

BÖLÜM 13

POLİMER KÖPÜKLERİ

Polimer köpükleri (polimerik köpükler, gözenekli polimerler), içerisinde hava veya herhangi bir gaz tarafından doldurulmuş kapalı boşluklar (gözenekler, hücreler) veya içerisinde dağılmış gaz bulunan polimerik malzeme şeklinde tanımlanır.

Polimer köpüklerindeki boşluklar malzemenin yoğunluğunu azaltırken, fiyatını da önemli oranda düşürürler. Ayrıca boşluk oranı kontrol edilerek polimerin yoğunluğu ayarlanabilir ve değişik özelliklerde, farklı yerlerde kullanılabilecek köpükler üretilir. Bu avantajlarından dolayı, polimer köpüklerinin kullanım yerleri ve tüketim miktarları ilk ticari üretimlerinin başladığı 1940 yılından bu yana hızla artmıştır.

Genel olarak polimer köpüklerinin diğer malzemelerden üstünlükleri,

- hafif olmaları
- ısı ve sesi yalıtmaları
- birim kütle başına yüksek yüklemeye dayanmaları
- düşük kalıplama maliyetleri
- farklı tekniklerle hazırlanabilmeleri
- vurma dayanımlarının iyi olması

şeklinde sıralanabilir. Polimer köpükleri yukarıda sıralanan üstün özellikleri taşımakla birlikte aşağıda verilen noktalarda yetersizdirler.

- üretim ve şekillendirme aşamalarının yavaşlığı
- kullanım sırasında bazı mekanik özelliklerini kayıp etmesi
- üretilen malzemelerde bölgesel yoğunluk farklarının oluşabilmesi

13.1 POLİMERİK KÖPÜK YAPIMINDA KULLANILAN POLİMERLER

Polimerlerin tümü köpüklü hale getirilebilirler. Ancak bir polimerin ticari veya özel bir amaç için köpüklendirilerek kullanılıp kullanılamayacağına; polimerin özelliklerine, uygulanacak köpüklendirme tekniğine ve işlemin ekonomik yönüne bakılarak karar verilir. Çizelge 13.1 de bu özellikleri karşılayan ve polimer köpükleri hazırlanmasında kullanılan bazı polimerler verilmiştir.

Poliüretan ve polistiren, köpük üretiminde en fazla kullanılan polimerlerdir (Fotoğraf 13.1 ve 13.2). Özellikle poliüretan; köpüklendirilmesi kolay, mekanik ve fiziksel özellikleri iyi ve pahalı olmayan bir polimerdir. Poli(vinil klorür) ve nitril kauçuğundan esnek ve bir dereceye kadar elastik köpükler üretilir.

Toplam polimerik köpük üretiminin yaklaşık %70-80 i; poliüretan, polistiren ve poli(vinil klorür) temellidir. Poliüretan ağırlıklı olarak köpük yapımında kullanılır ve toplam poliüretan tüketiminde köpüklerin payı %50 den fazladır. Bu nedenle aşağıda poliüretan köpükler ayrıca incelenmiştir.

Çizelge 13.1 Polimer köpükleri hazırlanmasında kullanılan bazı polimerler.

poliüretan	polietilen
polistiren	polipropilen
poli(vinil klorür)	epoksiler
etilen kopolimerleri	selüloz asetat
silikonlar	üre-formaldehit
iyonomerler	fenol-formaldehit

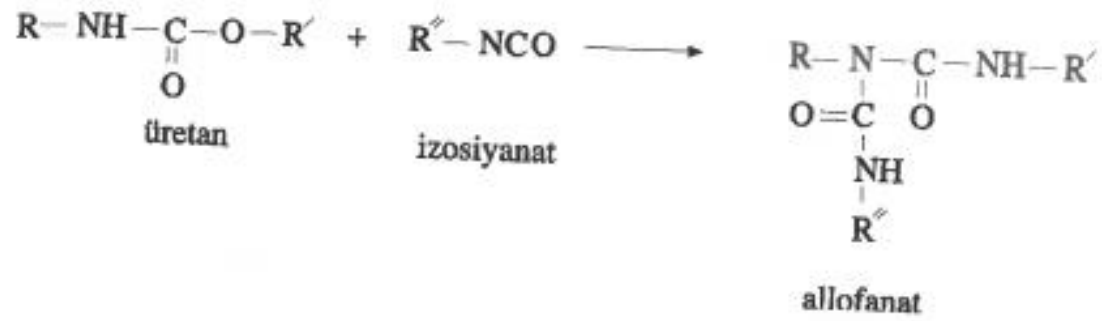
13.2 POLİÜRETAN KÖPÜKLER

Poliüretan üretiminde kullanılan temel girdilerden birisi izosiyanatlardır (diizosiyanat, triizosiyanat vb). İzosiyanatlar aktif kimyasallardır ve aşağıda gösterildiği gibi çoğu maddeyle tepkimeye girebilirler.

Monoizosiyanatlar ile monoalkoller arasındaki tepkimeden üretan elde edilir.



İzosiyanatlar, tepkime ortamındaki üretanla yeniden etkileşerek allofanat verirler.

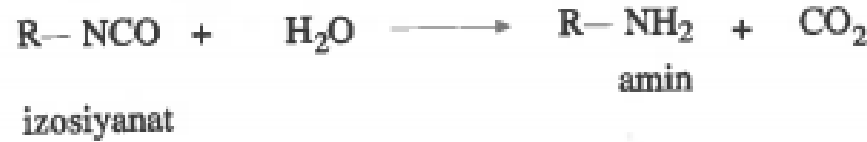


Monoizosiyanat ve primer aminler sübstitüe üre verirler.

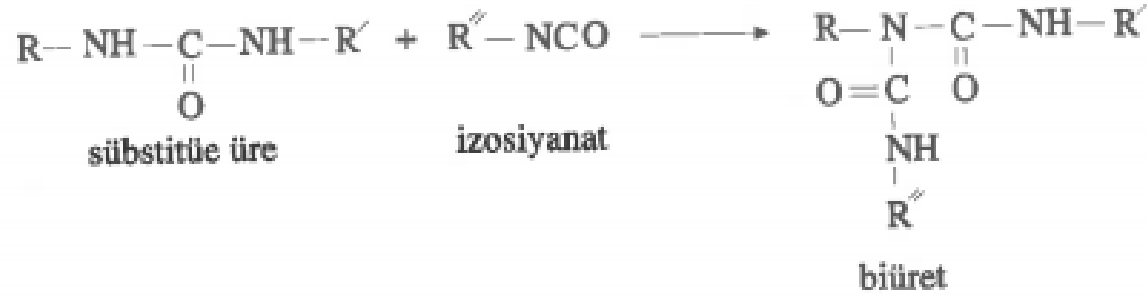


Fotoğraf 13.2 Polistiren köpük.

İzosiyanat ve su arasındaki tepkimenin ilk aşamasında kararsız bir karbomik asit türevi oluşur (RNHCOOH) ve bu karbonikasit daha sonra karbon dioksit vererek hızla amine parçalanır.



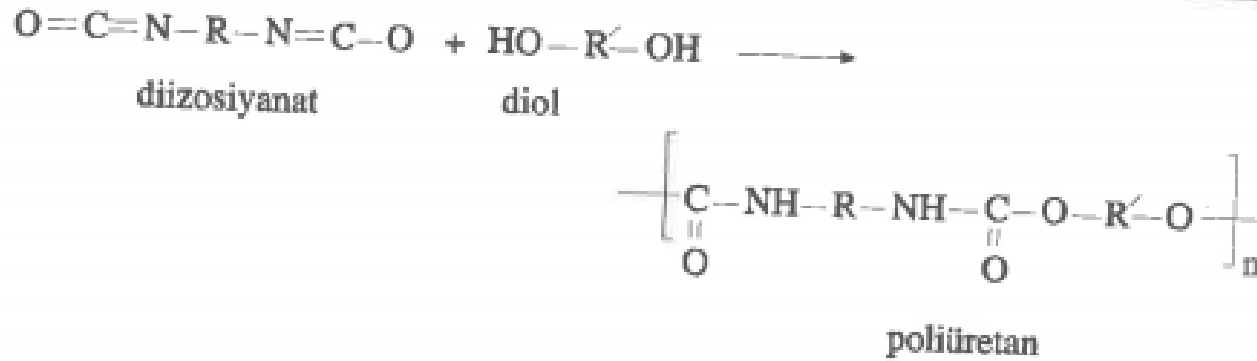
Son tepkimenin ürünü olan sübstitüe üre, izosiyanat ile yukarıda verilen tepkimeye göre etkileşir ve biüret oluşur.



İzosiyanatlar birbirleriyle de tepkimeye girebilirler. İki izosiyanat molekülü karbon dioksit ayrılmasıyla bir karbodiimit oluşturur. İzosiyanat molekülleri arasındaki bu tür etkileşimler yaygın değildir, daha çok iki izosiyanat molekülü birleşerek dörtlü üretidin dion (üretidon) halkası verirler. Bu tepkime izosiyanatların depolanması ve kullanılması açısından önemlidir.



Ticari poliüretanlar genelde fonksiyonel grup sayıları fazla izosiyanat ve alkol bileşikleri kullanılarak üretilirler. Aşağıda diizosiyanat ve diolden poliüretan oluşumunun genel tepkimesi görülmektedir.



Diizosiyanatlar ve diollerle sentezlenen poliüretanlar doğrusal zincirli termoplastik polimerlerdir. İzosiyanat veya alkolün fonksiyonallitesi arttırıldığında çapraz bağlı termoset poliüretanlar elde edilir. Girdilerdeki fonksiyonel grup sayısı kontrol edilerek çapraz bağ yoğunluğu ayarlanır ve esnek-sert arası farklı poliüretanlar hazırlanır.

Fonksiyonellitesi arttırılan girdi hidroksi bileşiğidir. Esnek köpük üretiminde diizosiyanatlar, genelde 3-10 arası hidroksil grubu taşıyan ve *poliol* adı verilen kimyasallarla etkileştirilir. Aşağıda poliüretan köpük üretiminde kullanılan girdiler ayrı ayrı incelenmiş, Çizelge 13.2 de ise esnek poliüretan köpük üretimi için örnek bir girdi bileşimi verilmiştir.

diizosiyanatlar

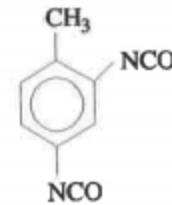
Ticari poliüretan üretiminde aromatik ve alifatik izosiyanatlar kullanılmaktadır. Aromatik izosiyanatlar kimyasal yapılarına bağlı olarak alifalik izosiyanatlardan 2-10 kat oranlarında daha hızlı tepkimeye girerler.

Toluen diizosiyanat (TDI), metilen-4,4'-difenildizosiyanat (MDI), poliüretan üretiminde sık kullanılan diizosiyanatlardır.

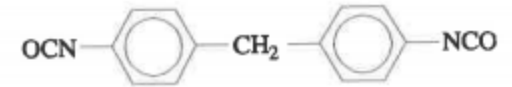
Toluen diizosiyanatın 2, 4- ve 2,6- diizosiyanat olmak üzere iki izomeri vardır. Saf 2,4-toluen diizosiyanat izomeri daha yaygın olmakla birlikte, 80/20 ve 63/35 oranlarında 2,4-/2,6- izomerlerinin karışımı da kullanılır.

Çizelge 13.2 Örnek poliüretan köpük üretim bileşimi

girdi	ağırlıkça kısım
polieterpoliol (OH=43)	98
toluendiizosiyanat	48
su	3,5
amin	0,2
kalay	0,15
silikon yağı	0,8

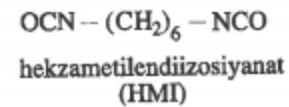


toluen 2,4 - diizosiyanat
(TDI)



metilen- 4,4' - difenildiizosiyanat
(MDI)

En yaygın kullanılan alifalik izosiyanat hekzametilen diizosiyanat (HMI) dir.



polioller

Polioller zincir uçlarında veya üzerinde ikiden fazla hidroksil grubu bulunan kimyasallardır ve poliüretan üretiminde kullanılan poliollerin mol kütleleri 300-5 000 arası değişir. Polioller, polieterpoliol ve poliesterpoliol şeklinde iki grup altında incelenir. Polieterpolioller hidrolize, poliesterpolioller yağ ve hidrokarbonlara karşı dayanıklıdır.

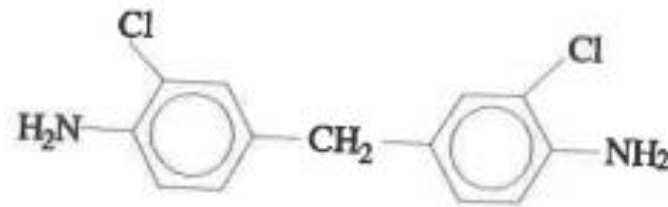
Polieterpolioller genelde, hidroksi sonlanmış bir alkoksit başlatıcı yanında propilen oksitin halka açılma polimerizasyonu ile sentezlenirler. Yöntem, ağırlıklı sekonder hidroksil gruplu poliol verir. Sekonder hidroksil gruplar, primer hidroksil gruplardan daha az aktiftirler. Aktif polioller gerektiğinde propilen oksitin, primer hidroksil grupları oluşturmaya yatkın olan etilen oksit ile kopolimeri hazırlanır. Poli(etilen eter glikol) (PEEG), poli(tetrametilen glikol) (PTMG) ve poli(propilen eter glikol) (PPEG) bazı poliollerdir.

Poliesterpolioller, genelde adipat esterlerdir ve iki fonksiyonlu adipik asitle kısa zincirli diol/triol tepkimesinden elde edilirler.

katkılar

Daha önce verilen izosiyanat ve su arasındaki tepkimeden görülebileceği gibi izosiyanat bulunan ortama su katıldığında karbon dioksit gazı açığa çıkar. Karbon dioksit gazı polimerizasyon sırasında uzaklaşırken poliüretanı gözenekli hale getirir. Poliüretan köpük üretimi sırasında ortama uygun miktarda su katılarak gözenek oranı farklı köpükler üretilebilir. Hafif köpük üretiminde ek olarak metilen klorür, metilen diklorür gibi köpüklendiriciler girdi karışımına eklenir.

Bazı katalizörler yukarıda değinilen izosiyanat ve su arasındaki tepkimeyi hızlandırmak için kullanılırlar ve genelde amin türevleridirler. Hekzametilen diamin, trimetilen tetramin, metilen-bis-2-kloranilin örnek katalizörlerdir.



metilen - bis - 2 -kloranilin

Tersiyer aminler ise diizosiyanat ve poliol arasındaki tepkimeyi katalizlerler. Çapraz bağlanma tepkimelerini hızlandırmada kalay bileşiklerinden yararlanılır (kalay oktat gibi).

Poliüretanın sertliği, çapraz bağ oranını arttıran düşük mol kütleli fonksiyonel grup sayısı en az 3 olan trioller ve tetrol vb türü kimyasallarla kontrol edilebilir. Poliüretanın sertliği artarken elastik modülü düşer.

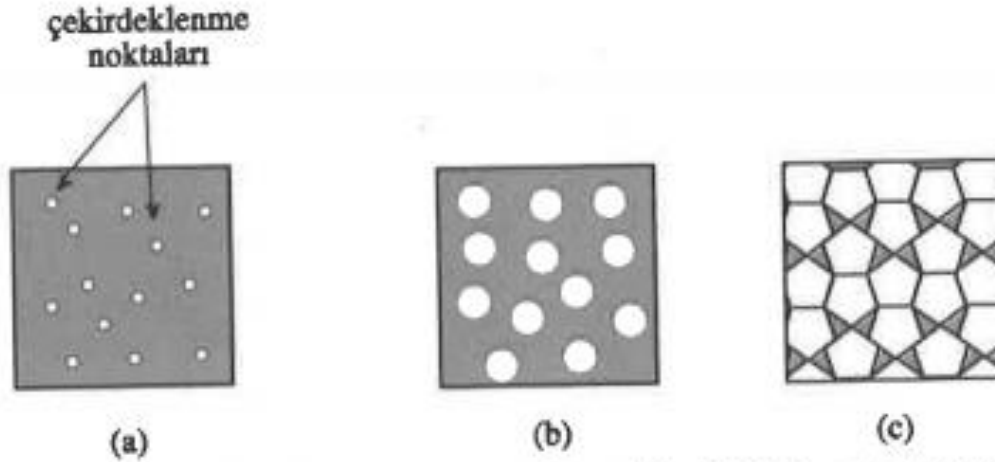
Silikon yağı karıştırmayı kolaylaştırma yanında köpüklerde hücre yapısını kontrol eder.

Diizosiyanat ve polioller arasındaki tepkime çok hızlıdır ve tepkime ısısı nedeniyle ortam sıcaklığı hızla 150-200 °C lere yükselir. Bu nedenle iyi soğutma yapılmadığında, fosfor ve halojen içeren alevlenmeyi geciktiricilerin kullanılması gerekebilir. Melamin tozları alevlenmeyi geciktirici özelliği yanında köpüğün yoğunluğunu kontrol amacıyla karışıma katılır.

Kalsiyum karbonat, baryum sülfat türü inorganik maddeler, poliüretan köpüklere maliyeti düşürmek amacıyla karıştırılan dolgu maddeleridir. Dolgu maddeleri ayrıca köpük yoğunluğunu etkilerler.

13.3 POLİMERİK KÖPÜKLERİN GRUPLANDIRILMASI

Polimer köpüklerindeki gözenekler, polimer katılaşıırken içerisinde kalan gaz kabarcıkları veya gaz kabarcıklarının polimerden uzaklaşırken geride bıraktığı oyuk veya boşluklar nedeniyle oluşur. Polimer yapı içerisinde herhangi bir gözenegin gelişimi, çekirdeklenme noktaları denilen küçük hücrelerden başlar (poliüretan esnek köpük üretiminde hava basılarak çekirdeklenme noktaları oluşturulur). Daha sonra çekirdeklenme noktaları genişler ve son aşamada kararlı gözenekli yapı elde edilir (Şekil 13.1).



Şekil 13.1 Köpük oluşumunun aşamaları. (a) çekirdeklenme noktalarının oluşumu, (b) gözenek genişlemesi, (c) kararlı gözenekli yapı.

Polimer köpükleri kendi içlerinde; polimerin yapısı, içlerindeki boşluğun yapısı, köpüğün esnekliği, gözenek boyutu vb özellikler göz önüne alınarak değişik şekillerde gruplandırılırlar.

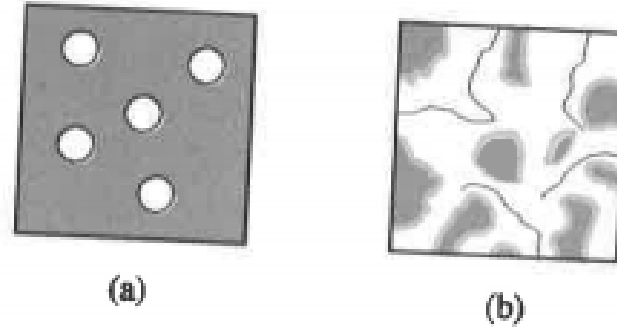
termoplastik ve termoset polimer köpükleri

Polimer köpüklerindeki gözenekler, polimer matris ile çevrilmiş haldedir. Polimer içerisine ayrıca plastikleştirici, stabilizatör, boya, alevlenmeyi geciktiriciler, dolgu maddesi vb katkıları karıştırılmış ise matris içerisinde sözü edilen maddeler de yer alır. Matris bileşimi üretilecek köpüğün kimyasal direnç, ısı dayanımı, alevlenme sıcaklığı, camsı geçiş sıcaklığı, sertlik gibi özelliklerinden doğrudan sorumludur.

Polimer köpüklerinin üretiminde, termoplastik veya termoset karakterli polimerler kullanılabilir. Termoplastik köpüklerin belli bir erime sıcaklıkları vardır ve bu sıcaklık, genelde köpüğün yapıldığı polimerin erime sıcaklığıdır. Polistiren, poli(vinil klorür), polietilen ve polipropilen gibi poliolefinler, akrilonitril-bütadien-stiren kopolimeri, termoplastik köpük yapımında kullanılabilecek bazı polimerlerdir.

Poliüretan, fenol-formaldehit, üre-formaldehit, epoksi türü termosetlerden üretilen köpüklerin belli bir erime sıcaklıkları yoktur, yüksek sıcaklıklarda bozunma gözlenir.

kapalı ve açık gözenekli polimer köpükleri



Şekil 13.2 Polimer köpüklerinde bulunabilecek
(a) kapalı ve (b) açık gözenekler.

Kapalı gözenek çeperleri gaz geçişine izin verdiğinde, gözenek içerisindeki gaz molekülleri difüzyonla gözenekten ayrılarak köpük içerisinde hareket edebilir. Çeperleri gazları geçirmeyen gözenekler ise, içlerindeki boşluğu dolduran gazı ya da havayı tutarlar, yer değiştirmesine izin vermezler. Bu tür köpüklerin ısı yalıtımları iyidir.

Açık gözenekli polimer köpüklerinde yer alan boşluklar birbirlerine uygun kanallarla bağlıdır. Gaz veya sıvılar kanallar yardımıyla gözenekleri doldururlar veya bir gözenekten diğerine geçerek köpük içerisinde yol alabilirler. Açık gözenekli polimer köpüklerine genelde sünger adı verilir. Temizlik amacıyla kullanılan süngerler, açık gözenekli polimerlerden yapılmıştır. Suyu temas ettiklerinde yapılarındaki açık gözenekleri su doldurur ve süngerin ağırlığı önemli miktarda artar. Açık gözenekli polimerler sesi iyi absorplarlar.

esnek ve sert polimer köpükleri

Polimer köpükleri ayrıca gözenek çeperinin sertliğine bakılarak esnek ve sert köpükler şeklinde gruplandırılırlar. Gözenek duvarlarının dayanımı esnek ve sert köpükler arasında olan köpükler için, yarı-esnek köpük (veya yarı-sert köpük) tanımlaması da yapılmaktadır.

Köpük çeperinin esnekliğini veya sertliğini, polimerin kimyasal yapısı ve kullanılan katkı maddeleri belirler. Esnek köpüklerin gözenek çeperleri küçük basınçlarda yıkılır, sert köpüklerin gözenek çeperleri belli düzeydeki basınçlara dayanıklıdır. Elastomerler tersinir deformasyona uğrayabilen polimerlerdir. Bu nedenle esnek köpükler verirler ve küçük basınçlarda gözenek çeperleri içe çöker, basınç kaldırıldığında ise ilk konumlarına dönerler. Polietilen, plastikleştirilmiş poli(vinil klorür) gibi yumuşak polimerlerden de esnek köpükler üretilir. Ancak bu polimerlerden hazırlanan köpüklerin gözenek çeperleri elastik değildir. Sert köpükler, camsı geçiş sıcaklığı oda sıcaklığından yüksek olan polistiren, poliester, fenolikler vb polimerlerden yapılır.

Polimer köpükleri, tamamen açık veya kapalı gözenekli yapılarla üretilemezler. Köpük içerisinde her iki tür gözenek yapısına rastlansa da, genelde bir gözenek türü baskındır. Örneğin çok sert poliüretan köpüklerde, kapalı gözenek oranı %85-95 düzeylerine çıkar. Genelde esnek köpüklerin gözenekleri açık, sert köpüklerin gözenekleri kapalıdır. Gözeneklerin açık veya kapalı olması köpüğün hazırlanmasında kullanılan tekniğe yakından bağlıdır.

mikrogözenekli veya makrogözenekli polimer köpükler

Gözeneklerin boyutları ve köpük içerisindeki dağılım homojenliği, ürün özelliklerini etkileyen önemli faktörlerdir. Gözle görülebilen boşlukların bulunduğu köpüklere makrogözenekli köpük, gözle görülemeyecek kadar küçük gözenekli köpüklere ise mikrogözenekli köpük adı verilir. Bu tanıma göre bulaşık süngerleri makrogözenekli köpüklerdir.

hafif ve ağır (yoğun) polimer köpükleri

Köpükler yoğunluklarına bakılarak ayrıca hafif ve ağır köpük şeklinde iki gruba ayrılırlar. Polimer matris içerisine dağılmış olan hava (veya gazın) miktarı, köpük yoğunluğunu belirleyici etkindir. Hafif köpüklerin yoğunluğu $0,01-0,10 \text{ g/cm}^3$, ağır köpüklerin yoğunluğu $0,4-0,6 \text{ g/cm}^3$ arasında değişir. Bu verilere göre, köpük ağırlığının polimer ağırlığına eşit olduğu varsayılırsa, 1 gram polimerden 100 cm^3 kadar hafif köpük üretilebileceği hesaplanır. Bir başka hesaplama köpük içerisindeki hava kütlesi ihmal edilerek ve polimerin yoğunluğu 1 g/cm^3 alınarak yapıldığında, toplam köpük hacminin %1'inin polimerin hacmine karşılık geldiği bulunur ve köpük hacminin %99'unu hava doldurduğu anlaşılır. Bu hesaplamalardan görülebileceği gibi polimerik köpüklerde girdi olarak kullanılan polimer miktarı çok düşüktür.

yapısal polimer köpükleri

Bazı polimer köpüklerinden yapılan malzemelerin iç kısmı gözenekli, yüzeyleri serttir (kabuk gibi). Polimer köpüğünün sert bir tabaka ile çevrildiği bu tür ürünlere *yapısal köpükler* denir. Yapısal köpükler homojen değildir.

13.4 POLİMER KÖPÜKLERİNİN KULLANIM ALANLARI

Polimer köpükleri sahip oldukları önemli fiziksel özelliklerinden dolayı zaman içerisinde çok değişik alanlarda kullanım yerleri bulmuşlardır. Aşağıda genel olarak polimer köpüklerinin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir.

- *ısı yalıtımı:* Köpüklerin gözeneklerini dolduran hava veya gazların ısı iletkenliği düşüktür, bu nedenle polimerik köpükler ısı yalıtımına uygun malzemelerdir. Binalarda ısı yalıtımı yanında, sıcak veya soğuk içeceklerin kaplarının yapımında, sıcak veya soğuk sıvıların geçtiği boruların yalıtımında kullanılırlar.
- *ses yalıtımı:* Polimerik köpüklerin ses yalıtımları da yüksektir. Elektrik-elektronik sanayinde ses kontrolü ve yalıtımında, binalarda ses yalıtımında kullanılırlar.
- *enerji absorpsiyonu:* Polimer köpüklerinden yapılan malzemeler dışarıdan yapılacak vurma, sıkıştırma gibi etkilerin enerjilerini iyi absorplarlar. Özellikle elastik köpüklerde, enerji absorpsiyonu daha kolaydır. Etki bölgesinde bulunan gözeneklerin duvarları yıkılarak enerjiyi absorplarlar, etki kalktığında ise gözenekler aldıkları enerjiyi yeniden eski şekillerine dönmede kullanırlar. Bu özelliklerinden dolayı, enerji absorpsiyonunun önemli olduğu paketleme ve ambalaj sanayinde, mobilya ve döşeme sanayinde (koltuk döşemeleri; yastık, yatak, yorgan dolgu maddesi), otomobil sanayinde (tampon, gösterge paneli vb) kullanılırlar.

- *hafif malzemeler:* Bazı sert köpüklerin birim kütleleri başına yük taşıma kapasiteleri çok yüksektir, gözeneklerin duvarları çok sayıda küçük kolonlar gibi işlev yaparak köpüğün ağır yüklemelere dayanmasını sağlar. Bu özelliklerinden dolayı hafiflik ve yüklemelere dayanımın birlikte arandığı alanlarda kullanılırlar. Uçak ve uzay araçlarının, otomobillerin bazı parçaları bu tür köpüklerden yapılır. Bir başka uygulamada köpük, şekillendirilmiş malzemelerin ortasına görünmeyecek şekilde yerleştirilir ve ürünün kütlesi azaltılır (otomobil gösterge panellerinde olduğu gibi).

Yumuşak poliüretan köpükler yatak, yastık yapımında ve döşemecilikte; sert polistiren köpükler binalarda ısı yalıtımında ve paketlemede yaygın kullanılmaktadırlar. Esnek poli(vinil klorür) köpüklerden otomobil ve mobilya döşemeleri yapılır. Sert poli(vinil klorür) köpüklerden ise bot, kano türü deniz taşıtları üretilir, ancak fiyatları yüksektir

13.6 POLİMER KÖPÜKLERİNİN ÜRETİMİ

Polimerlerden gözenekli ürünler hazırlanırken, iki temel işlem ard arda gerçekleştirilir. Önce sıvı haldeki polimer karışımı köpüklendirilir, daha sonra köpüklü karışım uygun bir teknikle şekillendirilerek katılaştırılır. Termoplastikler eriyebilen polimerler olduğu için genelde eritilerek köpüklendirilirler ve şekillendirildikten sonra soğutularak katılaştırılırlar. Termosetler ise, önpolimerle birlikte katkıların bulunduğu sıvı hallerinde (reçine) köpüklendirilirler, daha sonra kalıp içerisinde sertleştirilerek çapraz bağlı yapıya dönüştürülürler.

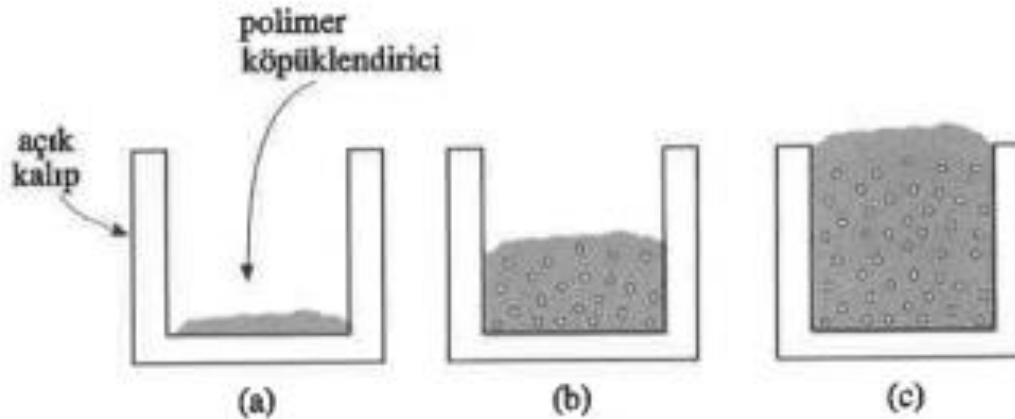
Polimer köpüklerin hazırlanmasında,

- döküm
- püskürtme
- kapalı kalıp içerisinde köpüklendirme
- yerinde köpüklendirme

adları verilen teknikler uygulanır.

13.6.1 DÖKÜM

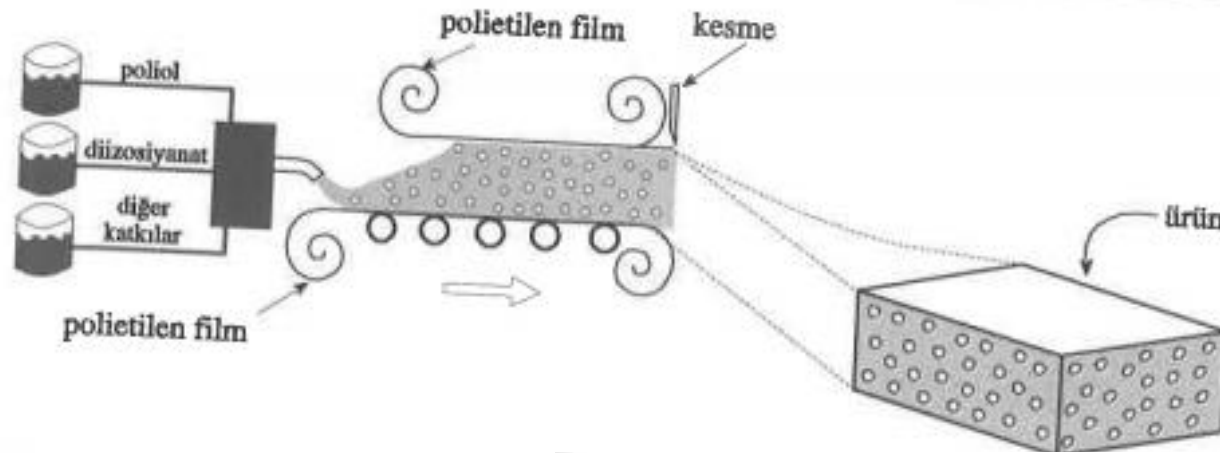
Döküm yönteminin en basit uygulaması, polimer ve köpüklendirici karışımının doğrudan açık bir kalıp içerisine dökülmesidir (tabut veya tava yöntemi). Poliüretan köpükler bu teknikle hazırlanabilir. Poliöl, diizosiyanat, köpüklendirici (metilen klorür) ve diğer katkıları birlikte hızla karıştırılırlar ve açık kalıba dökülürler. Karışım, köpüklendiricinin tamamı uzaklaşana kadar yavaş yavaş genişleyerek kalıp içerisinde yükselir (30-40 saniye içerisinde). (Şekil 13.3). Kalıbın üstü açık olduğundan, köpüğün yukarı doğru genişlemesi kontrol edilemez. Bu yöntemle hazırlanan köpüğe kek denir. Köpük daha sonra ısıtılmış telle veya başka bir yöntemle istenilen geometri ve boyutlarda kesilir.



Şekil 13.3 Döküm yöntemi ile köpük üretimi. (a) kalıba karışım dökülmesi, (b) genişleme, (c) genişlemenin tamamlanması.

Döküm yöntemi sürekli şekilde de uygulanabilen bir tekniktir. Poliüretan köpükler sürekli döküm yöntemiyle hazırlanarak, genişliği 1,5 m, yüksekliği 1 m ye kadar çıkabilen köpükler sürekli üretilir. İşlemin ayrıntıları Şekil 13.4 de verilmiştir.

Poliol, diizosiyanat, köpüklendirici ve diğer katkı maddeleri farklı kaplardan alınarak pompalarla uygun oranlarda yüksek hızda dönen bir karıştırıcıya sürekli beslenirler. Hızlı yapılan karıştırmadan sonra karışım hareketli bir polietilen film üzerine sürekli dökülür. Polietilen film hareket ederek döküm noktasından uzaklaşırken reçine genleşmeye başlar. Genleşmenin tamamlanmasına yakın bir bölgede köpük üzerine ayrı bir polietilen film örtülür ve köpük yüzeyinin düzgünlüğü sağlanırken üst sınırı da kontrol edilir. Kesme işlemi ile köpük uygun boylarda bloklar haline getirilir. Yöntem hareketli bir kutu içerisinde köpük üretmeye benzerdir. Yataklar, yastıklar ve döşeme köpükleri bu yolla hazırlanır.



Şekil 13.4 Döküm yöntemi ile sürekli po

Yöntem özellikle levha halinde polimer köpüklerinin polimer üretmeye uygundur. Sert polistiren köpüklerden hazırlanan levhalar inşaatlarda ısı ve ses yalıtımı amacıyla kullanılırlar. Ayrıca köpüklü levhalar ısıl şekillendirilip, yumurta veya hamburger vb yiyeceklerin konduğu kaplar yapılır.

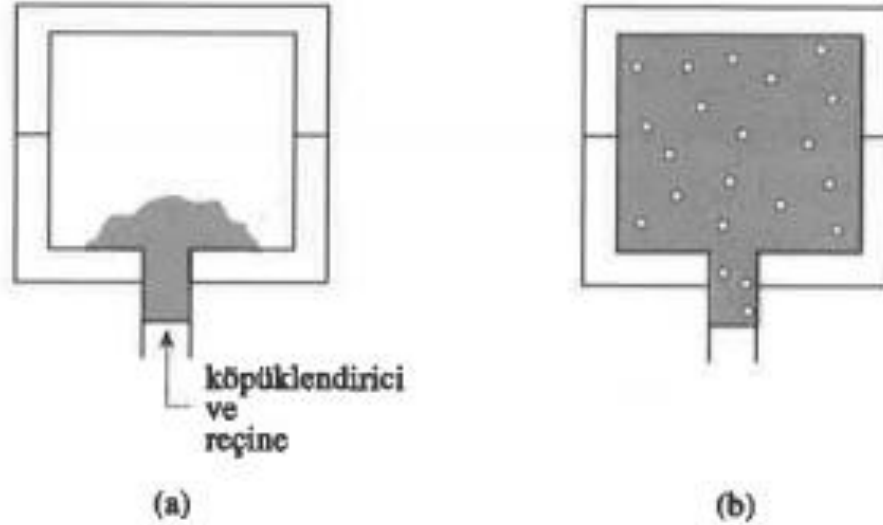
13.6.2 PÜSKÜRTME YÖNTEMİ

Püskürtme yönteminde, basınçlı bir kapta bulunan viskozite düşürücü sıvı, reçine ve köpüklendirici karışımı püskürtme tabancası yardımıyla doğrudan kaplanacak malzeme yüzeyine püskürtülür. Viskoziteyi düşürücü sıvı uzaklaştıktan sonra geride köpük kaplama kalır. Yöntem, özellikle karmaşık şekilli ve büyük malzemelerin yüzeylerinin köpükle kaplanmasına yatkındır. Poliüretan yapışma özelliği iyi olan bir polimerdir ve çok ince kaplamalar poliüretanla elde edilebilir. Tank ve kapların yüzeyleri, tavanlar bu yöntemle köpükle kaplanır.

13.6.3 KAPALI KALIP İÇERİSİNDE KÖPÜKLENDİRME

Polimer köpüklerinden üretilen şekillendirilmiş malzemeler, kapalı kalıplar içerisinde gerçekleştirilen genleşmeyle hazırlanır. Yöntem farklı yaklaşımlarla uygulanır.

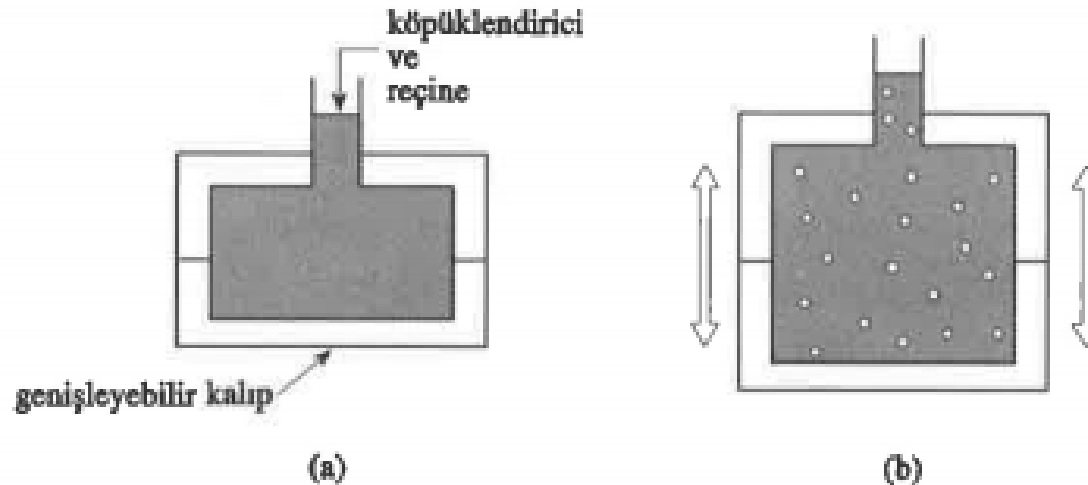
Düşük basınçta şekillendirme yöntemi adı verilen yöntemde (Şekil 13.5), reçine ve köpüklendirici karıştırıldıktan sonra kalıp boşluğunun hacminden daha az miktarda ve basınç altında kalıp içerisine gönderilir. Kalıp içerisine girişte basınç düşeceği için ilk genleşme gerçekleşir ve karışımın hacmi yaklaşık 10 kat artar. Karışım içerisinden köpüklendirici uzaklaşırken ikinci bir genleşme başlar.. Kullanılacak polimer karışımının miktarı, genleşme sonundaki hacim göz önüne alınarak ayarlanır.



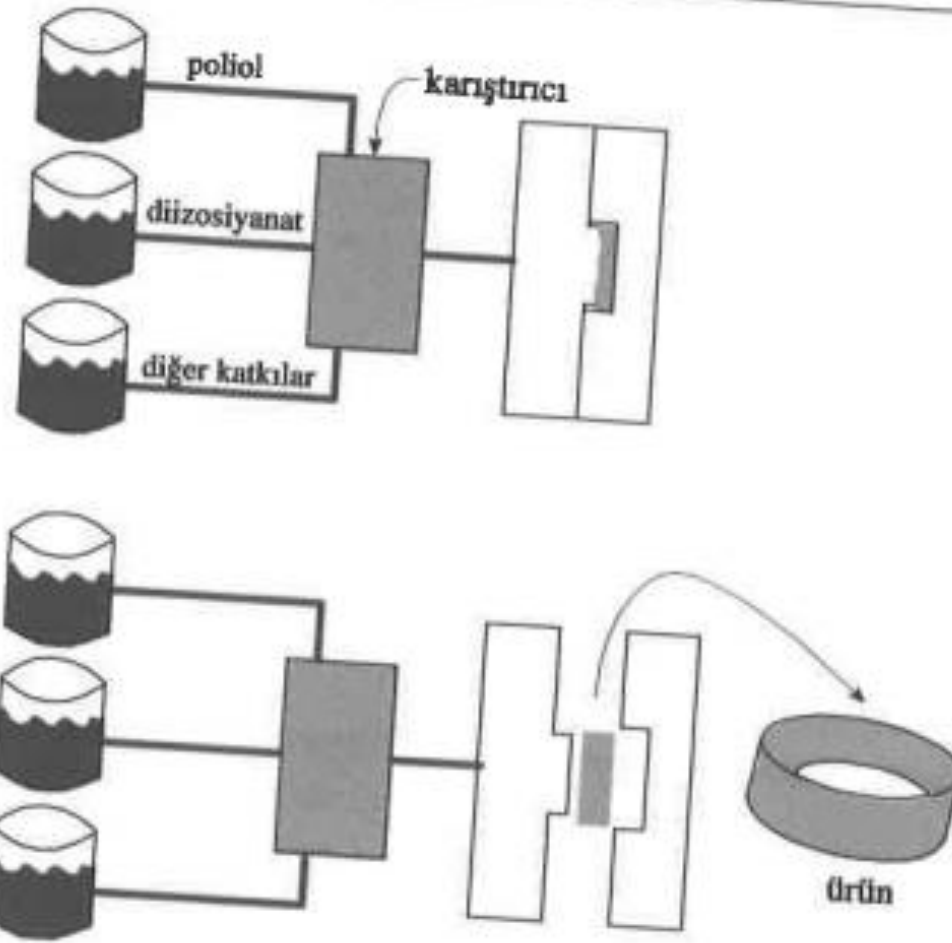
Şekil 13.5 Düşük basınçta köpük şekillendirme. (a) kalıba karışım gönderilmesi, (b) genleşme.

Yüksek basınçta şekillendirme adı verilen yöntemde, düşük basınçta şekillendirmeden farklı olarak kalıp boşluğu tamamen reçine ve köpüklendirici karışımı ile doldurulur. Kalıp tamamen doldurulduğu için karışım genleşme sırasında kalıbın iç yüzeyine basınç uygular. Bu yöntemde kullanılan kalıpların parçaları Şekil 13.6 da gösterildiği gibi hareketlidir. Kalıbın bir parçası uygun hızla hareket ettirilerek köpüklenme kontrol edilir ve polimerin belli bir basınca karşı genleşmesi sağlanır.

Düşük basınçta ve yüksek basınçta şekillendirme yöntemlerinde, kalıba belli miktarda reçine karışımı konarak kalıplama yapılır. *Tepkimeli enjeksiyon kalıplama* yöntemi adı verilen bir başka yöntemde ise kalıp içerisindeki karışım genişlerken, aynı anda kalıba reçine gönderilmesi de sürdürülür (Şekil 13.7). Polimerizasyon kalıplama sırasında ilerler. Tepkimeli enjeksiyon kalıplama genelde poliamit, epoksi ve poliüretanlar gibi basamaklı polimerlerin şekillendirilmesinde kullanılır ve bu yöntemle üretilen köpüklerin %95 i poliüretandan yapılır.



Şekil 13.6 Yüksek basınçta köpük şekillendirme yöntemi. (a) kalıba tam dolduracak şekilde karışım gönderilmesi, (b) kalıbın bir parçasının hareketiyle genişlemenin sağlanması.

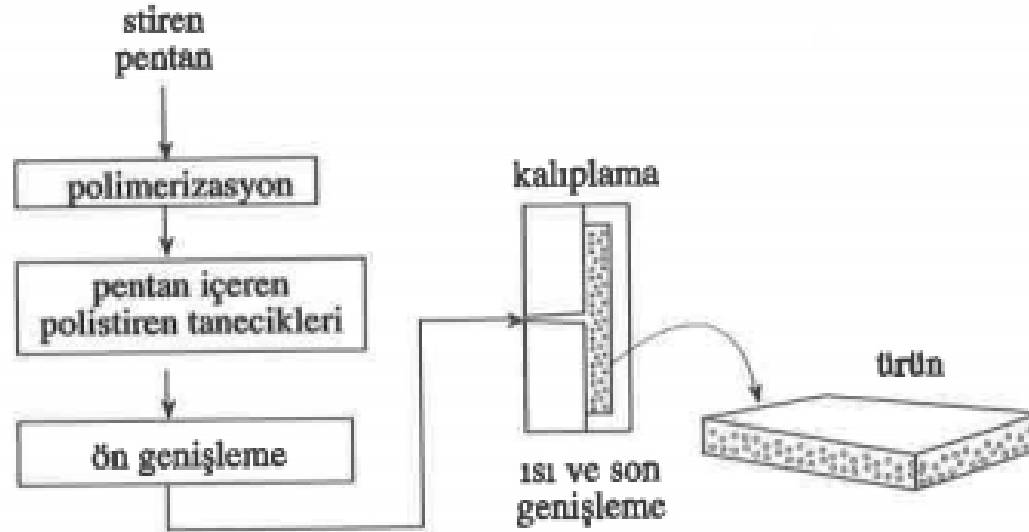


Şekil 13.7 Tepkimeli enjeksiyon kalıplama.

Polistiren köpükler genelde kapalı kalıp içerisinde şekillendirme yöntemi ile üretilmektedirler. Bu köpükler, termoplastik karekterde sert köpüklerdir ve ilk ticari adları olan *Sytrofoam* adı ile bilinirler. Beyaz eşyaların, televizyon, bilgisayar vb elektronik aletlerin paketlenmesinde kullanılan sert genelde beyaz renkteki sert köpükler polistirenden yapılır. Polistiren köpüklerden ayrıca, binalarda ısı ve ses yalıtım amaçlı köpük levhalar, sıcak veya soğuk içilecek içeceklerin kapları (plastik çay bardakları), dondurma kutuları vb malzemeler yapılır.

Şekillendirilmiş polistiren köpükler, içlerinde %2-10 arasında pentan bulunan ve çapları 0,3-3 mm arasında değişen küçük polistiren taneciklerden (genelde küresel) hazırlanır. İçerisinde pentan bulunan polistiren küreler, stirenin sulu ortamda (süspansiyon polimerizasyonu gibi) pentan gibi bir organik sıvı varlığında polimerleştirilmesi ile elde edilir. Küreler genelde kapalı gözeneklidir ve kapalı gözenekler içerisinde kalıplama sırasında fiziksel köpüklendirici işlevi yapacak pentan vardır. Bu haliyle tanecikler depolanabilir veya kalıplama yapılacak işletmelere taşınabilirler. Kaynama sıcaklığı 36°C olan pentanın buharlaşarak tanecikleri genleştirmemesi için depolama sıcaklığı oda sıcaklığı altında tutulur.

Taneciklere son ürün şekli verilir.

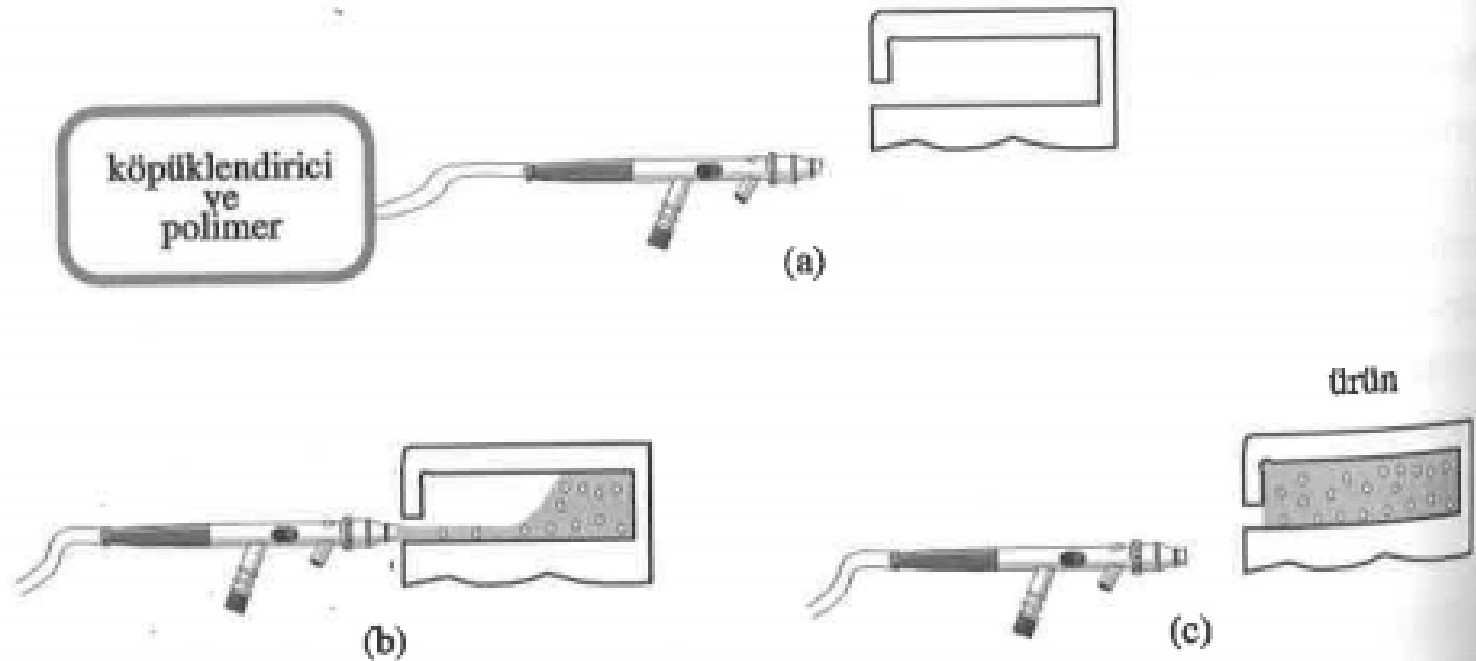


Şekil 13.8 Polistiren köpük üretiminin aşamaları.

Kalıplamanın son aşamasında ön genleştirilmiş polistiren tanecikleri, sıcaklığı 100-110°C dolayındaki kapalı kalıp içerisine gönderilir. Kalıp içerisinde taneciklerde kalmış olan son pentan molekülleri uzaklaşırken polimeri genleştirir ve polistiren tanecikleri çeperleri üzerinden birbirlerine yapışırlar. Bu nedenle polistiren köpükler, birbirlerine yapışmış kürelerden oluşan bir blok görünümündedir.

13.6.4 YERİNDE KÖPÜKLENDİRME

Yerinde köpüklendirme tekniği denilen yöntemde, köpüklendirici içeren reçine doğrudan son ürün olarak kullanılacak malzemenin içerisine enjekte edilir (Şekil 13.9). Yöntem tepkimeli enjeksiyon kalıplamaya benzerdir. Ancak bu yöntemde, köpük malzemenin içerisinde kalır ve kalıp görevini malzemenin köpükle doldurulacak kısmının yüzeyleri yapar.



Şekil 13.9 Yerinde köpüklendirme yöntemi (a) içerisine köpük doldurulacak malzeme, (b) köpük doldurma, (c) köpük doldurulmuş malzeme.