kalacak şekilde tasarlandığından nihai mukavemeti hassas bir şekilde tahmin edebilmeden yoksun olmak çok nadiren bir dezavantaj olmaktadır.
Bir laminanttaki katların oryantasyonu özel bir yükleme yönü esas alınarak belirlenmektedir. Genelde maksimum yük uygulanan yön esas alınmaktadır ve bu da maksimum yükü karşılayacak lif yönü ile eşleşmektedir. Buna 0° yönü adı verilmektedir. Tasarımda genelde dengeli simetrik laminantlar seçilmektedir. Dengeli bir laminant eşit sayıda +Ø ve -Ø katlarına sahip bir laminanttır; simetrik bir laminat ise katları laminant orta katına göre geometri ve özellikler açısından simetrik olan laminattır. Dengeli simetrik laminantlar basit bir response' a sahiptir. Bunun aksine, dengesiz asimetrik bir laminant genelde basit bir eksenel yüklenmeye maruz kaldığında kesilecek, eğilecek ve bükülecektir **[4].**

IV.1.1.2. Tekstil Takviyeleri İçin Kompozit Modüllerinin İncelenmesi

Tek yönlü kontinü lifle takviyelendirilmiş kompozitler için en basit laminant konfigürasyonlarından biri çapraz katlı olan laminanttır; Örneğin, $(0/90)_s$ ki bunun açılımı 0/90/90/0 şeklindedir. Benzer bir laminant için 0° ve 90° yönlerine paralel Young modülleri E_x ve E_y birbirine eşittir ve iyi bir yaklaşımla E_1 ve E_2' nin ortalamasıdır **[4].**

Yang ve Chou karbon lifi ile takviye edilmiş bir epoksi laminant'ı için bu modüllerdeki değişimi şematik olarak göstermişlerdir. Burada farklı lif yapıları ancak % 60'hk bir aynı lif hacmi oranı söz konusudur. (**Grafik IV.1**) Bu diyagram tekstil kompozitlerini tartışmaya başlamak için iyi bir başlangıçtır. Çapraz katmanlı kompozit yaklaşık 75 GPa' a karşılık gelen E_x ve E_y modüllerine sahiptir. Sekiz - harnişli satende ve düz dokuma tipindeki iki eksenel dokumalarda modüller yaklaşık sırasıyla 58 GPa ve 50 GPa' a düşmektedir. Bu düşmeler ipliklerin birbiri üzerinden dolandığı dokuma yapısındaki kıvrımları yansıtmaktadır. Düz dokumada birim uzunluk başına düşen daha fazla kıvrım daha düşük bir modül meydana getirmektedir. 60°'de birbirine geçen üç iplik setinden meydana gelen üç eksenli dokuma bir (0/±60) açılı katlı laminant' a benzer bir davranış göstermektedir. Benzer bir konfigürasyon düzlem içi yükleme için kuazi-izotropiktir, yani laminant' ın herhangi bir düzlemi için aynı Young modülüne sahiptir. Üç eksenli kumaşın E_x ve E_y değerleri yaklaşık 42 GPa' a düşmektedir **[4].**

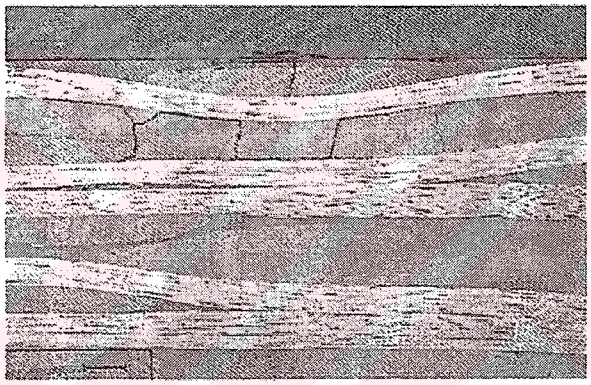
Grafik IV.1 : Çeşitli takviye yapılan için tahmin edilen E_x ve E_y modülleri : ± □açısında katlı (□ = O dan ± 45 - 90), çok katlı (0/9), sekiz harnişli saten ve düz dokuma, üç eksenli dokuma kumaş, şerit örme (□ = 35 °- 15°) çok eksenli çözgülü örme. Lif hacimsel oranı %60 olacak şekilde hepsi için aynı [4].



Ancak bu kumaşın düzlem içi kesme modülü (diyagramda gösterilmemiştir) iki eksenli kumaşınkinden daha yüksektir. Çok eksenli bir çözgülü örme (yada çok katlı çok yönlü çözgülü örme kumaş) takviyeli kompozit'in özellikleri de gösterilmiştir. Bu hassas geometriye bağlı olarak (en azından E_x modülü için) üç eksenli kumaş ile çapraz katlı laminant ın üstündeki alan arasında bir yere düşmektedir. Burada çözgü, atkı iplikleri ve çapraz iplikler (genelde ±45) kalınlık boyunca zincir dikişi veya triko dikişi ile bir arada tutulmaktadır. Son olarak üç boyutlu bir şerit kompozit görülmektedir. Şerit örülme açılan 15° ile 35° arasında değişmektedir. Bu tip kumaş yapısı çok anizotropik elastik özellikler göstermektedir. Yani E_x modülleri çok yüksek (lif baskın) ve düşük E_y modülleri (matris baskın) elde edilmektedir. Aşağıdaki bölümlerde, bu tekstil takviyelerinin özellikleri (dokuma, şerit, örme, dikişli) daha detaylı olarak anlatılacaktır **[4].**

IV.2. DOKUMA KUMAŞ TAKVİYELİ KOMPOZİTLER

İki veya daha fazla iplik sisteminin birbirleri arasından geçmesiyle karakterize edilen dokuma kumaşlar cam, karbon ve aramid takviyeli dokuma kompozitlerde en yaygın olarak kullanılan tekstil takviye malzemeleridir. Bunlar içine uzay endüstrisini de alan bir çok uygulama alanına sahiptir. (**Şekil IV.2**) Dokuma takviye malzemelerinin atkı ve çözgü yönündeki stabilitesi yüksektir ve kumaş kalınlığıyla ilgili olarak dokuma takviye malzemeleri en yüksek kover faktörüne sahip malzemelerdir. Dokuma kumaşların kullanım alanlarını genişletmek cama göre daha yüksek dayanıklılığa sahip karbon ve aramid liflerinin geliştirilmesiyle mümkün olmuştur. 1980' li yılların başında takviyeli malzeme imalatçıları nonwoven malzemeye benzer takviye maddesi empregneli şeklinde dokuma kumaşlar tedarik etmeye başlamışlardır **[4].**



Şekil IV.2 : Matris Çatlakları ve Bununla İlgili Delaminasyon Şeklindeki Zararı Gösteren 8 Harnişli Dokuma Laminat'ın Optik Mikron Grafiği. Laminant Parlatılmış Ucundan Görüntülenmektedir [4].

Dokuma kumaşları nonwoven rakiplerine göre ilgi çekici hale getiren bazı özellikleri mevcuttur. Bunlar boşluk oluşturmadan karmaşık şekiller almalarını sağlayan iyi dökümlülük özelliklerine sahiptirler. Tek bir iki-eksenli dokuma kumaş, İki tane nonwoven tabakasının kullanımını ortadan kaldırdığı İçin İmalat maliyetleri düşmekte ve otomasyona yatkın bir İşlem ortamı yaratmaktadır. Dokuma kumaş kompozitler, nonwoven kompozitlere kıyasla çarpmaya karşı daha yüksek bir direnç göstermekte ve çarpmadan sonra mukavemetleri de nonwoven lara kıyasla önemli oranda daha yüksek olmaktadır **[4].**

IV.2.1. Mekanik Davranışları

IV.2.1.1. Mekanik Özellikleri

Bishop ve Curtis uzay uygulamalarında dokuma kumaşların potansiyel avantajlarını ortaya çıkaran ilk araştırmacılar olmuşlardır. 5 harnişli dokuma kumaş (3k tow, tow başına 3000 karbon lifi anlamına gelir) eşdeğer bir nonwoven karbon/epoksi laminant ile karşılaştırıldığında, iki-eksenli (0/90) dokuma laminant'ın modülünün nonwoven çapraz katlı laminant'a göre daha düşük olduğu görülmüştür (sırasıyla 50 GPa ve 60 GPa). 7 J' lük bir çarpmanın ardından basma dayanımı % 30 artmıştır. Diğer araştırmacılar tarafından da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin; Raju ve arkadaşları karbon/epoksi laminantlar için sekiz harnişli den (73 GPa) beş harnişli ye (69 GPa) ve bundan da düz dokumaya (63 GPa) doğru kayıldığında modülün düştüğünü bulmuşlardır. Bu sonuçlar Şekil 3' de gösterilen modül değişimleriyle benzerdir. Dokuma kompozitlerin gerilme mukavemetleri de nonwoven benzerlerininkinden biraz daha düşüktür, Bishop ve Curtis tek yönlü benzer laminantlarınkine kıyasla gerilme mukavemetinde % 23'lük bir düşme bulmuşlardır. Üç-eksenli dokuma kompozitlerin uzunluk boyunca özellikleri doğal olarak daha da düşüktür. Fujita ve arkadaşları üç eksenli bir dokuma karbon/epoksi için 30GPa' lık bir Young modülü ve 500 MPa' lık bir gerilme mukavemeti bulmuşlardır **[4]**.

Cam takviyeli dokuma kumaşlar cam lifinin karbon lifine göre çok düşük olan modülünden dolayı daha zayıf mekanik özelliklere sahip kompozitler elde edilmesine neden olmaktadır. Amijima ve arkadaşları bir düz dokuma cam/poliester (V_f=% 33) için Young modülünü ve gerilme mukavemetini sırasıyla 17 GPa ve 233 MPa olarak bulmuşlardır. Boniface ve arkadaşları ise üç eksenli sekiz harnişli cam/epoksi dokuma için aynı özellikler için sırasıyla 19 GPa ve 319 MPa değerlerini elde etmişlerdir
Açıkça görülmektedir ki dokuma kumaş takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri kullanılan lif tipi, dokuma parametreleri ve tabakaların istiflenme ve oryantasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Bununla birlikte, kompozit performansını etkileyen bazı başka unsurlar da bulunmaktadır. Örneğin, bazı araştırmacılar ipliklerin dokumadan önce bükülmesinin mekanik özellikleri biraz da olsa değiştirdiğini ifade etmekte ve bunun üzerine yapılan çalışmalar da bükümlü veya bükümsüz iplikten elde edilmiş laminantların statik ve sürekli yüklemeye maruz kaldıklarında ortaya çıkan zararın farklı olduğunu göstermektedir **[4]**.

IV.2.1.2. Zarar Oluşumu

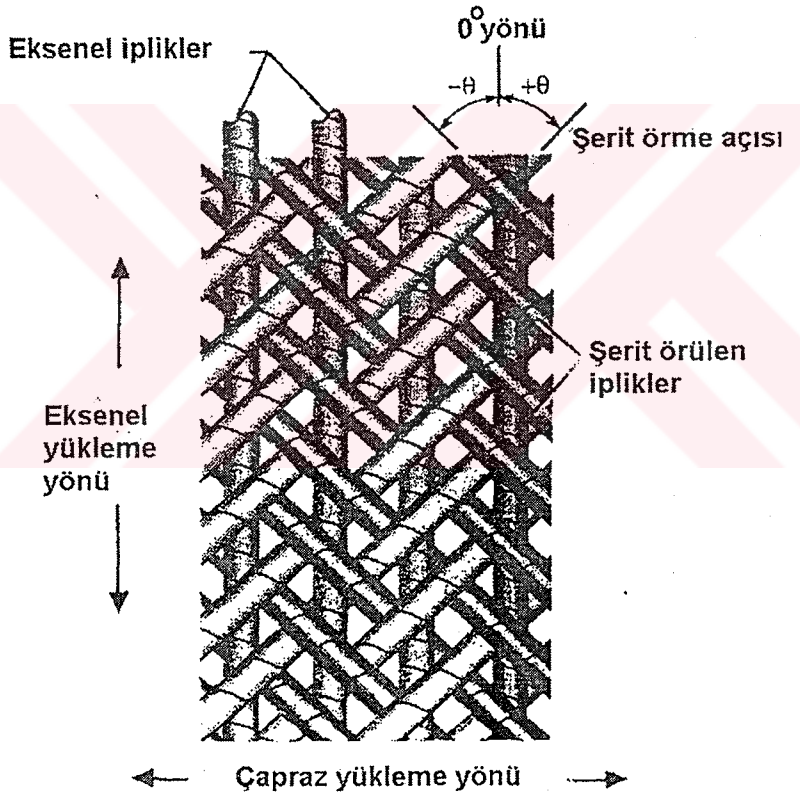
Dokuma kompozitlerde gerilme yüklemesi altında zarar oluşumu % 0.3-0.4' lerin altındaki uzamalarda eksen dışı towlarda matriste çatlaklar meydana gelmesi ile karakterize edilmektedir. Zarar oluşumu üzerine yapılan araştırmaların çoğu çözgü yönünde yüklenen iki eksenli kumaşları ele almıştır. Çatlaklar atkı ipliklerinde başlamakta ve artan yük (uzama) altında yoğunlukları artmaktadır. Detaylı çatlak morfolojisi towların bükümlü olup olmadığı ile ilgilidir. Bükümlü towlar bölümsel matris çatlaklarına neden olurken, bükümsüz towlar çapraz katlı kompozitlerde ortaya çıkan 90 kadar tabakayı içine alabilen kuvvetli matris çatlaklarına neden olmaktadır. Çatlakların oluşumu kompozit'in Young modülünde önemli bir düşüş meydana getirir. Dokuma karbon sistemlerinde, matris çatlakları benzer towlarda kıvrım bölgelerinde tabakalara ayrılmaya neden olabilmekte ve bu da mekanik özelliklerin zayıflamasına yol açmaktadır. Zarar modellemesi sonlu eleman metotları (Örneğin; Kriz, Kuo ve Chou) veya kapalı şekil modelleri (Örneğin; Gao ve arkadaşları) kullanılarak gerçekleştirilmiştir **[4]**.

IV.2.2. Dokuma Kompozitlerin Analizi

Dokuma kumaş takviyeli kompozitlerin kapalı form analizlerinin çoğu laminant levha teorisine dayanmaktadır. Sayısal metotlar ise sonlu eleman metoduna dayanmaktadır (SEM) **[4]**.

1980' li yılların başında Chou, Ishikawa ve arkadaşları tarafından hazırlanan bir makale serisinde (Chou) dokuma kumaş takviyeli kompozitlerin termo mekanik özelliklerini değerlendirmek amacıyla üç model tanıtılmıştır. Mozaik model lif sürekliliği ve kıvrımını göz ardı ederek dokuma kompozit'i asimetrik çapraz katlı laminat olarak kabul etmektedir. Lif kıvrımı modeli bu unsurları göz önünde bulundurarak kıvrımlı bölgeden bir dilim almakta ve LTT yardımıyla özelliklerin ortalamasını almaktadır. Bu model özellikle düz ve dimi dokuma kompozitler için çok uygundur. Beş harnişli ve sekiz harnişli saten dokumalar için lif kıvrımı modeli genişletilerek köprü modeli oluşturulmuştur. Bu esasen tek boyutlu modeller Naik ve arkadaşları tarafından iki boyutlu hale geliştirilmiştir. (Ör; Naik ve Shembekar) Sonlu eleman metodu karmaşık matris çözümlerinin bilgisayar yardımıyla çok hızlı bir şekilde gerçekleştirildiği güçlü bir araçtır. Tekstil kompozitlerinin analizinde kullanıldığında kompozit'i düğüm noktalarında birbirine geçmiş birim üniteler olarak bölmektedir. Eğer bir birim ünitenin kuvvet altında yer değiştirmesi

değiştirmesi biliniyorsa, SEM kullanılarak gerilme alanları ve yapının tamamının deformasyona uğradığındaki makroskobik davranışı değerlendirilebilmektedir. SEM kullanımındaki güçlük pahalı olmaları ve takviye yapısında çok küçük değişiklikler meydana geldiğinde bile tekrar uygulanmasının gerektiğidir. Malzeme imalatı esnasında katmanların yüksek hareket serbestliğine sahip olduğu dokuma takviyelerinde sonuçlar dikkatle irdelenmelidir. Dokuma kumaş takviyeli kompozitlerde gerilme-uzama davranışlarının bu yaklaşımla incelendiği araştırmalar Glaessgen ve Griffin ile Woo ve Whitcomb' un makalelerinde bulunabilir **[4]**.



Şekil IV.3 : 2x2 Desenli İki- Boyutlu Şerit Takviye Malzemesi [4].

IV.3. ŞERİTLE TAKVİYE

Kompozitler için kullanılan şeritler iplik kümelerinden biri eksenel iplikler olmak üzere iki (veya daha fazla) iplik kümesinin birbirinin içinden geçirilmesi ile elde edilmektedir. İki boyutlu şeritlerde, örülmüş iplikler ±6 yönünde yerleştirilmekte ve birbirinin arasından geçirme 1 x 1 veya 2 x 2 düzeninde olmaktadır. (**Şekil IV.3**) Bununla birlikte, kalınlık boyunca mukavemetindeki önemli gelişmeler sayesinde üç-boyutlu şerit takviyesi önemli bir kategoridir. (Örneğin, Du ve arkadaşları) Şeritli yapı sayesinde bükülmeye, kesmeye ve darbelere karşı dayanıklılık dokuma kumaşlardan daha yüksek olmaktadır. Bu özelliklere düşük maliyetli üretim yöntemleri de eklendiğinde şu anda pratikte sınırlı bir uygulama olmasına rağmen şerit takviyeli kompozitlerin birçok uzay uygulamaları (Karbon takviyesinin yerini alabilecekleri düşünülmektedir) veya otomobil uygulamaları için rekabetçi bir ürün haline gelmeleri beklenmektedir **[4].**

Boş tüp şeklinde yapılardan katı yapılara kadar çok çeşitli şekillerde kompozit uygulamaları mümkün olabilmektedir, Şerit yapısının stabilitesi ve uygunluğu detaylı lif yapısına bağlıdır. Örneğin, içerideki iplikler için 0°' deki gerilme stabilitesi yüksektir. Ne var ki eksenel basma dayanımı özellikleri zayıf olabilmektedir. Genel anlamda, şerit takviyeli kompozitlerin mekanik özellikleri şerit parametrelerine (şerit yapısı, iplik boyutu ve yerleşimi, lif hacmi oranı) ve lif ve matrisin mekanik özelliklerine dayanmaktadır **[4].**

IV.3.1. Mekanik Davranışları

Bu bölümde iki boyutlu şerit takviyesi esas olarak ele alınacaktır, çünkü bir 0/±Ø yapısına sahip laminant kompozitle karşılaştırılabilir özelliktedir ve benzeri karşılaştırmalar bazı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Örneğin, Naik ve arkadaşları lif hacimsel oranının sabit tutulduğu (V_f=% 56) ve farklı lif yapılarının kullanıldığı karbon lifi şeritleriyle takviye edilmiş epoksi reçinesi kompozitleri imal etmişlerdir. Eksenel iplik içeriğini sabit tutarak, ancak iplik boyutu veya şerit örme açısını değiştirerek her değişkenin kompozit malzemeler üzerindeki etkisi incelenmiştir. İplik boyutunun etkili olmadığı (6-75 k tow boyutlarında), ancak şerit örme açısının önemli derecede etkili olduğu bulunmuştur. Şerit yapısı 0/±70'den 0/±45'e doğru değiştiğinde uzunluk boyunca modülde çok düşük bir artış (60'dan 63 GPa' a) ve çaprazlamasına modülde ise büyük bir düşüş (46'dan 19 GPa) görülmüştür **[4].**

Şerit takviyeli kompozitlerin mukavemeti takviye maddesi empregneli rakiplerine kıyasla daha düşüktür. Norman ve arkadaşlara 0/+45 yapısında şerit takviyeli kompozitleri eşdeğer bir takviye maddesi empregne sistemi ile mukavemet açısından karşılaştırmıştır, takviye maddesi empregne sisteminin (tek yönlü) ikiboyutlu şerit takviyeli kompozite göre % 30 daha yüksek gerilme mukavemetine sahip olduğu bulunmuştur. (849 MPa ve 649 MPa değerlerinde) Herszberg ve arkadaşları (1997) tarafından da elde edilen benzer sonuçların şerit örme esnasında liflerde meydana gelen zarardan kaynaklandığı ifade edilmiştir. Norman ve arkadaşları ayrıca 12 mm' ye kadar olan çentikler için şerit takviyenin duyarsız olduğunu ve eşdeğer tek yönlü laminantların bu aralıktaki çentiklere karşı önemli bir duyarlılık gösterdiklerini bulmuştur. Darbeye karşı dayanıklılık açısından da tek yönlü sistemlere kıyasla daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısıyla şerit takviyeli kompozitler yüksek enerji absorblama özelliği olacak şekilde özel olarak üretilerek, çarpma durumları için enerji absorblayıcı yapılarda kullanılabilmektedirler. Bibo ve Hogg tarafından yapılan bir literatür taramasında şerit takviyelerini de içine alan çok çeşitli takviye yapılarının enerji absorblama mekanizmaları ve çarpma sonrası davranışları tartışılmıştır **[4]**.

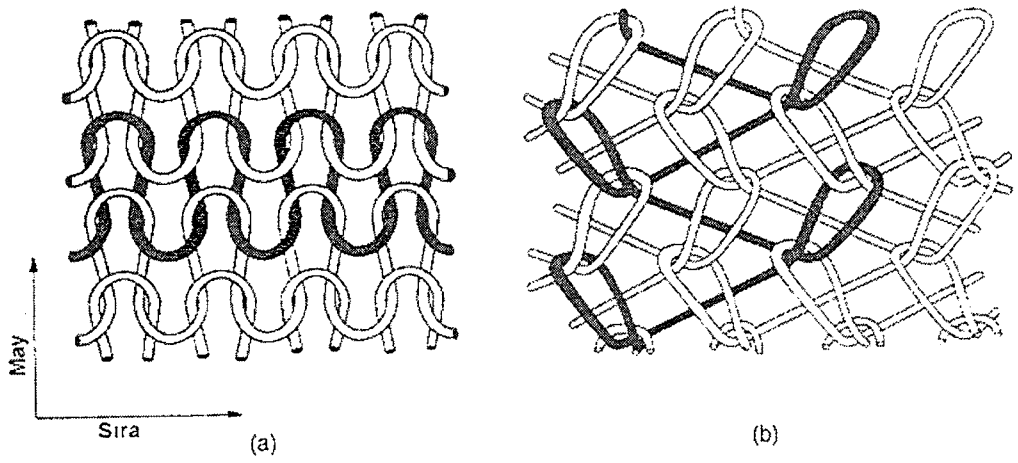
IV.3.2. Şerit Takviyesinin Analizi

Şerit takviyesinin potansiyel karmaşıklığı, özellikle üç boyutlu yapılarda, takviyelendirilmiş malzemenin davranışının modellenmesinde yapıların özelliklerinin ilk basamak olarak ele alınmasını ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın elde edilmek istenen sonucu, yapının üç-boyutlu görülebilirlik sunmak (Pandey ve Hahn)veya yapı geometrisini tanımlayacak modeller (Du ve arkadaşları) geliştirmektir. Özelliklerin tahmin edilmesi için kullanılan analitik modeller, şerit takviyenin temsili bir 'birim ünitesi'ni eğimli tek yönlü tabaka gibi kabul ederek uygun bir biçimde genişletilen ve Chou ve arkadaşları tarafından dokuma kumaşlar için geliştirilmiş olan lif kıvrımı modelinin gelişmiş halleridir. (Byun ve Chou) Ayrıca PC tabanlı mikro mekanik analizi programları da geliştirilmiştir **[4]**.

IV.4. ÖRME KUMAŞ TAKVİYESİ

Örme kumaş takviyeli kompozitlerin en önemli avantajları ağ şeklinde/ağa benzer şekilde malzemeler imal edilebilmesi ve örme kumaşların karmaşık şekilli bir ürünün imalatında mükemmel dökümlülük / şekil alabilme özellikleri göstermeleridir. Her iki özellik de takviye ipliklerinin ilmek oluşturmasından kaynaklanmaktadır. İlmek oluşumu kumaşın, kıvrım meydana gelmeden, karmaşık şekillere uygulanabilmesine imkan vermektedir. (**Şekil IV.4**) Ancak örme yapısının beraberinde getirdiği avantajlar, bazı dezavantajların oluşmasına da yol açabilmektedir. Bunlar düşük düzlem içi dayanıklılık ve düşük kompozit mukavemetidir; Bunun nedeni de lifin mekanik özelliklerinden yeteri derecede faydalanılamamasıdır. (Cam, karbon veya aramid) Bununla birlikte, iç bölgelere yerleştirilmiş iplikler kullanılarak belli yönlerde gelişmiş özelliklere sahip atkılı ve çözgülü örmeler tasarlanabilmektedir **[4].**

Hem atkılı hem de çözgülü örme takviyeleri üzerine araştırmalar devam etmektedir. Genel anlamda, atkılı örme yapıları daha üstün şekil alabilme özellikleri yüzünden geliştirme çalışmalarında, çözgülü örme yapıları ise büyük ölçekli üretimlerde (çok sayıda ipliğin bir kerede örülmesinden dolayı artan üretim hızı nedeniyle) tercih edilmektedirler **[4].**



Şekil IV.4 : a) Atkılı Örme ve b) Çözgülü Örme Takviyelerinin Şematik Olarak Gösterimi [4].

IV.4.1. Mekanik Davranışları

IV.4.1.1. Mekanik Özellikleri

Daha önce anlatılan diğer kumaş tiplerine kıyasla örme kumaşların gerilme mukavemetleri ve basma dayanımları düşüktür. Ancak temel düzlem içi özelliklerinden ziyade işlenebilirlilikleri ve enerji absorblama özellikleri yüzünden tercih edilmekledirler **[4].**

Örme kumaşlarla takviyenin daha detaylı lif yapısı, şaşırtıcı biçimde izotropik veya ileri derecede anizotropik olabilen düzlem içi özelliklerine uzanmaktadır. Örneğin; Bannister ve Herszberg hem tam milano, hem de yarı milano cam takviyeli epoksi reçineleri kullanılarak imal edilen kompozitleri test etmişlerdir. Tam milano yapısı yarı milano yapısından önemli oranda daha gelişigüzel bir yerleşime sahiptir, bunun sonucunda hem may, hem de sıra yönlerindeki gerilme mukavemetleri yaklaşık aynı çıkmıştır. Tipik olarak, gerilme-uzama eğrisi % 0.6 uzamaya karşın doğrusal gitmekte, daha sonra keskin bir dönüşle pseudoplastik bir kopma davranışı göstermektedir. Gerilme mukavemetleri lif hacmi oranlarıyla orantılı olarak % 45 lif hacmi oranı için 145 MPa' lık bir değere sahiptir. Bununla birlikte, kopma uzaması çok yüksek değildir (7 kumaş katı için yaklaşık % 2.6 ve 12 kumaş katı için yaklaşık % 6.6), ancak katman sayısı/lif hacmi oranının artmasıyla ile artmaktadır. Bu varyasyonun nedenleri kompozitte kopma meydana getirecek zararın oluşmasıyla ilgili olabilir. Nispeten daha İzotropik olan tam milano takviyesinin aksine, daha yüksek oranda lif içeren yarı milano takviyesi yapısının gerilme mukavemetleri iki yönde % 50'lik bir farklılık göstermektedir ve kopma uzamaları arasındaki fark daha da büyük bulunmuştur (neredeyse bire iki oranında) **[4].**

Örme karbon takviyesi Ramakrishna ve Hull tarafından incelenmiştir. Genelde atkılı örme kornpozitler' in modülleri, lif hacmi oranı ile arttıkça kabaca doğrusal olarak artmıştır. % 20'lik bir lif hacimsel oranında test edildiğinde, may yönünde 15 GPa sıra yönünde 10 GPa' lık değerler bulunmuştur. Gerilme mukavemetleri de may yönü için aynı şekilde artmış (% 20 lif hacimsel oram için 60 MPa) ve sıra yönündeki mukavemetleri 34 MPa civarında sabit kalmıştır. Bu farklar may yönünde daha yüksek oranda lif tutamlarının yerleşmiş olmasından kaynaklanmaktadır **[4].**

Basmada ise mekanik özellikler daha da zayıftır. Hem yarı milano, hem de tam milano cam takviyeli kompozitler için basma dayanımı çok kıvrımlı lif yapısından dolayı matrisin kuvvetli bir şekilde daha üstün olmasından kaynaklanan özellikler göstermektedir. Hem may, hem de sıra yönlerinde basma dayanımları yaklaşık aynıdır ve lif hacimsel oranı % 29'dan % 50'ye çıktığında basma dayanımında sadece %15'lik bir artış meydana gelmiştir. (İlginç bir şekilde basma dayanımları gerilme mukavemetlerinden neredeyse bire iki oranında daha yüksek bulunmuştur) Bu sonuçların ışığında, reçinenin infiltrasyonundan önce örme kumaş % 45 uzamaya kadar deforme edilmesinin ve kompozitin sabitleştirilmesinin kompozitin basma dayanımı üzerinde bir etkisinin olmadığı açıkça görülmektedir **[4].**

Benzer sonuçlar diğer yazarlar tarafından da ifade edilmiştir. Wang ve arkadaşları çözgülü örme cam takviyeli epoksi reçinesinin 1x1 ribana örme yapısını test etmişlerdir. Basma dayanımları gerilme mukavemetlerinden yaklaşık iki katı daha yüksek bulunmuştur. Nispeten izotropik lif yapısı Young modülü değerlerini ve Poisson oranlarını etkilemektedir. Bunlar hem may, hem de sıra yönlerinde yaklaşık aynı bulunmuştur **[4].**

IV.4.1.2 Zarar Oluşumu

Örme kompozitlerde çatlak oluşumu için potansiyele sahip çok sayıda bölge bulunmaktadır. Örneğin; may yönünde test edilen atkılı örme kumaşlar üzerinde yapılan incelemeler çatlakların iğne ve platin ilmekleri etrafındaki bağlardan kaynaklandığını göstermiştir. Benzer olarak, sıra yönünde gerilmeleri test edilen kumaşlarda oluşan çatlakların ilmeklerin kenarlarından (veya bacaklarından) kaynaklandığı düşünülmektedir. Çatlak oluşumunun iğne veya platin ilmekleri etrafından ziyade, ilmeklerin bacaklarından kaynaklanacağı düşünülmektedir (kompozit sıra yönünde yüklendiğinde) **[4].**

Örme kumaşların zarar toleransı, diğer takviyelendirilmiş malzemelerden daha yüksektir. Örneğin, bir atkılı örme cam takviyeli kompozitin (Vf=%50) eşdeğer bir dokuma kumaşa kıyasla daha yüksek çarpma enerjisini absorbladığı (0-10 J arasındaki değerlerde) bulunmuştur. İncelemeler bunlara ilaveten dokuma kumaşlara kıyasla zarar görmüş alanların büyüklüğünün, örme kumaşlarda altı kez daha fazla olduğunu göstermiştir. Bu da örme kumaş yapısında çatlak oluşuna açık bölgelerin ne kadar fazla olduğunu göstermektedir. Çarpmadan sonraki basma dayanımları bu

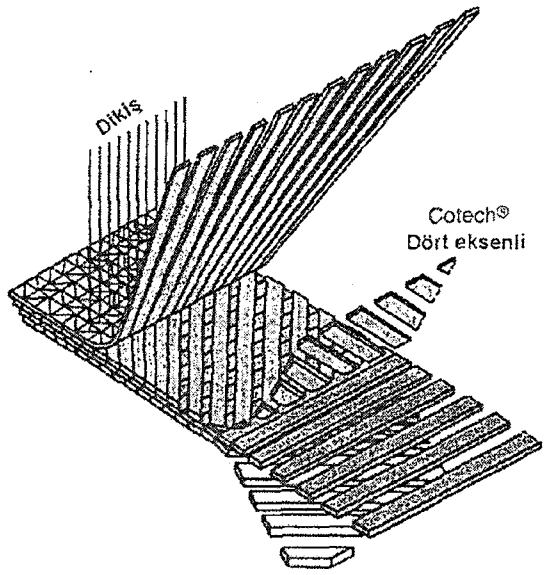
enerji aralığında sadece %12 oranında düşerken, dokuma kumaşlarda % 40 oranında düşmeler göstermiştir **[4].**

IV.4.2. Örme Kumaşların Analizi

Örme kumaşlarla takviyeli kompozitlerin elastiklik modülü ve gerilme mukavemetleri için modeller geliştirilmiştir (Örneğin; Ramakrishna, Gommers ve arkadaşları) Ramakrishna her ipliğin kesitini yuvarlak kabul ederek atkılı örme yapısını bir dizi yuvarlak yaylara ayırmaktadır. Bu şekilde kompozitin Young modülü için bir tanım türetmek mümkün olmaktadır. Tahminler deneysel sonuçlardan yaklaşık % 20 daha yüksek olmasına rağmen tüm elastik modüller benzer yoldan hesaplanabilmektedir. Gerilme dayanımı tahminleri tutam mukavemetlerinin yükleme yönü ve istatistiksel varyasyonuyla ilgili olarak ipliklerin ortalama yerleşiminden sorumlu olacak şekilde modifiye edilen lif kompozitinin mukavemet tanımlarına bağlıdır. Gerilme mukavemetlerinin hem may, hem de sıra yönlerinde lif hacimsel oranıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Gommers ve arkadaşları kumaştaki lif yerleşimi varyasyonlarını temsil etmek üzere yerleşim tensörleri kullanmışlardır **[4].**

IV.5. DİKİLMİŞ KUMAŞLAR

Dikilmiş kompozitler malzemelerin kalınlıkları boyunca mukavemetlerinin geliştirilmesinde direkt bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bu zarar toleranslarını ve çarpmadan sonraki basılma davranışlarını geliştirmektedir. Burada hata katmanlara ayrılma bölgesinde mikro bükülmelerle meydana gelmektedir. En basit haliyle, kompozitlerin dikilmesi bir dikiş makinesi yardımıyla kalınlık boyunca dikiş yapılması gibi ilave bir üretim basamağı daha oluşturmaktadır. Dikim işlemi reçine ile emdirilmemiş liflere veya takviye maddesi empregne edilmiş haldeki liflere uygulanabilmektedir. Ancak ikinci yöntem liflere aşırı derecede zarar verdiğinden pek tercih edilmemektedir. Bu şekilde dikim karbon, cam veya aramid liflerinden imal edilen iplikler ile uygulanabilmektedir. Daha karmaşık bir şekliyle, zincir veya triko dikiş tipleri çözgü (0°), atkı (90°) ve opsiyonel olarak çapraz (±é) ipliklerinin genelde hafif poliester İplikleri içeren çözgülü örme dikişleri ile bir arada tutulduğu kumaşlar üretilmektedir (**Şekil IV.5**) **[4].**



Şekil IV.5 : Dört - Eksenli Kıvrımsız Kumaşın Şematik Olarak Gösterimi [4].

Elde edilen kumaşa kıvrımsız kumaş (NCF) veya çok eksenli çözgülü örme kumaş adı verilmektedir. Terminoloji ne olursa olsun çözgülü örme kumaşları çok dökümlü ve düzgün kumaşlardır. Bunların tow kıvrımı dokumalara kıyasla tamamen ortadan kalkmış gibidir. Kumaş kolayca şekil alabilmekte ve towların yeterli derecede izafi hareketine imkan veren dikişler sayesinde kalıptan çıkarıldığında stabil kalabilmektedirler. Düşük maliyetli üretim yöntemleri ile kombine edilebilme potansiyeline sahip bu tip kumaşların kompozit malzemelerin kullanımını yaygınlaştırması ve birçok uygulama için pahalı takviye maddesi empregne yönteminin yerini alması beklenmektedir. Termo plastik liflerin takviye lifleri içinde karışması da çok ilgi çekici potansiyel bir imalat yöntemidir. Bu nedenle giriş kısmında çözgülü örme kumaşlar üzerinde bir yoğunlaşma olacaktır.

Dikiş tiplerinin tümünün tabakalara ayrılma dayanımı üzerindeki etkisi hakkında kapsamlı bir yayın Dransfield ve arkadaşları tarafından yapılmıştır **[4].**

IV.5.1. Mekanik Davranışları

IV.5.1.1. Mekanik Özellikleri

Kıvrımsız kumaşların (NCF) temel mekanik özellikleri eşdeğer hacim oranına sahip dokuma şerit takviyeli malzemelerden daha üstündür. Örneğin; Hogg ve arkadaşları hacim oranı % 33 olan, iki eksenli cam takviyeli poliester NCF' nin Young modülü ve gerilme dayanımını sırasıyla 21 GPa ve 264 MPa olarak bulmuşlardır. Bu değerler eşdeğer hacim oranına sahip düz dokuma takviyeli kompozit

malzemeye kıyasla % 13-20 daha yüksek değerlerdir. Dokuma takviyeli kompozitlere kıyasla özelliklerin geliştirilmesi Godbehere ve arkadaşlarının çalışmasında ele alınmaktadır. Karbon lifi takviyeli NCF epoksi reçinesi ve eşdeğer tek yönlü laminatlar test edilmiştir. Tüm kompozitler 0/±45 yerleşimine sahiptir. NCF laminantlar tek-yönlü laminantlara kıyasla daha zayıf özelliklere sahip olmasına rağmen 0° yönündeki azalma düşük olmuştur. (% 7'den düşük). Örneğin; tek yönlü laminant' ın Young modülü ve gerilme mukavemeti sırasıyla 58 GPa ve 756 MPa , NCF' nin ise 56 GPa ve 748 MPa bulunmuştur **[T].**

Kıvrımsız kumaşlarda kalınlık boyunca takviyede elde edilen artışlar bazı yazarlar tarafından ele alınmıştır. Örneğin; Backhouse ve arkadaşları poliester dikişli 0/±45 karbon lifi NCF ile eşdeğer karbon lifi/epoksi takviyeli laminantlara delaminasyon kolaylığını incelemiştir. Delaminasyonu nitelleştirebilmek için kullanılan ölçülmüş parametrelerde, NCF kompozitler için tek yönlü kompozitlere göre bazıları % 140'a varan büyük artışlar görülmüştür **[4].**

IV.5.1.2. Zarar Oluşumu

Bir NCF takviyeli kompozitin her katmanındaki liflerin paralel olduğu gerçeğine dayanarak zarar oluşum davranışı eşdeğer tek yönlü laminantlara çok benzemektedir. Hogg ve arkadaşları iki eksenli cam NCF içindeki matris çatlaklarının 90° çapraz katlı tekyönlü laminantlara çok benzediğini bulmuştur. Bununla birlikte, tek-yönlü laminantlarda benzerleri mevcut olmayan örme iplikleri yüzünden mikro yapısal özellikler mevcuttur. Lif hacimsel oranındaki bölgesel varyasyonlar, reçinesi zengin bölgeler ve yanlış lif dizilişleri önemli farklar yaratmaktadır. İki eksenel takviyeli NCF' ler de, örneğin; çapraz çatlaklar genelde örme ipliğinin iç ilmekleri nin çapraz katı kestiği noktalarda oluşmaktadır **[4].**

IV.5.2. Kıvrımsız Kumaşların Analizi

NCF kompozitler düzlem içi analizlerinin yapılabilmesi için gerekli olan tek yönlü malzemelere benzeme şartına yeteri derecede-uymaktadırlar. Bununla birlikte, imalat amaçlı olarak ve mekanik özeliklerin tahmini için NCF esaslı kompozitlerin üçboyutlu yapısının ayrıntılı modelleri geliştirilmektedir**[4].**

1990' larda dünya çapında kompozitlerle ilgilenenler, tekstil esaslı kompozitlerin birçok alanda kompozitler için yeni uygulama alanları yaratacaklarına inanmaktaydı. Birçok yeni tekstil takviyeli kompozit

geliştirilmekte/incelenmekte veya üretilmektedir. Tekstil takviye malzemeleri kompozit malzemeler için dünya çapında yeni ve önemli fırsatlar sunmaktadır **[4].**

BÖLÜM V

KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN LİFLER

V.1. YÜKSEK PERFORMANSLI ANORGANİK LİFLER

Karbonun hidrojene ve muhtemelen diğer elementlere de bağlandığı organik kimyasal ünitelerden oluşan herhangi bir lif 500 °C civarında bozuşmuş olacaktır ve önemli ölçüde daha düşük sıcaklıklarda uzun periyotlu stabilitesini sürdüremeyecektir. Bu nedenle yüksek sıcaklıklarda kullanım için, anorganik liflere ve esasen karbondan meydana gelen liflere dönmek gerekmektedir **[4].**

Cam, amyant (asbest) ve daha sonra çıkan karbon iyi bilinen üç anorganik liftir ve bunlar sahip oldukları eşsiz özellikleri nedeniyle geniş çapta kullanılmışlardır. Camın bir lif olarak kullanılması eski Suriye ve Mısır medeniyetlerine kadar uzanmaktadır ve buralarda giysilerin yapımında kullanılmışlardır. Ancak bu liflerin taşıdıkları çok yüksek modül ve sertlik özelliği, bunların oldukça kırılgan olduğu ve kolayca zarar görebileceği anlamına gelmektedir. Bu nedenle bunlar liflerin tamamen koruma altına alındığı matris formları içinde yer alacak şekilde kullanılmaktadırlar. Epoksi reçineleri, poliester ve diğer polimerler ile tutkal, genel olarak hem korumak, hem de ilave mukavemetten yararlanmak için kullanılır. Cam katkılı bot ve otomobil gövdeleri gibi iki kompozit uygulama alanı, ağırlığı ve maliyeti azaltmaktadır, ayrıca klasik malzemelerle bağlantılı olan, metalin paslanması ve ağacın çürümesi gibi sorunlar ortadan kalkmaktadır. Isıya karşı iyi dirençleri ve çok yüksek erime noktaları da bunların efektif bir yalıtım malzemesi olarak kullanımına olanak sağlamaktadır**[4].**

Amyant, doğal olarak bazı kayalarda bulunan kristalin silikatların bir çeşidinin jenerik ismidir. Ekstrakte edilen lifler, incelik, mukavemet, fleksibilite özellikleri bakımından tekstil liflerine benzemektedir. Ancak burada daha önemli olan nokta bunların klasik liflerden farklı olarak 550 °C civarındaki yüksek bozuşma sıcaklığı ile ısıya karşı iyi bir direnç sağlanmaktadır. Bunların bir takviye malzemesi olarak kullanımına Finlandiya' da çamurdan yapılmış tarih öncesi yıllara ait pişirme kaplarında rastlanmıştır. Geçtiğimiz dönemlerde bunlar, geniş çapta çimento tabakaları, borular, plastikler ve aynı zamanda ısı yalıtıcılar gibi kırılgan matrisleri takviye etmede kullanılmışlardır. Ancak bunların kanserojen tehlikelerinin ortaya çıkarılması ile kullanımları gittikçe azalmıştır ve bunların yerini alacak alternatif lifler geliştirilmiştir **[4].**

Yüksek saflıkta, pirolize akrilik esaslı lifler, karbon lifleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Yabancı maddelerin uzaklaştırılmasıyla karbon miktarı artırılır ve bu liflerde mukavemet düşüklüğüne yol açan grafit kristallerin büyümesi ve çekirdek oluşumu engellenir. Farklı yapıları ile karbon lifleri aynı zamanda yukarıda ifade edildiği gibi sıvı kristalin mezofaz eriyikten de elde edilebilmektedirler. PAN esaslı liflerdeki grafit düzlemler lif eksenine mezofaz eriyikten elde edilen karbon liflerinde olduğu gibi dik değil, paralel olarak yerleşmişlerdir. Düşük uzayabilir iplikleri ile kombine edilmiş yüksek mukavemet ve modülleri, bunların kompozit olarak epoksi veya eriyikten çekilebilir aromatik reçinelerle birlikte en iyi şekilde kullanılabileceği anlamına gelmektedir **[4].**

Ekstrem koşullar altında dahi daha iyi bir performans için savunma ve havacılık sanayindeki artan talepler yirminci yüzyılın son çeyreği içerisinde, yeni ve oldukça pahalı olan metal oksit, bor ve silikon esaslı liflere yol açmıştır. Bunlar genellikle seramik lifleri olarak ifade edilirler ve burada özet bir şekilde tartışılacaklardır **[4].**

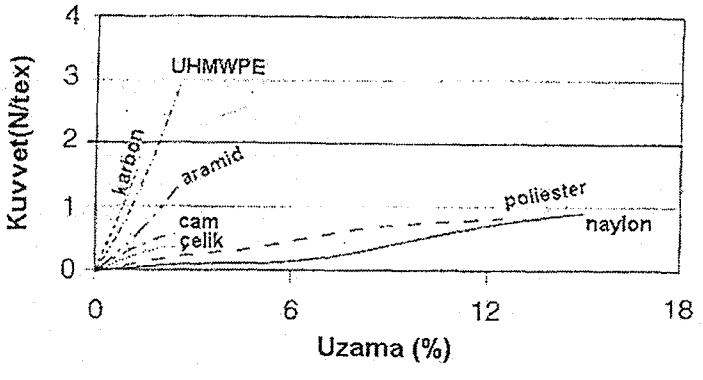
Alüminyum silikat bileşiği alüminyum oksit ($Al_2 O_3$) ve silisyumdioksit ($Si O_2$) karışımından meydana gelmektedir. Bunun direnci, iki oksidin karışım oranına bağlıdır. Yüksek alüminyum oksit miktarı sıcaklık toleransını en düşük 1250 °C' dan maksimum 1400 °C' a kadar artırır. Bununla birlikte, yüksek sıcaklık dayanımına rağmen, bu lifler yüksek sıcaklıklarda büzüşme eğilimi gösterdikleri için, yüksek derecede germelerin söz konusu olduğu uygulamalarda kullanılamazlar. Belli başlı uygulama alanları ocakların izolasyonu ve sürtünme yapan materyallerde alüminyumun yerini alması, contalar ve paketleme malzemeleridir. Hem alüminyum

oksit veya alüminyum ve hem de silikon oksit veya silika lifleri de üretilmektedir. Saf bor lifleri çok kırılgandır. Fakat bunlar bir tungsten veya karbon öz üzerine kaplanabilirler. Komplike üretim prosesi hayli pahalı olmalarına yol açmaktadır. Başlıca kullanım alanları, raketler ve uçak parçalan gibi hafif ağırlıkta, yüksek mukavemetli ve yüksek modülü) kompozitlerdir. Bor liflerinin kullanımları, kalınlıkları (-16μ), metal matrislerdeki nispeten düşük stabiliteleri, ve artan sıcaklık ile birlikte tedricen azalan mukavemetleri nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Bornitrür (BN) ise, esasen hem elektriksel izolatör, hem de termal iletken olarak davrandıkları için elektronik sanayinde kullanılmaktadır **[4].**

Silikon karbürün (Si C) en fazla göze çarpan özelliği, mekanik özelliklerinden çok az bir kayıp ile 1800 °C' a kadar yükseltgen koşullarda fonksiyon yeteneğinin bulunmasıdır. Silikon karbür yüksek sıcaklıklarda oksidasyona karşı daha büyük dayanımı, yüksek sıkıştırıcı kuvveti ve daha iyi elektriksel direnci ile karbon liflerini geçmektedir. Karbon içeren Si C lifleri, daha iyi elektriksel iletkenlik kazanına uğruna, bazı mukavemet özelliklerini kaybetmektedir **[4].**

Sonuç olarak, buraya kadar ifade edilen anorganik liflerin birçoğu şimdi mikro kristalin formunda üretilmektedir ve normal tekstil lifi formunda değildir. Bunlar çok iyi mekanik özelliklere sahiptir ve kopma mukavemetleri genellikle çoğu takviye liflerinin üç, dört katı kadardır. Mamafih bunların üretimleri pahalıdır ve kompozit yapılarının içine dahil edilmeleri hem zor hem de hantallık vericidir. **Grafik V.1.** tartışılan liflerin belirli sınırlar içindeki kuvvet/uzama değerlerini göstermekledir **[4].**

Grafik V.1: Liflerin belirli sınırlar içindeki kuvvet/uzama değerleri[4].



V.2. TEKNİK TEKSTİL ÜRETİMİNDE KULLANILAN FİLAMENT TEKNİK İPLİKLER

V.2.1. Aramid Filament İplikleri

Aramid lifi, lifi oluşturan maddenin amid bağlarının en azından % 85' inin doğrudan doğruya iki aromatik bileziğe bağlandığı uzun zincirli bir poliamid lifidir. Nomex ve Kevlar DuPont' a ait olan ve en iyi bilinen iki aramid lifinin ticari isimleridir. Aramid lifleri yüksek mukavemetlidir ve yüksek sıcaklığa, birçok kimyasallara ve germeye karşı dirençlidirler. Kevlar aramid nispeten düşük ağırlığı ve zarar görmeye ve yorulmaya karşı direnci ile iyi tanınmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, Kevlar 29 geniş çapta kullanılmaktadır ve kurşun geçirmez ürünler için kabul görmüştür. Öte yandan Kevlar 49 yüksek tenasiteye sahiptir ve uçak parçaları ve bot imalatına yönelik malzemeler dahil olmak üzere birçok kompozitler' in imalatında güçlendirme materyali olarak kullanılmaktadır. Nomex aramid ise ısıya karşı dirençlidir ve itfaiyeci giysileri ile buna benzer alanlarda kullanılmaktadır **[4].**

Aramid iplikleri cam ve kevlar gibi diğer yüksek performanslı benzerlerinden daha esnektir ve böylece dokuma, örme veya saç Örgü şeklindeki kumaş yapım proseslerinde daha kolay bir şekilde kullanılabilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus, aramid ipliklerinin klasik tekstil ipliklerinden daha mukavim ve daha fazla uzayabilir olmalarına rağmen kumaş üretim işlemlerini zorlaştırabilecekleridir **[4].**

V.2.2. Cam Filament İplikleri

Cam yanmayan bir (tekstil lifidir ve çok yüksek bir tenasiteye de sahiptir. Bu lif güç tutuşurluk gereken uygulamalarda kullanılmıştır ve genellikle de binaların izolasyon işlerinde kullanılır. Sahip olduğu özellikleri ve düşük maliyetleri nedeniyle cam lifleri büyük ölçüde kompozitlerin takviyelerinin imalatında kullanılır. E-cam, C-cam ve S-cam gibi farklı tipte cam lifleri bulunmaktadır. E-cam lifleri neme karşı büyük bir dirence sahiptir ve aynı zamanda yüksek bir elektrik ve ısı direnci de bulunmaktadır. Bu genellikle dokuma kumaş formundaki cam takviyeli plastiklerde kullanılır. C-cam ise hem asitler hem de alkaliler olmak üzere kimyasallara direnci ile bilinmektedir. Bu tür direnç gerektiren kimyasal filtrasyon çalışmalarında geniş çaplı olarak kullanılırlar. S- cam lifi de yüksek mukavemetlidir ve kompozit imalatında kullanılır **[4].**

Cam filament iplikleri klasik tekstil İplikleri ile karşılaştırıldıklarında kırılgandırlar. Cam liflerinin özgül bükülme rijitlikleri 0.89 $mNmm^2 tex^{-2}$ ile yün liflerinden 4.5 defa daha fazla rijittirler. Sonuç olarak cam lifleri tekstil işlemleri sırasında kolayca kırılabilirler. Bu nedenle lifler arasındaki sürtünmeyi minimize etmek ve lif demetini bir arada tutmak için uygun bir haşıllaşmanın yapılması germektedir. Dekstrin, jelatin, polivinil alkol, hidrojenize bitkisel yağlar ve noniyonik deterjanlar genelde kullanılan haşıl maddeleridir **[4]**.

Cam (lifleri ile işlem yapılırken cildin tahriş olmasını engellemek ve cam liflerini solumamak için koruyucu giysi ve maske kullanılmalıdır **[4]**.

V.2.3. Karbon Filament İplikleri

Karbon lifleri genellikle rayon ve akrilik gibi öncü liflerden yapılmaktadır. Akrilik lifini karbona dönüştürürken üç aşamalı bir ısıtma prosesi kullanılmaktadır. Başlangıç aşaması akrilik liflerinin okside koşullar altında 200 - 300 $^0C'$ a kadar ısıtıldığı oksidatif stabilizasyondur. İkinci aşama ise okside edilmiş liflerin inert bir atmosfer içinde 1000 °C civarında ısıtıldığı korbonizasyon aşamasıdır. Sonuç olarak hidrojen ve nitrojen atomları okside edilmiş liften atılmış olur ve oryante edilmiş fibriller şeklinde yerleşmiş hegzagonal bilezikler formunda karbon atomları kalır. Son aşama ise grafitleştirme prosesidir. Burada karbonize edilmiş filamentler tekrar ineri bir atmosferde 3000 °C sıcaklığa kadar ısıtılır. Grafitleştirme, bir kristalin tabaka yapısında organize olmuş karbon atomlarının düzgün bir şekilde yerleşimini artırmaktadır. Bu tabakalar, yüksek modüllü liflerin üretimlerinde önemli bir faktör olan lif ekseni doğrultusunda iyi bir şekilde oryante olmaktadır **[4]**.

Cam lifleri gibi karbon liflerinin de çoğu kırılgandır. İşlenebilirliği iyileştirmek ve liflerin bir arada tutulmasını sağlamak için haşıl kullanılır. Çalışan kişileri cild tahrişine ve kısa lifleri solumaya karşı korumanın yanında, karbon lifleri iletken oldukları için makinelerin ve elektrik-elektronik donanımlarının korunması hususuna da dikkat edilmelidir **[4]**.

V.2.4. HDPE Filament İplikleri

HDPE yüksek yoğunluklu polietilen (high density polyethylene) anlamına gelmektedir. Çok sağlam polietilen liflerinin yapımı için temel teori 1930'larda mevcut olmasına rağmen, yüksek performanslı polietilen liflerin ticari hayata geçmesi son zamanlara kadar mümkün olmamıştır. Spectra, Dyneema ve Tekmilon

en iyi tanınan HDPE liflerinin arasındadır. Jel çekim prosesi HDPE liflerinin üretimi için kullanılmaktadır. Çok yüksek molekül ağırlıklı polietilen başlangıç malzemesi olarak kullanılmaktadır. Jel çekim prosesinde moleküller bir solvent içinde çözünmektedir ve bir düze vasıtası ile lif çekilmektedir. Çözelti içinde kan halde kümeler oluşturan moleküller serbest vaziyette kalırlar ve filament'i oluşturmak için çözelti soğutulduktan sonra bu durumlarını muhafaza ederler. Lif eldesinden sonra uygulanan gerdirme prosesi filament içinde çok yüksek bir makro moleküler oryantasyon sağlar ve bu da yüksek bir tenasite ve modül sağlar. Örneğin Dyneema lifi % 95'den daha fazla paralel oryantasyonu ve % 85'e kadar yüksek kristallik seviyesi ile karakterize edilmektedir. Bu da HDPE liflerine eşsiz özelliklerini vermektedir. Bu tip liflerin en ilgi çekici Özellikleri şunlardır: (I) çok yüksek tenasite, (2) çok yüksek spesifik modül, (3) düşük uzama, (4) sudan daha düşük lif yoğunluğu **[4].**

HDPE lifleri farklı uygulamalar için farklı derecelerde yapılırlar. Örneğin Dyneema SK.60, SK. 65 ve SK 66 tiplerinde yapılır. Dyneema S K 60 çok amaçlı derecedir. Bu lif halatlar ve kortlar, koruyucu giysiler ve çarpmaya dayanıklı kompozitlerin takviyesinde kullanılır. Dyneema SK65, SK60'dan daha yüksek bir tenasite ve modüle sahiptir. Bu lif yüksek performansa ihtiyaç duyulduğunda ve maksimum ağırlık tasarrufu istenildiğinde kullanılır. Dyneema SK66 özellikle balistik koruma için tasarlanmıştır. Bu lif ultrasonik hızlarda en yüksek enerji absorbsiyonunu sağlamaktadır. **Tablo V.1.** de yukarıda ifade edilen filament ipliklerin özelliklerini çelik ile karşılaştırmaktadır **[4].**

Tablo V.1. Filament İplik Özelliklerinin Karşılaştırılması [4].

İplikler	Yoğunluk (g cm^{3})	Mukavemet (GPa)	Modül (GPa)	Uzama (%)
Aramid-normal	1.44	2.9	60	3.6
Aramid-kompozit	1.45	2.9	120	1.9
Aramid-balistik	1.44	3.3	75	3.6
E cam	2.60	3.5	72	4.8
S-cam	2.50	4.6	86	5.2
Karbon HS	1.78	3.4	240	1.4
Karbon HM	1.85	2.3	390	0.5
Dyneema SK60	0.97	2.7	89	3.5
Dyneema SK65	0.97	3.0	95	3.6
Dyneema SK66	0.97	3.2	99	3.7
Çelik	7.86	1.77	200	1.1

V.2.5. Diğer Teknik Filament İplikler

Teknik uygulamalar için geliştirilmiş ve aralarında PTFE, PBI, ve PBO lifleri de bulunan çok sayıda yüksek performanslı lif bulunmaktadır. PTFE (politetrafloretilen) liflen eşsiz bir kimyasal ve sıcaklık direnci sağlamaktadır. PTFE (politetrafloretilen) liflen eşsiz bir kimyasal ve sıcaklık direnci sağlamaktadır. PTFE lifleri kimyasal olarak İnert olduklarından aşırı derecede yüksek sıcaklıklara ve kimyasal ortamlara dayanım gösterebilmektedirler. Tüm lifler içerisinde en düşük olduğu İfade edilen sürtünme katsayısı, düşük bağıl hızların bulunduğu ağır yüklü yataklar gibi uygulamalarda bunların kullanımını uygun hale getirmektedir **[4].**

PBI (polibenzimidazol) lif oluşturan maddesi uzun zincirli bir aromatik polimer olan bir yapay liftir. Bu lif mükemmel bir ısı direncine, iyi bir tutuma sahiptir ve yüksek nem alma özelliği vardır. Bu nedenlerden dolayı PBI lifleri İtfaiyeciler, yakıt işçileri, kaynakçılar, astronotlar ve otomobil yarışçıları için ısıya dayanıklı giysilerde kullanım için idealdir **[4].**

Tablo V.2. Yüksek Performanslı Lifler [4].

İplikler	Yoğunluk ($g\ cm^{-3}$)	Dayanım (mN tex^{-1})	Uzama (%)	Nem Tutma
PTFE	2.1	0.9-2.0	19-140	0
PBI	1.43	2.6-3.0	25-30	15
PBO	1.54	42	2.5-3.5	0.6-2.0

PBO (polyphenylenebcnzobisoxazolc) yüksek performanslı organik lifler piyasasındaki başka bir yeni üründür. Toyobo tarafından üretilen Zylon lifleri üretimde bulunan tek PBO lifidir. PBO lifi mükemmel termal Özelliklere sahiptir ve klasik para-amid liflerinin iki katı mukavemete sahiptir. Modül değeri bu lifi kompozit takviyesi için mükemmel bir malzeme durumuna getirmektedir. Düşük LOI değeri PBO' yu meta-aramid liflerinden iki kat daha güç tutuşur yapmaktadır. Bunlar aynı zamanda balistik yelekler ve miğferler için de kullanılabilmektedirler. **Tablo V.2.** bu liflerin bazı özelliklerini vermektedir **[4].**

BÖLÜM VI

LİF TAKVİYELİ KOMPOZİT MALZEMELERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

VI.1. ÜRETİM TEKNİKLERİ

Lif takviyeli kompozit malzemeler, lif ve matrisin uygun özelliklerini tek bir malzemede toplamak amacıyla makro düzeyde birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Kompozit malzemeleri üretmek için aşağıdaki faktörlerin yerine getirilmesi gerekir:

- Liflerin eşit aralıklı ve homojen bir dağılım göstermesi,
- Yüksek dayanımlı lifler mekanik temaslara karşı hassas olduğundan liflerin kırılmasının önlenmesi,
- Lif ve matris arasında kuvvetli bir ara yüzey bağının oluşturulması vb.dir **[15]**.

Lif takviyeli kompozit malzeme türleri çok farklı olduğundan ve değişik biçimlerdeki parçaların üretiminde kullanıldıklarından, birbirinden farklı, çok sayıda üretim yöntemi mevcuttur **[16]**.

Bu yöntemler, lif takviyeli plastik ve metal malzemelerin üretimi olarak iki ana başlıkta incelenebilir **[16]**.

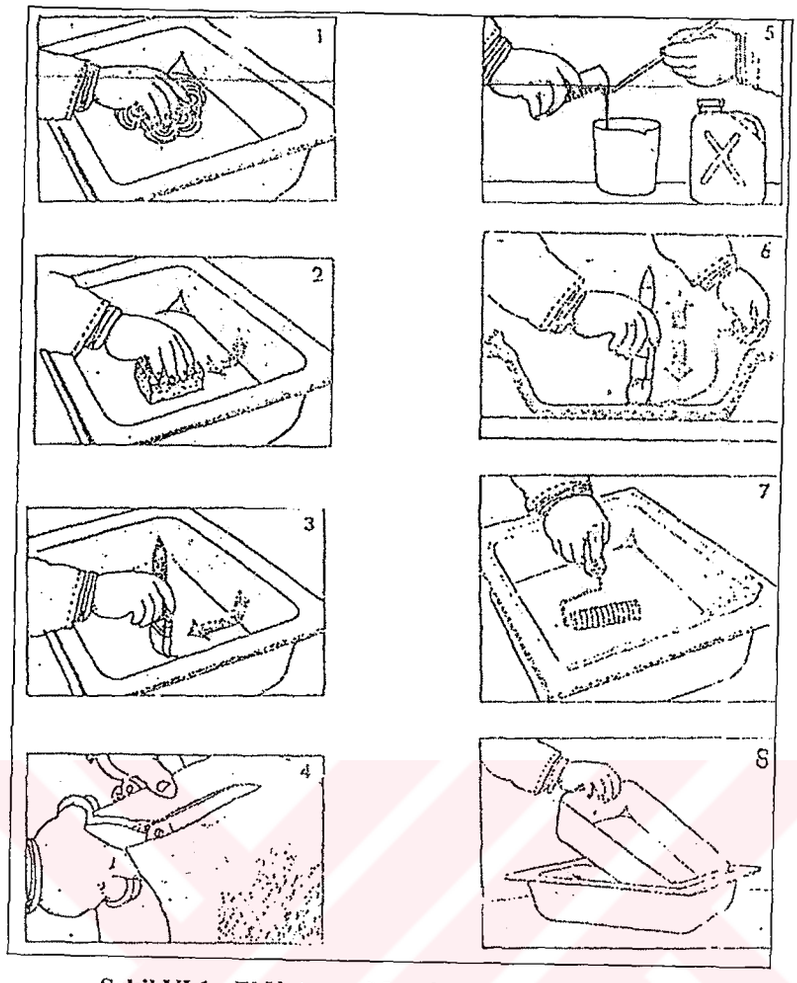
VI.1.1. El Yatırma Metodu

Dokuma veya kırpılmış liflerle hazırlanmış takviye kumaşları hazırlanmış olan kalıp üzerine elle yatırılarak üzerine sıvı reçine lif katmanlarına emdirilir. Lifler yatırılmadan önce kalıp temizlenerek jelkot sürülür. Jelkot sertleştikten sonra elyaf katları yatırılır. Reçine ise kompozit malzemenin hazır olması için en son sürülür Bu işlemde elyaf kumaşına reçinenin iyi nüfuz etmesi önemlidir. El yatırma tekniğinde en çok kullanılan polyester ve epoksi'nin yanı sıra vinil ester ve fenolik reçineler de tercih edilmektedir. Elle yatırma yoğun işçilik gerektirmesine rağmen düşük

sayıdaki üretimler için çok uygundur.Lif takviyeli plastiklerin (özellikle cam elyaf takviyeli plastik-CTP üretiminde kullanılan en eski ve en basit tekniklerden biridir.) **[18].**

Genellikle keçe, örgü, dokuma biçimindeki elyaflar bu yöntemde takviye elemanı olarak seçilir. Fakat ek dayanım ve elastik modülü kazandırmak için belirli konumlarda dokuma biçimindeki lifler yanında sürekli cam ve karbon elyaf da yerleştirilir **[15].**

Bu metotta önce açık bir kalıp hazırlanır. Kalıp reçine ile kaplanılmadan önce kalıptan parça ayrılmasını sağlamak için polivinil alkol, silikon ve madeni yağlar gibi maddeler sürülür. Sonra viskozitesi yüksek reçine fırçayla kalıp içine yatırılır. Daha sonra lif demeti hazırlanarak dolgu maddeli reçine lifler üzerine emdirilir. Bu şekilde istenilen yön, doğrultuda ve hacim oranlarında arzulanan kalınlığa ulaşılıncaya kadar işlem devam ettirilir. Ancak işlem sırasında hava kabarcıklarını yok etmek için rulolar kullanılarak kompozit malzeme kalıptan dışarı çıkartılır. Bu işlemde reçine olarak oda sıcaklığında sertleşen genel amaçlı poliesterler ve belli epoksiler de kullanılmaktadır. Tutuşma tehlikesini engellemek, ağırlığı arttırmak veya görünüm gibi nedenlerle reçineye değişik dolgu maddeleri katılabilir. Bazı durumlarda tam sertleşme için ek bir ısıl işlem gerekebilir. Poliester reçineleri ucuzlukları, geniş kullanım alanları ve çalışma kolaylıkları nedeniyle çok kullanılırlar. Daha pahalı olan epoksi reçineleri ise boyutsal kararlılığın, yüksek mukavemetin önem kazandığı uygulamalarda tercih edilir **[16].**



Şekil VI.1 : El Yatırma Metodunun Aşamaları [16].

El yatırma metodunun aşamaları ;

1) Kalıp silindikten sonra birinci kalıp ayırıcı olarak vaks sürülür.
2) Sünger ile ikinci kalıp ayırıcı polivinil alkol uygulanır.
3) Fırça ile viskozitesi yüksek reçine (jelkot) sürülür.
4) Takviye olarak kullanılacak elyaf hazırlanır.
5) Reçine hazırlanarak katkılan karıştırılır.
6) Jelkot üzerine reçine sürüldükten sonra keçe yerleştirilir ve fırça darbeleri ile reçine keçeye emdirilir.
7) Rulolanarak hava kabarcıkları giderilir.
8) İşlem istenilen kalınlığa kadar devam ettirilerek sertleşme beklenir ve ürün kalıptan çıkarılır **[16].**

Bu yöntem vakum altında da yapılabilir. Harita ve benzeri ince kabartmaların üretiminde parçanın sert alçıdan bir modeli hazırlanır. Erkek kalıp şeklindeki bu model parçanın kalıplanmasında kullanılır. Parçanın üst yüzeyine esnek bir örtü tabakası serilir ve vakum yapılarak bu tabakanın yüzeye baskı yapması sağlanır. Kalıp üretiminde balmumu, kil, tahta, metal, kağıt ve plastik gibi değişik malzemeler kullanılır **[15].**

Bu en basit metot olup takımlama maliyeti düşüktür. Bundan dolayı değişik ölçüdeki parçalar yanında tasarım değişiklikleri kolaylıkla yapılabilir. Kalıp tek veya çok parçalı olabilir ve bitmiş yüzeyi iyileştirmek için vakumda torbalama, basınçlı torbalama vb. metotlar uygulanabilir **[15].**

Bu işlemde lif dağılımının düzensiz olduğu kalınlıktaki değişmeler nedeniyle düşük kalitede parçalar üretilir. Ancak basit aletler kullanıldığından yatırım maliyeti düşük ve genellikle prototip veya model gibi az sayıda parça üretimi istendiğinden tercih edilir. Kullanılan lif hacim oranı da sınırı, olup yaklaşık % 30 civarındadır. Ancak lif hacim oranı ön gömülmüş (prepreg) lif kullanılarak arttırılabilir. Bu durum malzeme özelliklerinin çok önemli olduğu yerlerde tercih edilir **[18].**

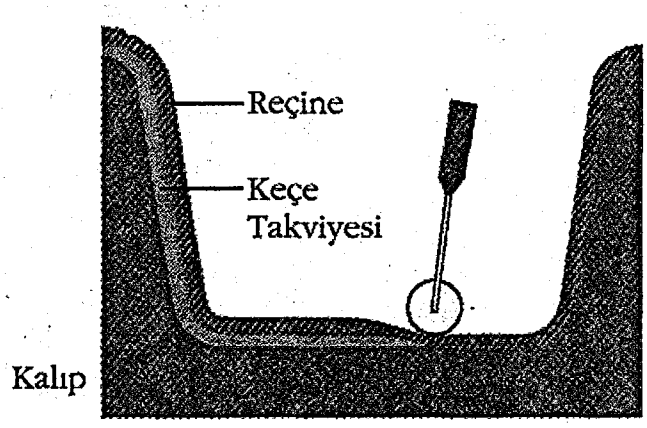
Prepregler (ön gömülmüş), sertleşmiş reçine içine düzenlenerek gömülmüş liflerdir. İstenilen geometrilerde üst üste yerleştirildikten sonra ısıl ve mekanik etkilerle reçinenin tam sertleşmesi sağlanır. Bant ya da dokuma şeklindedirler. Bor lif, sadece tek yönlü prepreg olarak üretilir. Dokumaların yatırılması daha kolay olmasına rağmen dayanımları düşüktür. Prepreglerin geliştirilmesi ile 1970'lerden sonra otomatik yerleştirme makineleri kullanılmaya başlanmıştır. Prepregler uçak ve uzay sanayi gibi malzeme özelliklerinin belirli sınırlar içinde kalmasının çok önemli olduğu durumlarda tercih edilir ama maliyetleri oldukça yüksektir **[16].**

Prepreglerin başlıca avantajları şunlardır:

- Reçine, life en uygun şekilde seçilmiştir.
- Parça üretilen atölyede değişik reçine ve sertleştiricilerin stoklanmasına gerek yoktur.
- Karmaşık biçimlerin elde edilmesi kolaydır.
- Otomatik makinelere yerleştirme yapılabilir.
- Mamul özelliklerinden sapmalar çok azdır **[16].**

Poliester ve epoksi matrisli kompozitlerin elle kalıplama tekniği ile üretimlerinde krom ve silan bileşikleri ile yüzey işlemleri uygulanmış fitil, fitil dokumaları, keçe kumaş, şerit veya tül şeklinde cam esaslı pekiştiriciler kullanılır.

Elle kalıplanan cam takviyeli poliester ve epoksi örnek olarak sandallar, radar kılıfları, borular , tanklar, bina panelleri, sandık, korozyona dayanıklı teçhizatlar, otomobil parçaları, düz ve oluklu levhalar gösterilebilir **[15].**



Şekil VI.2 : El Yatırma Metoduyla Yapılmış Cam Lifi Takviyeli Malzemelere Örnek [14].

VI.1.2. Torba Kalıplama Metodu

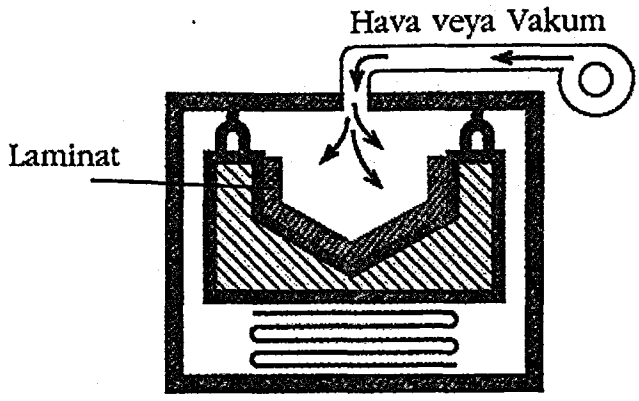
Torbalı kalıplama termoset reçine ile empregne edilmiş pekiştirici dokumaların kalıplanmasında kullanılan bir tekniktir. Ön emprenyeli tabakalar açık bir kalıba yerleştirilip esnek bir diyaframla (torba) örüldükten sonra basınç ve sıcaklığın etkisiyle sistem sertleşmesi sağlanır. Torbalı kalıplama üç şekilde yapılabilir **[19].**

1. Vakumlu torba kalıplama
2. Otoklavda torba kalıplama
3. Basınçlı torba kalıplama

Bu teknikler arasında en çok kullanılan vakumlu torba kalıplaması ve otoklav da torba kalıplaması olup uygulanan işlemler her ikisinde de benzerdir **[19].**

VI.1.2.1. Basınçlı Torba Kalıplaması

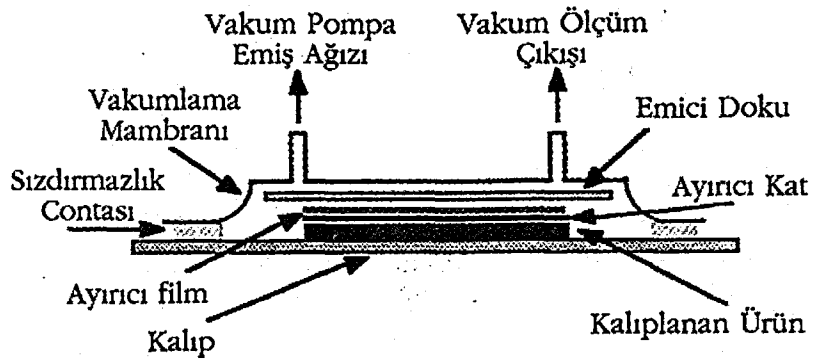
Basınçlı torba kalıplaması şekil 4.6 da şematik olarak gösterilmiştir. Tabakalama işlemi elle kalıplama tekniğine benzer şekilde yapılır. Belirli boyutlarda kesilen ön emprenyeli pekiştiriciler tabakalar jel kaplaması yapılmış kalıp yüzeyine istenilen kalınlığa ulaşıncaya kadar yatırılır. Üst tabaka yüzeyi selefonla örtülüp kalıp kapağı kapatılır. Kapağa bağlı olan lastik torba hava veya buhar basıncı ile şişirildiğinde tabakalara yaklaşık 2 kg/cm^2 değerinde bir basınç uygulanır. Bu basıncın etkisiyle tabakalar arasında sıkışan hava ve fazla reçine dışarı atılır, tabakaların birbiri ile teması ve reçinenin setleşmesi sağlanır **[19].**



Şekil VI.3: Basınç Torba Kalıplama [14].

VI.1.2.2. Vakumlu Torba Kalıplama

Vakumlu torba kalıplaması elle kalıplamanın gelişmiş bir şeklidir. Büyük, karmaşık şekilli parçaların bu teknikle üretimi mümkündür. Kalıplamada ön emprenyeli pekiştiriciler kullanılabileceği gibi emprenyesit tabakalar üzerine reçinenin sürülmesiyle yaş kalıplama da yapılabilir. Yaş kalıplamada pekiştirici tabakalar üzerine termoset reçine sürüldükten sonra reçinenin tabakaları iyice ıslatması için 15 dakika kadar beklenir. Her bir tabakanın kalıba yerleştirilmesi sırasında yüzeyleri merdanelerle düzeltilir. İstenilen kalınlığa ulaştıktan sonra üst yüzey polivinil aklandan yapılmış torba ile örülür ve kenarları kapatılarak vakum sistemine bağlanır. Kalıplanmış parça daha sonra sertleştirme işlemi için bir fırına nakledilir. Kullanılan standart fırınlar 2.4 m yüksekliğinde 3.7 m genişliğinde ve 9 m uzunluğundadır. Isıtılmış gazların basınçlı sirkülasyonu ile fırın sıcaklığı 315 ^{0}C ye kadar çıkabilir. Oda sıcaklığı ile 315 ^{0}C arasındaki sıcaklık aralığı poliester, epoxy, fenolik, silikon ve polimid reçine kapasiteli ana vakum sistemi kalıplanan her parçaya ayrı ayrı vakum valfleri ile bağlanır. Kalıplanan parçalar ana vakum sistemine bağlandıktan sonra fırın sıcaklığı reçinenin sertleşme sıcaklığına ayarlanır ve belirli bir süre fırında tutulur. Uygulanan vakum, tabakalar üzerinde bir basınç etkisi doğurur, tabakalar arasındaki havanın ve fazla reçinenin dışarı çıkmasını sağlar **[19].**



Şekil VI.4: Vakum Torba Kalıplama [14].

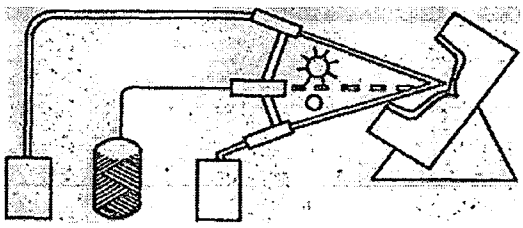
VI.1.2.3. Otoklav Torba Kalıplaması

Otoklavda torba kalıplaması ile vakumlu torba kalıplaması arasındaki tek fark sertleştirme işleminin fırın yerine otoklavda yapılmasıdır. Otoklavlar silindirik şekilde basınçlı kaplardır. Tipik boyutları 3.7 m çapında ve 17 m kadar uzunluğundadırlar. Otoklav sıcaklığı 175 ^{0}C ye kadar çıkabilir. Basınç hava ve/veya CO_2 gazı ile sağlanır. Sertleştirme basıncı 7 kg/cm^2 yi pek geçmez. Otoklavda kalıplamada tabakalar arasında sıkışan havayı ve diğer uçucuları dışarı çıkarmak için vakum uygulanır. Vakum ve otoklav basınçları aşırı bir reçine sızması meydana gelmeksizin sıkışan havayı maksimum ölçüde dışarı çıkaracak şekilde ayarlanabilir. Vakum genellikle sertleşmenin sadece ilk aşamasında uygulanır. Otoklav basıncı ise ısıtma ve soğutma süreçlerinde sürekli uygulanır **[19].**

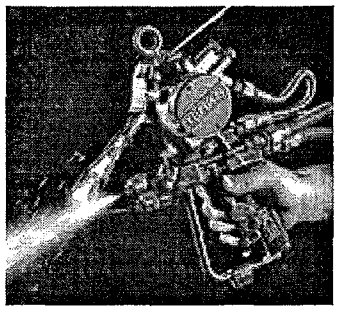
Parçanın kalıplanması vakumlu torba kalıplamasına benzer şekilde yapılır. Kalıplanan parçalar sertleştirme için otoklava yerleştirilir ve ana vakum sistemine bağlanır. Otoklav basıncı, sıcaklığı ve sertleşme süresi (otoklavda tutuma süresi) başlıca üretim değişkenleri olup reçine sistemine, kalıplanan parça kalınlığına bağlı olarak değişir**[19].**

VI.1.3. Püskürtme (Spray - up) Metodu

Püskürtme yöntemi elle yatırma yöntemini aletli şekli olarak kabul edilebilir. Kırpılmış lifler kalıp yüzeyine, içine sertleştirici katılmış reçine ile birlikte özel bir tabanca ile püskürtülür. Elyafın kırpılma işlemi tabanca üzerinde bulunan ve bağımsız çalışan bir kırpıcı sayesinde yapılır. Püskürtülme işlemi sonrası yüzeyin bir rulo ile düzeltilmesiyle ürün hazırlanmış olur **[15].**



Şekil VI.5 : Püskürtme Yöntemi [19].



Şekil VI.6 : Püskürtme Tabancası [17].

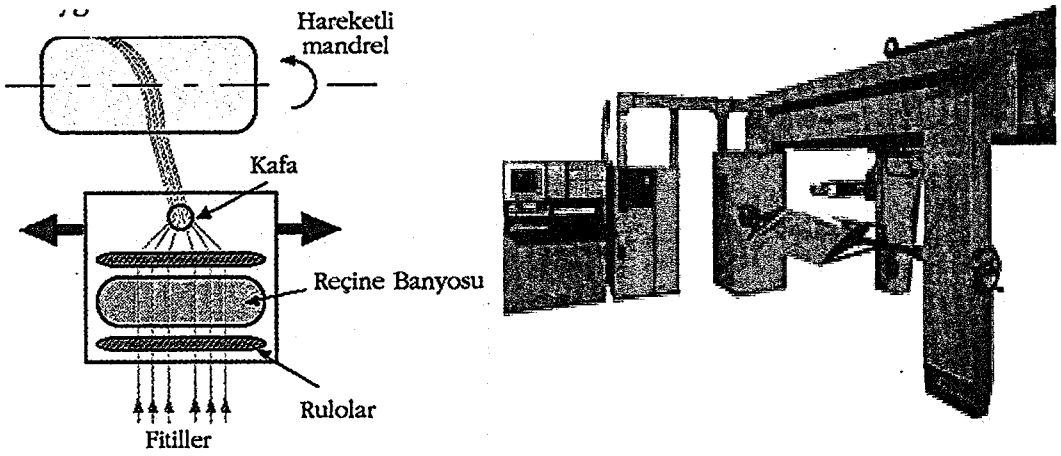
Açık kalıpta şekillendirme yöntemlerinden biri olan püskürtme tekniğinde; makaralardan çekilen sürekli fitiller kesici bıçakları olan püskürtme tabancasında kısa boylu fiberler halinde kesilip, reçine potasından çekilen termoset reçine ile birlikte açık kalıba püskürtülür. Püskürtme işlemi sırasında yapıda kalan havayı dışarı çıkartmak için kalıp yüzeyine el merdaneleri ile baskı uygulanır. Yüzey kalitesini geliştirmek için püskürtme işleminden önce kalıp yüzeyine jel kaplama tabakasının uygulanması mümkündür. Katılaşma genellikle oda sıcaklığında veya ısı kullanılarak hızlandırılabilir. Süreksiz lifle sağlanan mukavemet artışının yetersiz olması ve özgül dayanımın artması için örgü lifler da ilave edilebilir **[15].**

Püskürtme metodu, pekiştirilmiş termoset kompozitlerin üretiminde kullanılan basit, uygulaması kolay bir tekniktir. Bu metot parça karmaşıklığı fazla ise faydalıdır ve basit olması, maliyetinin düşük olması, taşınabilir aygıt ve parça boyutu sınırlamasının olmaması gibi özelliklerden dolayı avantajlıdır. Bu metotla üretilen botlar, otomobil ve kamyon parçaları, büyük paneller, mobilya değişik ev eşyaları, tanklar ve duş ünitesi örnek olarak gösterilebilir **[15].**

VI.1.4. Elyaf Sarma Metodu

Bu yöntem özel biçime sahip ürünlerin seri üretimine uygundur. Elyaf sarma yöntemi sürekli elyaf liflerinin reçine ile ıslatıldıktan sonra bir makaradan çekilerek dönen bir kalıp üzerine sarılmasıdır. Sürekli liflerin farklı açılarla kalıba sarılmasıyla farklı mekanik özelliklerde ürünler elde edilebilir. Yeterli sayıda elyaf

katının sarılmasından sonra ürün sertleşir. Ardından döner kalıp ayrılır. Bu yöntemle yapılan ürünler genellikle silindirik, borular, araba şaftları, uçak su tankları, yat direkleri, dairesel basınç tanklarıdır **[17].**



(a) (b)

Şekil VI.7 : (a) Elyaf sarma Makinesi [17], (b) Elyaf Sarma Makinesi Kesit Görünüşü [14].

Bu metotta sürekli elyaf, kalıbı oluşturan bir mandrel üzerine belirli açılarda sarılır. Bu sayede elyafın takviye yönünün zorlanmanın en yüksek olduğu doğrultular ile çakışması sağlanır. Sarma işlemi, beklenen işletme yüklerini karşılamak, elyafları uygun doğrultuda tutmak için tasarlanır **[15].**

Elyaf sarma tekniği kullanılan başlangıç malzemelerine göre üç şekilde gruplanabilir.

1. Yaş (ıslak) Sarma
2. Kuru Sarma
3. Çift Emprenyeleme (Emdirme) **[16].**

Yaş sarmada elyaf sarılmadan hemen önce reçineye daldırılır. Kuru sarmada, ön emprenyeli lifler yumuşatma fırınından geçirilerek veya doğrudan doğruya sıcak mandrel üzerine sarılırlar. Sarma sırasında liflere bir gergi kuvveti uygulanır. Çift emprenyeleme tekniğinde ise ön emprenyeli fitiller (kuru fitiller) mandrel üzerine sarıldıktan sonra yüzeylerine vakum ve basınç altında reçine sürülür. Bu teknik ancak küçük parçalara uygulanabilir **[15].**

Elyaf Sarma yöntemleri arasında en çok kullanılan yaş sarmadır. Diğer iki tekniğe göre uygulaması daha,basit ve daha ekonomik olan yaş sarmada reçine sisteminin belirli özelliklere sahip olması gerekir. Bunlar;

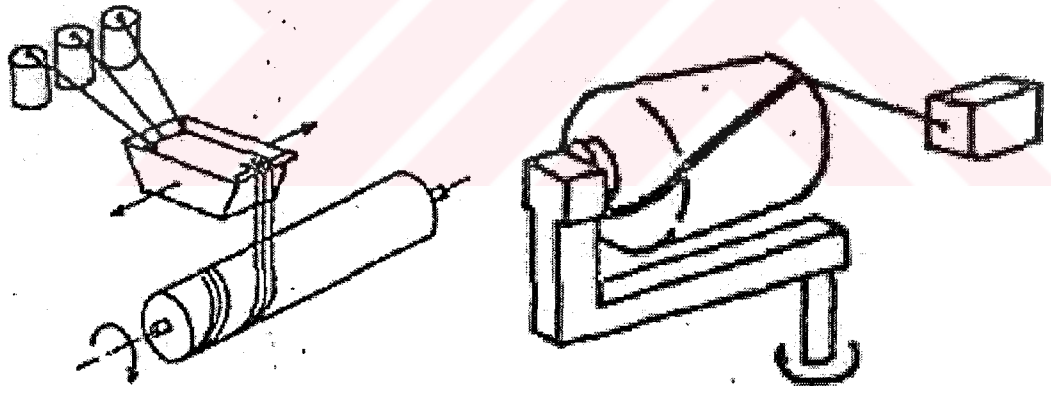
1. Sarılmış yapıda gazlaşmanın ve gaz kabarcıklarının oluşmaması için reçinedeki uçucu bileşiklerin oranı düşük olmalıdır. ,
2. Oda sıcaklığındaki viskozitesi pekiştiricileri tamamen ıslatıp aralarına girmesini sağlayacak uygunlukta olmalıdır.
3. Çalışma süresi (katalizlenmiş reçinenin işlem sırasında viskozitesini koruyabildiği süre) büyük parçaların tamamen emprenye edilmesini sağlayacak kadar uzun olmalıdır **[15].**

Kuru sarmada, kuru pekiştiricilerin kullanılması maliyeti arttırır. Ancak;

- Reçine - Pekiştirici oranlarının kontrol edilebilmesi,
- Kuru pekiştiricilerin kalite kontrolünün yapılabilmesi,
- Kalitenin parçadan parçaya değişmesi gibi avantajlar sağlar **[15].**

Bu yöntemde elyafın mandrel üzerine sarılması iki şekilde olabilir **[19];**

- Planet (kutupsal) sarma
- Helisel sarma



Şekil VI.8 : a) Islak Helisel Sarma (b) Planet(Kutupsal) Sarma [19].

Planet sarmada lifin beslendiği kafa mandrel etrafında döner, elyafın beslendiği araba ise ileri - geri hareket ederek lif helisel bir eğri boyunca sarılır **[19].**

Helisel sarmada ise lifler birbiri üzerinden geçer. İki ucu kapalı parçalarda ise kalıplar daha sonra içeriden çıkarılabilecek malzemelerden (örneğin sonradan çözündürülen sert tuz) yapılır **[16].**

Termoset reçineli kompozitlerin elyaf sarma tekniği ile üretilmesinde genellikle E ve S camından yapılan lifler, bor ve grafit lifleri kullanılır. Epoksi, doymamış poliester, silikonlar, fenolikler ve poliamid reçineleri de matris malzemesi olarak kullanılır **[16].**

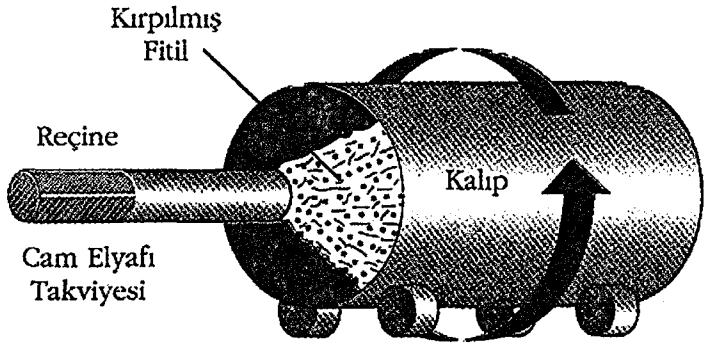
Elyaf sarma işleminden ve devamında reçine sertleştirildikten sonra mandrel çıkartılarak sertleşme ya oda sıcaklığında ya da yüksek ısıl sıcaklıkta tamamlanır. Elde edilen ürün genellikle bitirme işlemlerinin uygulanmasına ihtiyaç göstermez. Kapalı parçalarda ise kalıplar daha sonra içeriden çıkartılabilecek malzemelerden tasarlanmalıdır **[16].**

Bu yöntemde hızlı ve yeterli elyaf yerleştirilmesi özellikle bitişik tabakalar arasında fazla reçineli olan bölgelerin ve ceplerin oluşumunu minimize etmek çok önemlidir. Karmaşık geometrili parçalar için kompütür kontrollü çok eksenli tamburlara gereksinim vardır. Üretim maliyeti yine bu kompütürlerin kullanımına bağlı olarak değişmektedir. Tasarımcı, tabakalı yapıların özelliklerini hesaplamak, verimliliği arttırmak ve daha sonra otomatikleştirilmiş sarma makinelerinde bilgisayarla tasarlayarak kontrol edebilir. Karmaşık şekilli parçaların üretimi için eklemeli ön şekilli parçalar kullanılabilir **[15].**

Diğer metotlara göre lif hacim oranı daha yüksek olan bu metotla uzun pervaneler, depo, şaft, roket gövdeleri ve boru gibi silindirik şekilli parçalar üretilebilir **[15].**

VI.1.5. Savurma (Santrifüj) Metodu

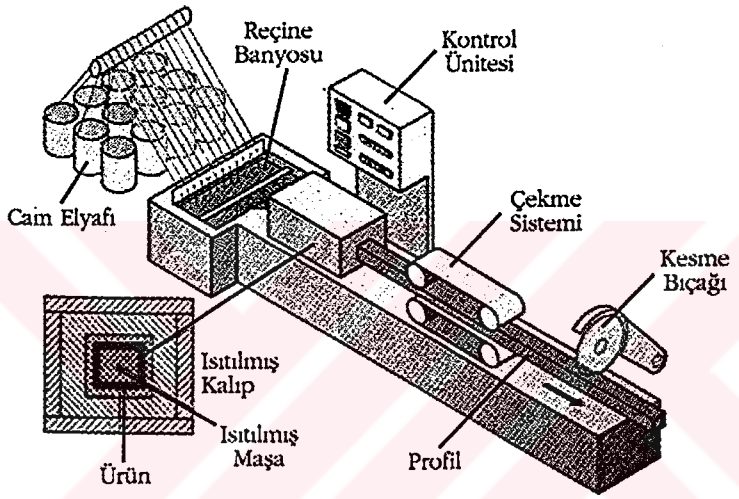
Silindirik parçaların üretimi için uygun bir yöntemdir. Kırpılmış lif ve sertleştirici katılmış reçine, silindirik bir kabın içine doldurulur ve döndürülen kabın cidarlarına merkezkaç kuvvetler yardımıyla dağılan kompozit malzeme sıcak hava ile sertleştirilir **[16].**



Şekil VI.9 : Santrifüj Kalıplama[14].

VI.1.6. Profil Çekme (Pultrüzyon) Metodu

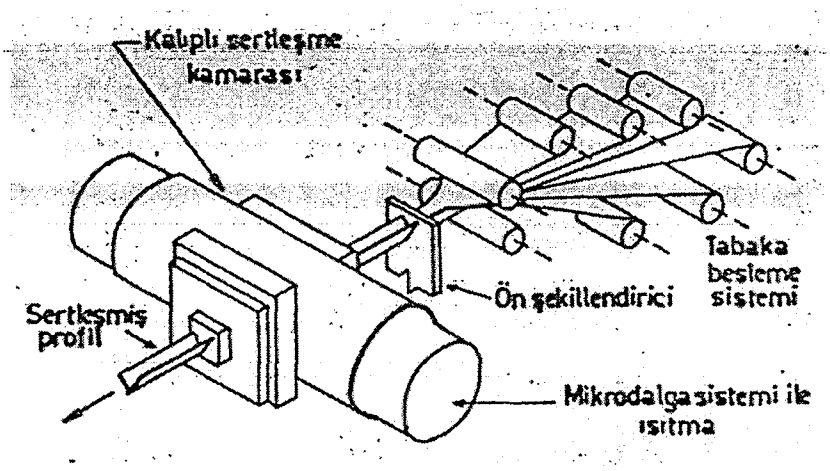
Profil çekme işlemi sürekli sabit kesitli kompozit profil ürünlerin üretilebildiği düşük maliyetli seri üretim yöntemidir. Pull ve Extrusion kelimelerinden türetilmiştir. Sisteme beslenen sürekli takviye malzemesi reçine banyosundan geçirildikten sonra 120-150 °C' ye ısıtılmış şekillendirme kalıbından geçilerek sertleşmesi sağlanır. Kalıplar genellikle krom kaplanmış parlak çelikten yapılmaktadır. Sürekli lif kullanılmasından dolayı takviye yönünde çok yüksek mekanik mukavemet elde edilir. Enine yükleri karşılayabilmek için özel dokumalar kullanmak gerekmektedir [17].



Şekil VI.10: Pultruzyon Kalıplama Yöntemi [14].

Bu yöntemle lif hacim oranı % 60 - 80'e kadar varan kompozit üretimi gerçekleştirilir. Termoset reçineye daldırılan lif demeti bir ön kalıptan geçirilerek içindeki hava ve fazla reçine alınır. Bu şekilde ön biçim verilmiş karma malzeme son kalıptan geçirilir. Malzemenin ısıtılmış kalıbın içinde ve bunu izleyen fırında sertleştirilmesinden sonra kompozit malzeme üretilir. Kompoziti oluşturacak elemanlar, iki kalıp arasında sıkıştırılarak sertleştirilir. Takviye elemanı olarak dokuma veya kırpılmış lif kalıp içerisine konularak bu elyaftan tamamen emdirmek için reçinenin basınçla ısıtılarak sertleşmesi sağlanır. Bu nedenle düşük viskoziteli reçine tercih edilir. Epoksi reçineleri kullanıldığında reçinenin kalıba yapışması da ürün kalitesinin bozulmasına neden olur [17].

Kuru Pultrüzyon, adı verilen diğer yöntem, kuru şeritleri kullanarak profil çekmedir. Yüksek mukavemetli kompozit malzemelerin üretiminde 0^{o}, 90^{o}, +/- 45 ^{o} elyaf yönlenmesine sahip şeritler makaralardan çekilerek kalıba beslenir. Şekillendirme. için bir kalıp veya birkaç ön şekillendirme kalıbı kullanılabilir **[15].**



Şekil VI.11: Kuru Pultrüzyon Yöntemi [19].

Yaş yöntem düşük maliyetin önemli olduğu durumlarda, kuru yöntem ise yüksek mukavemetin önem kazandığı uygulamalarda kullanılır. Başta poliester olmak üzere epoksi, polimid, polisülfon reçineleri, cam ve grafit takviyeleri ile birlikte bu yöntemde kullanılır **[15].**

VI.1.7. Preste Kalıplama Metodu

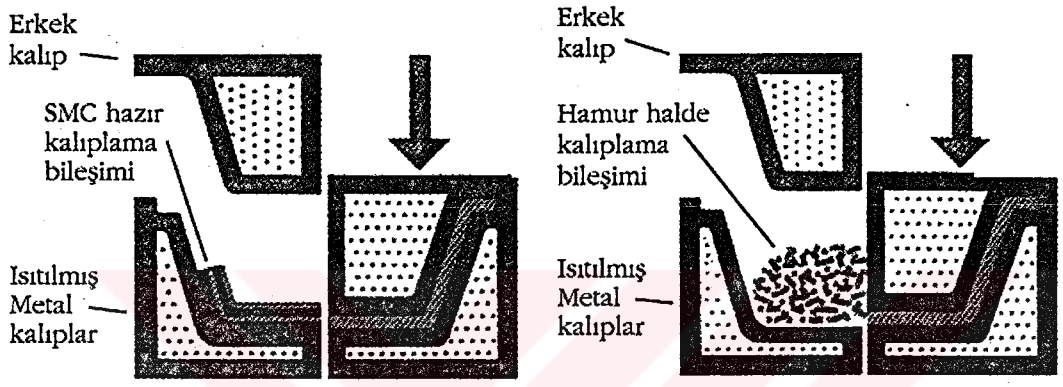
Preste kalıplama tekniğinde reçine ve pekiştirici karışımı, iki parçadan oluşan kalıplarda ısı ve basınç altında şekillendirilir. Preste kalıplamanın sağladığı bazı üstünlükler aşağıda verilmiştir;

- Üretim hızı diğer birçok prosesten daha yüksektir.
- Lif - Reçine oranı ve boşluk miktarı mükemmel bir şekilde kontrol edilebilir.
- Karmaşık şekilli parçalar dar boyut toleransları içinde kısa periyotlarla üretilebilir.
- Tüm parçalar aynı kalitede üretilebilir.
- Yüksek sertleşme basıncı nedeniyle malzeme özellikleri daha iyidir **[15].**

Presleme tekniğinde kıyılmış lifler, keçeler, fitiller, örgü ve kumaşlar kullanılabilir. Yüksek mukavemet özelliğinin önemli olduğu uygulamalarda örgü ve kumaş formundaki pekiştiriciler tercih edilir. Pekiştiriciler kalıba yerleştirilip reçine ilavesi yapılarak yaş kalıplama uygulanabileceği gibi, ön emprenyeli örgü, kumaş

veya keçelerle kuru kalıplama da yapılabilir. Pekiştirici olarak genellikle camı grafit ve asbest kullanılır. Poliester, epoksi ve fenolikler presleme tekniğinde en çok kullanılan reçine sistemleridir **[15].**

Kalıplar erkek (pozitif) ve dişi (negatif) olmak üzere iki parçalı olup genellikle elektrikle ısıtılırlar. Presleme sıcaklığı ve hidrolik sistemle sağlanan presleme basıncı reçine sistemine, parça kalınlığına bağlıdır. Basınç 1 - 70 kg/cm^2 arasında değişebilir. Sertleşme sıcaklığı poliesterler için 115 - 140 ° C, epoksi reçineleri için 125 - 175 ° C, fenolik ve silikon reçinelerinde ise 150 °C' nin üstündedir **[15].**



Şekil VI.12: Preste Kalıplama Metodu [14].

VI.1.8. Basma ve Transfer Kalıplama Metodu

Yüksek hacim ve yüksek basınç altında karmaşık ve yüksek dayanımlı cam lifi takviyeli plastiklerin üretimi için uygun bir metottur. Oldukça büyük parçalar mükemmel son bitirme yüzeyi ile kalıplanabilir. Normal olarak termoset reçineler kullanılır. Eş çalışan kalıplar, hidrolik veya modifiye edilmiş mekanik kalıplama presine yerleştirilir. Levha veya döküm kalıplama bileşimi miktarı veya reçine eklenmiş preform veya mat cam ile preste açık kalıp içerisine yerleştirilir.Preform veya mat kalıplama durumunda ise ya önce ya da takviye elemanı sonrası reçine kalıp içindeki parça 'şekline bağlı olarak ilave edilebilir. Alt ve üst kalıplar kapanır ve 105-160 °C de ısıtılır ve 1 - 14 MPa arasında basınç uygulanır. Kalınlık, ölçü ve parça şekline göre ısıl işlem çevrimi 1 - 5 min. yapılır ve kalıp açılarak bitmiş parça dışarı alınır. Otomobil ön tamponları, ev aygıtları ve elektrik parçaları tipik üretilen parçalardır. Kalıp olarak, tek veya parçalı sertleştirilmiş ve krom kaplanmış kalıplar kullanılır. Kalıp malzemesi olarak da dökme demir, çelik döküm, alüminyum döküm malzeme seçilir **[15].**

Transfer kalıplama, basma kalıplamaya benzer metottur. Fakat döküm kalıplama malzemesi veya tabaka bileşimi ayrı bir bölümde ısıtılır. Daha sonra basınç ve sıcaklık altında belirlenen parça şeklindeki kalıp içerisine transfer edilir ve son parça istenilen şekli alır. Bu işlem basma kalıplama ile zor olan küçük karışık şekilli parçalar için kullanılır **[15].**

Buraya kadar işlenen üretim metotları termoset reçineli kompozitlere ait metotlardı. Termo plastik reçineli kompozitlerin üretim metotları 3 başlıkta incelenebilir **[15].**

- Enjeksiyon Kalıplama Metodu
- Termo Şekillendirme metodu
- Ekstrüzyonla Kalıplama Metodu **[15].**

VI.1.8.1. Enjeksiyon Kalıplama Metodu

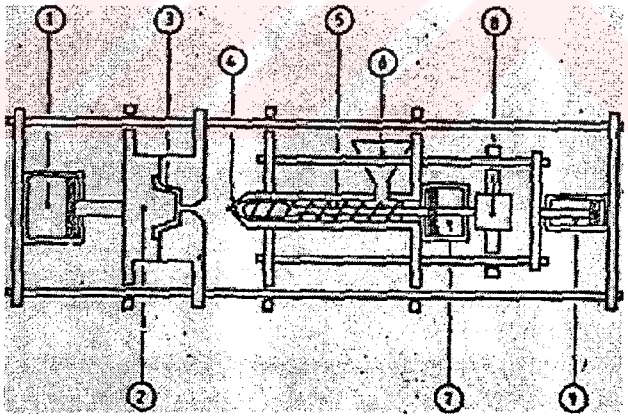
Fiber takviyeli termo plastiklerin büyük bir bölümü enjeksiyon tekniği ile şekillendirilir. Her bir kalıplama periyodunda birkaç gramdan 10 kg' ye kadar değişen ağırlıkta parçaları kalıplaya bilecek kapasitede enjeksiyon makinelerinin kullanılması mümkündür. enjeksiyon makinelerine beslenen kalıplama bileşikleri boyları 3-6 mm arasında değişen granüller haldeki ön karışımlardır. Pelet olarak adlandırılan ön karışımlarda süreksiz fiberler termo plastik reçine ile emprenye edilmiştir. Enjeksiyon tekniğinde cam fitilleri ve granüller haldeki termo plastik malzemenin kuru olarak karıştırılıp doğrudan doğruya makineye beslenmesi de mümkündür. Ancak bu durumda karışım homojenliğinin, ıslatma durumunun kontrolünde bazı zorluklarla karşılaşılır. Bu nedenle enjeksiyonla kalıplama tekniğinde genellikle pelet seklindeki ön karışımlar kullanılır **[19].**

Ön karışımların hazırlanmasında tek veya ikiz vidalı (helezonlu) ekstrüderler kullanılır. Tek vidalı ekstrüderler daha ucuz olmaları nedeniyle çoğu uygulamalarda tercih edilmektedir. Tek turda ekstrüzyonu ile ön karışımların hazırlanması iki şekilde yapılabilir. Birinci yöntemde 4-10 mm uzunluktaki süreksiz fiberler granüler haldeki polimer ile kuru olarak karıştırılıp makineye şarj edilir. Karıştırma yapmadan doğrudan doğruya makineye beslenmeleri de mümkündür. Beslenme silosundan vidalar tarafından içeri fitiller şeklinde kalıptan çıkar. Fitillerin paletler seklinde kesilmesi kalıp yüzeyindeki kesici bıçaklarla yapılabildiği gibi fitiller su banyosundan geçirildikten

sonra da yapılabilir. Ekstrüzyon makinesinde karışımların hazırlanması sırasında süreksiz fiberlerde kırılma meydana gelir. Fiber kırılması yüksek olduğundan şekil oranı küçüleceğinden mukavemetlendirici etkileri azalır, ikinci bir yöntem» polimer ve pekiştiricilerin ayrı ayrı makineye beslenmesidir. Beraber ekstrüzyon tekniği ile kablo üretimine benzer şekilde, granüler haldeki plastik silodan beslenip makinede ergitilirken 5-6 fitilden oluşan sürekli pekiştirici demetleri ayrı bir kısımdan kalıba beslenirler. Böylece fitil yüzeyleri ergimiş plastik ile kaplanıp kalıptan tek bir fitil halinde çekilerek kesilip pelet haline getirilir **[19].**

İkiz vida ekstrüderleri tek vidalı.lara göre çok daha pahalı olduğundan endüstriyel uygulamaları daha azdır. .Bu yöntemde fiber kırılması daha iyi kontrol edilebilir ve kalıplama bileşiklerinin hazırlanma hızı da daha yüksektir. Pekiştiriciler süreksiz veya sürekli fitiller seklinde makineye beslenebilir **[19].**

Enjeksiyonla kalıplamada kullanılan modern bir makine Şekil VI.8 de şematik olarak gösterilmiştir **[19].**



Şekil VI.13: Enjeksiyonlu Kalıplama Makinesi. (1) Kalıp Ayırma-Kapama Ünitesi, (2) Açılan Kalıp, (3) Kalıp Boşluğu, (4) Kapama Valfı Nozül, (5) Silindir Ve Vida (Helezon), (6) Besleme Hunisi, (7) Enjeksiyon Pistonu, (8) Vida Tahrik Motoru, (9) Silindir Ünitesini Hareket Ettiren piston[19].

Makinenin esas parçaları kalıp açma ve kapama ünitesi, kalıplar, ekstrüder silindiri ve silindiri ileri-geri. doğru hareket ettiren üniteden oluşur. Silindir kısmında ekstrüder vidası , şarj besleme hunisi ve vidayı ileri-geri doğru hareke.t ettiren piston yer alır. Bir parçanın kalıplanması şu aşamalardan oluşur; kalıp kapatılır(l) -(3), nozül valfı kapatılır (4) ve silindir ünitesi

geriye çekilir (9). Vida .döndürülür (8) silodan (6) silindir içerisine şarj alınır ve silindir içerisinde karıştırılıp akıcı hale, getirilir. Vidanın dönmesi durdurulur (8) ve silindir ünitesi ileri-.doğru hareket ettirilerek (9) nozülün (4) kalıpla teması sağlanır. Nozül valfı açılır ve ergimiş plastiğin enjeksiyon pistonu (7). ile basınç altında soğuk kalıbı doldurması sağlanır. Parça kalıpta soğuyup belirli bir rijitlik kazandıktan sonra silindir ünitesi geriye çekilip (9) nozül valfı kapatılır, kalıp açılıp (l)-{2) parça çıkarılır **[19].**

VI.1.8.2. Termo Şekillendirme Metodu

Isıl şekillendirme, termo plastik bir malzemeyi yumuşama noktasına kadar ısıtıp basınç altında kalıpta şekillendirmedir. ABS lastiği, nylonlar, polikarbonatlar, polisülfonlar, polibütilen teraftalat ve polietilen teraftalat (PET) gibi fiber takviyeli termo plastik levhalar bu teknikle şekillendirilebilirler. Cam geçiş sıcaklığının üstüne ısıtılarak yumuşatılan levhalar kalıp içinde hava basıncı, vakum veya pres basıncı altında şekillendirilirler. Parça mukavemet kazanacağı bir sıcaklığa soğutulduktan sonra kalıptan çıkarılır **[15].**

VI.1.8.3. Ekstrüzyonla Kalıplama Metodu

Ekstrüzyon tekniği termo plastiklerin şekillendirilmesinde büyük ölçüde kullanılmakla beraber takviyeli termo plastiklerde sınırlı oranda uygulanmaktadır. Sürekli bir yöntem olup üretim tonajı yüksek olduğu zaman ekonomik olmaktadır. Tüp, boru veya karmaşık şekilli profillerin üretimi mümkündür. PVC, PA ve polikarbonat gibi termo plastikler düşük oranda liflerle takviyelendirildiklerinde ekstrüzyon tekniği ile şekillendirilebilir **[15].**

BÖLÜM VII

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

VII.1. GENEL BİLGİLER

Bu tez çalışmasında cam elyafı esaslı çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapıları ile güçlendirilmiş, polyester reçine ile kaplanarak elde edilen kompozit yapıların göstermiş olduğu fiziksel özelliklerin incelenmesi yapılmaktadır.
Kompozit yapının güçlendirilmesinde kullanılan çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapı Saertex ve Metyx (Telateks) firmalarından temin edildi. Yapıların polyester reçine ile kaplanması Marintek firmasında gerçekleştirildi. Üretilen yapılara uygulanan testler Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi laboratuarın da yapılmıştır.

VII.2. KULLANILAN MATERYALLER

VII.2.1. Cam Lifi

Bu tez çalışmasında kullanılan çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme kumaş yapılarda ağırlıklı olarak cam lifleri kullanılarak üretilmiştir. Kullanılan cam lifleri flament kablolar halinde kullanılarak yapı oluşturulmuştur. Bu flament kabloları flament ipliklerinin istenen kalınlığa göre birleştirilmesi sonucunda oluşturulmuştur.

Bölüm V de belirtildiği gibi çeşitli cam lifleri vardır. Bu çalışmada E- cam ve AR- cam kullanılmıştır.

VII.2.2. Çok Eksenli (Multi-Axial) Çözgülü Örme Kumaş Yapılar

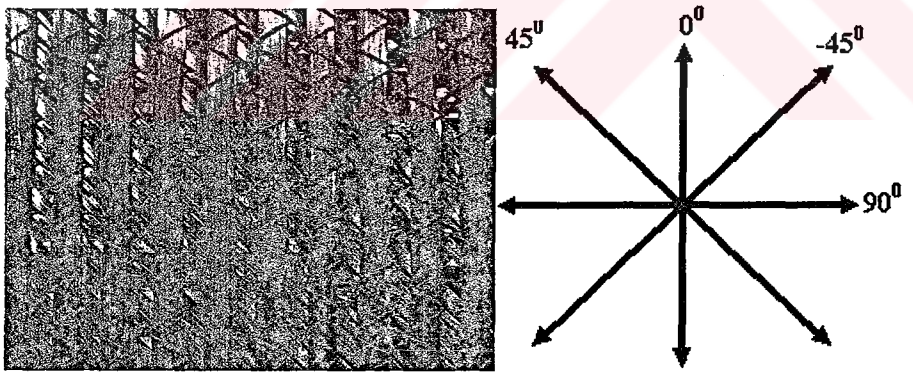
Bu tez çalışmasında iki farklı firmadan temin edilen yapılar kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan örme yapıların bir kısmı Almanya da üretim yapan Saertex firmasından ve diğer kısmı da Türkiye de de üretime yeni başlayan Metyx (Telateks) firmasından temin edilmiştir. Aşağıdaki şekillerde belirtildiği gibi bu kumaşlar farklı farklı özellikler arz etmektedir. Tez de kullanılan örme yapılar farklı yönlerde yatırılmış flament lif kolonlarından meydana gelmektedir. Tezde kullanılan kumaşlar LIBA marka COPCENTRA MAX 3 CNC model makinesinde ve KARL MAYER Multi-axial makinesinde üretildi. Bu kumaşların yapı özellikleri **Tablo VII.1** ve **Tablo VII.2** de ayrıntılı olarak verilmiştir. Kullanılan çözgülü örme yapıların fotoğraflanmış resimleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.

Tablo VII.1: Testlerde Kullanılan Metyx (Telateks) Firmasının Ürettiği Kumaşların Teknik Özellikleri

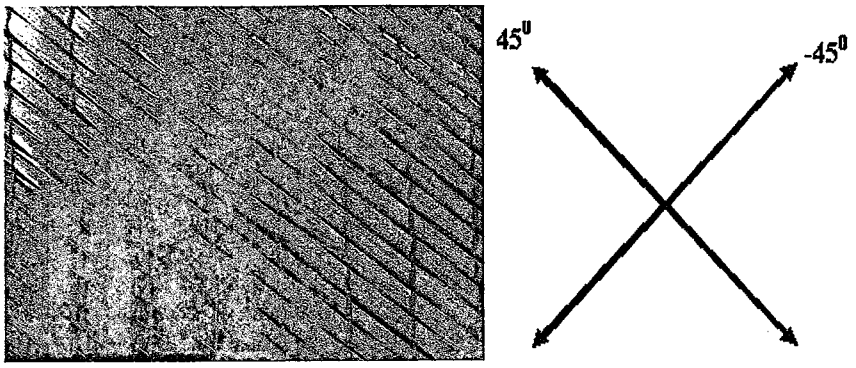
ÜRÜN KODU		GRAMAJ (g/m^2)	MATERYAL
Q 642	0^0	236 g/m^2	E-Cam
	$+45^0$	150 g/m^2	E-Cam
	90^0	106 g/m^2	E-Cam
	-45^0	150 g/m^2	E-Cam
	Toplam	**642 g/m^2**	
X 936	$+45^0$	468 g/m^2	E-Cam
	-45^0	468 g/m^2	E-Cam
	Toplam	**936 g/m^2**	
XL 1340	0^0	472 g/m^2	E-Cam
	$+45^0$	434 g/m^2	E-Cam
	-45^0	434 g/m^2	E-Cam
	Toplam	**1340 g/m^2**	
LT 472	0^0	236 g/m^2	E-Cam
	90^0	236 g/m^2	E-Cam
	Toplam	**472 g/m^2**	

Tablo VII.2: Testlerde Kullanılan Saertex Firmasının Ürettiği Kumaşların Teknik Özellikleri

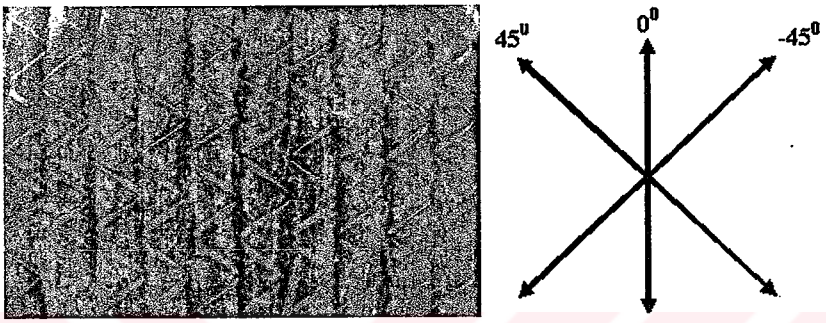
ÜRÜN KODU		GRAMAJ (g/m^2)	MATERYAL
V 90541	0^0	50 g/m^2	AR-Cam
	$+45^0$	69 g/m^2	AR-Cam
	90^0	49 g/m^2	AR-Cam
	-45^0	69 g/m^2	AR-Cam
	İğneleme İpliği	5 g/m^2	PES
	Toplam	**242 g/m^2**	
V 90255	0^0	39 g/m^2	Karbon
	$+45^0$	67 g/m^2	E-Cam
	90^0	46 g/m^2	E-Cam
	-45^0	67 g/m^2	E-Cam
	İğneleme İpliği	9 g/m^2	PES
	Toplam	**228 g/m^2**	



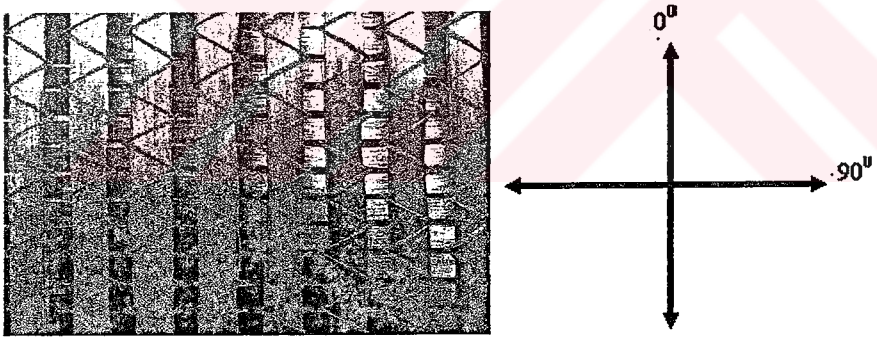
Şekil VII.1: Q 642 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü



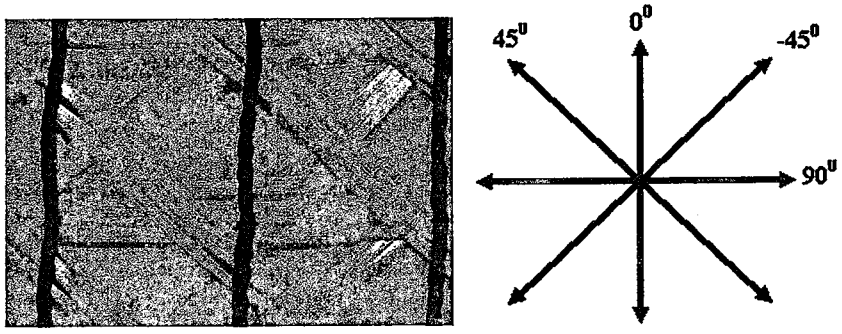
Şekil VII.2: X 936 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü



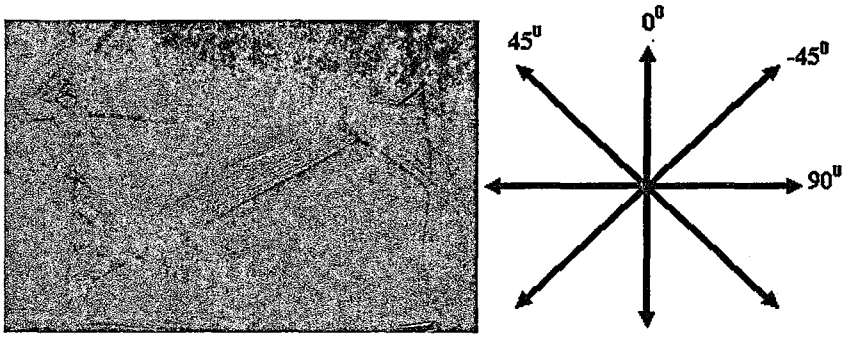
Şekil VII.3: XL 1340 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü



Şekil VII.4: LT 472 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü



Şekil VII.5: V 90255 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü



Şekil VII.6: V 90541 Kod Numaralı Kumaş Görünüşü

VII.2.3. Kullanılan Reçine Tipi

Kompozit malzeme üretiminde kullanım alanına ve göstermesini istediğimiz özelliğe göre çok çeşitli reçine tipleri kullanılır. Bu tez için üretilen kompozit yapı üretiminde termoset isoftalik doymamış polyester esaslı reçine kullanılmıştır. Kullanılan polyesterin göstermiş olduğu özellik aşağıda **Tablo VII.3** de verilmiştir. Reçine hazırlaması belli işlemler gerektirmektedir. Reçine hazırlanmasında polyester içerisine yardımcı maddeler katılmaktadır. Polyester içerisine ilk önce hızlandırıcı olarak 25 ^{0}C de %0.25 oranında %6' lık Kobalt Naftanat katılır. Kobalt Naftanat polyesterin reaksiyona girmesini hızlandırır. Polyester reçinenin hazırlanmasın da diğer katılan madde de sertleştiricidir. Kullanılan sertleştirici Etil Metil Keto Peroksit' tir. Kobalt Naftanat katılarak hazırlanan polyester reçinenin yine belli bir raf ömrü vardır ama bu kısa bir süre değildir. Sertleştirici ise polyester reçine yüzeye uygulanacağı zaman katılır. Çünkü sertleştirici polyester reçine içerisine katıldığı andan itibaren en kısa sürede uygulanmalıdır aksi halde reçine donar. Sertleştirici polyester içerisine %0.8 oranında katılmaktadır. Sertleştirici miktarı polyester içerisine daha fazla miktarda katılabilir fakat miktarı belirtilen miktardan fazla olduğu zaman oluşan yapıdan istenen özellikleri sağlamaz. Örneğin sertlik, mukavemet, kırılganlık değerlerini istenen sınırlar dışına taşır. Bu tez çalışmasında polyester içerisine %0.8 oranında sertleştirici katılmıştır.

Tablo VII.3: Polyester Reçine Özellikleri

ÖZELLİKLER	BİRİM	SPESİKASYON DEĞERLERİ
Görünüm	------	Berrak
25 ^{0}C viskozitesi	Cps	400 ± 50
Asit sayısı	mg KOH / g	10 ± 2
Katı madde miktarı	%	nom. 50
Jelleşme süresi	Dakika	12 ± 1
Ekzoterm pik	^{0}C	200 ± 10
Stabilite	Ay	3

VII.2.4. Üretilen Kompozit Yapının Teknik Özellikleri

Üretilen kompozit yapıların güçlendirilmesinde kullanılan tekstil yapısının gramajları birbirinden farklıdır. Yapı içerisine yerleştirilen tekstil yapılarının gramajlarının bir birine yakın değerlerde olması için tekstil yapıları birkaç kat olarak veya çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapı ile keçe kullanılmıştır. Elde edilen yapının teknik özellikleri aşağıda **Tablo VII.4** de verilmiştir.

Tablo VII.4 : Üretilen Kompozit Yapıların Teknik Özellikleri

ÜRETİLEN YAPININ KODU	KUMAŞ KAT SAYISI	KUMAŞ KATI GRAMAJI (g/m^2)	KEÇE KAT SAYISI	KECE GRAMAJI (g/m^2)	TOPLAM KUMAŞ GRAMAJI (g/m^2)
V90255	1	228	2	300	828
V90541	1	242	2	300	842
X936	1	936	--	--	936
Q642	2	642	--	--	1284
XL1340	1	1340	--	--	1340
LT472	3	472	--	--	1416

VII.3. KOMPOZİT ÜRETİMİNDE KULLANILAN YÖNTEM

Kompozit malzemenin üretiminde atmosfer şartlarında elle yatırma yöntemi kullanılmıştır. Elle yatırma yöntemine göre düz bir yüzey üzerine yapı oluştuktan sonra kalıptan ayrılmasını kolaylaştırmak için bir kat cila işlemi yapılır. Daha sonra hazırlanan polyester reçine hazırlanmış yüzey üzerine el fırçası ile düzgün bir şekilde sürülür. Kalıp üzerine polyester reçine sürüldükten sonra çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapı düzgünce sürülen reçine üzerine serilir. Serme işleminden

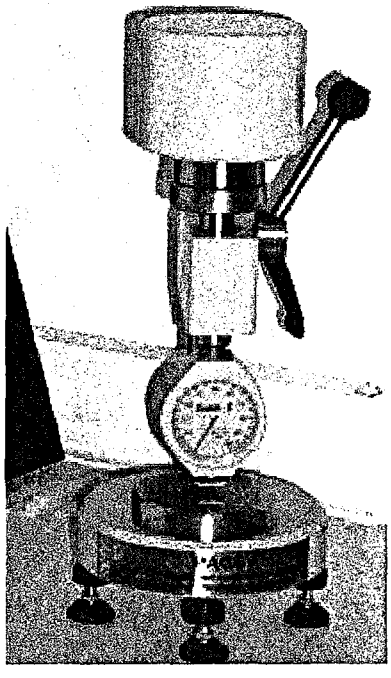
sonra el rulosu ile kumaş yapı reçine içerisine düzgünce yedirilir. Bu işlemi takiben yapının üzerine tekrardan el fırçası ile polyester reçine sürülür tek kat kumaş kullanıp yapı yapmak istiyorsak son olarak el rulosu ile yüzey üzerinden geçerek içeride kalan hava boşluklarını çıkarır ve düzgün bir reçine dağılımını gerçekleştiririz. Eğer çok katlı yapı elde etmek istersek istediğimiz sayıda kumaş yapıyı üst üstte aralarına polyester reçine sürerek elde edebiliriz. Yapının kalınlığını elle yatırma yönteminde kullandığımız kumaş katı sayısı ile ayarlaya biliyoruz.

VII.4. KOMPOZİT YAPILARA YAPILAN TESTLER

1- Shore sertlik tayini
2- Rockwell sertlik tayini
3- İZOD darbe mukavemetinin tayini
4- Yapının gramajı, yapının kalınlığı ve yapı içerisindeki Lif-Reçine oranı tespiti
5- Lif mukavemeti testi

VII.4.1. Shore Sertlik Tayini

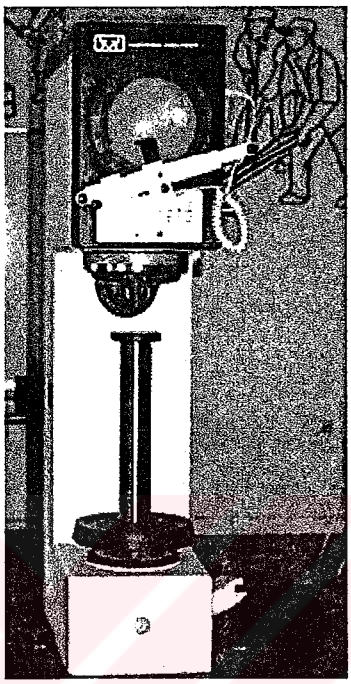
Shore sertlik tayini **TS 1181 EN ISO 868** numaralı standarda uygun olarak numuneler hazırlandıktan sonra standartta belirtildiği gibi test gerçekleştirilmiştir. Edilen test sonuçları sonuçlar bölümünde verilmiştir **[29].**



Şekil VII.7: Shore Sertlik Tayini Ölçüm Cihazı

VII.4.2. Rockwell Sertlik Tayini

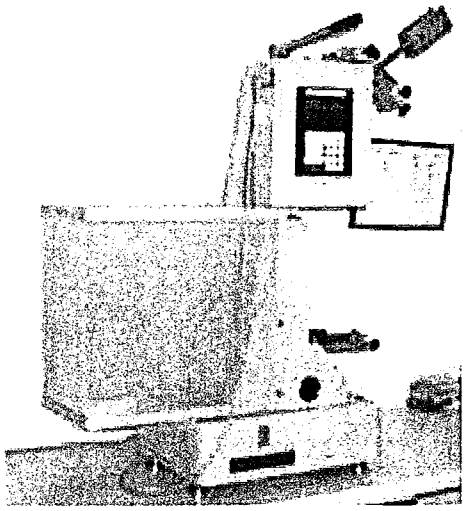
Rockwell setlik tayini **TS 9406 EN ISO 2039-2** numaralı standarda uygun olarak numuneler hazırlandıktan sonra standartta belirtildiği gibi test gerçekleştirilmiştir. Edilen test sonuçları sonuçlar bölümünde verilmiştir **[30].**



Şekil VII.8: Rockwell Sertlik Tayini Ölçüm Cihazı

VII.4.3. İzod Darbe Mukavemetinin Tayini

İzod darbe mukavemetinin tayini **TS 1005 EN ISO 180** numaralı standarda uygun olarak numuneler hazırlandıktan sonra standartta belirtildiği gibi test gerçekleştirilmiştir. Edilen test sonuçları sonuçlar bölümünde verilmiştir **[28].**



Şekil VII.9: İzod Darbe Mukavemeti Tayini Ölçüm Cihazı

VII.4.4. Yapının Gramajı, Yapının Kalınlığı ve Yapı İçerisindeki Lif-Reçine Oranı Tespiti

Üretilen kompozit yapıların içerisinde kullanılan çok yönlü (Multi-axial) çözgülü örme yapıların gramajı (g/m^2) olarak makinede üretimi esnasında ayarlanmıştır. Üretilen kompozit yapıların gramajı mamül üzerinden kesilen parçaların boyutları belirlendikten sonra hassas terazide tartılarak gramajı (g/m^2) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen değerler sonuç bölümünde verilmiştir.

Üretilen kompozit malzemenin üretildikten sonra malzemeye gerekli testlerin yapıla bilmesi için mamül kalınlığı kumpas yardımı ile tespit edilmiştir. Elde edilen değerler sonuç bölümünde verilmiştir.

Üretilen kompozit malzemenin üretimi esnasında güçlendirme için içerisine konulan lif esaslı çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapının içerisindeki elyaf miktarının yapı üretiminde kullanılan reçineye yüzde olarak oranı tespit edilmiştir. Bu hesaplama önceden tespit edilen elyaf esaslı yapının gramajının (g/m^2) kompozit malzemenin gramajına (g/m^2) oranlanması ile tespit edilmiştir. Elde edilen değerler sonuç bölümünde verilmiştir.

VII.4.5. Lif Mukavemeti Testi

Lif mukavemeti **TS EN ISO 5079** numaralı standarda uygun olarak numuneler hazırlandıktan sonra standartta belirtildiği gibi test gerçekleştirilmiştir. Edilen test sonuçları sonuçlar bölümünde verilmiştir **[31].**

BÖLÜM VIII

SONUÇLAR

VIII.1 . GENEL BİLGİLER

Üretilen kompozit yapıların içerisinde kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre üretilen numuneler iki gruba ayrılarak değerlendirilmiştir.Bu kısımda çok eksenli (Multi-axial) çözgülü örme yapıları ile güçlendirilmiş kompozit yapılara Shore sertlik tayini, Rockwell sertlik tayini, İzod darbe mukavemeti tayini ve yapının gramajı, yapının kalınlığı ve yapı içerisindeki Lif-Reçine oranı tespitlerine ait sonuçlar yer almaktadır.

VIII.2. LİF MUKAVEMETİ TESTİ

Yapı içerisinde kullanılan liflerin mukavemet ve uzama değerleri aşağıda **Tablo VIII.1** ve **Tablo VIII.2** de verilmiştir.

Tablo VIII.1: E-Cam Lifi Mukavemet ve Uzama Değerleri

	Mukavemet (kg)	Uzama (%)
E-cam	0.0354	78

Tablo VIII.2: AR-Cam Lifi Mukavemet ve Uzama Değerleri

	Mukavemet (kg)	Uzama (%)
AR-cam	0.0800	54

VIII.3. YAPININ GRAMAJI, YAPININ KALINLIĞI VE YAPI İÇERİSİNDEKİ LİF-REÇİNE ORANI TESPİTİ

Üretilen yapıların gramajları, yapıların kalınlıkları ve yapı içerisindeki Lif-Reçine oranları aşağıda **Tablo VIII.3** de verilmiştir.

Tablo VIII.3: Üretilen Yapıların Gramajı, Kalınlığı ve Lif-Reçine Oranı

ÜRETİLEN YAPININ KODU	TEKSTİL YAPISININ TOPLAM GRAMAJI (g/m^2)	MAMÜL GRAMAJI (g/m^2)	ÜRETİLEN YAPININ KALINLIĞI (mm)	LİF ORANI %	REÇİNE ORANI %
X936	936	1900,44	1,3	49	51
V90255	828	2228,56	1,7	37	63
XL1340	1340	2311,22	1,5	57	43
Q642	1284	2443,62	1,8	52	48
V90541	842	2608,28	2,0	32	68
LT472	1416	2867,63	2,4	50	50

VIII.4. SHORE SERTLİK TAYİNİ SONUÇLARI

VIII.4.1. Birici Grup Numunelerin Shore Sertlik Tayini Sonuçları

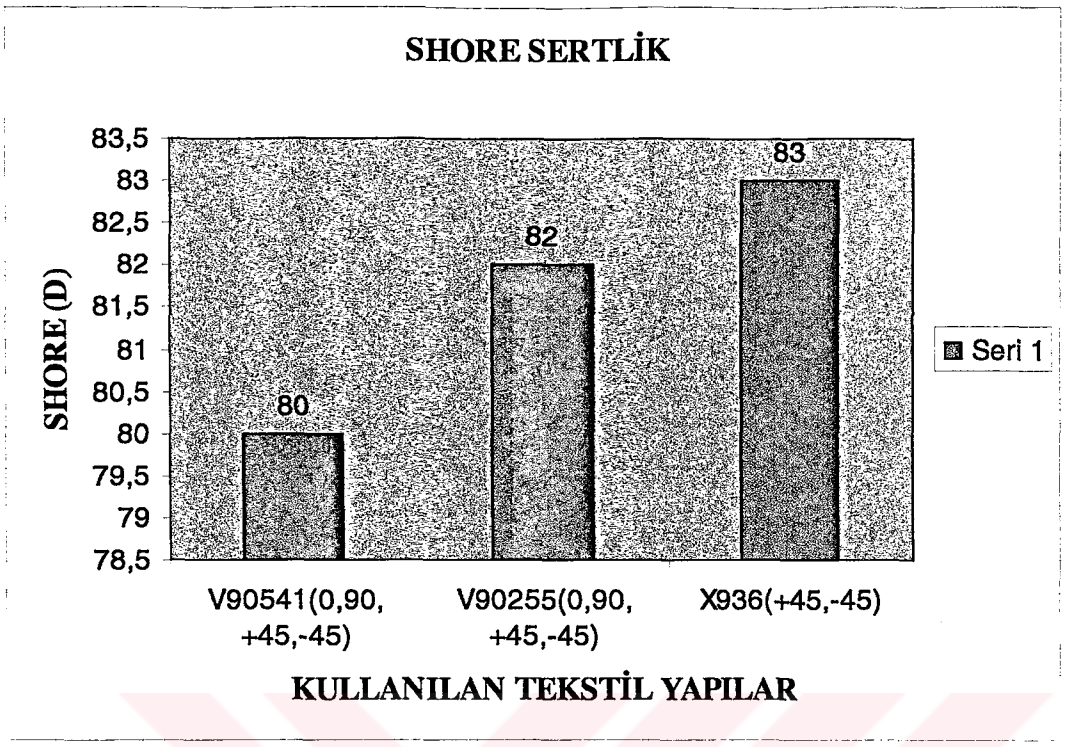
Shore sertlik tayini testi sonucunda elde edilen değerler Shore D olarak elde edilir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen Shore sertlik değerlerine göre değerlendirildi.

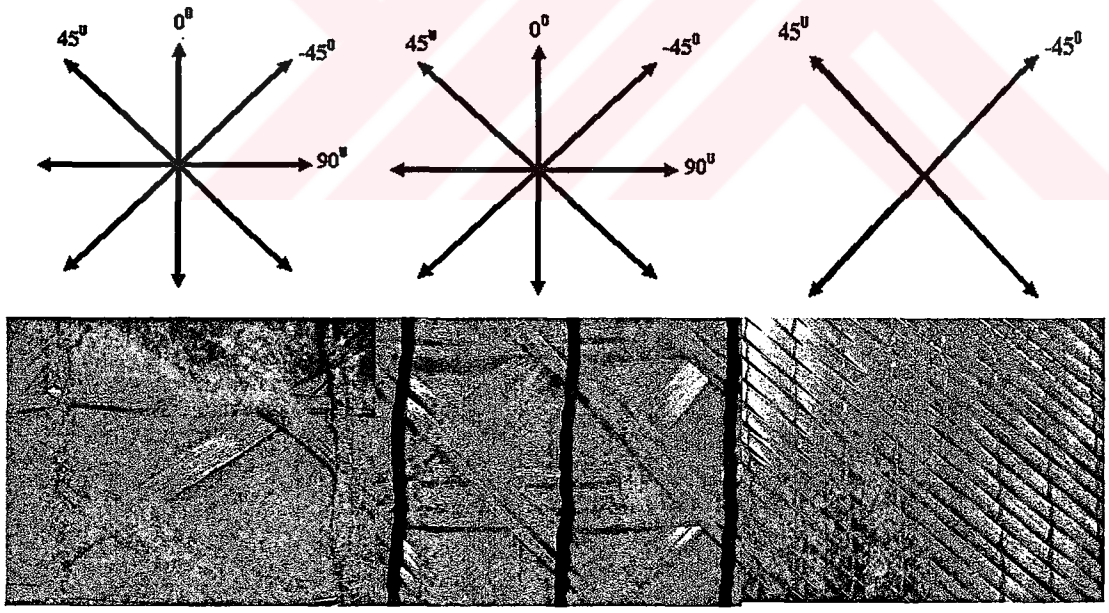
Elde edilen Shore sertlik değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.1** yorumlandı. 1. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **X936(+45,-45)** kod numaralı numune iki yönde $+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90255(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90541(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.1** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının sıklığı ve güçlendirme yön sayısı farklı olduğu anlaşılmaktadır. Elyaf kablolarının güçlendirme yönlerinin çok olması ile değil elyaf kablolarının sıklığının artmasıyla Shore sertlik değerinin de arttığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo VIII.4: 1. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler

ÜRÜN KODU	SHORE SERTLİK (D)
V90541(0,90,+45,-45)	80
V90255(0,90,+45,-45)	82
X936(+45,-45)	83

Grafik VIII.1: 1. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği





Şekil VIII.1: 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri

VIII.4.2. İkinci Grup Numunelerin Shore Sertlik Tayini Sonuçları

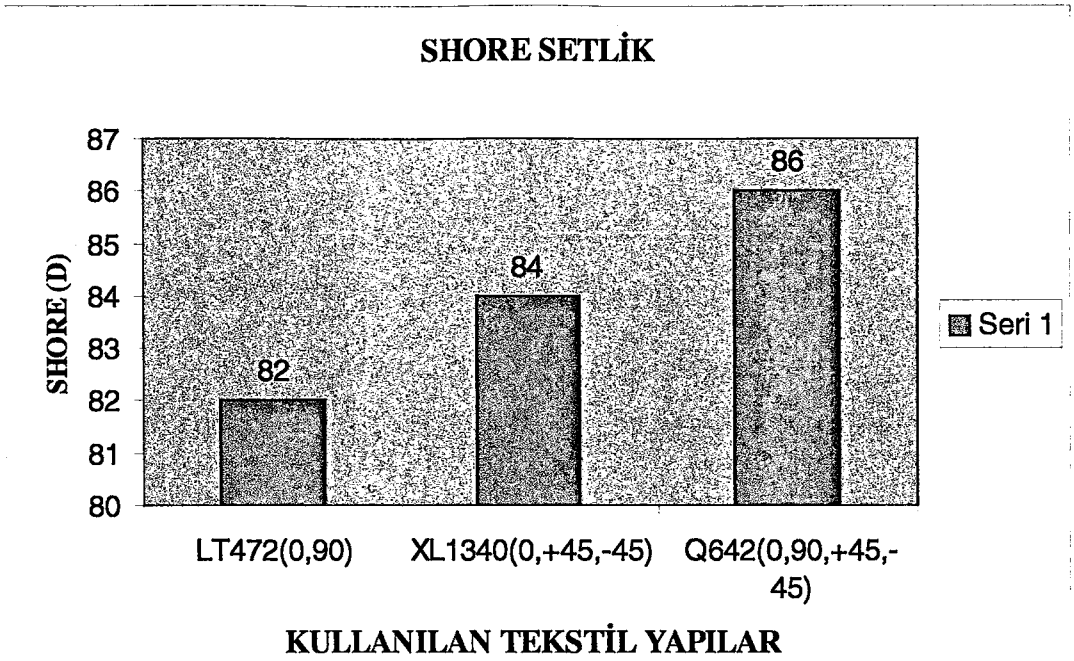
Shore sertlik tayini testi sonucunda elde edilen değerler Shore D olarak elde edilir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen Shore sertlik değerlerine göre değerlendirildi.

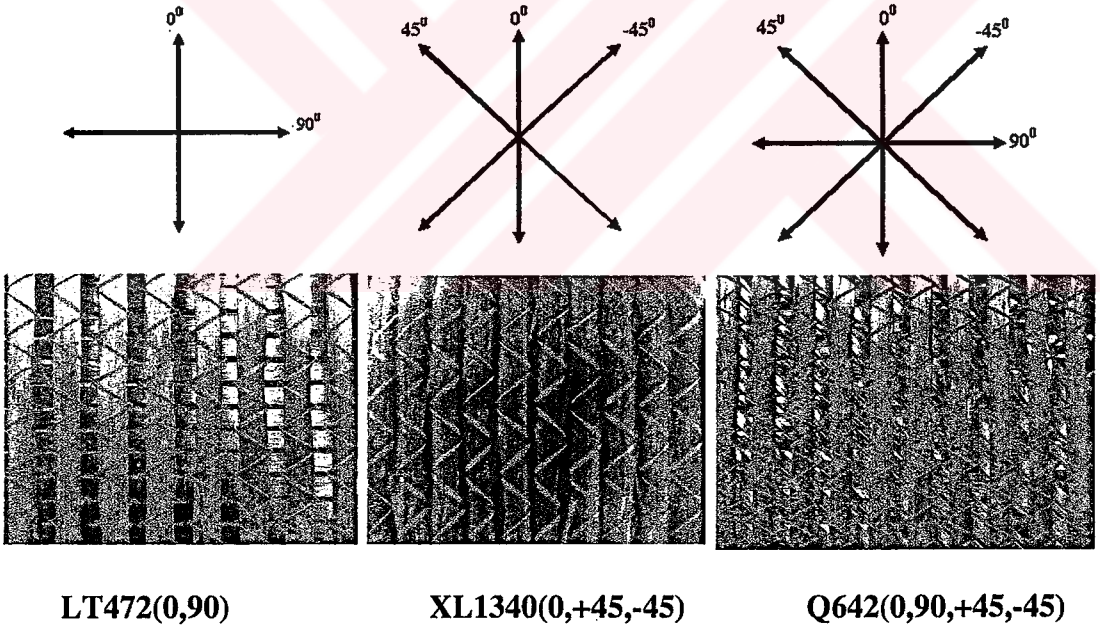
Elde edilen Shore sertlik değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.2** yorumlandı. 2. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **LT472(0,90)** kod numaralı numune iki yönde 0^0,90^0açı yönlerinde, **XL1340(0,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **Q642(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.2** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının sıklığı ve güçlendirme yön sayısı farklı olduğu anlaşılmaktadır. Elyaf kablolarının güçlendirme yönlerinin çok olması ile değil elyaf kablolarının sıklığının artmasıyla Shore sertlik değerinin de arttığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo VIII.5: 2. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler

ÜRÜN KODU	SHORE SERTLİK (D)
LT472(0,90)	82
XL1340(0,+45,-45)	84
Q642(0,90,+45,-45)	86

Grafik VIII.2: 2. Grup Numuneye Uygulanan Shore Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği





Şekil VIII.2: 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri

VIII.5. ROCKWELL SERTLİK TAYİNİ SONUÇLARI

VIII.5.1. Birinci Grup Numunelerin Rockwell Sertlik Tayini Sonuçları

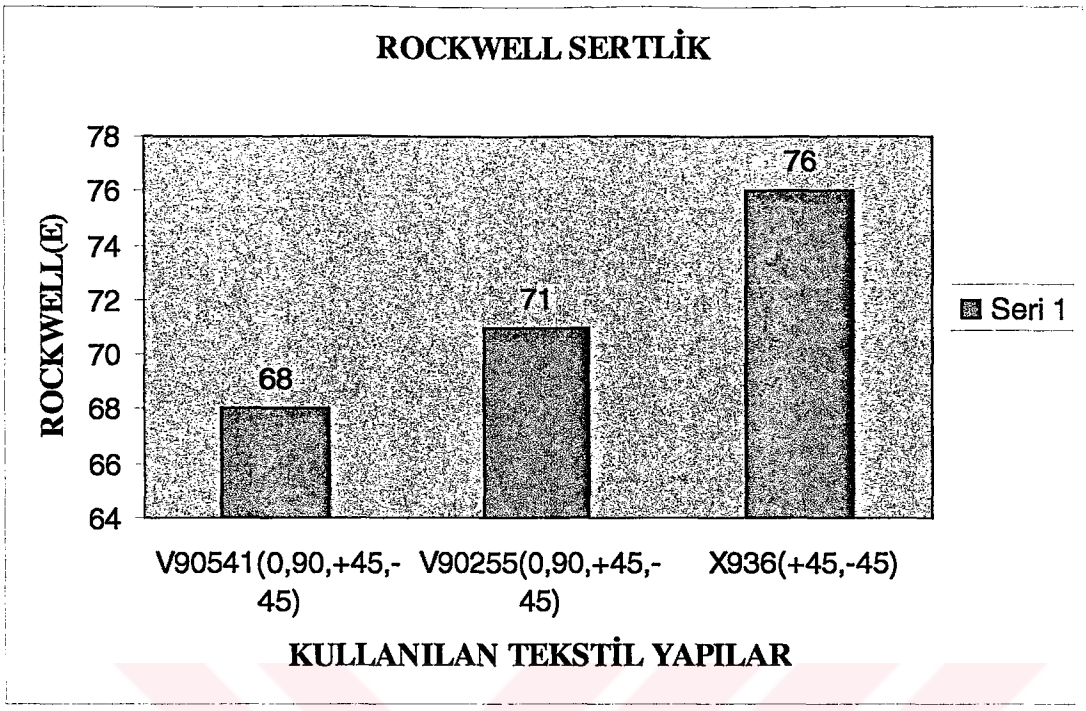
Rockwell sertlik tayini testi sonucunda elde edilen değerler Rockwell E olarak elde edilir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen Shore sertlik değerlerine göre değerlendirildi.

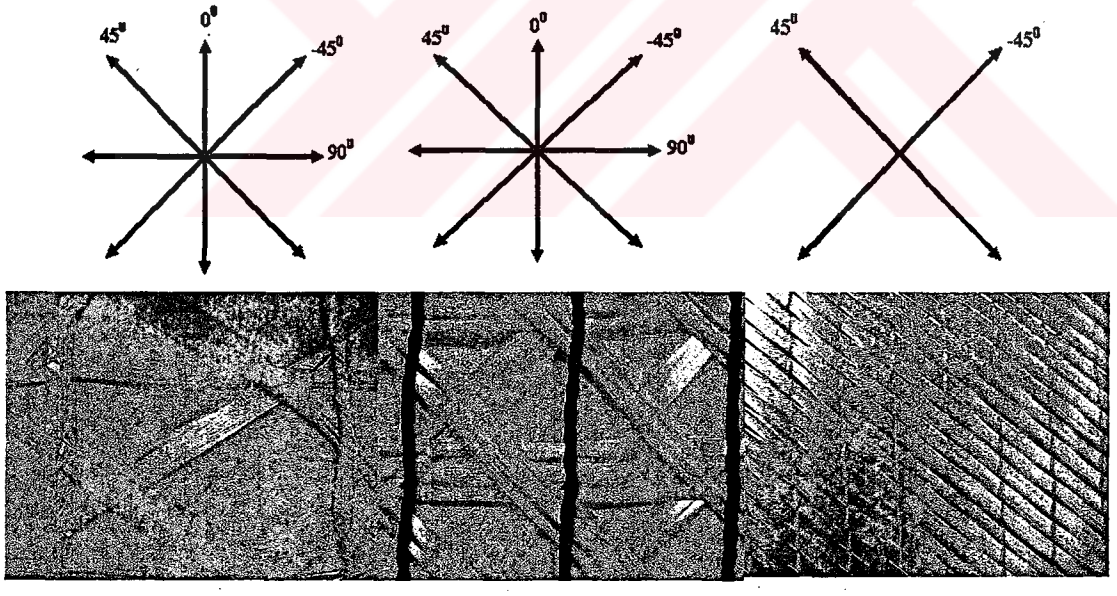
Elde edilen Shore sertlik değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.3** yorumlandı. 1. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **X936(+45,-45)** kod numaralı numune iki yönde $+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90255(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90541(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.3** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının sıklığı ve güçlendirme yön sayısı farklı olduğu anlaşılmaktadır. Elyaf kablolarının güçlendirme yönlerinin çok olması ile değil elyaf kablolarının sıklığının artmasıyla Rockwell sertlik değerinin de arttığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo VIII.6: 1. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler

ÜRÜN KODU	ROCKWELL SERTLİK (E)
V90541(0,90,+45,-45)	68
V90255(0,90,+45,-45)	71
X936(+45,-45)	76

Grafik VIII.3: 1. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği





V90541(0,90,+45,-45) **V90255(0,90,+45,-45)** **X936(+45,-45)**

Şekil VIII.3: 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri

VIII.5.2. İkinci Grup Numunelerin Rockwell Sertlik Tayini Sonuçları

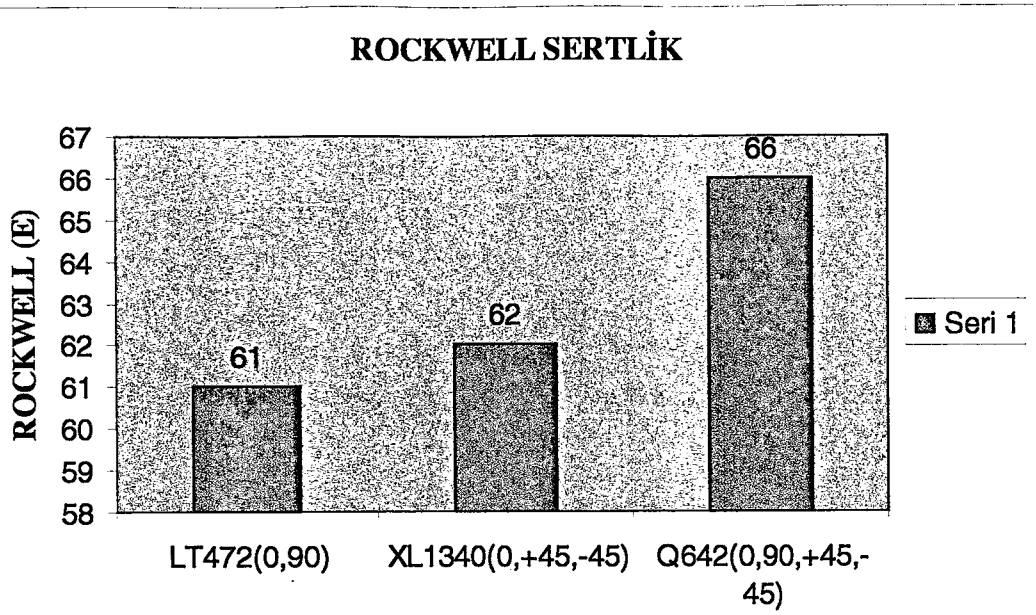
Rockwell sertlik tayini testi sonucunda elde edilen değerler Rockwell E olarak elde edilir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen Shore sertlik değerlerine göre değerlendirildi.

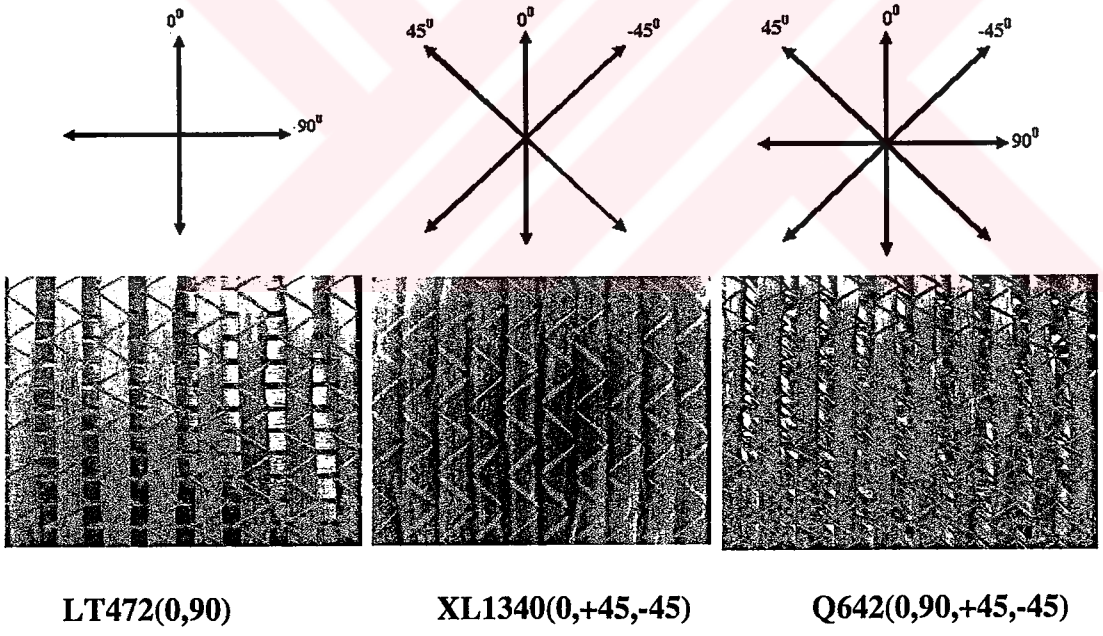
Elde edilen Shore sertlik değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.4** yorumlandı. 2. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **LT472(0,90)** kod numaralı numune iki yönde 0^0,90^0açı yönlerinde, **XL1340(0,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **Q642(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.4** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının sıklığı ve güçlendirme yön sayısı farklı olduğu anlaşılmaktadır. Elyaf kablolarının güçlendirme yönlerinin çok olması ile değil elyaf kablolarının sıklığının artmasıyla Rockwell sertlik değerinin de arttığı sonucuna varılmaktadır.

Tablo VIII.7: 2. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonucunda Elde Edilen Değerler

ÜRÜN KODU	ROCKWELL SERTLİK (E)
LT472(0,90)	61
XL1340(0,+45,-45)	62
Q642(0,90,+45,-45)	66

Grafik VIII.4: 2. Grup Numuneye Uygulanan Rockwell Sertlik Tayini Testi Sonuçlarının Grafiği





Şekil VIII.4: 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri

VIII.6. İZOD DARBE MUKAVEMETİ TAYİNİ SONUÇLARI

VIII.6.1. Birinci Grup Numunelerin İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları

İzod darbe mukavemeti tayini için yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlar kgJ/m^2 dir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen İzod darbe mukavemeti değerlerine göre değerlendirildi.

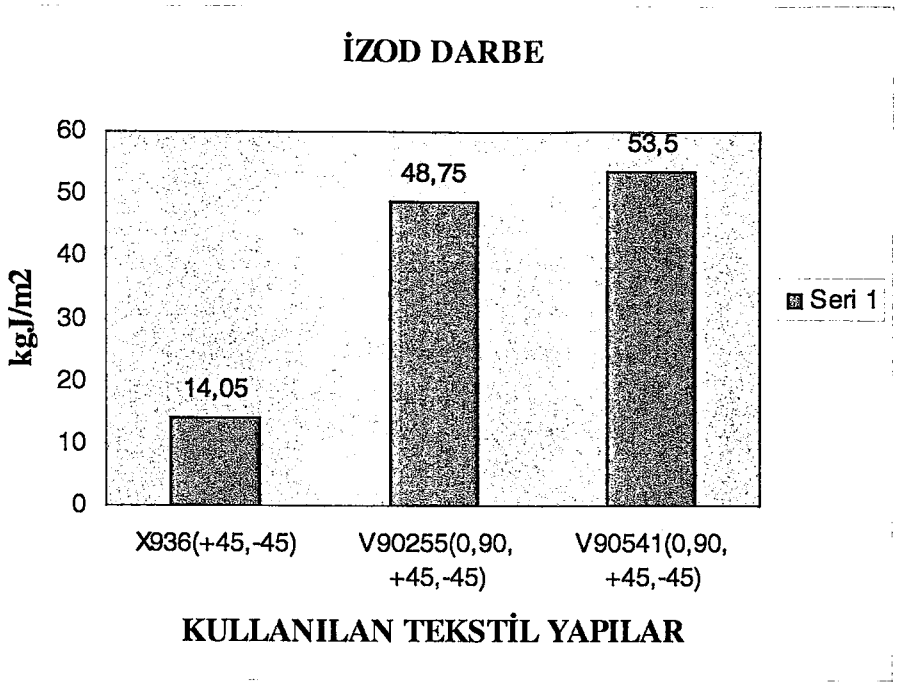
Elde edilen İzod darbe mukavemeti değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.5** yorumlandı. 1. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **X936(+45,-45)** kod numaralı numune iki yönde $+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90255(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **V90541(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.5** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının güçlendirme yönü ve sayısı farklılığı daha net bir şekilde anlaşılır. **Grafik VIII.5** yorumlandığında güçlendirme yönü ve sayısı arttıkça İzod darbe mukavemetinin artmakta olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

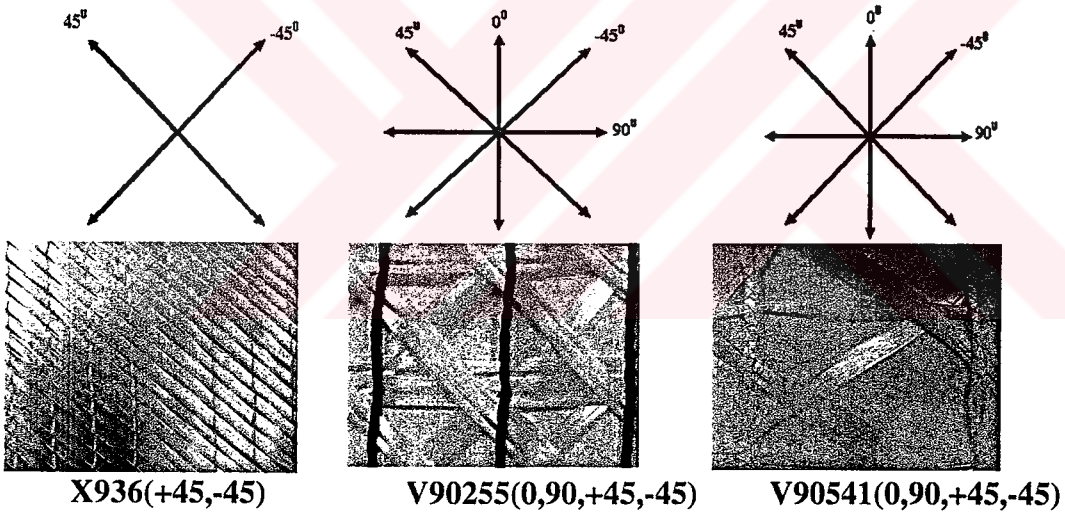
Şekil VIII.6 incelendiğinde kırılma noktaları incelendiğinde güçlendirme yönleri dört yönde olan numunelerde yapılar tamamen bir birinden ayrılma meydana gelmemektedir. Ayrılmanın meydana gelmemesi kullanım yerinde istenen bir özelliktir. Dört yönde açılı olarak güçlendirmenin yapıların İzod darbe mukavemetinin yüksek olmasını sağlaması yanında yapının kolaylıkla bir birinden ayrılamayacağı sonucu da çıkarılır.

Tablo VIII.8 : 1. Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları

ÜRÜN KODU	İzod Darbe (kgJ/m^2)	Tekstil Malzeme Gramajı (g/m^2)
X936(+45,-45)	14,05	936
V90255(0,90,+45,-45)	48,75	828
V90541(0,90,+45,-45)	53,5	842

Grafik VIII.5: 1. Grup Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Testi Sonuçlarının Grafiği





Şekil VIII.5: 1. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri



(a) (b) (c)

Şekil VIII.6: İZOD Darbe Sonrası Kırılan (a) X936, (b) V90255, (c) V90541 Kod Numaralı Numunenin Kırılma Noktası Resmi

VIII.6.2. İkinci Grup Numunelerin İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları

İzod darbe mukavemeti tayini için yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlar kgJ/m^2 dir. Üretilen kompozit yapılarında kullanılan tekstil yapılarının gramajına göre sınıflandırıldı ve bir birine en yakın gramaja sahip numuneler kendi arasında elde edilen İzod darbe mukavemeti değerlerine göre değerlendirildi.

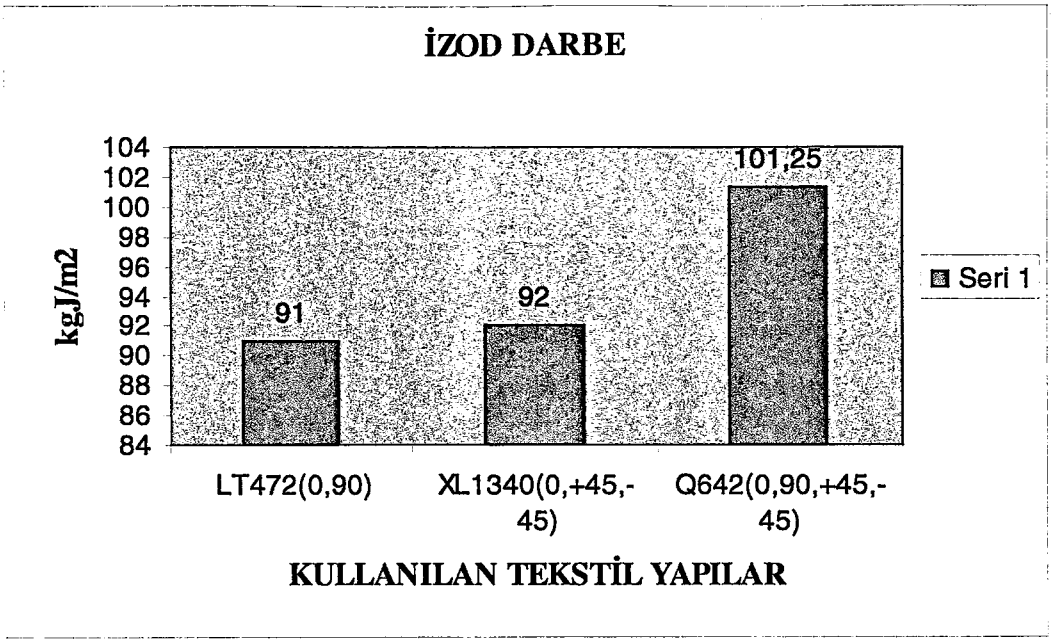
Elde edilen İzod darbe mukavemeti değerleri grafik haline getirildi. Elde edilen **Grafik VIII.6** yorumlandı. 2. grup olarak sınıflandırdığımız numuneler arasında kompozit üretiminde güçlendirmek için kullanılan tekstil yapıları farklı yönlerde elyaf kolonları içermektedir. **LT472(0,90)** kod numaralı numune iki yönde $+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **XL1340(0,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde, **Q642(0,90,+45,-45)** kod numaralı numune dört yönde 0^0,90^0,$+45^0$,-45^0 açı yönlerinde elyaf kolonları ile üretilmiştir. Aşağıdaki **Şekil VIII.7** incelendiğinde tekstil yapılarında elyaf kablolarının güçlendirme yönü ve sayısı farklılığı daha net bir şekilde anlaşılır. **Grafik VIII.6** yorumlandığında güçlendirme yönü ve sayısı arttıkça İzod darbe mukavemetinin artmakta olduğu sonucu çıkarılmaktadır.

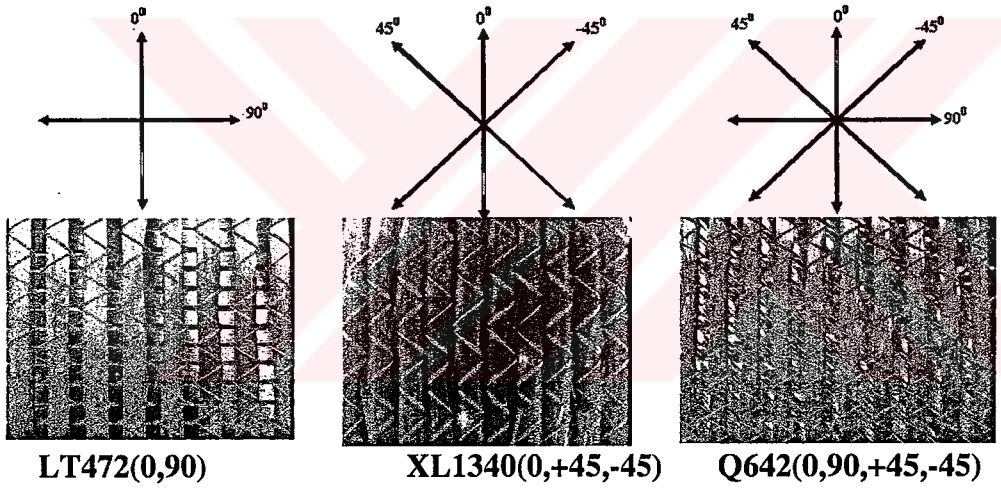
Şekil VIII.8 incelendiğinde kırılma noktaları incelendiğinde güçlendirme yönleri dört yönde olan numunelerde yapılar tamamen bir birinden ayrılma meydana gelmemektedir. Ayrılmanın meydana gelmemesi kullanım yerinde istenen bir özelliktir. Dört yönde açılı olarak güçlendirmenin yapıların İzod darbe mukavemetinin yüksek olmasını sağlaması yanında yapının kolaylıkla bir birinden ayrılamayacağı sonucu da çıkarılır.

Tablo VIII.9 : 2. Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Tayini Sonuçları

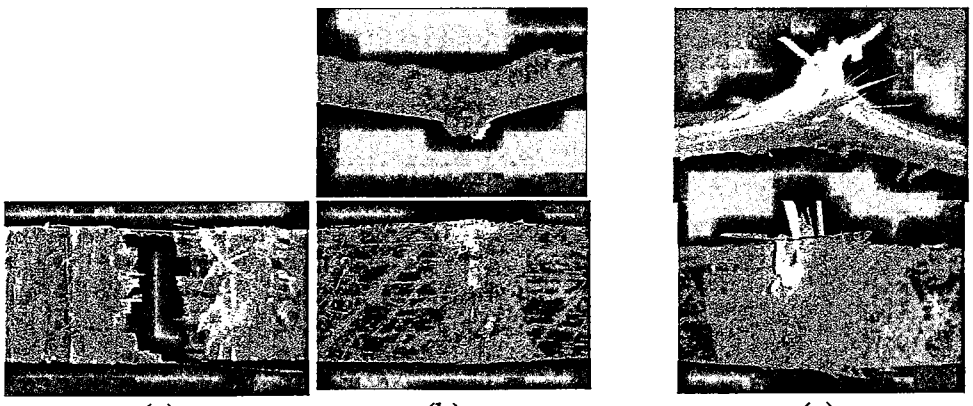
ÜRÜN KODU	İzod Darbe (kgJ/m^2)	Tekstil Malzeme Gramajı (g/m^2)
LT472(0,90)	91	1416
XL1340(0,+45,-45)	92	1340
Q642(0,90,+45,-45)	101,25	1284

Grafik VIII.6: 2. Grup Numuneye Uygulanan İzod Darbe Mukavemeti Testi Sonuçlarının Grafiği





Şekil VIII.7: 2. Grup Numune Tekstil Yapılarının Görünüşleri



Şekil VIII.8: İZOD Darbe Sonrası Kırılan (a) LT472, (b) XL1340, (c) Q642 Kod Numaralı Numunenin Kırılma Noktası Resmi

VIII.7. SONUÇLAR

Bu tez çalışması sonucunda varılan sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir :

1- Üretilen kompozit yapı içinde güçlendirme için kullanılan tekstil yapısının üretilme sıklığı ne kadar fazla olur ise sonuçta kompozit yapının sertliği o kadar yüksek olmaktadır.

2- Üretilen kompozit yapı içinde güçlendirme için kullanılan tekstil yapısının elyaf yatırma yönü ve sayısı arttıkça göstermiş olduğu mukavemet değerinin arttığı görülmektedir.

3- Üretilen kompozit yapı içerisinde güçlendirme için kullanılan tekstil yapısının çok yönde elyaf kabloları içerdiğinde darbeye maruz kaldığında kompozit yapının tamamıyla bir birinden ayrılmadığı görülmektedir. Bu kompozit yapıların kullanım sahası olan deniz taşıtların da kullanımında yapının tamamıyla bir birinden ayrılmaması aranması gereken bir özelliktir.

4- Kompozit yapı üretiminde kullanılan tek veya iki yönlü elyaf kabloları içeren tekstil yapıları ile üretilen kompozitlerin, çok yönlü (Multi-axial) çözgülü örme yapılar ile üretilen kompozit yapıların özelliklerini göstermesi için tek kat yerine birkaç kat kullanılması gerekmektedir. Kullanılan kompozit yapılar endüstriye hitap edeceğinden dolayı maliyeti de önem arz etmektedir. Maliyet açısından bakılınca çok yönlü (Multi-axial) Çözgülü örme yapılar ile güçlendirilerek elde edilen yapılar daha avantajlıdır.

5- Kompozit yapı içerisinde kullanılan tekstil yapısının gramajı arttıkça göstermiş olduğu mukavemet değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Kitaplar

[4] Horrocks, A.R. ; Anand, S.C. : "Teknik Tekstiller El Kitabı", *Türk Tekstil Vakfi*, İstanbul, Türkiye, **(2003)** 1-21, 36-37,66-68, 125, 292-307.

[7] Raz, S.: " The Karl Mayer Guide to Technical Textiles", *Karl Mayer Textilmaschinen Fabric GmbH,* Obertshausen, Germany **(2000)** 7, 18-26.

[10] Raz, S. : "Warp Knitting Production", *Meilland Textilberichte GmbH*, Rohrbacher Str. 76, D-6900 Heidelberg, Germany, **(1987)** 446-456.

[14] Cam Elyaf A.Ş. : "CTP Teknolojisi", *Cam Elyaf*, İstanbul, Türkiye, **(2004)** 8-28, 35-46, 57-64.

[16] Aran, A. : "Elyaf Takviyeli Karma Malzemeler", *İ.T.Ü. Makine Fakültesi*, İstanbul, Türkiye, **(1990)** 21-26.

[18] Akkurt, S. : "Plastik Malzeme Bilgisi", İ.T.Ü. Makine Fakültesi, İstanbul, Türkiye, **(1994)**

[19] Demirkesen, E. : "Kompozit Malzemeler", *İ.T.Ü. Kimya Metalurji Fakültesi*, İstanbul, Türkiye, **(1991)** 146-159.

[27] Spencer, J.D. : "Knitting Technology", *Great Britain By BPCC Wheatons Ltd*, Devon, England, **(1989)** 17-23.

Tezler

[1] İşgören, E. : "Türk Pamuğundan Yapılmış Düz Örgü (Süprem) Yapılı Kumaşların Geometrik Karakteristikleri", *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, **(1993)** 3-4.

[2] Kurt, D. ; Çelik, Ç. : "Örme Teknolojisi İle Yapılan Teknik Tekstiller", *Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, Türkiye, **(2003)** 3-8.

[3] Budun, S. ; Akşun, C.C. ; Ecemiş, H. : "Çözgülü Örme Teknolojisi", *Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, Türkiye, **(2003)** 2-5, 23-25.

[5] Tercan, M. : "Bazı Çözgülü Örme Kumaşların Boyutsal Özellikleri Üzerine Bir Araştırma", *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, Türkiye, **(1992)** 2,5-6,10-15.

[6] Çalışkan, B. : "Örme Esaslı Teknik Tekstiller", *Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul, Türkiye, **(2000)** 3-4, 13-16.

[15] Sağdıç, G. : "Kompozit Malzemeler", *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, **(1998)**

Makaleler

[20] Iyer C. : "Warp Knitted Technical Textiles", *Knitting Technology*, 4 **(2003)** 20-21.
[21] Frank K. : "Multi Axial Warp Knit Fabrics İn Composites", *High Performance Textiles*, April, **(1990)** 6-7.
[22] Corp D. D. M. : "Beter Warp Knit Fabric For Reinforcements", *High Performance Textiles*, November, **(1999)** 4.
[23] Ackermann M. : "Textile Aspects When Producing Structure Parts Made Of Fiber Composite Production Of Multi Axial Warp Knitting Fabrics", *Industrial Textiles*, Vol.41/93, May, **(1991)** E66-E67.
[24] Frank K.. ; Guang W. D. : "Analysis Of Multi Axial Warp Knit Preforms For Composite Reinforcement", *Composites Science And Technology*, 56 **(1996)** 253-260.
[25] Dexter H. B. ; Hasko G.H. : "Mechanical Properties And Damage Tolerance Of Multi Axial Warp Knit Composites", *Composites Science And Technology*, 56 **(1996)** 367-380.
[26] Frank K. ; Jinlian H. ; Yaming J. : "Bending Properties Of Multi Axial Warp Knitted Fabrics", *Textile Asia*, February **(1998)** 45-47.

Elektronik Yayınlar

[8] http://www.formax.co.uk (Erişim Tarihi: Şubat **2004**).
[9] www.metyx.com.tr (Erişim Tarihi: Nisan **2004**).
[11] www.liba.de (Erişim Tarihi: Nisan **2004**).
[12] www.karlmayer.de (Erişim Tarihi: Mart **2004**).
[13] www.tad.com.tr (Erişim Tarihi: Nisan **2004**).
[17] http://designophy.wiliw.com/sayi02/elkitabi/kompozit.php (Erişim Tarihi: Mart **2004**).

Standartlar

[28] TS 1005 EN ISO 180. : "Plastikler-İzod Darbe Mukavemeti Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, **(1999).**
[29] TS 1181 EN ISO 868. : "Plastikler Ve Ebonit-Batma Sertliğinin Durometre İle Tayini (Shore Sertliği)", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, **(1999).**
[30] TS 9406 EN ISO 2039-2. : "Plastikler-Sertlik Tayini-Bölüm 2: Rockwell Sertliği", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, **(2003).**
[31] TS EN ISO 5079 : "Tekstil Lifleri Tek-Tek Liflerin Kopma Noktasındaki Kopma Kuvveti ve Uzama Oranı Tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, Türkiye, **(2003).**

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul' da doğdu. İlk öğrenimini İstanbul' da tamamladı. 1996 yılında Yenilevent Lise' sinden mezun oldu. 1997 yılında Afyon Kocatepe Üniversitesi Tekstil Mühendisliği bölümüne girdi ve 2001 yılında tamamladı.

Aynı yıl Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans Eğitimine başladı. 2002 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Eğitimi Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı, halen bu görevini sürdürmektedir.