

TEKSTİL LİFLERİNİN ADHEZYONUNU GELİŞTİRMEK İÇİN YÜZEY MODİFİKASYON YÖNTEMLERİ

SURFACE MODIFICATION METHODS FOR IMPROVEMENT OF ADHESION TO TEXTILE FIBERS

Arş. Grv. Yük. Müh. Necla YAMAN
Uşak Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Esen ÖZDOĞAN
Ege Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü

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

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

ÖZET

YüzeY modifikasyon işlemleri uzun zamandan beri lif yüzeylerinin fiziksel ve kimyasal modifikasyonunda kullanılmaktadır. Farklı şekilde modifiye edilmiş liflerin özellikleri iyileştirilmekte ve pek çok alanda kullanılabilirliği artırılmaktadır. Bu yazıda, özellikle teknik tekstil alanında kullanılan lifler başta olmak üzere, liflerin adhezyonunu geliştirmek için kullanılan yüzeY modifikasyon işlemleri incelenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Lif, Adhezyon, YüzeY modifikasyonu, Plazma, Kompozit.

ABSTRACT

Surface modification treatments have been utilized in the physical and chemical modifications of the fiber surfaces since long time. Fiber properties have been improved thanks to different modification techniques, and their utilizable areas have been increased in a lot of areas. In this paper, the surface modification treatments to increase the adhesion properties of the fibers, especially the fibers which are used in the technical textiles have been studied.

Key Words: Fiber, Adhesion, Surface Modification, Plasma, Composites.

1. GİRİŞ

Tekstil liflerinin kullanıldığı yerler, lif karakteristikleri (geometrik, fiziksel ve kimyasal) ile doğrudan ilgilidir. Uzunluk, enine kesit ve kıvrım gibi geometrik özellikler lif boyut ve formunu belirlemektedir. Liflerin kimyasal özellikleri arasında alkali, asit, indirgen veya oksidasyon maddelerine dayanım ve elektromanyetik özellikleri sayılabilir. Liflerin pekçoğuy higroskopik yapıdadır ve normal koşullarda yapılarında bir miktar nem içermektedir. Liflerin higroskopik özellikleri doğrudan kimyasal yapılarını etkilemektedir.

Liflerin boyanabilme özelliğiy, boyar madde molekölü ile bağ yapabilecek fonksiyonel gruplarına bağılı olarak değişmektedir. Boyarmaddelerin liflere olan afinitesi ise boya molekölü ve lifin kimyasal yapısına bağılı olarak değişen *termodinamik* bir dengededir.

Tekstil lifleri yapı elemanları olarak kullanıldığı zaman, liflerin mekanik özellikleri diğer özelliklerinden daha fazla bir öneme sahip olmaktadır. Cam, asbest, özel seramik ve metal lifleri dışında, tekstil liflerinin fiziksel özellikleri ve geometrik boyutları, liflerin diğer polimerlerden ayrılmasına neden olmaktadır. Tüm materyallerde olduğu gibi, tekstil liflerinin fiziksel özellikleri moleköl yapılarını ve moleköl yerleşimlerini yansıtmaktadır. Liflerin fiziksel özellikleri, kristalin ve amorf bölge içerisinde polimer zincirlerinin yerleşiminden ve bu kısımların birbirleri içerisinde yerleşiminden etkilenmektedir (1).

Kompozit materyaller matris ve güçlendirici polimerlerden meydana gelmektedir. Tekstil liflerinin bazıları yüksek dayanım, boyut stabilitesi, yorulma direnci ve düşük ağırlığa sahip olduğu

için kompozit malzemelerde güçlendirici materyal olarak kullanılmaktadır. Cam, seramik, karbon, bazı aramid ve poliolefin liflerinin mukavemetleri yüksek olduğu için, kompozit endüstrisinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Dinamik koşullarda matrise uygulanan kuvvet, ara yüzeyden life transfer edilmektedir. Matris ve lif arasındaki yüzeyler arası adhezyon kuvveti kompozit materyaller için önemli bir unsurdur. Yüzeyler arası adhezyon kuvvetinde anahtar faktör, lif yüzeyinde ve matrisde bulunan fonksiyonel gruplar arasında meydana gelen bağlar olmaktadır. inert karakterli olan tekstil materyallerin yüzeyinde fonksiyonel grup sayısını artırmak için lif yüzeyleri modifiye edilmesi gerekmektedir.

Lif-matris kompozitlerin mekanik özellikleri yalnızca lif ve polimerin özelliğine bağılı değildir, aynı zamanda *liffin*

hammadesine ve liften matrise transfer olan *yük mekanizmasına* bağlıdır. Sonuç olarak kompozit materyalin dayanımı, lifin yüzeyine ve özelliklerine bağlıdır. Karbon, olefin ve aramid liflerinin yüzeyleri oldukça düzdür. Lif yüzeyinde uzunlamasına bazı çizgiler bulunmakla beraber bunlar yüzeyde pürüzlülüğe neden olmamaktadır. Bu tür güçlendirme lifleri inert yapıda olduğu için, matrisin lifi iletmesi ve kimyasal bağ oluşturması oldukça zor olmaktadır. Termoset ve termoplastik materyaller ile adhezyonu geliştirmek için lifler kontrollü olarak yüzey işlemlerine maruz bırakılmaktadır (2).

Liflerin yüzey modifikasyonunda amaç, liflerin temel özelliklerini etkilemeden lif ve matris arasındaki bağ dayanımını artırmak için yüzeyde kimyasal ve fiziksel modifikasyonlar gerçekleştirilmiştir.

2. YÜZEY MODİFİKASYON YÖNTEMLERİ

Yüzey modifikasyon teknikleri 4 grupta toplanmaktadır: *Mekanik, kimyasal (oksidasyon), yakma ve plazma* teknikleridir. Lifin çapı birkaç mikrometre olduğu için, yakma ve mekanik metotlar lif endüstrisinde kullanım olanağı bulamamıştır. Endüstride kimyasal yüzey modifikasyon işlemleri uzun zamandır kullanılmaktadır. Örneğin tekstil lastik kortları kauçuk ile bağ oluşturmadan önce çözgen ve yapıştırıcı karışımına daldırılmaktadır. Yüzey modifikasyonunda kullanılan diğer bir yöntem yüzey oksidasyonudur. Ancak kimyasal modifikasyonun korozyon riski, yüzeyin kontrollü bir şekilde modifiye edilememesi ve dolayısı ile lif mukavemetinin azalması, çevre kirliliğine sebep olması gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu nedenle daha basit ve ucuz olan plazma işlemleri tekstilde ıslanabilirlik, çekmezlik, haşıl sökme, boyanabilme ve basılabilme özelliklerinde de iyileştirilmesi yanında, lif-reçine arasında adhezyonu artırmak içinde kullanılmaktadır (3, 4). Araştırmacılar bu teknolojiyi, yüzey temizleme işlemlerinde (5), liflere koruyucu

tabaka kaplama (6) ve lif dayanımını artırmada (7) kullanmışlardır.

Oksidasyon İşlemleri

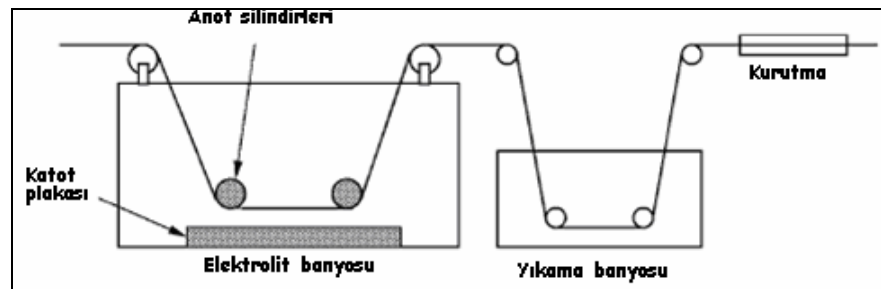
Kontrollü oksidasyon işlemi, kuru gaz oksidasyonu, çözelti oksidasyonu ve elektrokimyasal oksidasyon olmak üzere üç farklı şekilde yapılmaktadır (8). Bu işlemlerde amaç, yüzeyde bulunan zayıf bağlı tabakaların uzaklaştırılmasıdır. Oksidasyon işlemleri yüzeyi pürüzlü hale getirerek, lif ile reçine arasındaki mekanik bağlanmayı artırmaktadır. Kimyasal modifikasyon ile yüzeyde karbonil, karboksil ve hidroksil gruplar oluşturularak, lif-reçine adhezyonu artırılabilir. Kuru gaz oksidasyonu yüksek sıcaklıklarda gerçekleştiği için yalnız karbon liflerinin modifikasyonunda kullanılabilir. Hava veya O₂/N₂ atmosferinde 350-1100°C sıcaklıklarda işlem gerçekleşmektedir (9-11). 1800°C sıcaklıkların altında oksijenli veya oksijensiz olarak CO₂, Cl₂, NO₂-NO ve NH₃ okside edici gazlarda kullanılabilir (12). Ozon özellikle katrandan elde edilmiş liflerin oksidasyon işlemlerinde kullanılmaktadır (13). Kuru oksidasyon, lif yapısına, yüzeyde bulunan halojene, metal oksit, hidroksit gibi başlatıcıların olması gibi kriterlere bağlı olmaktadır. Bu durumda yüzey düzensiz olarak yanmakta, daha fazla aktif yüzey üretilmektedir. Eğer işlem süresi uzar ise, yapıda zayıflama dolayısı ile lif mukavemetinde düşme meydana gelebilmektedir.

Çözelti oksidasyonu nitrik asit (14), hipoklorür (15), hipoklorat (16) ve kromik asit (17) gibi çözgenlerin sulu çözeltileri ile gerçekleştirilmektedir. Karbon liflerinin yanında aramid,

UHMWPE (ultra yüksek molekül ağırlığa sahip polietilen) gibi liflerin oksidasyonu için de kullanılabilir. En çok kullanılan çözelti oksidasyonu nitrik asit ile yapılmaktadır. İşlem sonucu çözelti konsantrasyonu, işlem süresi ve sıcaklık ve lif tipine bağlı olarak değişmektedir.

Elektrokimyasal (elektrolitik) oksidasyon, kolay kontrol edilebilirliği nedeniyle yüzey oksidasyon yöntemleri arasında sık kullanılmaktadır. Nitrik asit (18), amonyum karbonat (19), amonyum sülfat (20) ve sodyum bikarbonat (21) gibi bileşikler kullanılabilir. Bu işlem sırasında lif, elektrolit çözeltisinde anot görevi yaptığı için, **anodik oksidasyon** denir ve iletken olduğu için sadece karbon liflerinde kullanılabilir. Karbon liflerinin anodik oksidasyonu üç mekanizma ile karakterize edilmektedir: Katılma reaksiyonları, karbon liflerinin degradasyonu (koloidal ve gaz fazında oksidasyon ürünlerinin üretilmesi) ve kovalent bağlı yüzey gruplarının üretilmesi (22). Elektrolit çözeltisinin konsantrasyonu, tipi ve elektroliz koşulları reaksiyon mekanizmasını etkilemektedir. İşlem sırasında anot gerilimi, liflerin zarar görmesine neden olan aktif oksidasyon reaksiyonundan düşük olmalıdır (23). Şekil 1'de karbon lifleri için anodik oksidasyonun şematik gösterimi verilmektedir.

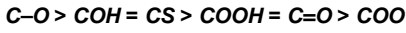
Çeşitli koşullarda oksidasyon işlemi görmüş yüksek modüllü karbon lifleri ve liflerin epoksi ile oluşan kompozit özellikleri incelendiğinde, işlemler lif mukavemetini azaltırken, kompozit özelliklerini iyileştirmektedir. İşlem sırasında lifte ağırlık kaybı meydana



Şekil 1. Kontinü anodik oksidasyon işleminin şeması

gelirken, kompozit malzemenin eğilme ve tabakalar arası kayma dayanımının arttığı belirtilmektedir (8). İşlemden sonra karbon liflerinin yüzeyinde oluşan karboksil, hidroksil gibi gruplar materyale asidik özellik kazandırırken, işlemin kendisi de çok az da olsa asitlik oluşturmaktadır. Yüzeydeki asidik fonksiyonel grupların miktarı elektrokimyasal oksidasyonu artırmakta ve yüzeyde degradasyona neden olmaktadır (24).

Oksidasyon işlemleri ile 50 nm derinlikte oluşan fonksiyonel gruplar yüzey oksijen içeriğini neredeyse iki katına çıkarmaktadır. Üretilen ana fonksiyonel gruplar hidroksil, karboksil ve karbonil gruplarıdır (8). Şemada üretilme miktarına göre, yüzeyde oluşan fonksiyonel gruplar verilmektedir.



Oksidasyon işlemi ile üretilen fonksiyonel gruplar

Oksijen konsantrasyonu ve tabakalar arası kayma dayanımı (ILSS) artışı veya enine çekme dayanımı arasında bir ilişki bulunamamıştır (8). Yüzeyde üretilen oksijen içerikli fonksiyonel grupların ancak % 4'ü polimer ile bağ yapabilmektedir. Adhezyon artışında, lif yüzey bileşiminden daha fazla, matris ve lif arasında oluşan kimyasal bağ miktarı ve tipi önemli olmaktadır. Yüzeyler arası kayma dayanımı (IFSS) yüzey bileşimine değil yüzey morfolojisine bağlı olarak değişmektedir. Oksidasyon işlemi ile yüzey pürüzlü hale getirilmekte, yüzey alanı artmakta ve böylece lif ve matris arasında mekanik olarak bağlanma sağlanabilmektedir (25).

Elektrokimyasal oksidasyon daha etkin olmasına rağmen, gaz ve çözelti oksidasyonları reaksiyon koşulları kontrol edilerek lif özelliklerini daha da geliştirebilmektedir (10).

Oksidasyon işlemlerinin lif ıslanabilirliğini geliştirmediğine inanılmaktadır. Ancak işlem ile yüzeydeki gruplar farklılaştırılmaktadır (8). Bismarck ve ark. PAN esaslı karbon liflerini farklı alkali

elektrolit sistemlerin kullanıldığı anodik oksidasyon işlemine tabi tutmuşlardır. İşlem sonrası yüzey geriliminin dispers bileşeninde değişme olmaz iken veya azalırken, yüzey oksidasyonu nedeniyle polar kısım artmaktadır. Dolayısı ile oksidasyon işleminden sonra karbon liflerinin su ile ıslanabilirliği gelişirken, diiyodometan gibi polar olmayan çözgen ile ıslanabilirliği azalmaktadır (26).

Oksidasyon işlemleri diğer işlemler ile de kombine edilebilmektedir. Yang ve ark. gaz oksidasyonunun ardından çözgen oksidasyonu ile PAN esaslı karbon liflerini işleme tabi tutmuşlar ve hem lifin çekme dayanımında hem de kompozitin ILSS değerinde iyileşme sağlamışlardır. Bu işlemler sayesinde çift etki elde edilmiştir. Gaz oksidasyonu ile yapılan birinci işlemde lif yüzeyindeki çatlaklar azaltıldığından, ikinci işlem sırasında aşırı oksidasyon nedeniyle liflerin fazla aşınması önlenmiş olmaktadır. Çözelti oksidasyonu ile lifin yüzey karakteristiği, özellikle yüzeyde oksijen içerikli fonksiyonel grup miktarı artırılmaktadır (11).

Plazma İşlemleri

Plazma, iyonize gaz olarak tanımlanmakta ve plazma ortamındaki türler bir denge halinde bulunmaktadır. Plazma üretiminde çok farklı enerji türleri kullanılmaktadır. En basit ve en yaygın olarak elektriksel deşarj kullanılmaktadır (4).

Plazma teknolojisi klasik tekstil liflerinin yanında metal, cam, karbon, organik lifler gibi neredeyse tüm liflerin modifikasyonunda, yüzey özelliklerini geliştirmek için kullanılabilmektedir (4).

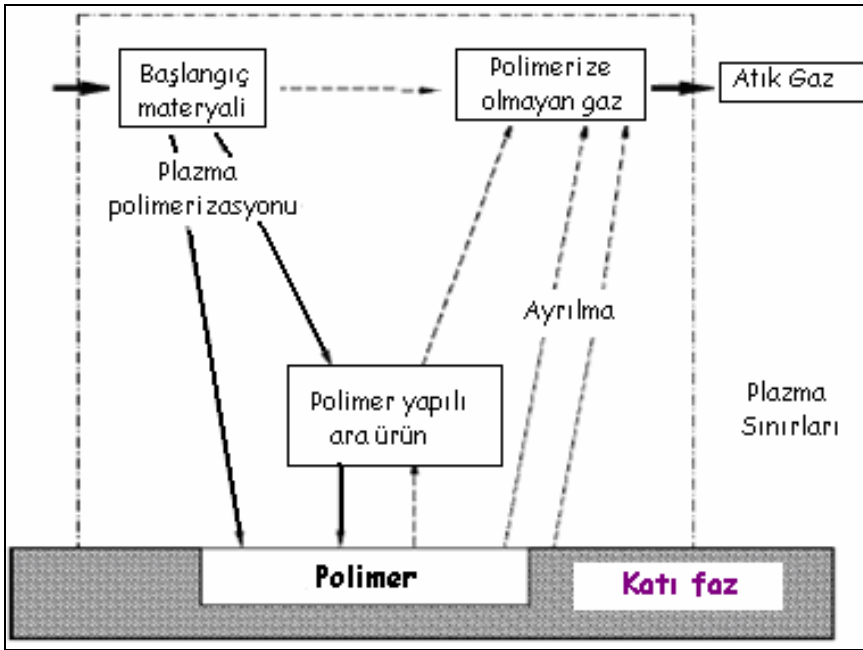
Lif ile polimer arasındaki adhezyon, fiziksel ve kimyasal modifikasyonlar ile artırılmaktadır. Fiziksel modifikasyonlar, aşınma etkisi ile yüzeyin pürüzlü hale getirilmesi, lif ve matrisin temas alanının artırılması ile sağlanmaktadır. Kimyasal modifikasyon ile yüzeyde polar grup oluşturulmakta ve polimer ile lif arasında kimyasal bağ sayısı artırılmaktadır. Daha güvenli ve çevre

dostu olması nedeniyle, lif-matris arasında adhezyonu geliştirmek için plazma ile yüzey modifikasyonu güncel hale gelmiştir (4).

Plazma İşlemlerinin Mekanizması

Plazmalar gaz sıcaklığına göre soğuk ve sıcak plazmalar olarak sınıflandırılmaktadır. Soğuk plazmalarda, elektron sıcaklığı gaz sıcaklığından çok daha yüksektir (10-100 katı). Elektronların düşük yoğunluğa, çok düşük ısı tutma kapasitesine ve çok yüksek sıcaklıklara sahip olması plazma ortamının çok yüksek sıcaklıklara çıkmasına neden olmamaktadır. Bu nedendir ki, soğuk plazmalar liflerin yüzey modifikasyon işlemlerinde kullanılabilmektedir. Yüksek elektron sıcaklığı lif yüzeyinde bir saçılma etkisi ve kimyasal modifikasyon meydana getirmektedir (4).

Plazma, elektron, yüklü iyon, nötr atom ve moleküllerden oluştuğu için, plazma ortamında plazma polimerizasyonu ve aşınma gibi farklı reaksiyonlar aynı zamanda gerçekleşmektedir. Plazma polimerizasyonu işlemi ile yüzeyde polimer tabakası oluşturulurken, plazmanın aşındırma etkisi, materyal yüzeyinin aşınmasına neden olmaktadır. Enerji yoğunluğu ve plazma gazı gibi işlem parametreleri bu reaksiyonlardan hangisinin baskın olacağını belirlemektedir. Eğer plazma gazı metan, etilen, etanol gibi yüksek miktarda karbon ve hidrojen atomu içeriyorsa, plazma ortamında plazma polimerizasyonu baskın olmaktadır. Plazma polimer filmi tipik olarak, deliksiz, oldukça fazla çapraz bağlı ve suda çözünmez karakterdedir (4). Plazma ile aşınma, iki temel proses ile gerçekleşmektedir. Birincisi fiziksel saçılma, diğeri ise kimyasal aşınmadır. Örneğin, argon gibi inert bir gazın kullanıldığı reaktif olmayan plazmalar ile meydana gelen saçılma, fiziksel saçılmaya tipik bir örnektir. Kimyasal aşınma, kimyasal olarak reaktif bir gaz kullanılan plazmalarda meydana gelmektedir. Bu tip plazmalarda O₂, N₂ ve CF₄ gibi inorganik ve organik moleküler gazlar kullanılmaktadır.



Şekil 2. Plazma işlemi sırasında gerçekleşen polimerizasyon ve aşınma [27]

Plazma işlemi sırasında film oluşumu ve aşınma etkisi hep bir yarışma halindedir (27). Şekil 2'de katı materyal ile plazma fazı arasındaki etkileşimler gösterilmektedir.

Plazma işleminden sonra polimer yüzeyinde hala serbest radikaller bulunmaktadır. Bu serbest radikaller lif ve matris arasında bağ ve fonksiyonel grup oluşmasında rol oynamaktadır. Materyal hava ile temas ettiği zaman, özellikle oksijen ile bu serbest radikaller yok olmakta, lif ile matris arasında meydana gelen bağ miktarında azalma meydana gelmektedir. Bu nedenle plazma işlemi ile kompozit oluşturma arasında geçen süre oldukça kısa olmalıdır.

Direk akım glow deşarj en basit soğuk plazma tekniğidir. RF glow deşarj, DC glow deşarjdan daha iyi yüzey modifikasyonu sağladığı için daha avantajlı olmaktadır. Daha yüksek frekans ve çıkış gücü, daha fazla yüzey modifikasyonuna neden olmaktadır.

Liflere uygulanan plazma işlemlerinde tipik olarak, 1-30 dakika işlem süresi, $1-10^3$ Pa basınç, 1 W'dan yüzlerce Watt'a kadar güç, 20-150°C'a kadar reaktör içerisi gaz sıcaklıkları kullanılmaktadır (28).

Diğer İşlemler

Oksidasyon ve plazma işlemlerine ilave olarak, liflerin polimer ile ıslanabilirliğini, lif ve matris arasındaki adhezyonu, lif tutumunu geliştirmek için kaplama, ıslanma veya haşıl maddelerinin liflere uygulanması gerekmektedir. Bir ajan birden fazla fonksiyonu yerine getirdiği zaman, birleştirme ajanları, ıslatma ajanları ve haşıl arasında ayırım genellikle belirsizdir. Çok sayıda ajan araştırılmış ve kullanılmıştır (23).

Son zamanlarda, UV-lazer uygulaması lif yüzeyini modifiye etmek için kullanılmaktadır (29, 30). Liflerin adhezyonu, kaplanabilirliği, ıslanma ve optik özellikleri geliştirilmiştir. Ultra yüksek dayanımlı polietilen (UHSPE) lifleri farklı enerji yoğunluğu ve puls sayılı XeCl egzimer lazer ile işlenmiştir. Yüzeje oksijen aşılması ile sonuçlanan lazer işlemi nedeniyle lif yüzeyinde foto-ayrılma gerçekleşmektedir. Lif işleminden sonra daha polar ve daha ıslanabilir olmaktadır. IFSS sonuçları, lazer işleminin epoksiye UHSPE liflerinin adhezyonunu önemli derecede artırdığını göstermektedir. IFSS'de meydana gelen artışın işlem sonunda lif yüzeyindeki pürüzlülük ve yüzeyler arası artıştan, polar grup ve ıslanabi-

lirlik artışından, yüzey enerjisinin asit-baz bileşenlerinde meydana gelen artıştan kaynaklandığı belirtilmektedir (31, 32).

Ultrasonik dalgalar da lif yüzey modifikasyonu için kullanılabilir. McDonald ve Urban, polar sıvı bulunan ortamda ultrason dalgaları ile poli (p-fenil tereftalamid) (PPTA) liflerini modifiye etmişlerdir. İşlemden sonra PPTA liflerinin matrise bağlanmasında artış meydana gelmiştir (33).

3. SONUÇ

Literatür özeti, tekstil liflerinin özellikleri geliştirmenin yanında polimerik materyaller ile bağ yapma özelliğini geliştirmek için oldukça fazla çalışma yapıldığını göstermektedir. Liflerin yüzey işlemi ile yüzeyler arası dayanımı, dolayısı ile de kompozit materyalin özelliklerini geliştirmek mümkün olmaktadır. İşlem görmüş lif ile matris arasındaki adhezyonu belirlemek için kompozitlerde IFSS değeri önemli bir rol oynamaktadır. Oksidasyon işlemleri (özellikle anotsal oksidasyon) endüstride yaygın olarak kullanılan işlemlerdir. Plazma işlemleri bazı avantajlar sağladığı için popüler olmaya başlamıştır. Plazma işlemleri yüzeyde fonksiyonel grup oluşturma potansiyeline sahip olduğu için, işlem görmüş lif ile matris arasında kimyasal bağ sayısının artmasına neden olmaktadır. Tekstil liflerinin yüzey modifikasyonu ile ilgili çalışmalar hala devam etmekte olup, gelecekte daha fazla tekniğin ortaya çıkması beklenmektedir.

KAYNAKLAR / REFERENCES

1. S. B. Warner, *Fiber Science*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1995).
2. J. D. H. Hughes, *Composites Sci. Technol.* 41, 13 (1991).
3. N. Dilsiz, *J. Adhesion Sci. Technol.* 14, 975 (2000).
4. H.A. Karahan, N. Yaman, A. Demir, E. Özdoğan, T. Öktem, N. Seventekin, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 1, 302 (2006).
5. P. Krüger, R. Knes and J. Friedrich, *Surface Coatings Technol.* 112, 240 (1999).

6. L. M. Aragi, *Mater. Technol.* 10, 192 (1995).
7. J. Zubaidi and T. Hirotsu, *J. Appl. Polym. Sci.* 61, 1579 (1996).
8. W. W. Wright, *Polym. Composites* 3, 231 (1990).
9. US Patent No. 3,754,957 (to Celanese Corp.) (1973).
10. A. Fukunaga, S. Ueda and M. Nagumo, *Carbon*, 37, 1081 (1999).
11. Y. Yang, F. He, M. Wang and B. Zhang, *J. Mater. Sci.* 33, 3651 (1998).
12. S. Luo. and W.J. Vanooij, *Journal Adhesion Sci. Technology*, 16 (13), 1715 (2002).
13. D. M. Riggs, R. J. Shuford and R. W. Lewis, in: *Handbook of Composites*, G. Lubin (Ed.). Van Nostrand, New York (1982).
14. US Patent No. 3,660,140 (to United Aircraft Co.) (1972).
15. US Patent No. 3,894,884 (to Celanese Corp.) (1975).
16. US Patent No. 3,660, 560 (to Great Lakes Carbon Co.) (1972).
17. T. K. Lin, B.H. Kuo, S. S. Shyu and S. H. Hsiao, *J. Adhesion Sci. Technol.* 13, 545 (1999).
18. C. U. Pittman, Jr., Z. Wu, W. Jiang, G.-R. He, B. Wu, W. Li and S. D. Gardner, *Carbon* 35, 929 (1997).
19. S.-K. Ryu, B.-J. Park and S.-J. Park, *J. Colloid Interface Sci.* 215, 167 (1999).
20. T. R. King, D. F. Adams and D. A. Buttry, *Composites* 22, 380 (1991).
21. S.-J. Park and B.-J. Park, *J. Mater. Sci. Lett.* 18, 47 (1999).
22. A. Bismarck, M. E. Kumru, B. Song, J. Springer, E. Moos and J. Karger-Kocsis, *Composites Part A* 30, 1351 (1999).
23. D. L. Chung, *Carbon Fiber Composites*. Butterworth-Heinemann, Boston, MA (1994).
24. Z. R. Yue, W. Jiang, L. Wang, S. D. Gardner and C. U. Pittman, Jr., *Carbon* 37, 1785 (1999).
25. M. J. Rich and L. T. Drzal, *J. Reinf. Plastics Composites* 7, 145 (1988).
26. A. Bismarck, M. E. Kumru, J. Springer and J. Simitzis, *Appl. Surface Sci.* 143, 45 (1999).
27. H. Yasuda, *Plasma Polymerization*. Academic Press, Orlando, FL (1985).
28. R. Li, L. Ye and Y.-W. Mai, *Composites Part A* 28, 73 (1997).
29. W. Kesting, T. Bahners and E. Schollmeyer, *Appl. Surf. Sci.* 46, 326 (1990).
30. W. Kesting, D. Knittel, T. Bahners and E. Schollmeyer, *Appl. Surf. Sci.* 54, 330 (1992).
31. Q. Song and A. L. Netravali, *J. Adhesion Sci. Technol.* 12, 957 (1998).
32. Q. Song and A. L. Netravali, *J. Adhesion Sci. Technol.* 12, 983 (1998).
33. W. F. McDonald and M. W. Urban, *Proc. ACS Division of Polym. Mater. Sci. Eng.* 59, 306(1988).

İYİ YETİŞMİŞ TEKSTİL MÜHENDİSLERİ Mİ ARIYORSUNUZ?

İplik – Dokuma – Örme
Tekstil Terbiyesi (Boya – Basma dahil)
ve
Konfeksiyon

ÇÖZÜM:

MERKEZİMİZ KARIYER SERVİSİNE BAŞVURMAK

Tel – Fax : 0232 – 342 27 95