

CAM LİFLERİ

GLASS FIBERS

Duygu ÖZDEMİR
TUBİTAK T.A.M

H. Diren MECİT
TUBİTAK T.A.M

Prof. Dr. Necdet SEVENTEKİN
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Tülin ÖKTEM
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Bu makalede cam liflerinin türleri, üretim yöntemleri ve özellikleri kısaca tanıtılmış ayrıca sahip oldukları özelliklere bağlı olarak kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Cam lifi, ECR Glas tipi , E tipi, S-2 Tipi

ABSTRACT

In this paper; types, production methods and characteristics of glass fibers and their application fields are briefly explained.

Key Words: Glass fiber, ECR Glas type, E type, S-2 Type

1. GİRİŞ

Camdan iplik ve çeşitli mamullerin yapımı çok eski tarihlere kadar uzanmaktadır. 1734 yılında Rene Ferchault de Reaumur tarafından cam lifi üretilmiş ise de fabrikasyon olarak üretimi 18. yüzyıl sonlarında gerçekleşmiştir. Bunun nedeni ise Reaumur'un, elde ettiği bu ipek gibi ince cam liflerini dokumakta zorluk çekmesidir (1).

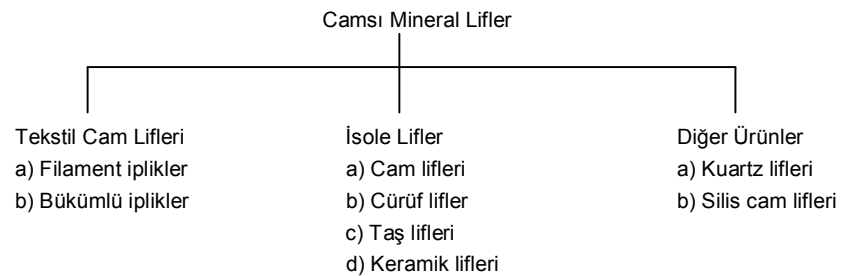
1935 yılında Owens-İllinois Glass Co., Newark/Ohio, firması tarafından iplik haline getirilebilecek ve dokunabilecek incelikte cam lifleri üretilmiştir. 1942 yılında takviye edilmiş kompozit materyaller olarak ilk zamanlarda havacılık sektöründe kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek dayanımlı cam lifi (S-tipi) ise Owens Corning Tekstil Ürünleri ve Amerikan Hava Kuvvetleri'nin ortak çalışması sonucunda ilk olarak 1960'ların başında kullanılmıştır. 1968'de S-2 tipi cam lifi çok çeşitli ticari uygulamalarda kullanım alanı bulmaya başlamıştır. Daha sonraları birçok lif çekim yöntemlerinin geliştirilmesi ile cam liflerinin üretimleri hızla artışa geçmiştir. Bu oran 2000'li yıllarda 2,9 milyon ton/yıl'a ulaş-

mıştır. Bu miktar tüm teknik lifler tüketiminin %20'sini teşkil etmektedir (2).

Cam lifleri, yüksek sıcaklık dayanımına ve stabilitesine, saydamlık ve teknik amaçlara uygunluk özelliklerine sahiptir (2). Bu nedenle bugün dünyada üretilen cam liflerinin büyük kısmı teknik amaçla ve özellikle izolasyon maddesi olarak kullanılmaktadır. Tekstil alanında tüketilen cam liflerinin payı oldukça düşüktür. Bu liflerden giyim eşyası olarak kullanımı yanında, mobilya yüzleri, dekoratif kumaşlar, perdeler yapımında da kullanıldığı görülmektedir (1).

Camsı yapıda olan mineral liflerin sınıflandırması şu şekildedir (1).

Yıllardan beri cam en fazla gözardı edilen teknik liflerden bir tanesi olmuştur. Yıllar boyunca nispeten düşük performanslı plastikler ve çatı kaplama malzemeleri için takviye 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 (5).



Şekil 1. Camsı yapıda olan mineral liflerin sınıflandırması (1).

Tablo 1. Tekstil cam liflerinin % karışım oranları (2)

Cam tipi	A Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi	Advantex	ECRGLas	AR Tipi	R Tipi	S-2 Tipi
Oksit	%	%	%	%	%	%	%	%	%
SiO ₂	63-72	64-68	72-75	52-56	59-62	54-62	55-75	56-60	64-66
Al ₂ O ₃	0-6	3-5	0-1	12-16	12-15	9-15	0-5	23-26	24-26
B ₂ O ₃	0-6	4-6	21-24	5-10	<0,2		0-8	0-0,3	<0,05
CaO	6-10	11-15	0-1	16-25	20-24	17-25	1-10	8-15	0-0,2
MgO	0-4	2-4		0-5	1-4	0-4		4-7	9,5-10,3
ZnO						2-5			
BaO		0-1						0-0,1	
Li ₂ O							0-1,5		
Na ₂ O+K ₂ O	14-16	7-10	0-4	0-2		0-2	11-21	0-1	<0,3
TiO ₂	0-0,6			0-0,8		0-4	0-12	0-0,25	
ZrO ₂							1-18		
Fe ₂ O ₃	0-0,5	0,8	0-0,3	0-0,4		0-0,8	0-5	0-0,5	0-0,1
F ₂	0-0,4			0-1				0-0,1	

2. CAM LİFLERİNİN ÜRETİLMESİN-DE KULLANILAN HAMMADELER

Cam liflerinin yapımında kullanılan temel hammadde, bilinen camdan başka bir şey değildir. Ancak asıl camlar, alkali ve toprak alkali silikatlardan ve hatta borat ve alüminat içeren kompleks karışımlardan oluştuğu halde, lif üretiminde kullanılacak olanlar daha çok soda-kireç silikatları veya boraks silikatları şeklindedir.

Cama kazandırılmak istenen özelliklere göre, katkı maddelerinin oranı değişiktir. Bu nedenle cam liflerinin kimyasal yapısı kesin olarak verilememektedir. Buna rağmen silisyumdioksit ve kalsiyumkarbonattan oluştuğu söylenebilir. Ancak değişik amaçlar için ilave edilen, sodyumkarbonat, alüminyumhidroksit, magnezyumoksit ve borik asit oranları değişken olabilmektedir. Tablo 1'de cam lifi türlerinin karışım içerikleri (% olarak) verilmektedir.

Cam lifi çeşitleri:

- ✓ A-Tipi Cam Lifi: Bor ilaveli veya ilavesiz alkali-kireç camlarıdır. Özel tiplerinde % 0,8'den daha fazla olacak şekilde alkali oksit bileşikleri içermektedirler. E- Tipi cam lifindeki gibi mukavemet, stabilite ve iyi elektriksel dayanımın gerekli olmadığı durumlarda soda kireç silikat camlarının kullanımıyla üretilmektedir.
- ✓ C- Tipi Cam Lifi: Korozif asidik koşullara karşı kimyasal stabilite sağlayan kalsiyum borosilikat camlarının

dan oluşmaktadır. Hem asitler hem de alkaliler olmak üzere kimyasallara karşı dayanımları oldukça iyidir.

- ✓ D- Tipi Cam Lifi: Elektriksel uygulamalar için düşük dielektrik sabitli borosilikat camlarından oluşmaktadır.
- ✓ E- Tipi Cam Lifi: % 0,8'den daha az oranda alkali oksit bileşikleri içeren alüminyumbor silikat camlarıdır. Sentetik liflerin takviyesinde ve yüksek mukavemet ve elektrik dayanımı gereken durumlarda kullanılmaktadır. Geniş bir kullanım alanı bulan E-tipi camlar, esasen elektroteknik amaçlar için geliştirilmiştir. Ancak bugün sentetik maddelerin takviyesinde de kullanılmaktadır (özellikle dokuma kumaş formundaki cam takviyeli plastiklerde). Asitlere, alkalilere ve diğer kimyasal maddelere karşı dayanıklı olduklarından kimya sanayiinde filtre yapımında geniş oranda kullanılmaktadırlar.
- ✓ ADVANTEX Tipi Cam Lifi: E- Tipi cam lifi maliyetinde, ECRGLAS türünün sahip olduğu avantajların çoğunu sağlayan kalsiyum alüminosilikat camından oluşmaktadır.
- ✓ ECRGLASS Tipi Cam Lifi: Mukavemet, elektriksel dayanım ve asidik korozyon dayanımı için tasarlanmış max. %2 alkali içeren kalsiyum alüminosilikat camlarından oluşmaktadır.
- ✓ AR-GLASS Tipi Cam Lifi: Alkali zirkonyum silikatların alkali dayanımlı camların karışımı kullanılmaktadır.
- ✓ R Tipi Cam Lifi: Asidik korozyon dayanımı ve mukavemet istendiği du-

rumlarda kalsiyumalüminosilikat camlarının kullanılmasıyla oluşan türdür.

- ✓ S-2 Tipi Cam Lifi: S-2 tipi yüksek dayanımlı cam lifleri alüminyum silikatların yüksek sıcaklıktaki karışımlarından oluşan, incelikleri 5-27 µm arasında değişen liflerdir. Silikat cam liflerinin birçoğu tekstil ve kompozit endüstrisi için üretilmektedir (2).

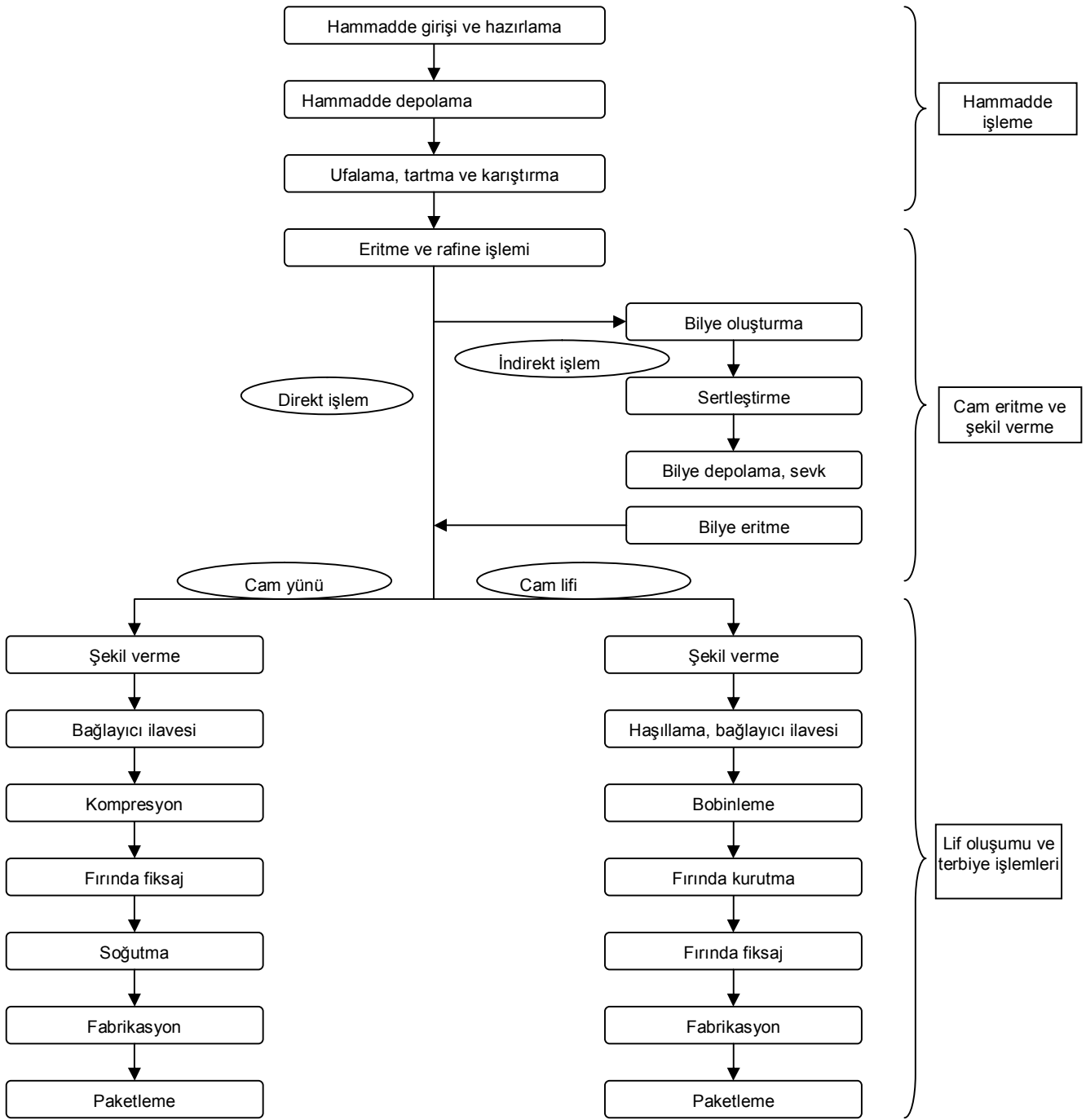
Ayrıca bu tiplerin dışında M tipi ve Z tipi cam lifleri de bulunmaktadır;

- ✓ M-tipi Cam lifleri: Elastisite modülleri yüksek berilyum içeren camlardır.
- ✓ Z-tipi Cam lifleri: Betonların takviyesinde kullanılan, çimento ile birlikte kullanılabilen cam lifleridir (1).

3. LİF ÇEKİM YÖNTEMLERİ

Cam lifleri filament veya stapel lif şeklinde üretilmektedirler. Lif üretim şekline göre kullanılan hammaddeler farklı olabilmektedir. Örneğin, filament lif üretiminde genellikle E-tipi cam, stapel lif üretiminde C-tipi cam kullanılmaktadır. Ayrıca uygulanan lif çekim yöntemleri de birbirinden farklıdır (1).

Cam lifi üretimi, çeşitli hammaddelerin yüksek sıcaklık işlemleri ile homojen eriyik haline ve ardından bu eriyiğin cam lifleri haline dönüştürüldüğü işlem adımlarından oluşmaktadır. Cam liflerinin tekstil cam lifi ve cam yünü olmak üzere iki tipi bulunmaktadır ve her iki tip de benzer işlem adımları ile üretilmektedir. Bu işlemlerin tipik diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir (3).



Şekil 2. Cam lifi üretim prosesindeki tipik işlem akış şeması (3)

Tekstilde kullanılan cam lifleri ve daha farklı alanlarda kullanılan cam yünü için lif üretimi genellikle iki aşamada yapılmaktadır. Birinci aşama her iki cam lifi türü için hemen hemen aynı iken ikinci aşamada farklı işlem basamakları yer almaktadır (3). Birinci aşamada, yabancı maddelerden temizlenmiş cam elde edilmektedir. Bunun için yeteri kadar ve belirli oranda kum, kireç taşı, soda ve boraks bir eritme kabında eritilmektedir. Yabancı maddeler

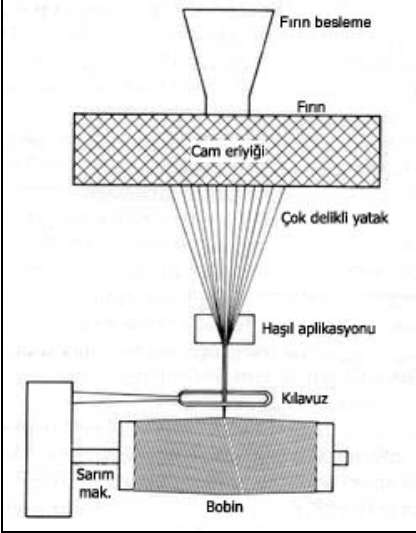
eriyik üzerinde toplanarak uzaklaştırılmaktadır. Bu şekilde saflaştırılmış olan cam, ya 15 mm çapında ve 9-10 gr ağırlığında bilye haline getirilmekte veya cam çubuk haline sokularak soğutulmaktadır (1).

İkinci aşamada ise cam bilye veya çubuklardan lif çekimi sağlanır. Lif çekimi çeşitli şekillerde yapılabilirse de üç tanesi önem kazanmıştır.

1) Düzeden lif çekimi: En çok uygulanan bu yöntemde, yabancı maddesinden

temizlenmiş, fakat çubuk veya bilye haline getirilmemiş eriyikten direkt lif çekimi yapılabileceği gibi, cam bilyeler, Platin/Rodyum'dan yapılmış eritme kabında 1200-1400°C'ye kadar elektrikle ısıtılarak, lif çekimi için istenilen viskozitede olan eriyik elde edilmektedir. Düz deliklerinin çapı, lif inceliğine ve lif çekim hızına bağlı olarak 1-2 mm arasında değişmektedir. Bir düzede 100-200 arasında delik bulunmaktadır. Cam eriyiği, düze deliğinden kendi

ağırlığı ile akarken ince teller haline gelmekte ve dönen bir bobine sarılmaktadır. Tellerin bobine yapışmaması için üzerine yağ püskürtülmektedir. Bobinin dönme hızını ayarlayarak, cam tellerin katlaşması esnasında boyları uzatılmakta ve incelikleri ayarlanabilmektedir.

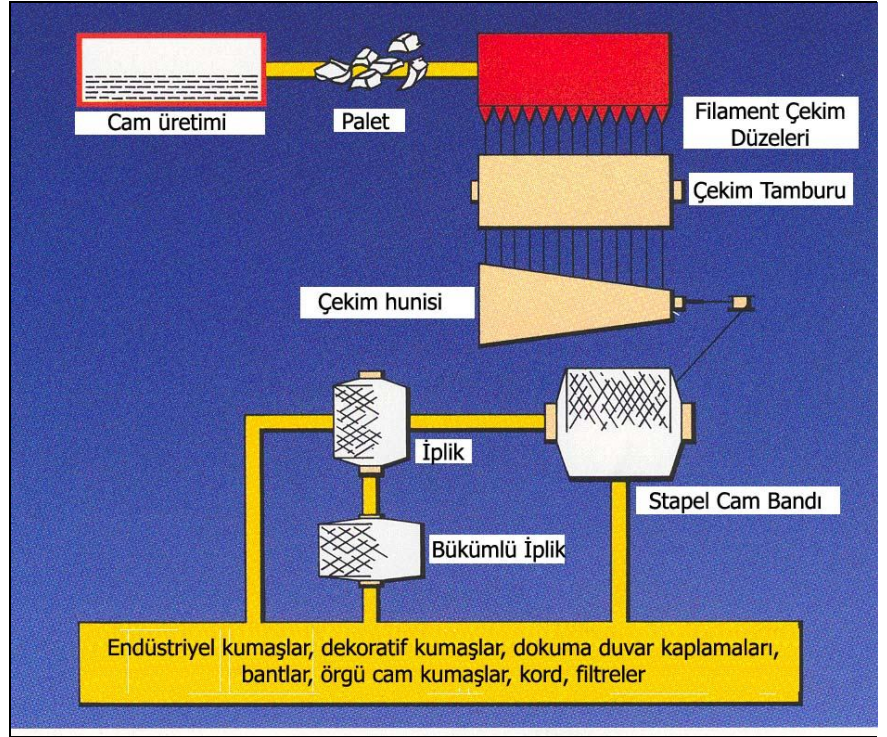


Şekil 3. Cam elyafı üretimi

Düzeden çıkan cam telleri bir araya getirilmekte ve gerekirse büküm verilmekte ve yağlama işlemi yapılarak 3-15 mikron kalınlığında filament haline getirilmektedir.

2) Çubuktan Lif Çekim Yöntemi: Cam çubuklar, sabit bir hızla gaz veya elektrikle ısıtılan bölgeye geldiklerinde yumuşayarak, lif çekilebilecek hale gelmektedir. Lif çekim tamburuna sarılan liflerin tamburun dönme hızını ayarlayarak, boyları uzatılmaktadır.

3) Üfleterek Lif Çekim Yöntemi: Filament lif üretiminde olduğu gibi platinen yapılmış eritme kabından gelen eriyik, kabın alt kısmındaki deliklerden tel halinde akarken, üzerine yüksek basınçlı su buharı veya gaz jeti üflenir. Buhar veya gazın hızlı çarpma etkisi sonucunda, cam teller parçalanarak kısa boylu stapel elyaf şekline dönmektedir. Daha sonra bunlar bir tambur yardımıyla toplanarak kaba band haline getirilir ve daha sonra istenilen kalınlıkta ve biçimde iplik haline getirilir (1).



Şekil 4. Lif çekimi ve filament iplik oluşumu (6)

Cam filament iplikleri klasik tekstil iplikleri ile karşılaştırıldıklarında kırılma dirençleri ile karşılaştırıldıklarında kırılma dirençleri düşüktür. Cam liflerinin özgül bükülme rijitlikleri, $0,89 \text{ mNm}^2\text{tex}^{-2}$ 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 haşılamanın yapılması gerekmektedir. Dekstrin, jelatin, polivinil alkol, hidrojenize bitkisel yağlar ve noniyonik deterjanlar genelde kullanılan haşıl maddeleridir (5).

4. CAM LİFLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Fiziksel özellikler

Cam liflerinin fiziksel özellikleri genel olarak aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Saydam ve düzgün yüzeysizdirler. Ayrıca kesit görünüşleri yuvaraktır.
- İncelikleri 2-13 mikron arasında değişmektedir. 6μ inceliğindeki 1 kg cam lifi yüzeyi, 280 m^2 dir (1).
- Cam lifleri mukavemetlerinin yüksek oluşu ile tanınmaktadır ve genellikle kopma mukavemetleri 6-7,3 g/denye arasında değişmektedir. Bununla beraber ince liflerin mukavemeti kalın liflerden daha iyidir. Bunların kopma anındaki uzama yüzdeleri %2 civarında

dadır ve diğer tekstil liflerine nazaran oldukça düşüktür. Ancak C tipi liflerde bu yetenek %3-4'e kadar çıkabilmektedir (4).

- Yoğunlukları $2,5-2,7 \text{ g/cm}^3$ dür. Bu bakımdan alüminyuma benzerler. Fakat cam liflerinden yapılan yün camının özgül ağırlıkları $0,025$ 'dir ki normal cam liflerine oranla düşük sayılmaktadır. Çünkü bu lifler büyük çapta geniş hacimli hava içermektedirler (4).
- Cam liflerinin içermiş oldukları nem miktarı %0,13-0,8 arasındadır (1).

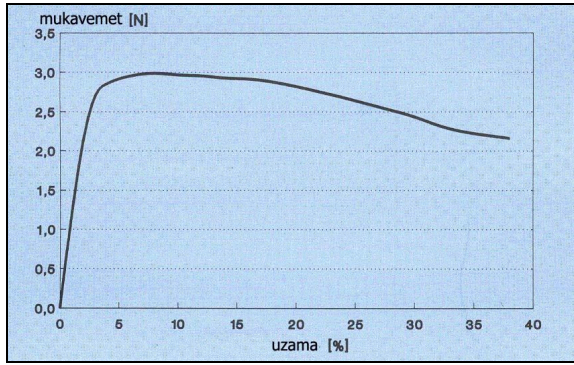
Kompozitlerde kullanılan cam liflerinin yoğunlukları yaklaşık olarak $2,11 \text{ g/cc}$ (D-tipi cam lifi) ile $2,72 \text{ g/cc}$ (ECRGLAS tipi cam lifi) arasında değişmektedir.

Tablo 2'de cam liflerinin fiziksel özellikleri gösterilmektedir (2).

Nem, camın mukavemetini etkilemektedir. S-2 tipi cam lifinin ölçülen maksimum mukavemet değeri $12,7 \text{ mm}$ uzunluğunda ve $10 \mu\text{m}$ çapında lif için $11,6 \text{ Gpa}$ olarak ölçülmektedir. Cam liflerinin mukavemeti buldukları ortam sıcaklığındaki artışla birlikte düşmektedir. Sertleştirilmemiş silikat cam liflerinin elastisite young modülleri yaklaşık 52 Gpa ile 87 Gpa arasında değişmektedir. Lif ısıtıldığında modül kademeli olarak artmaktadır (2).

Tablo 2. Cam liflerinin fiziksel özellikleri (2)

Fiziksel Özellikler									
	A Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi	Advantex	ECRGlas	AR Tipi	R Tipi	S-2 Tipi
Yoğunluk g/cc	2,44	2,52	2,11-2,14	2,55-2,62	2,62	2,68-2,72	2,70	2,54	2,46-2,49
Refrakto İndeksi	1,538	1,533	1,465	1,558	1,561	1,576	1,562	1,546	1,521
Yumuşama Noktası °C	705	750	771	846	916	882	773	952	1056
Tavlama Noktası °C		588	521	657	736				816
Gerilme Noktası °C		522	477	615	691			736	766
Gerilme Mukavemeti, Mpa									
-196°C		5380		5310		5310			8275
23°C	3310	3310	2415	3445		3445	3241	4135	4890
371°C				2620		2165		2930	4445
538°C				1725		1725		2140	2415
Young Modülü Gpa									
23°C	68,9	68,9	51,7	72,3	76,6	80,3	73,1	85,5	86,9
538°C				81,3	84,3	81,3			88,9
Esneme %	4,8	4,8	4,6	4,8	4,6	4,8	4,4	4,8	5,7
Spesifik Gerilme Dayanımı x 10 ³ m		145	125	145		140		180	220
Spesifik Gerilme Modülü x 10 ⁶ m		3	2,7	3,1		3,25		3,7	3,9



Şekil 5. Cam liflerinin kopma mukavemeti ve uzaması (6)

Kimyasal, elektriksel ve termal özellikler

Tablo 3'te cam liflerinin kimyasal, elektriksel ve termal özellikleri gösterilmektedir. Cam liflerinin bu özellikleri aşağı belirtildiği gibidir:

- Yanmazlar, 1150 °C civarında erirler.
- Asitlere karşı dayanıklı olmakla birlikte sıcak hidroflorik asit ve fosforik asitten etkilenirler.
- Derişik bazlar ve sıcak baz çözeltilerin de olumsuz etkilenmektedirler.
- Birçok organik çözüğenden, bakteri ve güvelerden ve mikroorganizmalardan ise etkilenmemektedirler.
- Elektrik ve ısıyı iletmemektedirler.

Cam liflerinin asit, baz ve suya karşı dayanımları ağırlık kaybındaki % değeri olarak belirtilmektedir. Bu değer düşüğe camın korozif çözeltilere karşı

dayanımı artmaktadır. Belirli bir cam karışımının asidik koşullardaki korozyon oranı asit konsantrasyonundan, ortam sıcaklığından, lif çapından ve çözelti hacminin cam kütlesine oranından etkilenmektedir. Bazik koşullarda cam liflerindeki ağırlık kaybı ölçümleri daha subjektif olmaktadır.

Cam liflerinin mukavemetleri üzerine suyun önemli etkisi vardır. Yıkama işlemi cam liflerinde mukavemetlerinin belirli oranda düşmesine neden olmaktadır. Mukavemet kaybı lif çapının küçüklüğüne ve içerdiği alkali oranına bağlı olarak aratmaktadır. Cam liflerinin mukavemetlerine ısı değişikliğinin etkisi az da olsa görülür. Genellikle -50°C' den -250°C'ye kadar değişen ısının etkisi pek görülmez, fakat +250 °C'den sonra ısı ve zaman mukavemeti etkiler (4).

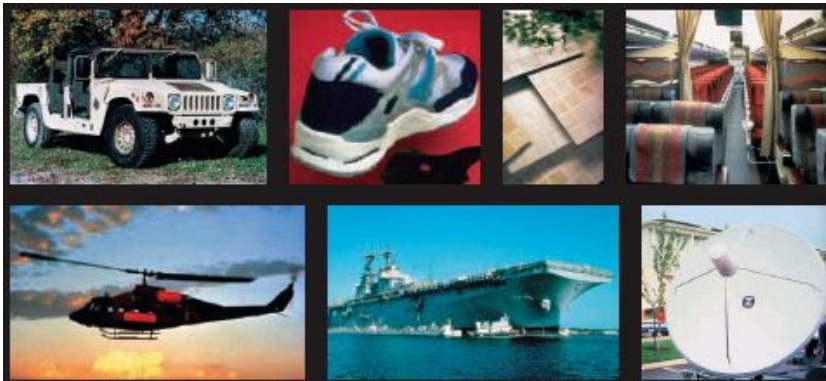
5. CAM LİFLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Cam liflerinin uzama yetenekleri ve sürtünme mukavemetleri oldukça düşüktür ve bu nedenle giyim eşyası olarak pek kullanılmamaktadır. Ancak absorbe ettikleri rutubet miktarı çok az olduğundan vücudu soğuk tutmaktadırlar ve ayrıca toksik etkileri bulunmamaktadır. Bu özellikleri nedeniyle diğer tekstil lifleri ile karıştırılarak kullanılmaya elverişlidir. Daha çok ısıyı ve elektriği iletmemesi nedeniyle, ısı ve elektrik izolasyon maddesi plastik malzemelerin mukavemetini arttırmak için takviye maddesi olarak kullanılmaktadır.

Bununla beraber bazı teknolojik özellikler zamanımızda cam liflerine son derece önem kazandırmıştır. Özellikle ısıyı geçirmemesi ısıya oldukça dayanıklı oluşu, röntgen ve radyasyon ışınlarını önlemesi bunların başında gelmektedir. Örneğin, ışınlara ve yangınlara karşı tente, perde, önlük, masa örtüsü, mobilya yüzü, miğfer, elbise, vs. gibi koruyucu eşya ve kumaşların yapılması bu özelliğe dayanmaktadır. Bu eşya ve kumaşlar yanan sigara izmariti ve kibrit ile tutuşmazlar. Aynı şekilde petrol taşıyan tanker gemilerinde can kurtaran kayıkların ve yangından koruyucu eşyaların yapılmasında kullanılmaktadırlar.

Tablo 3. Cam liflerinin kimyasal, elektriksel ve termal özellikleri (2)

	A Tipi	C Tipi	D Tipi	E Tipi	ECRglas	AR Tipi	R Tipi	S-2 Tipi
KİMYASAL ÖZELLİKLER								
Dayanım (% Ağırlık Kaybı)								
H ₂ O : 24 s	1,8	1,1	0,7	0,7	0,6	0,7	0,4	0,5
168 s	4,7	2,9	5,7	0,9	0,7	1,4	0,6	0,7
% HCl : 24 s	1,4	4,1	21,6	42	5,4	2,5	9,5	3,8
168 s		7,5	21,8	43	7,7	3	10,2	5,1
%10 H ₂ SO ₄ : 24 s	0,4	2,2	18,6	39	6,2	1,3	9,9	4,1
168 s	2,3	4,9	19,5	42	10,4	5,4	10,9	5,7
%10 Na ₂ CO ₃ : 24s		24	13,6	2,1		1,3	3,0	2,0
168 s		31	36,3	2,1	1,8	1,5		2,1
ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLER								
Dielektrik Sabiti 1MHz	6,2	6,9	3,8	6,6	6,9	8,1	6,4	5,3
10GHz			4,0	6,1	7,0			5,2
Dağılıma Faktörü 1 MHz		0,0085	0,0005	0,0025	0,0028		0,0034	0,0020
10 GHz			0,0026	0,0038	0,0031		0,0051	0,0068
Hacim dayanıklılığı (ohm-cm)	1,0E+10			4,02E+14	3,84E+14		2,03E+14	9,05E+12
Yüzey dayanıklılığı (ohm)				4,02E+15	1,16E+16		6,74E+13	8,86E+12
Dielektrik dayanımı (volt/mil)				262	250		274	330
TERMAL ÖZELLİKLER								
Spesifik Isı J/g°C								
23°C	0,796	0,787	0,733	0,810			0,732	0,737
200°C		0,900		1,03	0,97		0,938	0,821
Termal Esneme								
Katsayı (x10 ⁻⁷)	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
-30°C'dan 250°C'a kadar	73	63	25	54	59	65	33	16

**Şekil 6.** Cam liflerinin kullanım alanlarına örnekler (7)

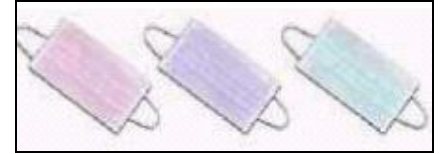
Cam liflerinin çok kullanıldığı başka bir alan da filtrasyon işleridir. Bunların bir çok kimyasal etkenlere dayanıklı oluşu nedeni ile pek çok kimyasal maddenin muhafaza ve taşınmasında kullanılan

kaplar ve aynı zamanda bir çok boruların izolasyonu, çeşitli kazanların ve kabloların kaplanması da bu liflerle yapılmaktadır. Yer altı izolasyonunda, toz ve duman filtrelerinde bina, duvar ve

çatılarının kaplanmasında da bu lifler tercih edilmektedir.

Son zamanlarda çok kullanılmakta olan çeşitli plastik maddelerin, özellikle film ve şeritlerinin mukavemet kazanmalarında cam lifler yararlı olmaktadır. Bunun gibi cam lifi ile takviye edilmiş ambalaj kağıtları, karton kutuları, bağlama şeritleri, yapıştırıcı bantlar da yapılmaktadır. Fakat asıl önemini çeşitli otomobil gövdelerinin, yarış araba ve kayıklarının, tanklarının ve uçaklarının bazı parçalarının yapılmasında, sentetik plastik maddelerle cam liflerinin uçak endüstrisinde ve roket yapımında özel bir yere sahip olduğu da eklenince uzay çalışmalarında neden yer aldığı anlaşılmaktadır.

Ayrıca cerrahların kullandığı maskelerde de cam lifleri kullanılmaktadır (Şekil 5) bu maskeler, paralel serilmiş veya ıslak serilmiş yöntemler ile elde edilmiş dokusuz yüzey sentetik mikro lifler ile kaplanarak üretilirler.

**Şekil 7.** Cerrahi maskeler

Bu geniş açıklamalar cam liflerinin bugünün teknolojisinde artık vazgeçilmez maddeler haline geldiği kanısını kuvvetlendirmiş olmaktadır. Ayrıca teknolojik gelişmeler cam liflerinin önemini bir kat daha arttıracak gibi gelecekte tekstil alanındaki yerini de daha çok genişletmesine olanak sağlayacaktır (4, 7).

6. KAYNAKLAR

1. SEVENTEKİN N., Kimyasal Lifler, E.Ü. Teks. ve Konf. Araş. Uyg. Merk., s. 128-134, (2001) "Kimyasal Lifler"
2. ADVANCED GLASSFIBER YARNS LLC, Technical Paper, "High Strength Glass Fibers, p. 2-11, March 2003.
3. Mineral Product Industry, "Glass Fiber Manufacturing", p. 1-3, (January 1995)
4. HARMANCIOĞLU M., "Tekstil maddeleri 2, Rejenere ve sentetik lifler",s. 338-347, 1981.
5. The Textile Institute, Teknik Tekstiller El Kitabı, s.10, 66.
6. Johns Manville Sales GmbH katalogları
7. www.agy.com

