

# İletken Polimerler

20. yüzyılın olağanüstü maddeleri olarak kabul edilen polimerler neredeyse tüm pozitif bilim dallarında, gündelik yaşamın hemen her kesitinde, birkaç yıl önce aklımızın ucundan bile geçmeyen alanlarda, kısacası her yerde karşımıza çıkıyor. Kısa bir süre öncesine değin yalıtkan malzeme olarak yaygın biçimde kullanılan ve halk arasındaki ortak adları plastik olan polimerler, bugün iletken malzeme yapımında da önemli bir yer buldular.

**Y**ÜZYILIN BAŞINDAN beri sentetik polimerler, elektrik malzemelerinde yalıtıcı olarak kullanılıyor. 1970'lerin sonlarına gelindiğinde yüksek elektrik iletkenliğine sahip ilk polimerin üretimi araştırmacılar arasında büyük heyecan yaratmıştı. Şimdiyse bu polimerler, elektrik iletim ve dağıtım malzemelerinde, pillerde, mikroelektronikte, elektromanyetik girişim kalkanlarını kaplamada, mikromakinelerde ve yapıştırıcılarda kullanılarak ticari gelecek açısından büyük umutlar uyandırıyor.

Polimerlerin üretimi görece kolay bir işlemdir. Buna ek olarak iletken olanları, bakır gibi bazı iletkenlerle ve silisyum gibi bazı yarı iletkenlerle mekanik ve elektriksel uyumluluk içinde bir arada bulunabilirler. Bu yeni iletken polimerlerin iletkenlikleri  $10^2$  ile  $10^4$  Siemens/metre (S/m) arasındadır. Bakırın iletkenliği  $1,1 \times 10^7$  S/m ve silisyumun iletkenliği de  $10^{-2}$  ile  $1$  S/m arasındadır (oda sıcaklığında).

Bakır ya da siyah karbon (black carbon) gibi iletken dolgu malzemelerini bildik polimerlere ekleme, ölçülebilir bir elektrik iletkenliği olan bir malzeme yapmanın belki de en kolay yoludur. Ayrıca maliyeti de oldukça düşüktür. Ancak, yüzeyin kolay aşınma-

sı, karışımın üniform olmaması, düşük mekanik özellikler ve polimer matrislerin iletken dolgu maddesiyle uyumsuzluğu gibi birtakım sorunlarla da karşılaşılabilir. Maddelerin ve üretim yöntemlerinin titizlikle seçimi bu sorunların azaltılmasında etkili olabilir.

İletken polimerlerin hazırlanması eşzamanlı ya da peşpeşe gerçekleştirilen iki adımdan oluşur. İlk adımda, polimer alışılagelen kimyasal işlemlerle, başlangıç maddesinden elde edilir. Bu tür polimerlerde, polimer zinciri boyunca elektronların serbestçe hareket etme özelliği vardır. Bu yapılar ayrıca kolayca eklenip eksilen yüklerin taşınmasıyla enerji bantlarının oluşumuna da yardımcı eder.

İletken polimer hazırlamadaki ikinci adım, bir kimyasal yükseltgen

ya da indirgenle tepkime sonucu, taşınan yüklerin ortaya çıkarılmasıdır. İlkinde elektronlar çekilir, ikincisinde eklenir. Uyarıcılar arasında halojenler (iyot ya da brom), geçiş elementleri katyonları, organik yükseltgenler (kloranil ya da diklorodisiyanoninon) ve sodyum ya da potasyum gibi alkali metaller bulunur.

Uyarma işlemi elektrokimyasal olarak elektron alma ya da verme yoluyla da yapılabilir. Bu durumda yük elektrolitten gelen iyonlarla dengelenir. Uyarıcı ve uyari yöntemlerinin seçimi polimerin elektrik ve optik özelliklerini belirler.

İletken bir polimerin elektrik iletkenliği, kullanılan uyarıcının miktarına ve etkinliğine bağlı olarak değişir. Uyarıcının cinsine bağlı olarak etki en üst düzeye ulaşıncaya değin iletkenlik artar. Makroskopik bir

örnekte iletkenlik sıcaklıkla değişir; metallere farklı olarak sıcaklığa üstel olarak bağlıdır.

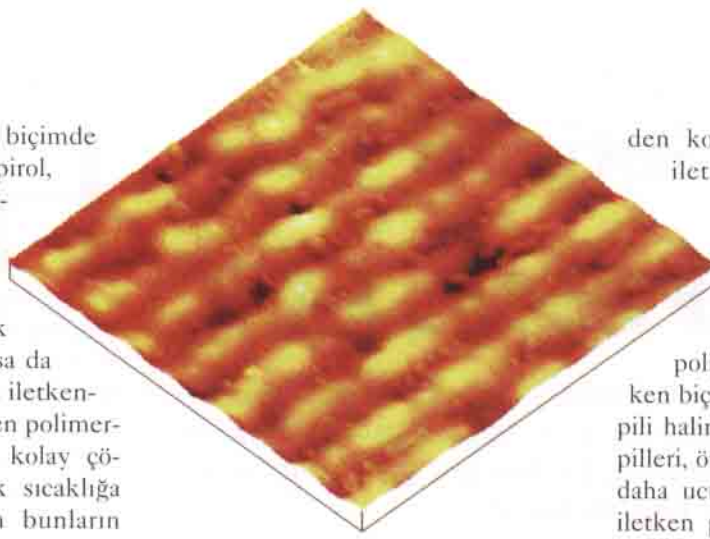
Kararlılık sorunu ve proses özellikleri bu maddelerin ticari amaçla üretimleri için en büyük engeli oluşturur. Kararlılık, oksijenle tepkimeye girmeye bağlıdır. İlk iletken polimerlerden biri olan poliasetilen oda sıcaklığında  $1,5 \times 10^6$  S/m iletkenliğe sahiptir. Ancak, oksijen ve nemle çok çabuk tepkimeye girdiği için açık atmosfer ko-



şullarında geri çevrilemez biçimde iletkenliğini yitirir. Polipirol, polianilin, polifenilen vinilen ve politiyofen gibi öteki birçok polimer poliasetilenen daha kararlıdır. Bunların çok fazla uygulamaları bulunsa da poliasetilen kadar yüksek iletkenlikte değildirler. İlk iletken polimerler, bilinen çözücülerde kolay çözülmedikleri ve yüksek sıcaklığa karşın erimedikleri için bunların prosesleri zor olmaktadır. Artık, birçok iletken polimer kaplama olarak uygulanabiliyor ve ötekiler de işleme tabii tutulabilir polimerlerden elde ediliyor. Polimerlerin birçoğunun bilinen termoplastiklerle karıştırılmasıyla (polietilen ya da polivinil klorür) bir ölçüde iletken madde elde edilir.

1980'lerde iletken polimerlerin kararlılıkları ve prosesleri konusundaki ilerlemeler, akademik çevrelerin ve ticari firmaların bu konuya olan ilgilerinin yoğunlaşmasıyla sağlandı. Bugün birçok iletken polimer, ticari ürünlerde kullanılabiliyor.

İletken polimerler ilk kez 1987'de bir ticari üründe kullanıldı. Bu ürün, anodu lityum-alüminyum alaşımından, katodu polianilinden ve elektroliti de organik bir sıvıdan oluşan 3 V'luk bir pildi. Daha sonraları bu pilin katodunda başka iletken polimerler kullanılarak çeşitlendirmeleri de yapılmıştır. İletken polimer kullanılarak yapılan 3 V'luk piller uzun ömürlü, hafif, sağlam olmalarının yanı sıra, bu pillerin doğaya verdikleri zarar da daha azdır. Bunlar daha çok, bilgisayar için yedek güç kaynakla-



rında, kol saatlerinde, telefonlarda, videoların zaman ayarlayıcılarında, televizyonların uzaktan kumanda aletlerinde kullanılır. Ayrıca hafiflik, ucuzluk ve uzun yaşam döngüleri, pillerin elektrikli arabalarda da kullanımını gündeme getirmiştir. İletken polimer bazlı piller, elektrik iletim ve dağıtım malzeme endüstrisinde de önemli bir yere sahiptir. Yüksek akım taşıma kapasitesi, uzun ömür ve mekanik dayanıklılık onları vazgeçilmez yapan özelliklerdir.

İletken polimerlerin biyomedikalde kullanımları da oldukça yaygınlaşmıştır. Polielektrolit "hidrojeller" olarak karşımıza çıkan bu polimerler ilaç salım sistemlerinde ve elektrotlarda kullanılıyor. Ayrıca yapay kas yapma konusunda da iletken polimerlerin kullanımıyla ilgili çalışmalar yapılıyor.

Ticari adı Contex olan, naylon, pamuk ve polyester gibi, iletken polimerlerle desteklenmiş, iletkenliği yüksek ürünlerin gelecekte uçak ve tank yapımında kullanılması düşünülüyor. Bu konuda yoğun çalışmalar sürdürülüyor. Bu malzeme elektromanyetik etkilere dayanıklı bilgisayar koruyucuları ve yüksek sıcaklığa dayanıklı giysiler gibi çok çeşitli ürünlerin yapımında da kullanılıyor. Henüz piyasada satışa sunulmayan birçok iletken polimer uygulaması da yakın zamanda piyasadaki yerini alacağı benziyor. Bu çalışma alanlarından biri de üzerinde birçok araştırma grubunun çalıştığı iletken polimer içeren kaplama malzemeleridir. Bu kaplamalar sayesinde, örneğin çelik, tuzdan, kirleticilerden ve çevresel etkiler-

den korunabilecek. Bilindiği gibi iletken polimerlerin birçoğu uyarılmadan önce ya da az uyarıldıklarında yarı iletken durumdadır ve mikroelektronikte kullanılmaya hazırdır. İletken polimerler n ve p tipi yarı iletken biçiminde uyarılmışlarsa, güneş pili haline gelebilirler. Bu tür güneş pilleri, öteki güneş pillerine göre çok daha ucuza mal olmaktadır. Ancak, iletken polimerlerin kararlılıklarının düşük olması, bu güneş pilleri için çözülmesi gereken bir engel oluşturur. Bu sorun çözüldüğünde n ve p tipi yarı iletken polimerlerin düşük fiyattan piyasaya sürülmesi bekleniyor. İletken polimerlere uyarılmış ve uyarılmamış halleri arasında farklılık gösteren özellikler sayesinde birçok uygulamada rastlanıyor. Gerçekte, ticari olarak piyasaya sürülüşünden çok daha önce, raf ömrünün bu iki evre arasındaki elektronik değişimlere bağlı olduğu ileri sürülmüştü.

İletken ve yarı iletken polimerlerin en yaygın kullanımlarından biri de fotonik devre elemanlarından LED'ler (Light Emitting Diode- Işık yayan diyot). Kısa ve orta mesafeli fiber iletişimde kullanılan LED'lerde, yüksek elektroizasyon (elektrik alan uygulanması sonucunda ışık yayma) kapasitesi ve prosese kolay girebilme özellikleri nedeniyle polifenilen vinilenden yararlanılıyor.

İletken plastikler, verilerin kalıcı olarak saklanması için etkili yöntemler de sağlar. Uygun dalga boyundaki bir lazerle, ışının değdiği yüzeydeki elektrik iletkenlik yok edilerek, bilgiler plastiğin üzerine yazılabilir.

Elif Yılmaz

Kaynaklar:  
IEEE SPECTRUM "Conducting Polymers" Haziran, 1992  
New Scientist, "Conducting Polymers Move Towards Market", Nisan, 1988  
Bilim ve Teknik Dergisi, "Elektronik Dünyası", Mayıs, 1998

Polimer	En çok iletkenlik S/m	Yapı
Poliasetilen	1,510 <sup>6</sup>	Tek bağ ve karbon-karbon çift bağ
Polipirol	2,0x10 <sup>6</sup>	Nitrojen ile tek bağ ve karbon-karbon çift bağ içeren beş elemanlı halka
Polifenilen vinilen	1,0x10 <sup>6</sup>	Benzen halkasına bağlı
Polifenilen sülfür	1,0x10 <sup>6</sup>	Sülfür atomlarıyla bağlı benzen halkası
Politiyofen	1,0x10 <sup>6</sup>	Sülfür ile tek bağ ve karbon-karbon çift bağ içeren beş elemanlı halka
Poliasilin	1,0x10 <sup>6</sup>	Nitrojen atomlarıyla bağlı benzen halkası

