

HETEROJEN PLASTİKLER

Günümüzde plastik maddelerin şaşırtıcı özellikleri, insanları artık fazla büyülemiyor. Çünkü otomobil karoserlerinde, ev âletlerinde, paketlemede, v.b.'de kullanılan cam, metal, doğal dokuma iplikleri, tahta, v.b. geleneksel malzemelerin yerine plastikler geçmiş durumda... Bu başarının anahtarı, polymerlerin moleküler yapılarına bağlı olan kolay biçim verilebilme, hafiflik, mekanik direnç gibi niteliklerdedir; çünkü polymerler, **monomer** denen temel bir motifin tekrarlanmasıyla kurulmuş uzun zincirlerden oluşmuştur.

Armand AJDARI ve Ludwik LEIBLER

Beşik kökenli kimyacı L.H. Baekeland'ın, 1910'da ticarî pazara sürdüğü, tümüyle sentetik olan ve **bakalit** denen ilk plastik maddeden beri, pazarlara, her gün yeni polymerler çıktı: 1930'da satışa çıkan ve "plastik cam" denen, camsı ve kırılabilir **polystyreni**, 1937'de yapay dokuma olarak kullanılan **polyamidi** sayabiliriz. Plastiklerin değişik özellikleri, hem monomerlerin kimyasal doğasından, hem de polymer zincirlerinin uzunluğundan gelmektedir. Böylece olağan sıcaklıklarda, polybütadien, zincirleri ne kadar uzunsa, o kadar esnekler; oysa polystyren, kamsıdır.

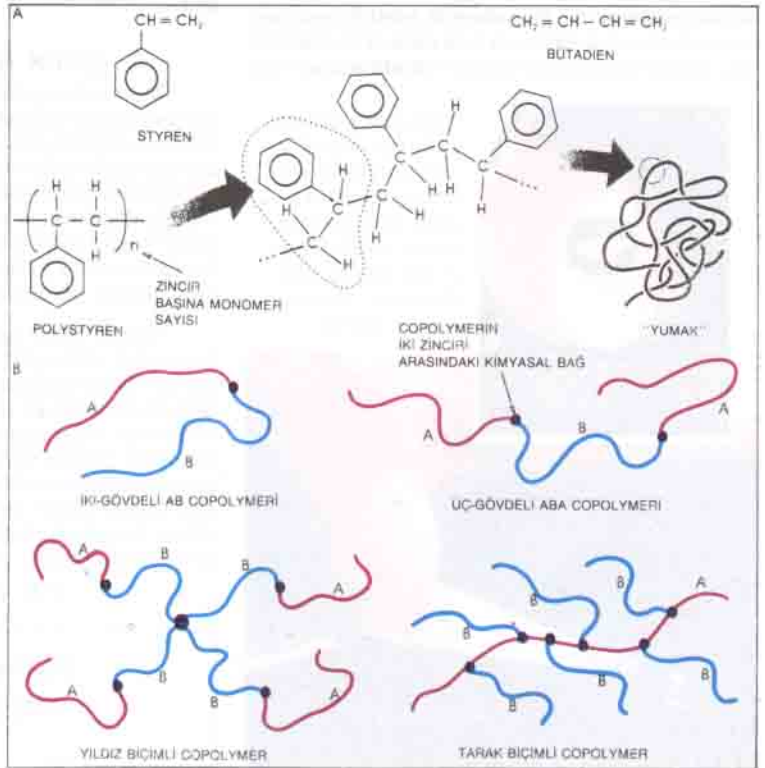
Daha sonra sanayinin gitgide belirginleşen gereklere cevap vermek için, plastik maddeleri çeşitlendirmek gerekti. Bu durumda, rastlantısal bir yol

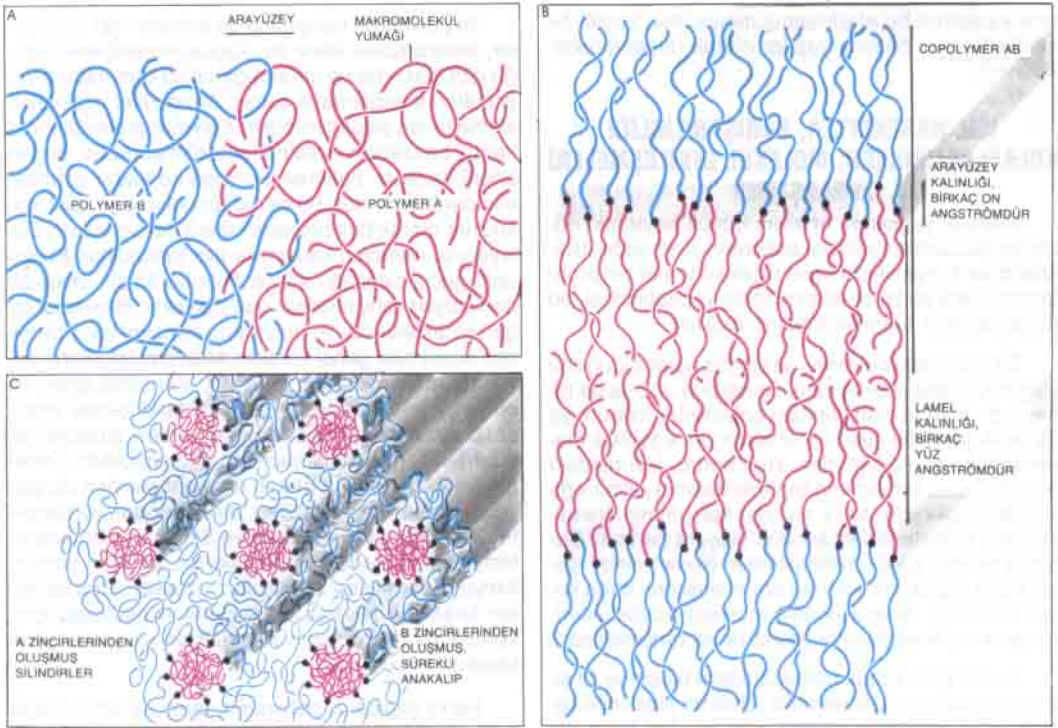
olan yeni molekülleri polymerleştirmeyi denemek yerine, var olan polymerleri alaşımlar oluşturmak üzere karıştırmak daha ilginçti; böylece eskiyen plastikleri onarmak da mümkün olabilecekti.

Alaşım yapmak için farklı maddeleri karıştırma düşüncesi, malzeme bilminde alışlagelmiş bir kavramdı. Metaller, bilinen bir örnekti. Örneğin, bakır ve çinkonun alaşımı olan pirinç, mekanik özellikleri bakımından, bakırdan da, çinkodan da çok üstündür. Demirin içine küçük miktarlarda katılan karbon ya da başka metaller de, demire direnç ve sertlik kazandırır.

Ancak, polymer alaşımlarının işlenmesi çoğu zaman güçtür. Çünkü polymerler, sıvı durumda iken

Polymerler, çok sayıda, **monomer** denen özdeş motiflerin kimyasal bağlarla bağlanması ile kurulmuş çok uzun moleküllerdir. Şeklin A bölümünde, iki tipik monomer gösterilmiştir: Benzen türü bir halka taşıyan styren ile bütadien. Monomer ve polymerlerin formülleri de verilmiştir. A ve B gibi, farklı doğadaki iki polymer, bir kimyasal bağ ile birbirine bağlanırsa, özellikleri, iki polymerin başlangıçtaki karışımından çok farklı olan bir copolymer elde edilir. Kimyadaki ilerlemeler sayesinde, copolymerlere, şeklin B bölümünde gösterildiği gibi, çeşitli yapılar kazandırılabilir; Ucucu bağlanan A ve B zincirleri, iki-gövdeli (AB) ya da üç-gövdeli (ABA ya da BAB) copolymerler oluştururlar; ayrıca, yıldız ya da tarak biçimli copolymerler de sentezlenebilir.





İki polymerin bir karışımı, doğal olarak, su-sıvı yağ karışımı gibi, ikiye ayrılma eğilimindedir. İki bölüm arasındaki ara yüzeyin özel bir yapısı vardır; Şeklin A bölümünde görüldüğü gibi, ısı hareketleri yüzünden, makromolekül zincirlerinin uçları, karşıt bölgede kısa gezintiler yapar. A ve B türlerinin birlikte bulunduğu bölgenin kalınlığı (tipik olarak, yirmi angström kadar) bir polymer yumağının boyutundan (tipik olarak birkaç yüz angström kadar) küçüktür. Bir copolymerde de, yine ikiye ayrılma eğilimi vardır; ancak, A ve B zincirleri arasındaki kimyasal bağ dolayısıyla bu ayrılma, artık makroskopik boyutlarda değildir. Şeklin B bölümünde görüldüğü gibi, sırayla bir A, bir B katmanından oluşan lamelli bir mikroyapı vardır. Makromoleküllerin, lamellerin içindeki yapısı, zincirler tam gergin olmadığından, düzgün değildir. Lamellerin kalınlığı (birkaç yüz angström), A ve B zincirleri arasındaki bağların yer aldığı ara yüzeylere göre (birkaç on angström) çok büyüktür. Lamel boyutlarının birkaç milimetreye ulaştığı durumların da bulunması ilginçtir. Bir copolymerin A ve B zincirleri arasında önemli bir simetri bozukluğu varsa, sistem, lamellerin içindeki zincirlerin gerilmelerinden doğan zorlamalara dayanamaz. Bu yüzden ara yüzeyler eğrilme eğilimi gösterirler; böylece, şeklin C bölümünde görüldüğü gibi, kısa zincirli polymerlerden oluşan silindirel ve küresel bölümlerin, uzun zincirli polymerden oluşan ana kalıp içinde düzgün olarak dağıldığı gözlenir.

genellikle birbirleri içinde karışmazlar; karışımın yoğunlaştıktan sonra katılaştırılması ise, bileşenlerden birinin öbürü içindeki katkılarının büyüklü küçüklü olmasına neden olur. Alaşımın mekanik nitelikleri de bu katkılarının büyüklüğüne ve onların alaşımın bütünüyle yapışım (adhésion)ına bağlıdır. Yine de, bu uyumsuzluk bir kez düzene konulursa, özgün özelliklerin kaynağı olabilir. Örneğin, 1948'de ABD'de pazarlanan "çok polystyreni", çok farklı özelliklerdeki polystyren ve polybütadienin bileşimidir. Polybütadienin (yumuşak bir sentetik kauçuk), polystyrenden kırılabilir bir anakalıp içine katılması sayesinde, malzemenin çarpmalara (şoklara) karşı direnci artırılmıştır. O zamandan beri, ABD'deki ve Fransa'daki çeşitli kimya araştırma gruplarının önerdiği alaşımlar, otomobil, elektrikli ev aletleri ve yüksek teknoloji ürünleri sanayilerinde, gitgide artan uygulama alanları bulmaktadır.

Yalnız, bir alaşımın ilginç nitelikleri, iki temel polymerin basitçe karıştırılmasından elde edilemez. İyi kaliteli bir alaşım gerçekleştirilemek için, yapıtaşlarının kimyasal olarak farklı zincirlerini, birbirleri yanında durabilmeleri ve karşılıklı olarak birbirlerine yapışabilmeleri (adhérence) için, birbirlerine bağlamak da gerekir. Böylece karmaşık yapıda, **copolymer** denen yeni makromoleküller kurulmuş olur. Ayrıca bu copolymerler, polymerlerden birinin öbürü içindeki dağılmasını kolaylaştırarak, "uyum sağlayıcı" görevi de yaparlar; aynı, sabunun yağların sudaki dağılmasını kolaylaştırdığı gibi. Amerikan kimyacı M.Szwarc'ın yaptığı araştırmalardan beri, bu moleküllerin yapılarının ve uzunluklarının tam denetimi de mümkün olmuştur. Böylece iki gövdeli, üç gövdeli, yıldız ya da tarak biçimli copolymerler sentezlenebilmektedir. Farklı kimyasal bileşenleri birbi-

rine karıştıran bu alışılmamış moleküller, çeşitli biçimlerde, çok düzenli yapılar olarak düzenlenebilmektedir.

ISIL HAREKETLER, KARIŞILIRLIĞI KOLAYLAŞTIRIRKEN, MOLEKÜL ETKİLEŞMELERİ ZORLAŞTIRIR

Molekül yapısının, ortamın büyük boyuttaki düzenlenimi üzerine etkisini anlamak, yirmi yıldır fizikçilerin ve kimyacıların ilgisini çeken temel bir problemdir. Yeni polymer alaşımlarının yapılabilmesi, bu düzenlenimin denetlenmesine bağlıdır

Bir alaşımın üretilmesi sırasında neler olduğunu şematik olarak inceleyelim. Genellikle, toz ya da tanecek biçiminde olan yapıtaşları polymerler, döküm ya da püskürtme ile şekil verilmeden önce birlikte olarak eritilir ve yoğurulurlar. Tüm sorun, sıvı haldeki iki polymerin karışımının birbirlerinden ayrılma eğiliminden gelir. Bu, su ve sıvı yağ karışımının, kendiliğinden birbirlerinden ayrılma olayına benzer. Bununla birlikte, küçük moleküllerden oluşan sıvılar, genel kural olarak, birbirlerine polymerlerden daha kolay karışırlar. Acaba neden molekül büyüklükleri, uyumsuzluk olaylarında önemli bir rol oynamaktadır?

A ve B gibi, küçük moleküllerden oluşmuş iki sıvının bir karışımını inceleyelim. Belli bir sıcaklıkta karışabilirliği, iki etken belirler. Her şeyden önce **ısı hareketleri**, moleküllerin birbirleri içinde yayılmasına neden olur. Bu yayılma, karışmayı kolaylaştırır. Böylece bir bardak suya katılmış bir boya damlası, düzgün bir renk elde edilinceye kadar suyun içinde dağılır. Bu süreç, sıcaklık ne kadar yüksekse, o kadar hızlıdır.

Moleküller arasındaki etkileşimler de, karışabilirliği etkiler. Bu etkileşimler, genel olarak kısa erimli ve çekicidir. Çünkü sıvının molekülleri arasındaki **Van der Waals kuvvetleri**, farklı moleküllerin elektriksel kutuplanmasındaki dalgalanmalardan ileri gelir. Bu etkileşmelerin karışabilirlik üzerindeki etkisini anlamak için, şu durumu inceleyelim: A ve B moleküllerinden oluşmuş iki topluluk, bir arada bulunsun ve her türün bir molekülü, "karşıt" topluluğun içinde "yitmiş" olsun. "Yitmiş" moleküllerin değiş tokuşu, her birini kendi "vatani"na götürecektir; bu da, sisteme bir enerji kazancı sağlayacaktır ve sonunda, iki topluluğun ayrılması, sistemi kararlı bir enerjiye ulaştıracaktır; iki topluluk ayrılınca, iki polymer arasındaki değme yüzeyi de minimum olacaktır. Dolayısıyla, iki topluluğun ayrılması, onların birbirleri içine karışmalarından daha kolaydır.

Demek ki, iki türün karışabilirliği, şu iki karşıt eğilimin bağlı şiddetine bağlıdır: Homojenleşmeyi kolaylaştıran ısı hareketleri ve bunun tersine, türleri ayırmaya çalışan Van der Waals etkileşmeleri. Yüksek sıcaklıklarda, ısı hareketleri baskındır, türler karışabilir ve homojen bir sıvı elde edilir. Düşük sıcaklıklarda ise, tersine olarak, ısı hareketleri, iki topluluğun ayrılmasını önlemeye yetmez. İki durum arasındaki geçiş ise, **karışım bozulma sıcaklığı** denen bir sıcaklıkta olur.

İki polymerin karışımına da bakalım. Isıl hareketler, makromoleküllere de, küçük moleküllere olduğu gibi etki eder ve onların girilebilir tüm hacme yayılmalarını sağlamaya çalışır. Moleküller arası etkileşimler ise şiddetlenmiştir. Polymer moleküllerinin kendi benzerleri arasına götürülmesinden doğan enerji kazancı, polymer zincirleri ne kadar uzunsalar, o kadar büyük olur; bu da, iki tür polymerin, ayrı topluluklar olarak bulunmasını kararlı durum yapar. Dolayısıyla, homojen karışım ile ayrı topluluklar arasındaki geçiş sıcaklığı, küçük boyutlu iki tür molekülden oluşan karışımlardan çok yüksektir. Böylece, olağan sıcaklıklarda, iki polymerin karışımı için, karışımın bozulması genel kuraldır. Makromoleküllerin büyüklüğünün etkisi ise şöyledir: Karışımaya giren iki polymer, birbirlerinden yeterince farklı olmak koşulu ile zincirleri on kadar monomerden oluşuyorsa, birbirleri içinde karışmadıkları gözlenecektir. Örneğin, molekül başına birkaç on monomerden oluşan polybutadien ve polystyren, birbirlerinden ayrılacaktır. Bunun tersine olarak, A ve B türü monomerlerin kimyasal yapıları birbirine yakınsa, örneğin bunlar, kimyasal formülleri aynı, yalnız uzaysal düzenlenimleri farklı izomerlerse, iki polymerin ayrılması için, kendilerinin daha uzun zincirlerden oluşması gerekecektir.

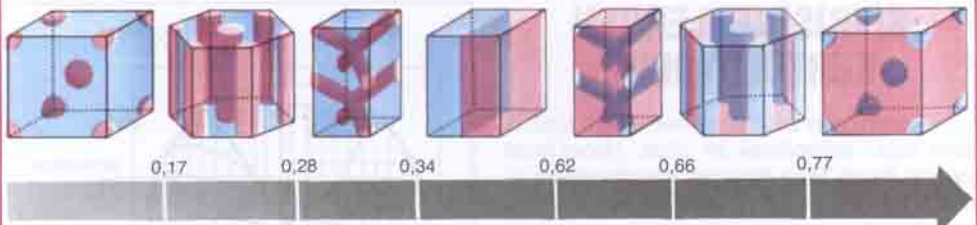
Farklı yapıda iki polymerin, termodinamik olarak karışabilirliği istisnai durumlar da vardır; çünkü bu polymerlerdeki çok özel molekül etkileşmeleri, karışmayı kolaylaştırmaktadır. 1965'te ABD'de üretilmiş olan **noryl**, bu tür bir plastiktir. Otomobil ve elektrikli ev aletleri sanayilerinde çok kullanılmaktadır. Polystyren (PS) ve polyoksifenylen (PPO)den yapılan noryl, çarpmalara PS'den daha dayanıklıdır ve yoğurma düzeneklerine, PPO'dan daha kolay katılabilir.

HOMOJEN VE NİTELİKLİ BİR KARIŞIM NASIL ELDE EDİLEBİLİR?

Açıklayabildiğimize göre, A ve B gibi iki polymer saf iseler, bunların sıvı karışımları tek bir ara yüzeyle ayrılmıştır (su ve sıvı yağ karışımında olduğu gibi) ve birinin öbürü içinde damlalar halinde bulunması söz konusu değildir.

Bununla birlikte, bir polymer karışımının ara yüzeyinin özel bir yapısı vardır. Çünkü ısı hareketleri, A-B sınırına yakın bazı zincirlerin uçlarının, komşu bölgede rastgele önemsiz gezintiler yapmasına neden olur. Böylece, A ve B türü monomerlerin birlikte buldukları bölge, makromoleküllerin oluşturduğu "yumaklar"ın boyutlarına göre çok dardır? Ayrıca bu ara bölge, A ve B türü polymer zincirlerinin birbirine dolaşmasını, dolayısıyla da, iki bölge arasındaki yapışımı (adhésion) da önlere. Acaba durum, alaşım katılaştırıldığında nasıldır?

Katı alaşımın nitelikleri, iki etkene bağlıdır. Önce bir polymerin öbürü içindeki dağılımı ince olmalıdır. Örneğin, çarpmalara karşı iyi bir dayanıklılık elde etmek için farklı polymer bölgelerinin boyutları,



İki-gövdeli polystyren-polyisopren copolymeri, copolymerlerin mikroyapılarında şimdiye kadar gözlenmiş olan tüm çeşitlilikleri gösterir. Gerçekten, polystyrenin, copolymer içindeki hacimsel oranına bağlı olarak (yatay eksende gösterilmiştir), önce polystyrenden oluşmuş kürelerin, polyisoprenden oluşmuş sürekli ana kalıp içinde kübik merkezli bir ağ olarak, sonra silindirlerin altıgenel bir ağ olarak düzenlendiği, daha sonra ikili elmas yapısı ve en sonra da, lamelli yapı olduğu gözlenir. Belli bir hacimsel yoğunluğun ötesinde ise, bu şema tersine döner; ancak bu kez, polyisoprenden oluşmuş silindirler ve küreler, polystyrenden oluşmuş ana kalıp içinde dizilirler.

mikron (10^{-3} mm) basamağında olmalıdır. İkinci olarak da, bölgeler arasındaki yapışım (adhésion) iyi olmalıdır ki, zorlamalar tam olarak iletilebilsin ve alışım, katkılardan yararlanabilsin. Ancak, polymerlerin uyumsuzluğu yüzünden, ince bir dağılımın ve iyi bir yapışımın gerçekleştirilmesi zor bir problemidir. Çok yoğunurma, bölgelerin boyutlarının küçülmesini sağlasa da, bu yöntem sınırlı ve pahalıdır. Daha da kötüsü, polymer uçlarının ara yüzeydeki gezintileri yüzünden, bölgeler arasındaki yapışımın iyi olmasıdır.

Bu sorun, ara yüzeye çeşitli copolymerlerin usataca katılması yöntemi ile çözülebilmıştır. Göreciğimiz gibi, iki polymerin kimyasal olarak bağlanması ile oluşturulan copolymerler, iki polymer topluluğu arasındaki iç tutunumu (cohésion) sağlamaktadır.

En başta, A-B gibi iki-gövdeli copolymerlerden oluşmuş bir tozun eritilmesinde neler olduğunu inceleyelim. Yeni durum, A ve B polymerlerinin karışımından, çok uzun A ve B zincirleri arasındaki küçük bağlarla ayrılır. Ancak, bu küçük bağların etkileri çok büyüktür. A ve B türleri, yine birbirlerinden ayrılmaya çalışır; ama buradaki ayrılma, artık makroskopik boyutta değildir. A ve B polymerleri, daha küçük bölgelerde gruplanmaya kısıtlanmışlardır. Sonucu, iki öge belirleyecektir: Bölgelerin uzaysal düzenlenimleri ve boyutları. A ve B türleri arasındaki covalent bağlar, bir yanda A zincirleri, öbür yanda B zincirleri olmak üzere, ara yüzey üzerinde yerleşeceklerdir. Zincirlerin ara yüzeye dik yönelmesi ile de, değme yüzeyi küçülecektir. Böylece, ince bir ara yüzey oluşacaktır.

Isıl hareketler engellemezse, A ve B bölgelerinin zincirleri olabildiğince gerilecekler ve olabildiğince kalın bölgeler oluşturacaklardır. Isıl hareketler varsa, zincirler esnek olduklarından, titreşecekler ve gergin duracakları yerde kıvrık biçimler alacaklardır. Böylece zincirler, daha çok yumak biçiminde olacaklardır.

Örneğin, A ve B zincirlerinin büyüklükçe ve esneklikçe karşılaştırılabilir olduğu **simetrik** durumda, copolymerler, **lamelli** (katmanlı) bir yapı oluşturacaklardır. Böyle bir sistem, ABBA katmanlarının üstüste düzenli bir dizilişi olacaktır. AB ve BA ara yüzeyleri, A ve B polymerlerinin ayrılması durumunda olduğu gibi, yine ince olacaktır [birkaç on angström ($1 \text{ angström} = 1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$)]; oysa AA ve BB lamelleri, çok daha kalın olacaktır (birkaç yüz angström). Öyleyse, sistemin makroskopik olarak homojen olmasına karşılık, **mezoskopik** denilen ölçeklerde, başka deyişle, monomerlere göre çok büyük olan boyutlarda, belirli bir yapısı var demektir. Bu anlamda, **makrokristallerden** söz edilebilir. Gerçekten de, 1960'ların sonlarından beri, her kristal gibi copolymer makrokristallerinin de yapısı, X-ışınları ile belirlenebilmekte; alışılmamış örgü boyutları ise, elektron mikroskopu gözlemlerine izin vermektedir.

COPOLYMERLER, GERÇEK MAKROKRİSTALLER OLUŞTURUR

A-B copolymerinin simetrik yapısı az bozulursa, yine lamelli yapı geçerli olabilir. Bu simetri bozukluğu, AA ve BB bölgelerinin kalınlığında kendini gösterir. Örneğin, A zincirleri kısa ise, AA bölgeleri daha dar ve A zincirleri daha az gergin olacaktır. Tersine olarak da, daha şiddetli zorlanmaların etkisinde olduğundan, B zincirleri daha gergin olacaktır.

Simetri bozukluğunun çok belirgin olduğu durumlarda ise, bu zorlamalar çok büyüdüğünden, sistem, ara yüzeylerin eğildiği yeni bir yapı geliştirmeye zorlanır. Bu yeni yapı, A-B değme yüzeylerini genişletse de, B zincirlerinin gerginliğinin azalmasını sağlar. Böylece, copolymerdeki A ve B polymerlerinin oranlarına, her birinin bağıl esnekliğine, başka deyişle, kimyasal doğalarına bağlı olarak, uzun zincirli polymerlerden (B türü) oluşan ana kalıp içinde, kısa zincirli polymerlerden (A türü) oluşan küresel ve silindirik bölgeler kurulabilir.

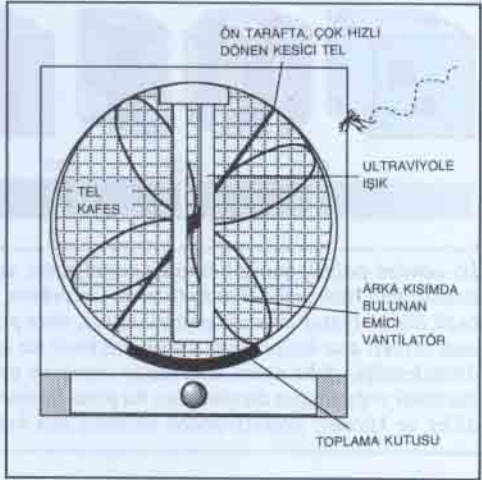
SIVRİSİNEKLERDEN KURTULUYORUZ

Dünyanın en etkili sivrisinek öldürücüsü olarak kabul edilebilecek bir cihaz. Honolulu'da yapılan Pasifik Bilim Kongresi'nde davetlilere tanıtıldı.

Bu cihazın temelini emici bir vantilatör oluşturmaktadır. Vantilatör sinekleri süslü bir tuzağa doğru çeker. Tuzağın özelliği de, cihazdan gönderilen bir ultraviyole ışıktan oluşmasıdır. Ultraviyole ışık, sivrisinekleri cihazın daha da yakınına çeker. Tuzağa bulunan ve çok hızlı dönen bir tel de sivrisinekleri derhal öldürür.

Soğuk iklimlerde, sivrisinekler çok az sorun yaratmalarına rağmen, tropikal ve yarı tropikal iklimlerde, sivrisinekler malaria, sarı humma, ensefalit gibi birçok hastalığın taşıyıcısı durumundadırlar. Yeni geliştirilen bu cihaz, oldukça basit ve ucuz olmasının yanında, hem evin içerisinde hem de dışında kullanılabilir.

Kongrede gösterilen cihaz küçüktü ve vantilatörünün boyu 46 cm uzunluğundaydı. Fakat açık havadaki kullanımlar için vantilatörün boyu 3 metreye kadar çıkarılabilmektedir. Yeni geliştirilen cihaza "Dinamik, uçan böcek öldürücüsü (DYNEX)" adı verilmiş ve Honolulu'daki kâr amacı gütmeyen bir teknoloji araştırma merkezinde çalışan James Woodruf tarafından geliştirildi.



Ölen böcekler, cihazın alt tarafında bulunan, küçük bir çekmece şeklindeki kutuya düşmektedirler. Burada toplanan böcekler alınıp, balık veya yavrutta kuşların beslenmesinde kullanılabilirler. Dönen kesici tel insan eline hiçbir zarar vermez. Bu nedenle cihaz çocuklar için tehlikeli değildir. Woodruf yeni cihazın, sivrisinekleri öldürmede, şimdiye kadarki yöntemler içerisinde doğaya en dostça yaklaşımı olduğunu söylüyor. Çünkü hiçbir zehirli böcek öldürücü kullanılmamakta ve araç çalışırken kesinlikle gürültü yapmamaktadır.

New Scientist 22 Haziran 1991'den çev.:
Nurullah OKUMUŞ

Bu yeni yapıların da, **makrokristal** olarak düzenlenmesi ilginç bir görünümdür: Copolymerin kısa zincirli yapı taşlarından oluşan küresel ve silindirik yapılar, copolymerin uzun zincirli ve sürekli öbür yapı taşı içinde gelişigüzel dağılmazlar; küresel olanlar, kübik merkezli, silindirik olanlar ise, altıgen birer ağ kurarlar.

Demek ki, uzaysal düzenlenimin derecesi, simetri bozukluğu ile değişir: Simetrik ya da simetrisi az bozuk copolymerler için, tek-boyutlu lamelli düzenden başlayarak, önce silindirden oluşan iki-boyutlu ağa, sonra da kürelerden oluşan üç-boyutlu kristale ulaşılır. Bu gözlemler, 1970'lerin sonlarından beri yapılabilen kuramsal hesaplarla da tam bir uyum içindedir.

Makrokristaller olarak yapılan copolymerlerin mekanik özellikleri, düzensiz homojen bir karışımlara hiç benzemez. Biçimi bozulmak istenirse, yüklenen zorlamayı yumuşatmak için, tüm sistem olarak, yeniden düzenlenme eğilimi gösterirler. Bunun için, zincirlerin yer değiştirmesi gerekir. Bu da, A kesimlerinin B bölgelerine, ya da tersine, geçmelerini gerektirebilir. Bu ise, çoğu zaman enerji bakımından

zorlamaya dayanmaktan daha pahalıdır. Bu nedenle copolymer, yapısını çok uzun süre koruyabilir ve zorlama yumuşatılınca, yeniden başlangıç durumuna döner. Öyleyse, kauçuğa benzeyen esnek bir davranışı var demektir. Silindirik ya da lamelli yapılar da esneklik, zorlamanın uygulandığı doğrultuya bağlıdır; demek ki, esneklik, eşyönlü değildir (anisotropiktir). Bu tür copolymerlerle özellikle belli doğrultulardaki bükülmelere çok iyi dayanıklı ayakkabı tabanları ve saat kordonları üretilebilir.

SONUÇ

Zincirli yapının sonuçlarını anlamak, etkileşmelerin ayrıntılarını bilmekten daha önemlidir. Moleküllerin yapısı ile oynayarak, plastik alaşımlara deneysel yoldan çeşitli makroskopik özellikler kazandırılabilir. Örneğin, AB copolymeri içine A ya da B türü polimer katılarak da değişik alaşımlar elde edilebilir. Heterojen polimerler üzerindeki bu tür araştırmalar, günümüz kimyacılarının, fizikçilerinin ve malzeme mühendislerinin yoğun ilgisini toplamaktadır.

La Recherche (Haziran 1991)'den çev.:
Yrd.Doç.Dr.Hanaslı GÜR