
ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ÖZELLİĞİ OLAN MALZEMELER

Rana YILMAZ

Özet

Günlük hayatta sıklıkla kullanılan cep telefonları, bilgisayarlar, mikrodalga fırınlar, televizyonlar, klimalar, fotokopi makineleri, baz istasyonları, elektronik haberleşme ağları, radyo ve televizyon vericileri, uydu iletişim sistemleri, askeri savunma sistemleri, radarlar, tıbbi cihazlar ve daha pek çok elektrik-elektronik cihazlar ve sistemlerin olumsuz etkilerinin tekstil materyalleri ile azaltılabilmesi amaçlanmıştır. Elektronik ve elektrik aletlerin Elektromanyetik koruması için tekstil ürünü kullanımı; hafif, esnek ve ucuz olduğundan ötürü popüler olmuştur. Değişen yaşam biçimi ve beraberinde ortaya çıkan yeni kavramlar insanların tekstil ürünlerinden beklentilerini de değiştirmekte ve çeşitlendirmektedir. Statik elektriklenmeyi önleyici, elektromanyetik radyasyona karşı koruyucu özellikte iletken özellikli teknik kumaşlara olan talep giderek artmaktadır. Ayrıca farklı amaçlarla çeşitli elektronik devreleri ve optik kabloları yapısında bulunduran kumaşların kullanımının da giderek yaygınlaştığı görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Pirol, Kaplama, Elektro Manyetik Kalkanlama

MATERIALS THAT HAVE ELECTROMAGNETIC SHIELDING FEATURE

Abstract

It is aimed that the negative impacts of mobile phones, computers, microwave ovens, televisions, air conditioners, copiers, base stations, electronic communication networks, radio and television transmitters, satellite communication systems, military defense systems, radars, medical devices, and more many electrical and electronic equipment and systems that are commonly used in daily life, may be reduced owing to the textile materials. The use of textile products for electromagnetic shielding of electronic and electrical appliances has been popular since they are cheaper, light and flexible. Changing lifestyles and the emergence of new concepts has been changing people's expectations of textile products. The demand for technical fabrics that have **antistatic coatings** and protection against electromagnetic radiation has been increasing. Also it's seen that, the use of fabrics containing several electronic circuits and optical cables has been getting popular.

Keywords : Pyrrole, Coating, Electro Magnetic Shielding

GİRİŞ

Gelişen teknoloji, refah düzeyindeki artış ve modern hayat şartlarının sonucu olarak günlük hayatımızda elektrikli ve elektronik cihazların kullanımı artmıştır. Evlerde kullanılan elektronik cihazlar, elektrikli mutfak eşyalarının AC motorları, iş yerlerinde kullanılan ofis araç gereçleri, iletişim için kullanılan haberleşme araçları ve her türlü dijital devreler çevrelerine çeşitli frekans aralıklarında enerji yayılmasına neden olmaktadır. Günümüzde oldukça yaygın kullanılan cep telefonları, bilgisayarlar, saç kurutma makineleri, mikrodalga fırınlar, televizyonlar, ütüler, klima ve elektrikli ısıtıcılar, fotokopi makineleri, otomobiller, yüksek gerilim hatları, baz istasyonları, elektronik haberleşme ağları, radyo ve televizyon vericileri, uydu iletişim sistemleri, askeri savunma sistemleri, radarlar, otomobil ateşleme sistemleri, tıbbi cihazlar ve daha pek çok elektrik-elektronik cihazlar ve sistemler çalışırken kasıtlı veya kasıtsız olarak çevreye elektromanyetik radyasyon yayarlar. Çeşitli frekans aralıklarındaki ışınımlar elektronik cihazların çalışma verimlilikleri üzerinde bozucu etki yaratabildikleri gibi bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Elektro manyetik (EM) alanın insanlar üzerinde iki tür biyolojik etkisi olduğu bilinmektedir (Palamutcu ve Dağ 2009) . Birinci kısım kısa zamanda hissedilen etkiler diye bilinen stres, uykusuzluk, migren, cilt problemleri, hafıza kaybı, kilo alımı gibi şikayetlerdir. Diğer bir etki ise moleküller ve kimyasal bağlara, hücre yapısına vücut koruma sistemine yaptığı ve uzun sürede ortaya çıkabilen etkilerdir. Bunlar, hepimizin korkulu rüyası olan lösemi, beyin tümörü, kalp rahatsızlıkları, parkinson, alzheimer, kanser ile hamilelerde düşük riskinin artmasına ve erkeklerde % 30 'a varan sperm azalmasına neden olduğu uluslararası bilimsel araştırmalar ile kanıtlanmıştır. (www.biopro.com.tr) Yaşamımızın her safhasına girmiş olan bu cihazların kullanımı hayatımızı kolaylaştırmakla birlikte elektromog olarak adlandırılan elektromanyetik çevre kirliliği sorununu da beraberinde getirmektedir. Tüm çevremizi kaplayan elektromanyetik yayınının neden olduğu zararların azaltılması çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemli hale gelmiştir. EM kalkanlama konusunda etkinliği bilinen tipik metal ürünleri pahalı, ağır, ısıl genleşme ve esnek olmama gibi özellikleri nedeniyle her yerde kullanıma uygun değildir.

ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA

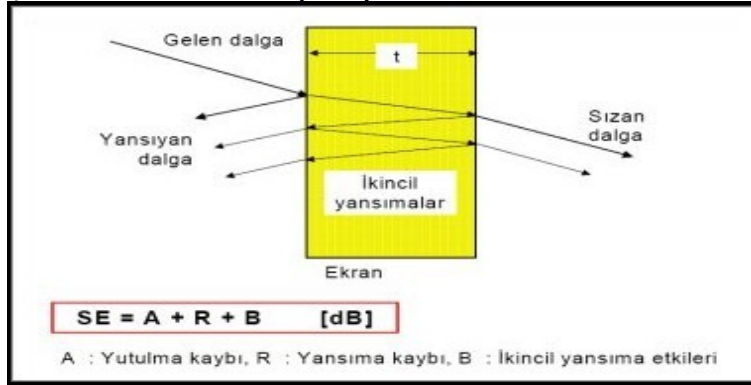
Kalkanlama Teorisi

Kalkanlama ya da ekranlama; kart, devre ya da cihaz düzeyinde iki ortamı birbirinden elektromanyetik alanda izole etmek olarak tanımlanabilir.(Sevgi 2000) Kalkanlama terimi yerine elektrik-elektronik mühendisliğinde ekranlama terimi de yaygın olarak kullanılmaktadır. İstenmeyen elektromanyetik dalgaların olumsuz etkilerinin azaltılması amacı ile yapılan elektromanyetik ekranlama işlemleri elektronik cihazların uygun ortam şartlarında çalışabilmeleri için son derece önemlidir.

Ekranlama bir cihazdan içeri (veya dışarı) doğru giren (çıkan) kaçak alanların azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. EE (ekranlama etkinliği) veya SE (shielding efficiency) ekranlamanın ne derece etkili olduğunu gösteren bir parametre olup, desibel (dB) olarak ifade edilmektedir. EE değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$SE_{dB} = 10 \log_{10} (E_{ekransız} / E_{ekranlı})$$

Formülde yer alan “ekransız” ve “ekranlı” alt indisleri, ekranlama kalkını yokken ve varken aynı noktada ölçülen elektrik alan genliğini ifade etmektedir. Yüksek SE değerleri iyi ekranlama etkinliğini göstermekte, negatif SE ise çınlama (rezonans) yani ekranlamadan çok işaretin kuvvetlenmesi anlamına gelmektedir.



Şekil 1. Kalınlığı t olan bir duvarda ekranlama etkinliği bileşenleri

Şekil 'de t kalınlığındaki bir duvarda ekranlama etkisini oluşturan bileşenler görülmektedir. Kalınlığı t olan kayıplı duvarda elektromanyetik dalgalar üç şekilde zayıflatılmaktadır. Birincisi duvardan yansımalar, ikincisi duvar içindeki yutulma nedeniyle zayıflamalar ve üçüncüsü ise duvar içerisindeki ardışıl yansımaya kayıplarıdır. Ekranlama performansı, kullanılan malzemelerin özelliklerine, çalışma frekansına ve gücü yayan kaynaklara bağlıdır. Ancak, pratikte girişim kaynağına göre ekranın konumu, farklı ekran parçalarının arasındaki bağlantılar ve ekran üzerindeki delikler ve boşluklar ve benzeri başka etkenler de önemlidir. Manyetik ekranlama pratik olarak düşük frekanslarda ($f < 30$ MHz) önemlidir. Manyetik ekranlamada zayıflama frekansla artmaktadır. Ekran içindeki direnç mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Delikler ve açıklıklar daha az önemlidir. Elektriksel alan ekranlama pratikte yüksek frekanslarda ($f > 30$ MHz) önemlidir. Delikler ve açıklıklar frekansa bağımlı olarak önemlidir. Kablo bağlantısı ya da havalandırma nedeniyle bırakılan açıklıklar da ekranlamayı etkiler.

Pratikte ekranlamada aşağıdaki noktalar önemlidir:

- Ekranlama elektrik alanın düşük frekanslarda yansıtılması, yüksek frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Ekranlama manyetik alanın düşük frekanslarda yutulması ile gerçekleşir.
- Yüksek iletkenlik, yansıma ve yutulmayı pozitif yönde etkiler.
- Yüksek manyetik geçirgenlik yüksek yutulmaya neden olurken, düşük yansıma oluşturur.
- Çok düşük frekanslı manyetik kaynakların ekranlanacağı hallerde yüksek manyetik geçirgenlikli malzemeler kullanılır.
- Ekran kalınlığı arttıkça yutulma artar.
- Manyetik alan için kalın ekranlara ihtiyaç duyulurken elektrik alan için ince yapılar (folyo kalınlığında) kullanılabilir.
- Kaynak ile ekran arasındaki uzaklık yansıma özelliklerini değiştirir.

Elektrik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana yakın, manyetik alan etkileri daha baskın olan kaynaklar ekrana uzak yerleştirilmelidir.(www3.dogus.edu.tr)

Her türlü elektronik cihaz, cep telefonu ve baz istasyonları, radar, TV ve radyo vericileri, kablosuz ağlar, yüksek gerilim hatları, trafolar ve benzerlerinin oluşturduğu elektromanyetik dalgalardan korunmak için performansı ölçülebilen mükemmel bir koruma sağlar.

Bu kumaşlar elektromanyetik dalgaları yansıtan bir ayna gibi çalışırlar.

Tablo 1. Tipik ekranlama değerleri (E: EM alan, P: EM güç)
(www3.dogus.edu.tr)

Ekranlama Etkinliği (SE)	Edış / Eiç	Pdış / Piç	Ekranlama Performansı
10 dB	%32	%10	Kötü / ekranlama yok
20 dB	%10	%1	Alt sınır / düşük ekranlama
30 dB	% 3.6	% 0.1	Ortalama / vasat ekranlama
60 dB	% 0.1	% 0.0001	İyi / yeterli ekranlama
90 dB	% 0.0031	% 0.001 ppm	Çok iyi / mükemmel ekranlama
120 dB	% 0.0001	% 0.000001 ppm	Mükemmel / max. ekranlama

Tablo 2. Elektromanyetik koruma etkinliği

Frekans (MHz)	Koruma verimliliği (dB)	Azaltma oranı (%)
1	29.6	99.890%
10	29.1	99.899%
100	28.5	99.859%
300	28.0	99.841%
1000	27.7	99.831%
3000	27.3	99.814%

Tekstil Malzemeleriyle Kalkanlama

Elektro manyetik dalgalar hayatımızın her alanında bulunmakta ve vücudumuzu etkilemeye devam etmektedir. Bu etkilerden vücudumuzun korunabilmesi amacı ile çeşitli ürünler kullanılmaktadır. 1960 yılında kurulmuş olan Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) tarafından geliştirilmiş olan Anti radyasyon Standardına bağlı olarak çeşitli iletken tel ve tekstil yüzeyi; metal lif-kimyasal lif; kaplanmış kumaş, çelik lif, bitkisel lif ve diğer güncel polimer teknolojilerinin kullanımı ile oluşturulmuş tekstil yapıları geliştirilmektedir. Özel tekstil yapıları sayesinde farklı frekans aralıklarında farklı koruma etkinlik alanlarında (dB) %99'dan daha yüksek değerlerde koruma sağlanabilmektedir.

Gelişen üretim teknolojileri ve malzemeler sayesinde, çok çeşitli kullanım alanlarına göre özel tekstil yüzeyleri üretilebilmektedir. Bu kumaşlarla perdeden cibinliklere, hamile ve bebek kıyafetleri ve iç çamaşırlarına, iş elbiselerine, yatak örtülerine ve özellikle askeri ve teknik uygulamalarda kullanılan koruyucu giysi ve kalkanlama yüzeyi olarak kullanılabilen çok farklı tekstil ürünü oluşturmak mümkündür. Kumaşlar öngörülen estetik talepleri karşılayabilecek özelliktedir. % 100 pamuktan sentetik lif içeren farklı dokuma ve örme kumaşlar aralığında seçim yapılabilmektedir. Kullanımları çok kolay olan bu ürünler, belirli koşullarda hem yıkanabilir hem de ütülenebilir. (www.emr.koruma.com)



Şekil 2. Perdeler

ELEKTROMANYETİK KALKANLAMA ÖZELLİĞİNE SAHİP MALZEMELER

Ekranlama amacı ile kullanılacak malzeme iyi elektrik iletkenliğine sahip olmalı (dalgaların malzemeye nüfuzunu minimize etmek için) ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır (manyetik enerjiyi ısıya çevirmek için) (www.iso.org.tr)

Yüksek elektrik iletkenliğine sahip malzemeler yüksek frekans aralığında (>300 MHz) elektromanyetik ekran olarak davranabilirler. Pratikte, iyi iletkenler elektrik bileşeni E ve manyetik bileşeni H'yi eşit olarak azaltırlar. Frekansın 30 MHz'den düşük olduğu durumlarda manyetik bileşen H'nin azaltılması çok zordur ve sadece ferro-manyetik malzemelerle mümkündür. (Aniolezyk ve ark. 2004) Bu yüzden elektriksel ekranlama için mükemmel iletken duvarlar kullanılırken, manyetik ekranlama ferro- manyetik malzemelerden oluşan filtrelerle sağlanır. (Lee ve ark. 1999) Bazı uygulamalarda sadece elektrik bileşeni E'nin azaltılması yeterlidir. Alüminyum folyodan oluşan ince metal perdeler bile bazen yeterli elektriksel ekranlama sağlayabilir. (www3.dogus.edu.tr)

Klasik malzemeler

Elektromanyetik kalkanlamada kullanılan klasik malzemeler; metal levha, metal ağ ve metal köpüğü olarak sıralanabilir. Ekrandaki ya da ağdaki delikler

dışarıda tutulan radyasyonun dalga boyundan kayda değer şekilde küçük olmalıdır, aksi takdirde muhafaza etkin bir koruma sağlayamaz. Bu tip malzemeler radyo dalgaları, görünür ışık, elektromanyetik ve elektrostatik alanların etkisini azaltmaktadır.

Bu azaltmadaki miktar:

- Kullanılan malzeme cinsine
- Ekranı oluşturan parçaların birleştirme şekline
- Elektromanyetik dalgaların frekansına, bağlıdır

Elektromanyetik radyasyona karşı elektriksel olarak iletken tekstillerde iyi ekranlama malzemesi olarak kullanılabilirler. Tekstil bariyerleri esnekliklerine, hafifliklerine, dayanıklılıklarına, kolay bakım ve iyi dikilebilirlik özelliklerine göre sınıflandırılabilirler. Bu özellikler elektromanyetizasyona karşı potansiyel uygulama alanlarını, iç giyimden, ev tekstilleri, çarşaf, battaniye, perde, duvar kâğıdı, spor kıyafetleri ve çeşitli koruyucu giysilere kadar genişletmektedir.

Tekstil ürünlerine elektriksel olarak iletken özellik kazandırmak için uygulama yöntemleri genel olarak 3'e ayırmak mümkündür:

- Elektriksel olarak iletken kompozit malzemeler ve polimerlerin kullanımı
- Elektro-iletken boyaların kullanımı
- Elektriksel iletken ipliklerin ve kumaşların kullanımı

Kompozit Malzemeler

Birbirlerinin zayıf yönlerini dengeleyerek üstün özellikler elde etmek amacıyla bir araya getirilmiş değişik tür malzemelerden veya fazlardan oluşan malzeme sistemine kompozit malzeme denilmektedir.

(www.teknolojikarastirmalar.com)

Kompozit malzemelerin kullanımı metallere göre sağladıkları üstün özellikler nedeni ile gün geçtikçe artmaktadır. Kompozitlerin özgül ağırlıklarının düşük oluşu, bu malzemelerin hafif konstrüksiyonlarda kullanımında büyük bir avantaj sağlamaktadır. Bunun yanında lif takviyeli kompozit malzemelerin korozyona dayanımları, ısı, ses ve elektrik izolasyonu sağlamaları da ilgili kullanım alanları için bir üstünlük sağlamaktadır. (maltepe.edu.tr)

Elektromanyetik girişim EMI'ya (Electromagnetic Interference) karşı ekranlamada kompozitlerin kullanımı da oldukça yaygındır. Bu tarz kompozitlerin üretiminde sıkça kullanılan iki metot; plastik yüzeyini iletken bir malzeme ile kaplamak ve polimeri iletken bir dolgu malzemesi ile birleştirmek şeklinde belirtilebilir. Özellikle plastik muhafazaya sahip elektronik aletlerde, muhafazanın iç yüzeyini metalik mürekkep veya benzer malzeme ile kaplamak yaygın olarak kullanılan bir ekranlama metodudur. Mürekkep uygun bir metal (bakır veya nikel) ile yüklenmiş çok küçük partiküller halindeki taşıyıcı materyalden oluşur. Bu mürekkep muhafazaya püskürtülür ve kuruduktan sonra, sürekli iletken bir metal plaka oluşturularak etkin bir ekranlama sağlar.

İletken dolgu malzemesi kullanımında, dolgu malzemesi olarak iletken liflerin kullanımı iletkenliği sağlamakla kalmayıp oluşan kompozit yapının dayanımını da arttırmaktadır.

(Ersoy ve Önder 2008)

Polimerler, monomer adı verilen küçük moleküllerin ard arda dizilmesiyle oluşan uzun zincirli yapılardır. Bu yapılar naylon poşetlerden araba lastiklerine kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Polimerlerin elektronik parçaların iç kısımlarında kullanımına sık rastlanmaktadır. Bu tip uygulamalarda tasarımcılar yükü dağıtan ve elektromanyetik enerjiyi ekranlayan termoplastik malzemelere ihtiyaç duymaktadırlar.(Kılıç ve ark.2007)

İletken Polimerler

İletken polimerlerin geçmişi yaklaşık yüz yıl öncesine dek uzanır ancak son yıllarda değişik uygulamalar ile geniş kullanım alanları bulmuşlardır. İlk iletken plastikler kazara Almanya'daki BASF plastik araştırma laboratuvarında aromatik bileşiklerin oksidatif kuplajı çalışmaları sırasında keşfedilmiştir. Burada Polyphenylene ve polythiophene polimerler yapılmış ve bu polimerlerin elektriksel iletkenliklerinin 0.1 S cm⁻¹'lik bir artış gösterdiği gözlenmiştir. Daha sonradan başka birçok iletken bileşik keşfedilmiştir. (www.polimerler.com) İletken polimerler, organik polimerler olup kendinden (intrinsik) elektrik iletme özelliğine sahiptirler. Bu malzemeler genellikle termoplastik özellik göstermezler ve işlenmeleri de güçtür.(Avloni ve ark. 2006) İletken bir polimerin temel özelliği polimerin omurgası (ana zincir) boyunca konjuge (ardışık sıralanmış) çift bağların olmasıdır. Konjugasyonda, karbon atomları arasındaki bağlar birbiri ardı sıra değişen tek ve çift bağlar şeklinde dizilmişlerdir. Her bir bağ kuvvetli bir kimyasal bağ olan "sigma" bağı içerir. İlaveten, her çift bağda daha zayıf (% 30) ve daha az lokalize olmuş bir "pi" bağı vardır. Bunlara rağmen, konjugasyon, polimer maddeyi iletken yapmak için yeterli değildir. Fakat bunlara dopant maddeleri girtilerek iletkenliği artırılabilir. Dopantların yaptığı şey malzeme içerisinde elektron ve "hole" lerin sayısını arttırmaktır. Bir elektron eksikliğinin olduğu konuma bir hole denir. Böyle bir "hole" komşu bir konumdan atlayan bir elektronla doldurulduğunda yeni bir hole oluşturulur ve bunun böyle devam etmesiyle yükün uzun bir mesafeye göç etmesi sağlanır.(www.polimerler.com) Bazı iletken polimerler: poliasetilen, poli(3alkiltiyofen), politiyofen, polifenilensülfid, polifenilenvinilen, polifenilen, poliizotiyonaften, polipirol, poliazulen, polianilin, polifuron 'dur. Polianilin korozyona karşı korunmak için kullanılan iletken polimerlerden en önemlisidir. Hem anyonik hem de katyonik olarak katkılanabilen poliasetilen, doldurulabilir, pillerde elektrot malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarla polipirol, politiyofen ve polianilin, havada daha kararlı olduklarından doldurulabilir piller için elektrot malzemesi olarak poliasetilene göre daha fazla tercih edildiği saptanmıştır. Poli(p-fenilen) ve politiyofen ile çalışılan piller de vardır. polipirol ve türevleri biyosensör uygulamalarında kullanılmaktadır. (Çoşkun K. 2009)

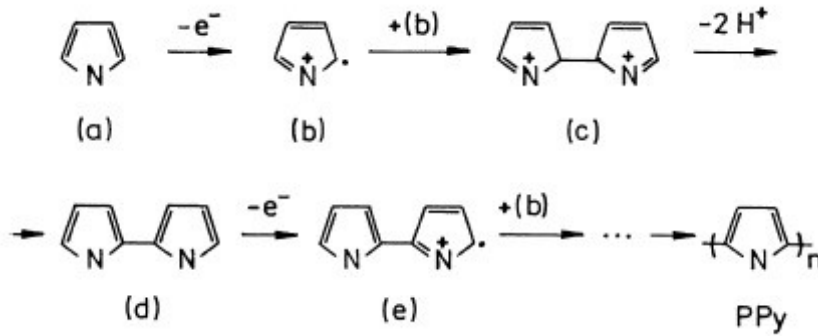
İletken polimerler ile kaplı en yaygın materyaller polyester, naylon, cam ve poliüretan tekstilleridir. Buna ek olarak, kuvars, aramid, akrilik ve poliamidler de kolayca kaplanır. Bir yüzey hazırlama ile, düşük-yüzey enerji materyalleri, polyolefinler, floropolimerler ve silikonlar gibi yüzeyin üzerine iyi bir kaplama yapıştırması ile iletken yapılabilir.(Avloni ve ark. 2006)

Tekstil malzemeleri, politiyofen (PTh), Polianilin (PANI), polipirol (PPy) esaslı iletken polimerlerle kaplanabilir veya muamele edilebilir. Ayrıca kendisi iletken olan lifler, bu iletken polimerler veya bunların başka polimerlerle karışımlarından üretilebilir. Bu tip polimerler, yüksek iletkenlik, esneklik ve hafiflik sağlamak ve ayrıca yapışma özellikleri de daha iyi olup aşınma problemine neden

olmamaktadır. Bunun yanında, bilinen yöntemleri kullanarak polimer kaplamanın yapılması zordur. Araştırmacılar tarafından, Polianilin ve polipirol gibi polimerler, çevresel şartlara dayanıklılığı, yüksek elektriksel iletkenliği ve termal ve kimyasal olarak kararlılığından dolayı daha fazla çalışılmaktadır.

Polipirol (PPy)

İletken polimerlerin en önemlilerinden birisi olan polipirol, kimyasal veya elektrokimyasal yolla sentezlenebilir. (Baji 2010 ve Huang 2003). Fe⁺³ gibi bir yükseltgen kullanılırsa kimyasal yöntemde toz halinde polipirol elde edilir. Çözünmez ve erimez olduğu için kimyasal yöntemlerle elde edilen toz halindeki polipirolün işlenmesi mümkün değildir, ancak presleme gibi yöntemlerle belli şekillere sokulabilir. Pirolün oksidatif polimerizasyon mekanizması Şekil 3 de görülmektedir. Burada (a) Pirol monomerinin nötr bir molekülü, (b) oksidasyonu sağlayan katyon radikali, (c) hemen sonrasında katyon çiftinin oluşumunu sağlayan bipirol, (d) kimyasal tepkime, nötr bir bipirol molekülü, (e) oksidatif polimerizasyon ürünü olan PPy'dür.



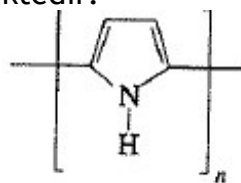
Şekil 3. Pirolün oksidatif polimerizasyon mekanizması (www.aliexpress.com)

Pirolün, tekstil yüzeyi üzerinde oksidatif polimerizasyonu üç farklı yöntemle gerçekleştirilebilir:

- Önce monomerin, daha sonra oksitleyicinin yüzeye uygulanması.
- Önce oksitleyicinin tekstil yüzeyine uygulanması, sonra monomer ilavesi.

- Monomer ve oksitleyici karışımının direkt olarak yüzeye uygulanması

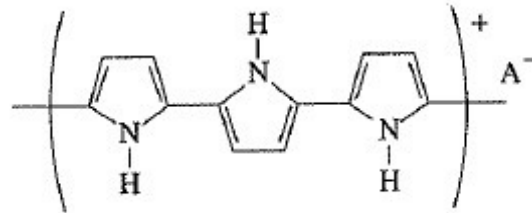
Pirolün elektrokimyasal polimerizasyonu, Polipirol filmler hazırlanır. Çeşitli şekillerdeki elektrotlar kullanılarak (levha ya da tambur) farklı boyutlarda ya da sürekli polipirol filmler elde edilir. Polipirol filmlerin mekanik özellikleri diğer iletken polimerlere göre daha iyidir ve atmosfer koşullarında daha kararlı bir yapıda oldukları görülmektedir.



Şekil 4. Polipirol

Laboratuar koşullarında polipirol filmler küçük boyutlarda basit bir elektroliz hücresi ve platin levha elektrotlarla elde edilebilir. 1.0 M pirol ve 0.1 M destek elektrolit asetonitril gibi bir organik çözücüye (örneğin, tetrabutil amonyum tetraflorborat) (anyonun dopant olarak görev yapar) konur ve 1.0 V potansiyelde platin levha elektrot kullanılarak elektroliz elde edilir. Elektrot yüzeyinde oluşan polipirol film, pirolün ileri polimerizasyonunu iletken karakterinden dolayı engellemez.

Elektroliz zamanı değiştirilerek film kalınlığını kontrol etmek mümkündür. Pirol, sentez koşullarında yükseltgenerek anotta radikal-kasyon verir. Radikal kasyonlar birleşerek aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi her üç pirol kalıntısına karşılık olarak bir dopant anyonunun bulunduğu iletken polipirole dönüşürler. Kullanılan destek elektrolite bağlı olarak dopant anyonunun türü belirlenir. Elektrokimyasal yöntemle sülfürik asit gibi asitlerin sulu çözeltilerinden de polipirol sentezlenebilir. Polipirol iletkenliği 100 S/cm seviyesindedir ve değişik formlara sahip ticari polipirol üretimi yapılmaktadır.



Şekil 5. Dop edilmiş (katkılanmış) polipirol

Elektro-iletken kompozitlerin üretimi için Polipirolun kimyasal buhar fazında çökertilmesi, uygun olan bir prosestir. Bu işlem iki adımdan oluşur:

1. oksitleyici ve dopant içeren bir sulu çözeltide kumaşın emdirilmesi ve daha sonra kurutulması.

2. pirol buharına maruz bırakma ve polimerizasyon

İletken polimerler arasında PPy özellikle ticari uygulamalarda diğer iletken polimerlerden daha yüksek iletkenliğe sahip olması, iyi çevresel stabilite, sentez kolaylığı gibi nedenler ile önem kazanmaktadır. PPy çoğunlukla, elektronik cihazlarda, biyosensör, gaz sensörü, teller, mikro-işlemcilerde, katı elektrolit kapasitörlerde, anti elektrostatik kaplamalarda, elektrokromik cam ve ekranlarda, paketlemede, polimerik bataryalarda, ve fonksiyonel membranlarda kullanılmaktadır (Wang 2001) Bunun dışında, piroler, farklı biyolojik etkilere sahip olan heterosilik bileşiklerin önemli bir sınıfıdır. Bu sınıfın üyelerinin, ilaç sektöründe, antienflamatuar, anti-malaryal, anti-bakteriyel, anti-astımatik, anti-hipertansif ve tirozinemi kinaz önleyici maddeler olarak kullanılmaları da yaygındır. Ayrıca piroler, B12 vitamini, "hem" pigmenti ve klorofil gibi doğada kendiliğinden oluşan bileşiklerde de bulunmaktadır. (www.selectchina.com)

Polianilin(PANI)

Polianilin bilinen en eski organik polimerdir. Polianilin, anilin siyahı veya emeraldin adlarında yapısı tam olarak aydınlatılamamış bir madde olarak yaklaşık 100 yıldır bilinmektedir. Polianilin ilk olarak 1934'de Runge tarafından hazırlanmıştır. Daha sonra Fritzche bu polimeri anilin siyahı olarak adlandırmış ve analiz çalışmalarını başlatmıştır (Fritzche 1940). Çoğu iletken polimer gibi polianilini de, kimyasal ya da elektrokimyasal yolla sentezlemek olasıdır. (www.carolinasilver.com)

İletken polimerlerin çok sayıda uygulama alanı bulması ve önemli sonuçlar ortaya çıkarması aynı zamanda PAN'nın iyi iletken özelliğe sahip olması, polimer üzerine uygulanabilir olması, çıkış maddesi olan anilin diğer iletken polimerlerin çıkış maddesine göre ucuz olması, diğer iletken polimerlere göre PAN'nın dış koşullardan etkilenmemesi yani kararlı olması ve kolayca sentezlenmesi PAN üzerinde yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur. Kendiliğinden iletken özelliğe sahip polimerler arasında en çok gelecek vadeden polimer polianilindir. Nedenleri, özelliklerinin ayarlanabilir, monomer fiyatının düşük, sentezinin kolay, ve stabilitesinin diğer iletken polimerlerden daha iyi olmasıdır. Ayrıca polianilin iletken polimerler arasında termal stabilite açısından en iyisi ve diğerlerinden daha ekonomiktir. Özellikleri kolayca ayarlanabilir ve ayrıca sentezi de çok kolaydır. Kimyasal ve çevresel stabilitesinin yüksekliğinin yanı sıra polianilin hidroskopik bir yapısı vardır, çözünürlüğü çok düşüktür, metallere karşılaştırıldığında iletkenliği daha düşüktür. Ayrıca PANI, kötü çevresel stabilite, eritemez oluşu, diğer polimerlerle karıştırılmaz olması ve genişlemiş bir konjüge çift bağdan kaynaklanan katı zincir yapısı nedeni ile işlenebilmesi güçtür.

Polianilin pek çok farklı teknikle üretilebilir. Üretilen form kaba-ince toz, ince film tabakası veya lifnanolif şeklinde olabilir. Üretilen polianilin özellikleri üretim tekniğine bağlıdır. PANI kaplamalar, kimyasal polimerizasyon yolu ile yalıtkan veya iletken malzemeler (metal, cam, tekstil, seramik vb.) üzerine, elektrokimyasal polimerizasyon yolu ile iletken bir elektron üzerine uygulanabilir. (Bhadra ve ark. 2009)

Polianilin iletkenliği, molekül ağırlığı, moleküler düzen, oksidasyon derecesi zincirler arası boşluk, kristalinite yüzdesi ve doping derecesine bağlıdır. İletkenlik ve işlenebilirliği farklı tipte dopantlar kullanılarak Polianilin geliştirilebilir. Kompozitlerde iletken dolgu maddesi olarak kullanılması ile işlenebilirliğindeki sınırlılık da yok edilebilir. Bu tipteki kompozitler iyi mekanik özellikler gösterir, kolayca işlenebilir ve pek çok uygulamada görülebilir.

(Bhadra ve ark. 2009)

Anilin asidik sulu çözeltilerdeki yükseltgenme potansiyeli 1.0 V civarındadır. Bu potansiyelde yapılacak elektroliz sırasında, anot olarak kullanılan elektrotun yüzeyi yeşil renkli polianilinle kaplanır. Ancak bu kaplama polipirolda olduğu gibi iyi bir film halinde alınamaz, kazındığı zaman toz halinde dökülür. Elektroliz sırasında çözeltilerde de toz halinde polianilin oluşur. Bir dereceye kadar iyileştirilmiş mekanik özelliklere sahip polianilin filmler, -0.2 V ve 0.8 V arasında yapılacak çok taramalı elektrolizle elde edilir.

Polianilin kimyasal polimerizasyonunda dopant olarak sülfürik asit, nitrik asit, hidroklorik asit, p-toluen sülfonik asit, oksalik asit, gibi değişik asitler; yükseltgen olarak ise demir (III) klorür, potasyum bikromat, hidrojen peroksit, potasyum permanganat gibi kimyasallar kullanılır. Polianilin, diğer iletken polimerler gibi, çözünmez ve erimez yapıdadır.

Tablo da Ormecon (Zipperling Kessler & Co.) ticari adıyla üretimi yapılan toz halindeki polianilin özellikleri görülmektedir. Ayrıca, toz polianilin sudaki veya ana bileşeni izopropil alkol olan çözücü karışımlarındaki dispersiyonları da hazırlanarak satılmaktadır. Dispersiyondaki polianilin miktarı kütlece yaklaşık % 0.5 civarındadır.

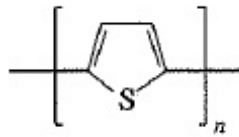
Tablo 3. Ormecon ticari adıyla üretilen polianilin özellikleri

ÖZELLİK	GÖZLEM
Görünüş	Toz
Renk	Koyu yeşil
İletkenlik	5 S/cm
Nem miktarı	% 3-4
Yoğunluk	1.4 g/cm ³
Maksimum işleme sıcaklığı	240 C ⁰
Sürekli kullanım sıcaklığı	100 C ⁰
Erime noktası	Erimez, 320 C ⁰ üzerinde bozunur
Çözünürlük	Çözünmez

İletken polianiline emeraldin tuzu adı verilir. Emeraldin tuzu uygun bir bazla andop edildiğinde, iletkenliğini kaybederek emeraldin bazına (nigranilin) dönüşür. Polianilin, doğal iletken özellikte olması, bazik, asidik ve bazı nötr buhar veya sıvılara maruz kaldığında renginde veya elektriksel iletkenliğinde değişme olması, oksidasyon durumunun kolay değişmesi, elektriksel alanda çözelti viskozitesinde artış göstermesi, kapasitans değerinin çok yüksek olması ve farklı uyarılar altında renk verebilme yeteneği gibi karakteristik özellikleri nedeni ile pek çok sektörde uygulama alanı bulabilir. PANI, özellikle gaz sensörlerinde, kimyasal etkileşimleri elektriksel sinyallere dönüştürebilme yeteneği nedeni ile sıklıkla kullanılmaktadır. Uygulama alanlarına verilebilecek diğer örnekler; elektrik, elektronik, elektrokimyasal, elektromekanik, termoelektrik, elektro-reolojik, elektromagnetik, elektroışma, kimyasal, sensörler, membran verilebilir. (Saçak 2010 ve Beneventi ve ark. 2006)

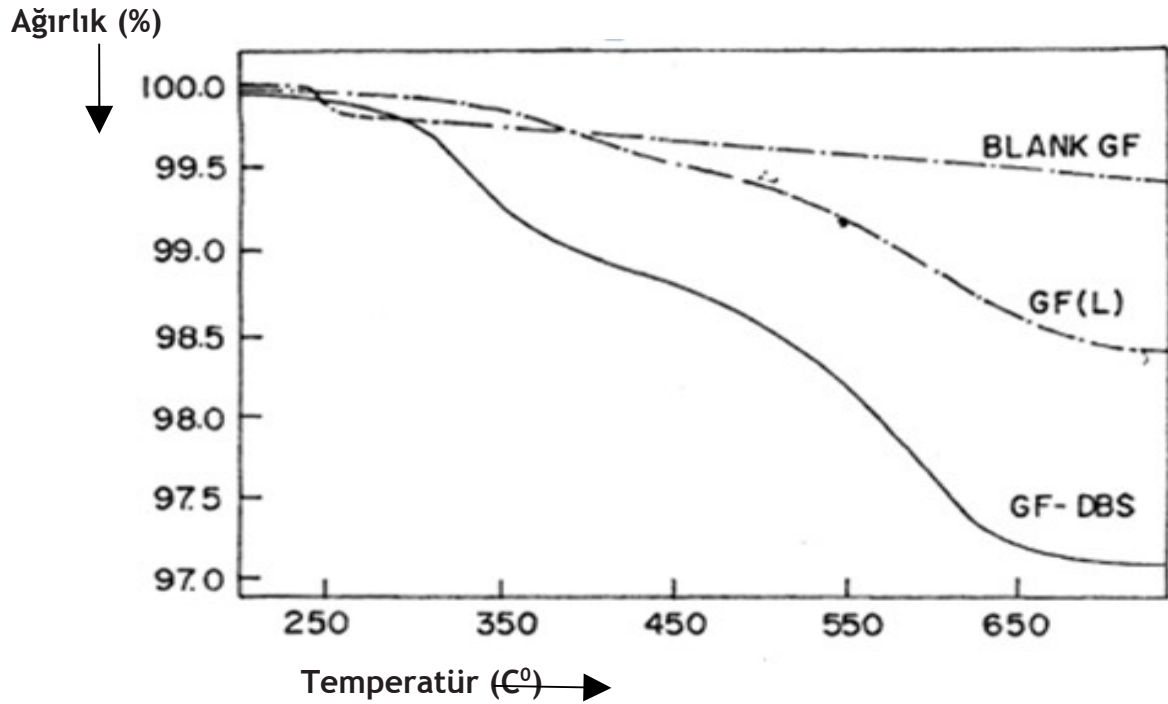
Politiyofen

Politiyofen, tiyofenden hem kimyasal hem de elektrokimyasal yöntemle sentezlenen bir iletken polimerdir. Diğer polimerlere göre iletkenliği daha düşüktür (10⁻³-10⁻⁴ S/cm) ve atmosfer koşullarında kararsızdır.

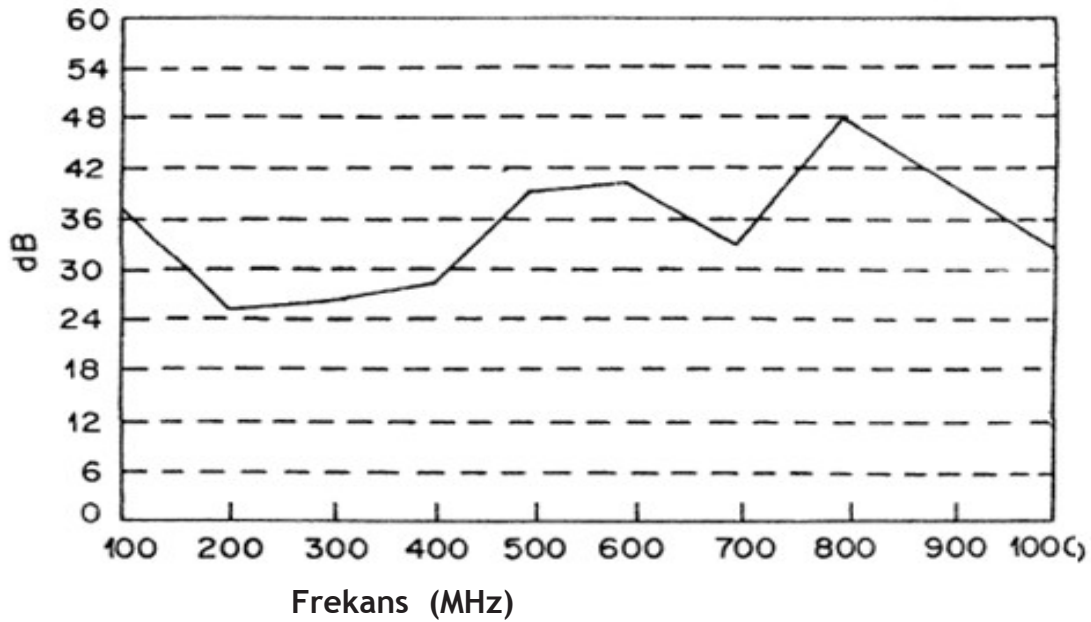


Şekil 6. Politiyofen (www.carolinasilver.com)

Polianilin ile poliprol kaplı kumaşları karşılaştırsak şu sonuçların elde edildiğini görebiliriz.

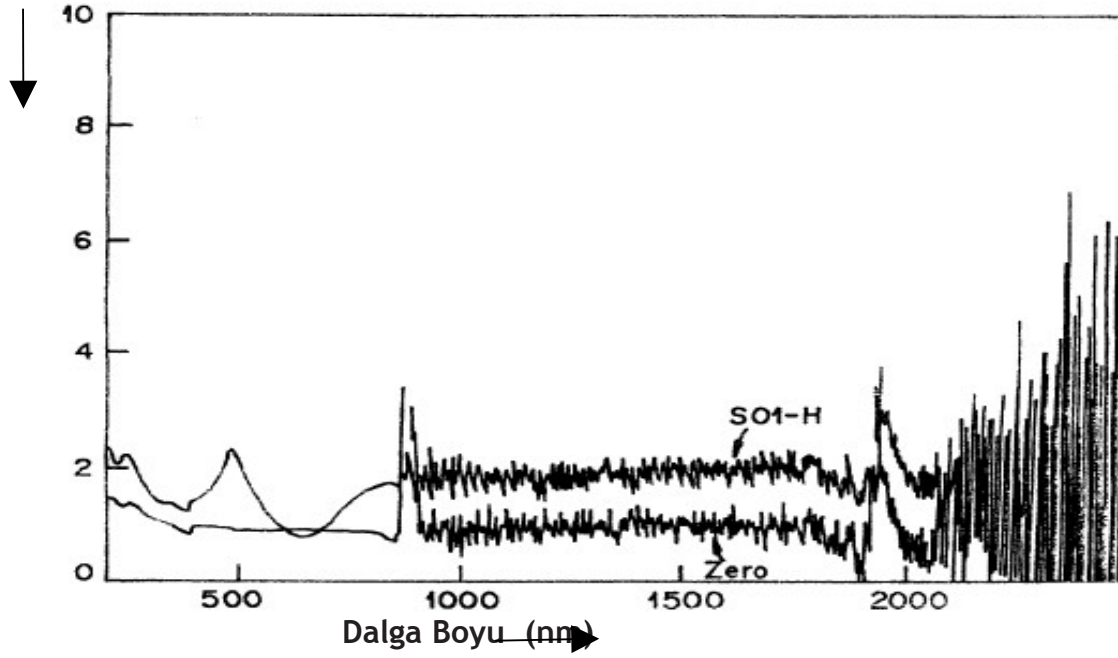


Şekil 7. 50-700 C° aralığında azot atmosferinde Polianilin ile kaplı cam kumaş üzerinde termogravimetrik analiz ;Boş cam kumaş (Blank GF), katkısız polianilin kaplı cam kumaş GF (L), DBS katkı maddesi katkılı polianilin kaplı cam kumaş GF (DBS)



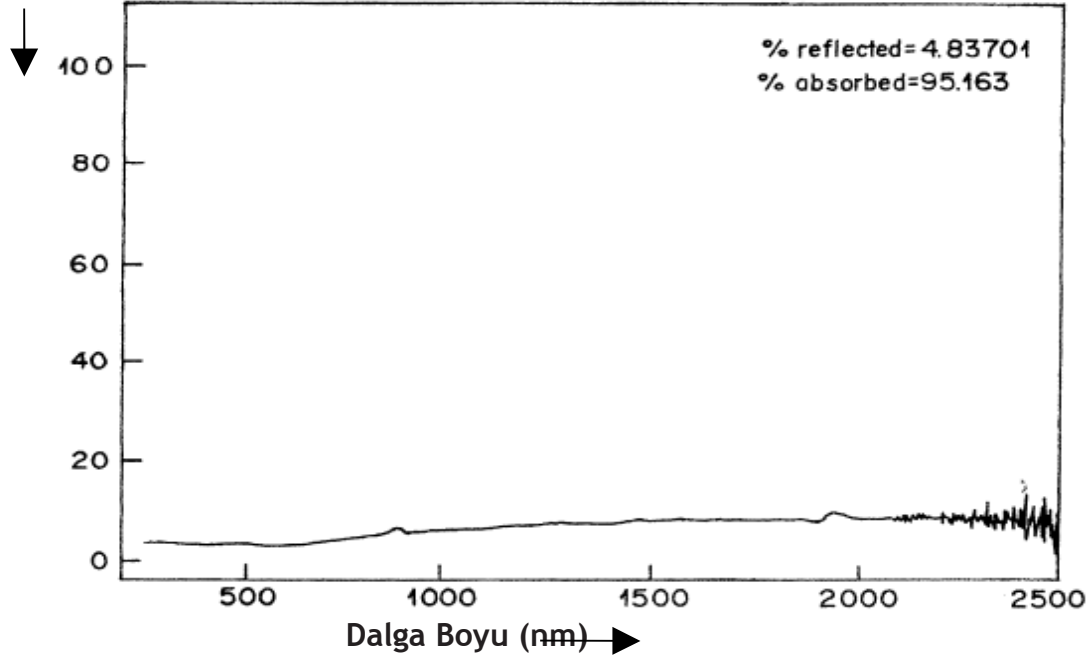
Şekil 8. 100-1000 MHz frekans aralığında Polianilinle kaplı kumaşların koruyucu etkinliği

Yansımaya oranı



Şekil 9. Polianilinle kaplı kumaşların UV, görünür ve yakın kızılötesi ışığı emme davranışları

Yansımaya Oranı



Şekil 10. Polipirol kaplı kumaşların UV, görünür ve yakın kızılötesi ışığı emme davranışları

Sonuç olarak; Polianilinle kaplı kumaşlarda UV- Vis- NIR koruma davranışına göre enerjinin %98 'inin kumaş tarafından emildiği ve sadece %2 'sinin geri yansıdığı belirlenmiştir. Ancak polipirol ile kaplı kumaşlarda emilim %96 iken geri yansımaya %4'dür. (Avloni ve ark. 2006)

İletken polimerlerden elektrokimyasal yöntemle lif veya film elde edilmesi, geniş alan uygulamalarında, kırılabilirlik problemini ortaya çıkartmaktadır. Bundan dolayı, ince kaplama veya iletken polimerlerin çözültiden polimerizasyonu yöntemleri daha uygundur. İletken polimerlerle, bıçakla kaplama yöntemi kullanılarak iletken polimer karışımı ile kumaşın kaplanması, kontinü buharlı polimerizasyon yöntemi ile pirolün tekstile uygulanması, çözültiden kaplama gibi uygulamalar yapılmıştır.

İletken polimerler, yüksek özgül dayanım, sertlik ve film formuna dönüştürme avantajları nedeniyle giderek daha fazla önem arz etmektedir. Ancak bu polimerler oldukça pahalıdır. Olası plastik metal malzemeler, antistatik kaplamalar EMI koruma ve düşük gramaj, esneklik ve yüksek iletkenliğin gerekli olduğu tekstil, elektronik, haberleşme, savunma sanayi ve diğer alanlarda kullanılabilir. (maltepe.edu.tr)

Elektro-İletken Boyalar

Elektro-iletken boyalar nikel, bakır, gümüş veya grafit tozu gibi elektriksel olarak iletken dolgu maddesi ile karıştırılmış akrilik, akrilik-üretan reçine gibi yapıştırıcılardan oluşan katı madde içeriğine sahiptir. Elektro-iletken boyanın ekranlama kapasitesi boyanın kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle fonksiyonel amaçlar için boyayı kalın ve üniform uygulamak önemlidir. Bu boyalar doğru şekilde uygulandığında elektromanyetik alanlara karşı etkin bir ekranlama sağlamaktadır.

Şekil 11'de ekranlama amacıyla kullanılan koruma boya uygulamasının örnek bir uygulaması görülmektedir. Örnekte boyanın uygulama amacı konut yakınında bulunan cep telefonu baz istasyonunun yaydığı radyasyona karşı koruma sağlamaktır. Boya uygulanmasından önce radyasyon seviyesi/güç değişim yoğunluğu $150\mu\text{W}/\text{m}^2$ okunmaktadır. Ancak bu değer koruma boyası uygulanmasından sonra $0.08\mu\text{W}/\text{m}^2$ ye düşmüştür. (www.emr.koruma.com)



a-Cep telefonu baz istasyonu



b-Koruma boyasının uygulanması



c-Radyasyon seviyesi/Güç değişim yoğunluğu

Şekil 11. Ekranlama Amacı ile Kullanılan Koruma Boyası Uygulaması

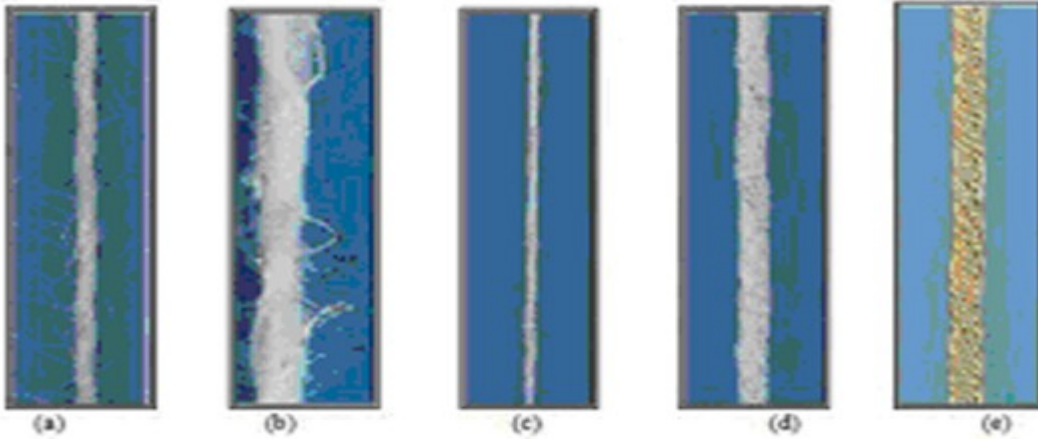
İLETKEN TEKSTİL MALZEMELERİ

İletken Lif / İplikler İçeren Kumaşlar

İletken iplikler, iletken filamentlerden, kesikli iletken liflerden veya iletken lif veya tellerin iletken olmayan tekstil lifleri ile birlikte eğrilmesi ile elde edilebilmektedir. Ayrıca iletken olmayan ipliklerin, iletken metal malzemelerle sarılması ile de iletken tekstiller üretilmektedir.

İletken kumaşlar ise, yapılarında iletken ipliklerin veya tellerin kullanılması ile ya da kumaşın iletken malzemelerle kaplanması veya muamele edilmesi ile elde edilmektedir. Metalik iplikler, iletken olmayan bir ipliğin bakır, gümüş veya altın tel veya folyo gibi metalik bir malzeme ile birlikte sarılmasıyla elde edilebilmekte ve ayrıca iletken tekstillerin üretilmesinde kullanılabilir. (Dhawana ve ark. 2002) Metaller kullanılarak üretilen iletken ipliğin iletkenlik derecesi, kullanılan metalin iletkenlik derecesine ve metalin iplikteki oranına bağlı olarak değişmektedir. (Kılıç ve ark. 2007)

Kesik elyaf/ kontinü metal ipliklerin sentetik veya doğal liflerle karışımı şeklinde üretilen metal iplikler farklı üretim yöntemleri ile elde edilebilirler. Şekilde farklı yöntemlerle elde edilmiş gümüş kaplı bakır tel içerikli metal iplik örnekleri ve %100 gümüş kaplı bakır tel örneği görülmektedir. (Bedeloğlu ve ark. 2010)



Şekil 12. Gümüş Kaplı Bakır Tel İçerikli Metal İplik Örnekleri

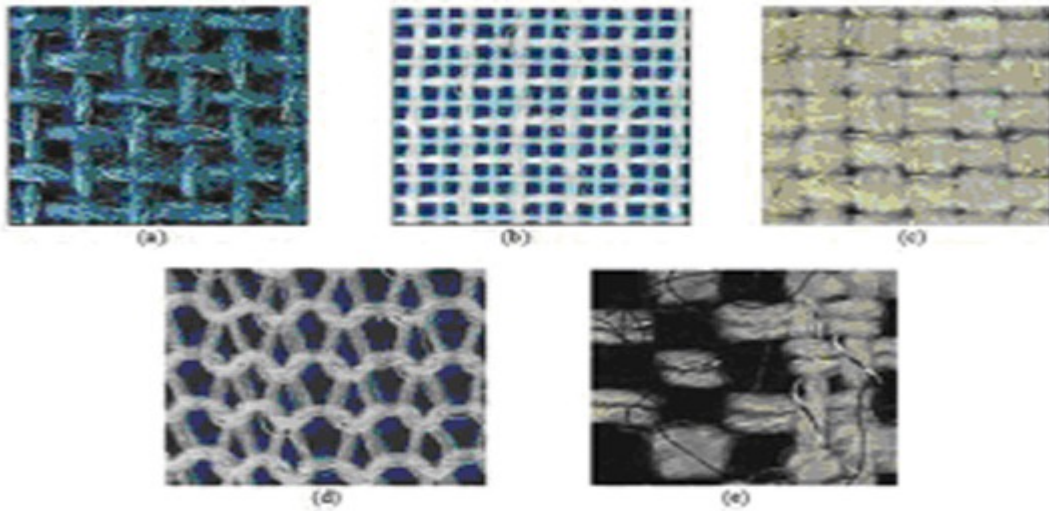
- a-Özlu iplik/PES kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %80 PES / %20 metal
- b-Hava jeli tekstüre / PES-kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %80 PES / %20 metal
- c-Bükülmüş PES- kesik elyaf gümüş kaplı bakır tel %42 PES / %58 metal
- d-Bükülmüş PES- gümüş kaplı bakır tel %75 PES / %25 metal
- e-Gümüş kaplı bakır tel %100 metal

Özlu bir iplik, öz ve manto denilen iki bileşenden oluşmaktadır. İpliğin merkezinde yer alan ve monofilament, multifilament veya kesikli liften oluşan öz ile onu saran kesikli liflerden oluşan manto, birlikte kompozit iplik yapısını oluşturur. İletken özlu iplik üretiminde, metal bir tel veya iletken malzemelerle kaplı bir iplik öz veya mantoda kullanılmaktadır. Tekstil kullanım özelliklerine uygun olması açısından kullanılacak iletken malzemelerin de ince, esnek veya katlanabilir özellikte olması gerekmektedir. Friksiyon özlu iplik eğirme sisteminde, özde

bulunan filament eğirme işlemi sırasında büküm almamaktadır. Delikli eğirme silindirleri tarafından sağlanan hava emişi sayesinde, açıcı silindir tarafından açılan manto lifleri, eğirme silindirinin yüzeyine tutunur. Eğirme silindirlerinin dönüşü ile sağlanan sürtünme sonucunda, mantodaki lifler özdeki filament etrafında tur atar ve özlü iplik yapısı oluşur. (Dhawana ve ark 2002)

Bir çalışmada (Ozek, 2011) ticari kullanımdaki EM kalkanlama özelliği olan metal kaplı ipliklere örnek olarak şunlar verilmiştir:

- Electron (Monsanto, güncel olarak APM, ABD),
- Shieldex (Siemens, Almanya),
- Bekinox (Baekert, Belçika)
- REMP (REMP, İsviçre),
- X-Static (Noble Materials, ABD)
- AGposs (Mitsufuji, Japonya)
- Shintron (Shinto Chemitron Co. Ltd., Japonya).



Şekil 13. Elektromanyetik Alanlara Karşı Ekranlama Özelliği Olan Kumaş Örnekleri

a-Astarlık kumaş pamuk / gümüş kaplı özde bakır filament

b-Perde kumaşı, PES filament iplik / gümüş kaplı bakır filament (büküm) ve PES mono filament

c-Çadır kumaşı PES / gümüş kaplı bakır filament (hava jeti)

d-Süprem kumaş %46 PES tekstüre iplik, %54 gümüş kaplı bakır iplik

e-Otomobil için üretilen iletken kumaşlar %93 PES, %7 gümüş kaplı bakır iplik

Elektromanyetik alanların zararlı etkilerinden korunmak için kumaşlar etek, ceket astarlığı, perde, cibinlik, iç giyim, koruma çantası, çadır gibi farklı uygulamalar için üretilmektedir. Özdeş metal yoğunluğuna göre tüm kumaşlar aynı ekranlama özelliğine sahiptir. Kullanılan metalik ipliklerin kalınlıkları ekranlama etkinliğini değiştirmemektedir. Sadece atkı ve çözgü yönündeki metal iplikler arasındaki mesafe önemli bir faktördür. (Atlas, 2006)

İletken Malzeme ile Kaplanmış Kumaşlar

Elektriksel iletken veya elektromanyetik ekranlama özelliği göstermeyen konvansiyonel tekstil yüzeyleri (dokuma. Örne. Dokusuz yüzey) bazı kaplama metotlarıyla metale de edilebilmekte ve bu şekilde elektromanyetik ekranlama

özelliği kazandırılabilir. Kaplama kumaş; dokuma, dokusuz yüzey ve örme yüzeyden oluşmuş bir taban kumaşın bir yüzünü veya her iki yüzünü kimyasal bir madde ile kaplamak (sürme, püskürtme, aktarma vb.) suretiyle oluşturulan kumaştır. Kaplanacak tekstil malzemelerinin üzerine (kağıt kumaşlar ve taftingler) sıvı veya plastik maddeler sürülür. Sürülen bu tabaka, fiziksel veya kimyasal metotlarla sabitleştirilir. Bu kaplama sonucunda, yeni özelliklere sahip bir malzeme oluşur. Kaplama işlemi, dokuma, atkılı veya çözümlü-örme veya dokusuz yüzey kumaşların yüzeylerine, tek katman veya katmanlar halinde polimer filmi uygulama işlemidir. Kaplamada amaç; polimer bir tabakanın bir tekstil dış yüzeyine nüfuz ederek fiziksel ve karakteristik özelliklerinin önemli bir şekilde değiştirilmesidir. Tekstil kaplamacılığı sayesinde kumaşı oluşturan lifler ile kazandırılmayacak özelliklerin, iletken malzeme olarak metal ve bir iletken polimerin mamule aktarılmasıyla kazandırılır. Bir kaplama tekstil yüzeyinin oluşumu şüphesiz iki etmene bağlıdır:- biri tekstil yüzeyinin kendisi, diğeri kaplama.

Seçilen her iki bileşende, kullanılan aplikasyon prosedürünü ve işlem sonucunu etkiler.

Kaplama işleminde her iki bileşenin de (yüzey+polimer) birbiri ile uyumlu olmasına dikkat edilmelidir. (Lou, 2005) Elektromanyetik ekranlama özelliği kazandırmak için kullanılan metotları dört ana gruba ayırabiliriz.

1-Yüzeylerin doğrudan kaplanması: Tekstil yüzeyine içerisinde iletken katkı maddeleri bulunan bir çözeltiyi köpükle kaplama yöntemiyle uygulamak veya iletken bir folyonun yüzeye uygulanması ile sağlanmaktadır. Kaplamadaki en önemli sorun ise; kumaşın lifleri arasında bir köprü oluşturan kaplamanın harekete maruz kaldığında kırılmalar göstermesidir.

2-Kimyasal polimerizasyon metodu: İletken bir polimerin ve çeşitli katkı maddelerinin kumaş yüzeyi üzerinde sentezlenmesi ile iletken yüzey oluşturulmaktadır.

3-Vakum kaplama metodu: Vakumlu ortamlarda metallerin buharlaştırılarak, metal atomlarının kaplanacak ürünün yüzeyinde yoğunlaşması ile elde edilen kaplama işlemidir. Homojen bir dağılım elde etmek ve solüsyon özelliklerini değiştirerek prosesi kontrol altında tutmak mümkündür.

4-İyon implantasyon metodu: İyon implantasyonu yüksek vakum içerisindeki metal iyonların bir ışın yoluyla katı içine doğru gömülmesi ve böylece katının yüzeye yakın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin modifiye edilmesi prosesidir. (Kılıç ve ark. 2007)

Bunların dışında Elektromanyetik kalkanlama özellikli tekstil yüzeyleri plazma tekniği ile ince bir tabakanın yüzey üzerine kaplanması sonucu da üretilebilirler. Plazma kaplamaların, diğerklasik malzemelerden çok daha iyi fiziksel özelliklere sahip olması ve çok basit bir teknoloji gerektirmesi nedeni ile avantajları daha fazladır. Bu metot ile, iletken, yarı iletken veya yalıtkan tabakaların çöktürülmesi mümkündür. Plazma metodu, vakumla buharlaştırma gibi klasik metotlarla, yüzey özellikleri nedeni ile metalikleştirilmesi güç olan kumaş yüzeylerinin metaleze edilmesine izin verir. Bu tür klasik yöntemlerle çöktürülen katmanlar, kötü bağlanma ve sürtünme ile kolayca çıkma özellikleri gösterirler.

SONUÇ

Günlük yaşamımızda birçok yerde karşılaştığımız ve kullandığımız elektronik cihaz ve aletler bitkiler, hayvanlar ve insanlar üzerinde de olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Elektromanyetik alanın neden olduğu zararların azaltılması, çevre ve insan sağlığının korunması amacı ile elektromanyetik kalkanlama özelliği olan malzemelere ihtiyaç her geçen gün artmıştır. Elektromanyetik kalkanlama özelliğine sahip malzemeler iyi elektrik iletkenliğine sahip olmalı ve yüksek manyetik geçirgenliğe sahip olmalıdır. Kalkanlama amacı ile birçok malzeme kullanılmaktadır. Bu malzemeler bir kısmı pahalı, ağır, ısıl genleşme ve esnek olmama gibi özellikleri nedeniyle her yerde kullanıma uygun değildir. Tekstil ürünleri ise hafif, esnek ve ucuz olduğundan dolayı elektromanyetik kalkanlama konusunda daha çok tercih edilir olmuşlardır. İletken tekstiller çok iyi birer ekranlama malzemesi olarak kullanılabilirler. Tekstil ürünlerine elektriksel olarak iletken özellik kazandırmak da mümkündür. İletken kompozit malzemeler ve polimerler kullanarak, Elektro-iletken boyalar kullanarak ve iletken iplikler ve kumaşlar kullanarak tekstil ürünlerine elektriksel olarak iletken özellik kazandırılır.

KAYNAKLAR

- Aniolezyk H., Koprowka J., Mamrot P., Lichawska J.(2004). Application of Electrically Conductive Textiles as Electromagnetic Shields in Physiotherapy, *Fibres&Textiles in Eastern Europe*, Vol.12, No,4(48)
- Anti-radiation wears for pregnant woman/Radiation protection maternity, <http://www.aliexpress.com/product-fm/310719120-antiradiation-wears-for-pregnant-woman-Radiation-protection-Maternity-85105-wholesalers.html>. Erişim tarihi (10 Mayıs 2011).
- Atlas S. (2006). İletken özellikteki metal ipliklerin üretim yöntemleri, *Tekstil&Teknik*, Haziran, 162-176
- Avloni Dr. J. , Dr. Henn A.,& Lau R., (2006). Eeonyx.Corp; Pinole.CA94564 USA Deelopment and Applications of Nano and Microscale Layers of Conductive Polymers Applied on to Various Surfaces
- Baji A., Mai Y.-W., Wong S.-C. et al. (2010). Electrospinning of polymer nanofibers: Effects on oriented morphology, structures and tensile properties, *Composites Science and Technology*, vol. 70, no. 5, 703-718
- Bhadra S., Khastgir D., Singha N. K. et al. (2009). Progress in preparation, processing and applications of polyaniline, *Progress in Polymer Science*, vol. 34, no. 8, 783-810.
- Bedeloğlu A., Sünter N., Bozkurt Y., Elektriksel olarak iletken tekstil yapıları üretim yöntemleri ve kullanım alanları *Tekstil ve Mühendis Dergisi*, 79 (2010) Cilt 17 sayfa 1-37
- Beneventi D., Alila S., Boufi S.et al. (2006). Polymerization of pyrrole on cellulose fibres using a FeCl₃ impregnation-pyrrole polymerization sequence, *Cellulose*, vol. 13, no. 6, 725-734.
- Carolina Silver, <http://www.carolinasilver.com> (erişim tarihi 10 Mayıs, 2011).
- China Radiation Protection Fabric,erişim tarihi 10 Mayıs, 2011); <http://www.selectchina.com/supplier/130090001/China-Pocket-Spring-Mattress-Radiation-Protection-Fabric-Mattress-A9808-1.html>
- Çoşkun K. (2009).Kimyasal ve Elektrokimyasal Yöntemlerle İletken Polimerlerin Sentezi ve Membran Uygulamaları Süleyman Demirel Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi Isparta
- Dhawana S.K., Singha N., Venkatachalamb S. (2002). Polymeric and Soft Materials Division, National Physical Laboratory, New Delhi 110012, India bVikram Sarabhai Space Center, Thiruvananthapuram, Kerala, 695022, India Received 14 February 2002; received in revised form 11 April 2002; accepted 12 April 2002 Shielding behaviour of conducting polymer-coated fabrics in X-band, W-band and radio frequency range
- Elektromanyetik radyasyondan korunma ve kalkanlama ürünleri <http://www.emr.koruma.com> (erişim tarihi 20.11.2010).
- Elektromanyetik radyasyonun vücudunuza olumsuz etkileri <http://www.biopro.com.tr> (erişim tarihi 01.11 2010).
- Elektromanyetik radyasyondan korunma ve kalkanlama ürünleri <http://www.emr.koruma.com> (erişim tarihi 20.11.2010).

Elektromanyetik dalgalar

<http://www.iso.org.tr/tr/document/çevre/elektromanyetik.pdf> (Erişim tarihi 10 Aralık 2010).

EMC ve Korunma yöntemleri: Ekranlama EM uyumluluk

<http://www3.doğuş.edu.tr/lsevgi/L.Sevgi/Eylül04.pdf>. (erişim tarihi 10 Aralık 2010)

Ersoy M.S. , Önder E. (2008). Shielding textiles against electromagnetic radiation international nonwoven technical textiles technology magazine, 1.Çeyrek.Sayı:18,52-61

Huang Z. M., Zhang Y. Z., Kotaki M. et al. (2003). A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites, Composites Science and Technology, vol. 63, no. 15, 2223-2253

Kılıç G., Örtlek H.G., Saraçoğlu Ö.M, (2007). Elektromanyetik çevre kirliliği ve bu kirlilikten korunmada tekstil çözümleri Tekstil ve Mühendis Dergisi 67 Cilt: 14 sayfa 1-41

Kompozit malzemeler <http://akademik.maltepe.edu.tr/-aliozcan/kompozit%20malzemeler.pdf>, (erişim tarihi 12 Aralık 2010)

Kompozit malzemeler <http://www.teknolojikaraştırmalar.com/kompozit.htm>. (erişim tarihi 12 Aralık 2010)

Kompozit malzemeler <http://akademik.maltepe.edu.tr/-aliozcan/kompozit%20malzemeler.pdf>, (erişim tarihi 12 Aralık 2010)

Lee C.Y., Song H.G. , Jang K S., Oh E.J, Epstein A.J., and Joo J., (1999). Electromagnetic interference shielding efficiency of polyaniline mixtures and multilayer films synthetic metals 102.1346-1349

Lou C.W., (2005), Process of Complex Core Spun Yarn Containing a Metal Wire, Textile Res.J.,75(6),466-473

Özek H.Ziya, Ağırhan Özgür, Keleş Mustafa (2011). Electromagnetic Shielding Effectiveness of woven fabrics with Silver Coated Nylon Yarns Autex 2011 Mulhouse, France , June 8 -10

Palamutcu S., Dağ N. (2009). Elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstil yüzeyleri Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 3, No: 1, 87-101

Polimerler, www.polimerler.com/iletken%20polimerler/iletken%20polimerler.htm

Sevgi L. (2000). Elektromanyetik uyumluluk elektromanyetik kirlilik EMO İstanbul Tübitak-Mam Teknolojik işbirliği dergisi, Nisan 2000

Saçak M. Polimer Kimyası, 5 ed., p. 423-433: Gazi Kitabevi, (2010).

Wang L.-X., Li X.-G. and Yang Y.-L. (2001). Preparation, properties and applications of polypyrroles, Reactive and Functional Polymers, vol. 47, no.2, 125-139