

# BÖLÜM 8

## TERMOSET TEKNOLOJİSİ

Termosetler, zincirleri arasında yoğun (ağ-yapı) çapraz bağlar bulunan polimerlerdir. Çapraz bağlı yapıları nedeniyle ısı ile eritilemezler ve yeterince yüksek sıcaklıklara ısıtıldıklarında bozunurlar. Ayrıca, çözücülerden etkilenmedikleri varsayılır ve sıvılar içerisinde izlenebilir bir şişme göstermezler.

Ticari üretimi yapılan önemli termosetler; doymamış poliestерler, alkitler, epoksiler, fenol-formaldehit, melamin-formaldehit, ve melamin-formaldehit polimerleridir. Çizelge 8.1 de sözü edilen polimerlerin özellikleri

### Termoset polimerlerden yapılan ürünlerin genel özellikleri,

- üstün elektrik yalıtımı
- yüksek sertlik
- yanmada düşük duman
- alevlenmeye dayanım
- yüzey parlaklığı ve estetik görünüm
- üstün ses yalıtımı
- iyi boyutsal kararlılığı
- kimyasallara direnç
- yüksek ısı absorpsiyonu

şeklinde sıralanabilir. Sertlik, iyi boyutsal kararlılık, kimyasallara direnç vb özellikler termosetlerdeki zincirler arası yoğun çapraz bağların sonucudur.

**Çizelge 8.1** Bazı ticari termosetlerin maksimum kullanım sıcaklıkları ile asitler ve bazlara karşı dirençleri.

termoset	maksimum kullanım sıcaklığı (°C)	asit ve bazlara karşı direnci (oda sıcaklığında)
poliester	150	bazı zayıf asitlere dirençli; kuvvetli asitler, bazlar ve yükseltgenlerden etkilenir
alkitler	150	zayıf baz ve asitlerden az etkilenir, kuvvetli asit ve bazlarda bozunur
epoksiler	150	zayıf asitlere, çoğu zayıf baza dirençli; kuvvetli bazlardan az etkilenir, kuvvetli asitlerden etkilenir
fenol-formaldehit	70	zayıf asitlere dirençli veya az etkilenir; kuvvetli asitler, bazlar ve yükseltgenlerde bozunur
melamin-formaldehit	100	zayıf asit ve bazlara dirençli veya az etkilenir; kuvvetli asitler ve bazlarda bozunur
üre-formaldehit	75	zayıf asitlere dirençli, kuvvetli asit ve bazlarda bozunur, zayıf bazlara orta derecede dirençli

Genelde kalıplanmadan önce viskoz sıvı (doymamış poliestерler), granül veya toz halindedirler. Termoset polimerle birlikte diğer katkıların karışımına *termoset reçine* (kısaca *reçine*) adı verilir. Reçine kalıplama sırasında çapraz bağlı yapıya dönüştürülerek sertleştirilir ve sertleştirilme aşamalarının tamamına *pişirme* (*kür etme, sertleştirme*) adı verilir. Kitap içerisinde her üç terim de kullanılmıştır.

Termosetlerin sertleştirilmesi polimer türüne göre farklılıklar gösterir.

- Örneğin fenolik, vinil ester, allil, amino reçineleri vb termosetler ısıtılarak sertleştirilen termosetlerdir ve granül veya toz halinde kalıplamaya alınırlar. Polimer kalıp içerisinde ısı etkisi ile yumuşatılır ve basınçla kalıp boşluğuna dağıtılır. Polimer sertleşmesi çapraz bağlanma tepkimeleri üzerinden kalıplama sırasında gerçekleşir.
- Bazı termosetler kararlı sıvı halinde depolanırlar ve içlerine ikinci bir bileşen karıştırılarak sertleştirilirler. Sertleştirici (kataliz, çapraz bağlayıcı) adı verilen ikinci bileşen de bir sıvıdır. Sertleştiriciden az miktarda alınarak sıvı reçine karıştırılır ve çapraz bağlanma tepkimeleri başlatılır. Akıcı olan termoset reçine çapraz bağlanma tepkimeleri sırasında jel noktası denilen bir aşamada akıcılığını kaybeder ve tepkime ısısının otokatalik etkisiyle çapraz bağlanma daha da hızlanarak jel

noktası üzerindeki bir noktada polimer sertleşir. Doymamış poliestерler bu yöntemle şekillendirilen termosetlerden birisidir.

- Poliüretan türü termosetlerin çapraz bağı yapıya dönüşmeleri yukarıda verilen iki örnekten farklıdır. Poliüretanlar üretimlerinde kullanılan poliol ve diizosiyanatın birbirleri ile verdikleri tepkimeler sırasında çapraz bağı yapıya dönüştürler. Aynı kaplarda bulunan poliol ve diizosiyanat bir araya getirildiğinde polimerizasyon ve çapraz bağlanma tepkimeleri aynı anda ilerler.

Polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar ve çapraz bağların yoğunluğu, polimer özelliklerini belirgin şekilde değiştirir. Termoplastikler zincirleri arasında çapraz bağlar bulunmadığı için ısıtıldıklarında erirler ve uygun çözücülerde çözünürler. Yapılarında az oranda (%2 dolayında) çapraz bağ bulunan elastomerler ise çözücülerde şişerler, ısıtıldıklarında bozunurlar, ancak erimezler. Çapraz bağ yoğunluğu arttıkça polimerin sertliği artarken çözücülerin polimer üzerine etkisi azalır ve termosetlerde olduğu gibi yoğun çapraz bağı polimerler çözücülerden etkilenmez.

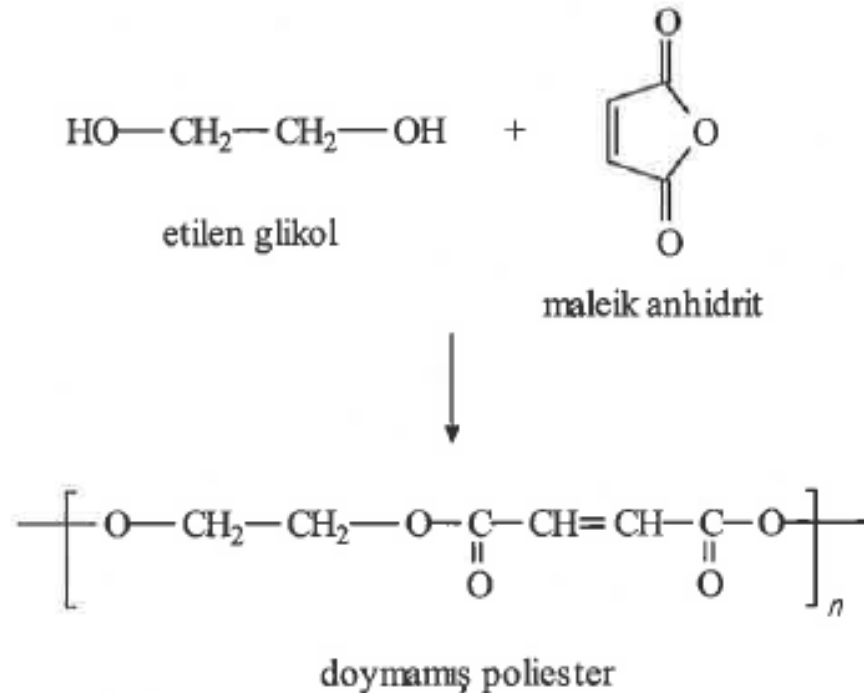
Çapraz bağ düzeyinin polimer özelliklerine etkisi doğal kauçuk üzerinde değerlendirilebilir. Kauçuk ağacından elde edildiği haliyle doğal kauçuk termoplastik karakterdedir, zincirler arasında az oranda çapraz oluşturulduğunda elastomer özellik kazanır, çapraz bağ oranı %10-15 düzeyine çıkarıldığında sert, kırılgan bir maddeye (termoset) dönüşür. Benzer şekilde termoplastik karakterli alışveriş poşetleri yapımında kullanılan düşük yoğunluklu polietilen yumuşak ve esnektir. Çapraz bağlı polietilenden ise daha çok süt gibi içeceklerin bulunduğu sert plastik kaplar yapılır.

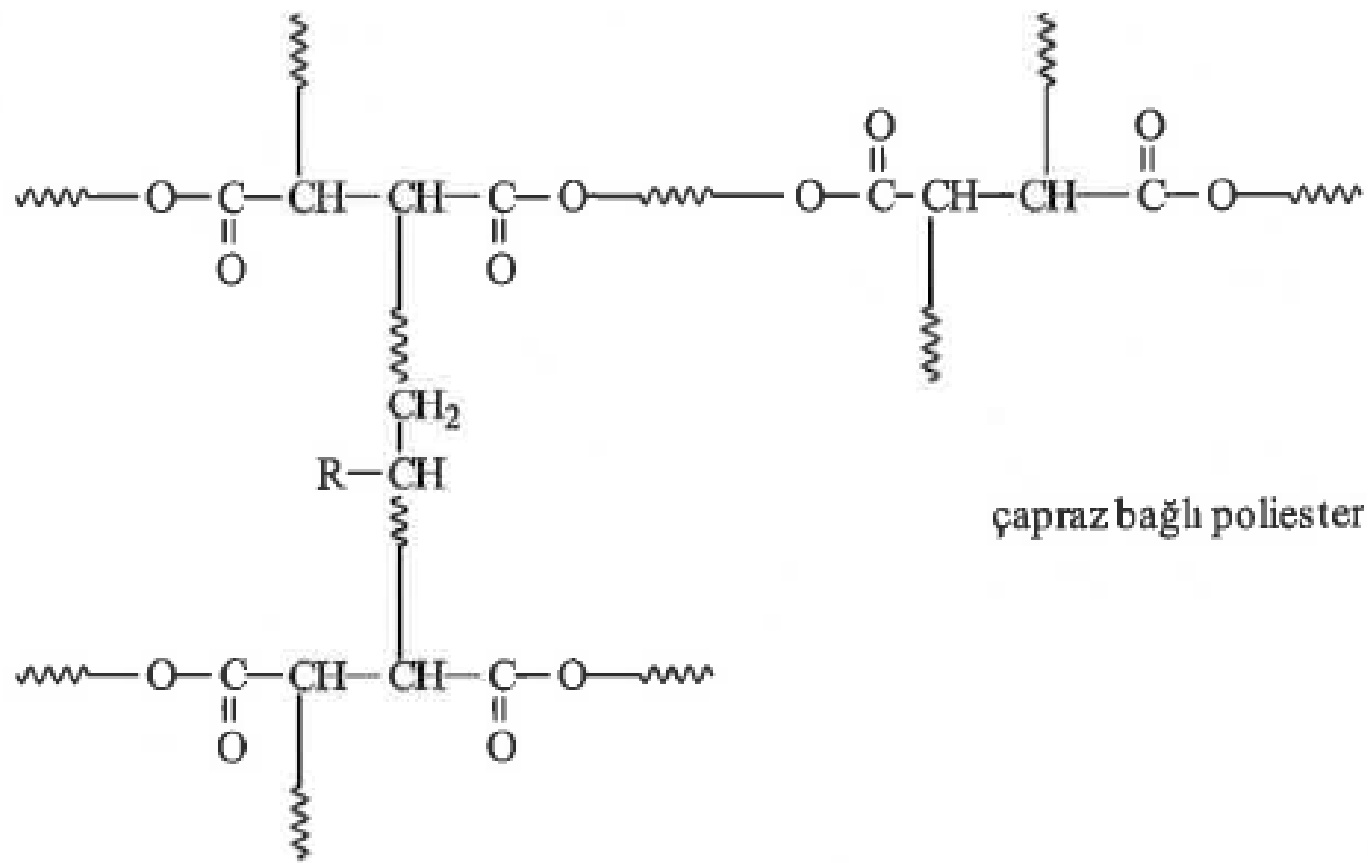
Bazı uygulamalarda termosetlerin sertleştirilme süreleri, dışarıdan ortama katılan ve hızlandırıcı adı verilen maddelerle kısaltılır. Sıcaklık, pişirme süresini etkileyen bir başka önemli faktördür. Sıcaklığın 10 °C yükseltilmesi genelde tepkimelerin hızını 2-4 kat kadar arttırabilmektedir. Bu nedenle 25 °C de 30 dakikada sertleşen bir termoseti, 35 °C de 15 dakikadan daha kısa bir sürede sertleştirmek olasıdır.

## 8.1 BAZI TERMOSET POLİMERLER

### 8.1.1 DOYMAMIŞ POLİESTERLER

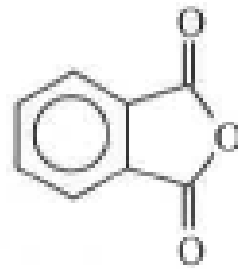
Doymamış poliester tanımı, polimer zincirlerinde çift bağlar bulunan poliester polimerleri için kullanılır. Bu tür bir poliester, glikoller ve anhidritler (veya asitlerinden) arasındaki tepkime üzerinden sentezlenebilir. Örneğin etilen glikol ve maleik anhidritin kondensasyonu ile doymamış grupların polimer ana zincirleri üzerinde bulunduğu aşağıda yapısı verilen doymamış poliester önpolimeri elde edilir.





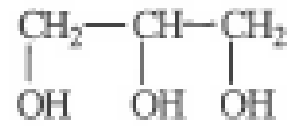
İkinci aşamada doymamış poliestер; stiren, metil metakrilat gibi bir vinil monomeri ( $\text{CH}_2=\text{CHR}$ ) varlığında başlatıcının bozunma sıcaklığına kadar ısıtılır ve radikalik mekanizma üzerinden çapraz bağlanma gerçekleştirilir (başlatıcı olarak benzoil peroksit, kümen hidroperoksit veya azobisisobütironitril kullanılabilir). Aşağıda çapraz bağlı poliestер yapısı gösterilmiştir.



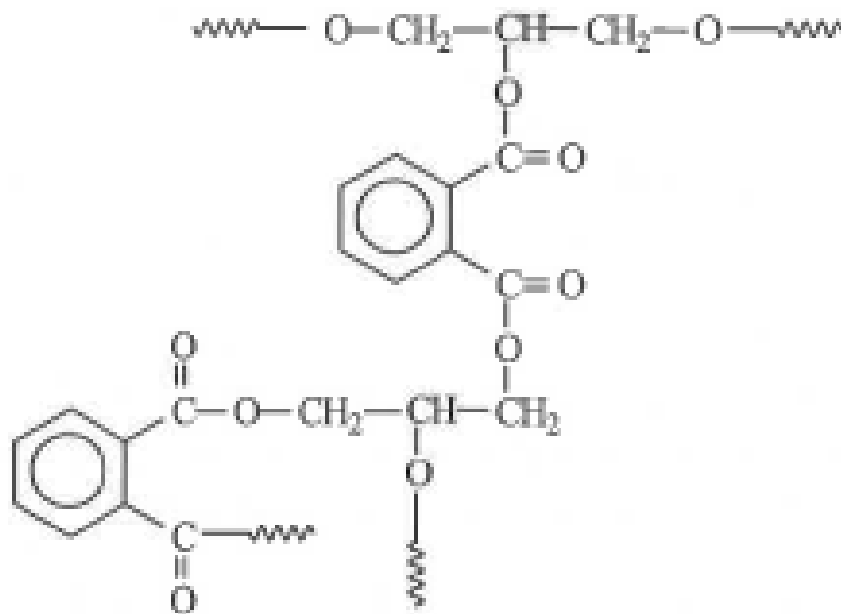


ftalik anhidrit

+



gliserin

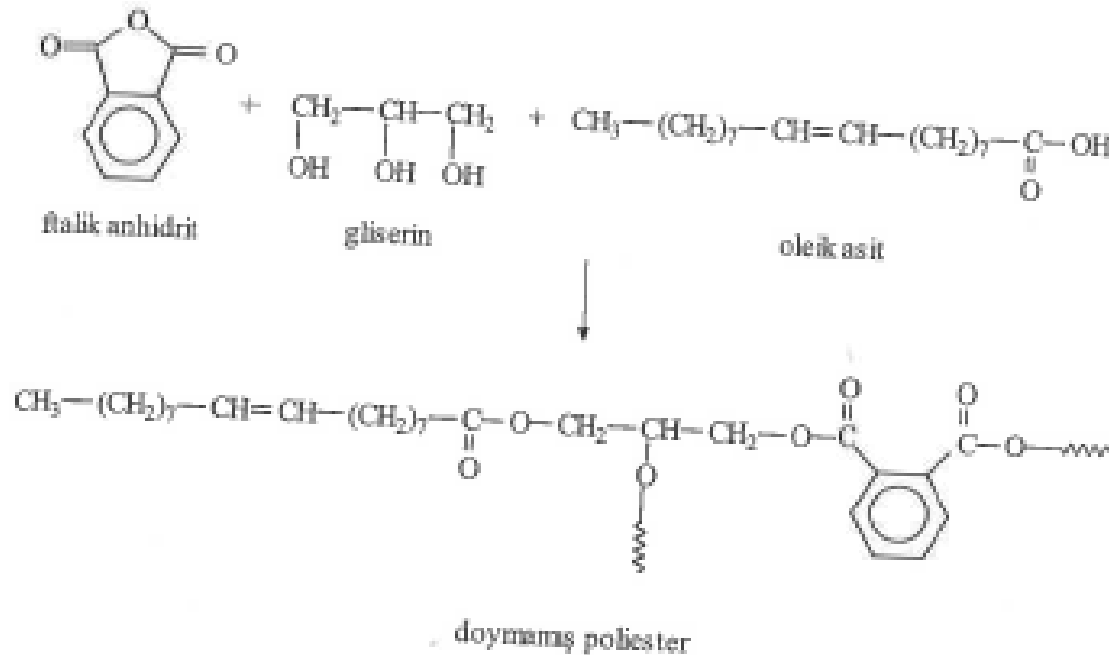


çapraz bağı poliestere

### 8.1.2 ALKİT REÇİNELERİ

Alkit reçinelerinin ana zincirlerinde yinelenen ester bağları bulunur ve bir poliestere reçinesidir. Doymamış poliestерlerden çift bağların bulunduğu yer açısından ayrılırlar. Doymamış poliestерlerde çift bağlar ana zincir üzerinde, alkit reçinelerinde ise yan gruplardadır.

Gliserin ve dikarboksilik asitin (veya anhidriti) bulunduğu ortama oleik asit gibi doymamış bir yağ asiti katılarak yapılan polimerizasyonda, oleik asitten gelen çift bağlar yan gruplarda kalır. Aşağıda elde edilecek alkit reçinesinin yapısı görülmektedir. Çapraz bağlanma yan gruplardaki çift bağlar üzerinden gerçekleştirilerek son ürüne geçilir.

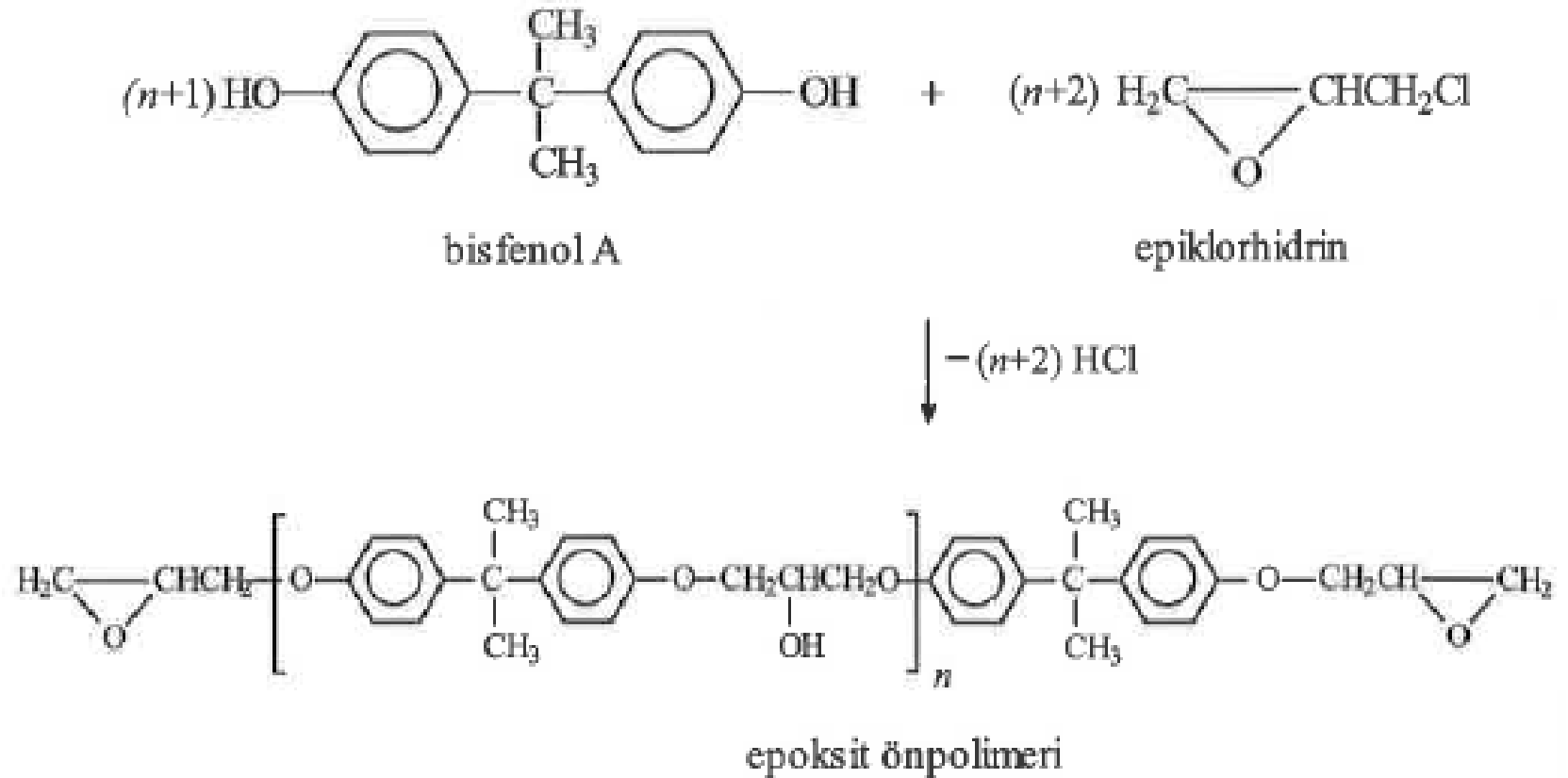


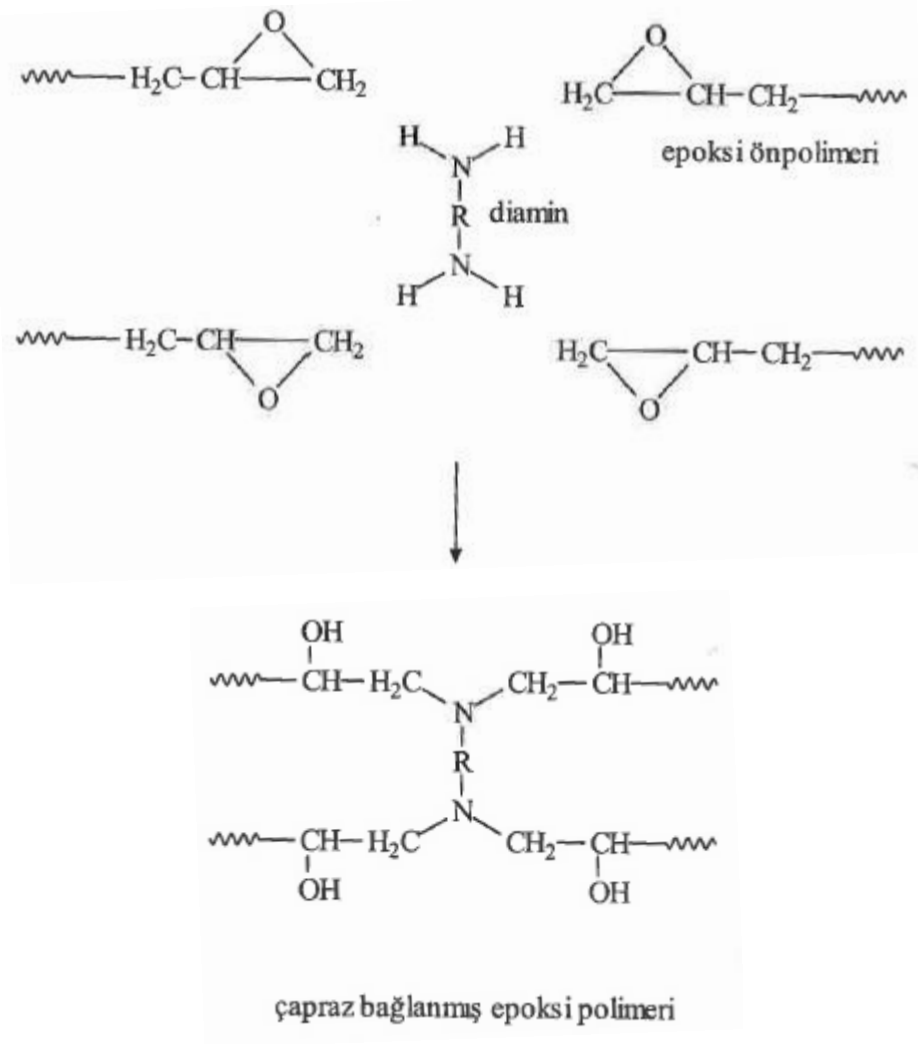
Alkitlerin içlerine epoksi reçineleri, fenolik reçineler vb reçineler karıştırılarak farklı özelliklerde alkitler elde edilir.

Alkitler; uzun ömürlü, esnek, parlak, ısıya dirençlidirler, değişik renklerde boyanabilirler, fiyatları orta düzeydedir, elektriksel özellikleri iyidir. Daha çok otomobil, elektrik ve elektronik alanında farklı parçaların yapımında ve kaplanmasında kullanılırlar.

### 8.1.3 EPOKSİT (EPOKSİ) REÇİNELERİ

Epoksit reçinelerinin %95 i bazık ortamda epiklorhidrin ve bisfenol A arasındaki tepkimeyle üretilirler. Termoset polimer yapısına iki aşamada geçilir. İlk aşamada fazla epiklorhidrin kullanılarak zincir sonları epoksit grupları bulunan düşük mol kütleli bir önpolimer hazırlanır.



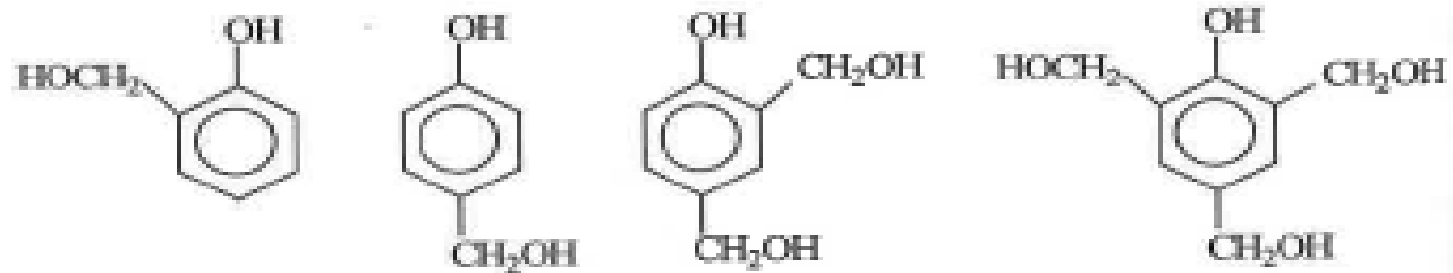


Termoset epoksi eldesinin ikinci aşamasında önpolimer, uygun bir çapraz bağlayıcı ile sertleştirilir. Örneğin, iki ayrı tüpte satılan epoksit yapıştırıcılarının birisinde önpolimer, diğerinde bir diamin vardır. İki madde karıştırıldığında aşağıdaki tepkimeye uygun olarak epoksit grupları üzerinden çapraz bağlanma gerçekleşir ve polimer termoset yapıya geçer. Dietilen triamin, trietilen tetraamin,

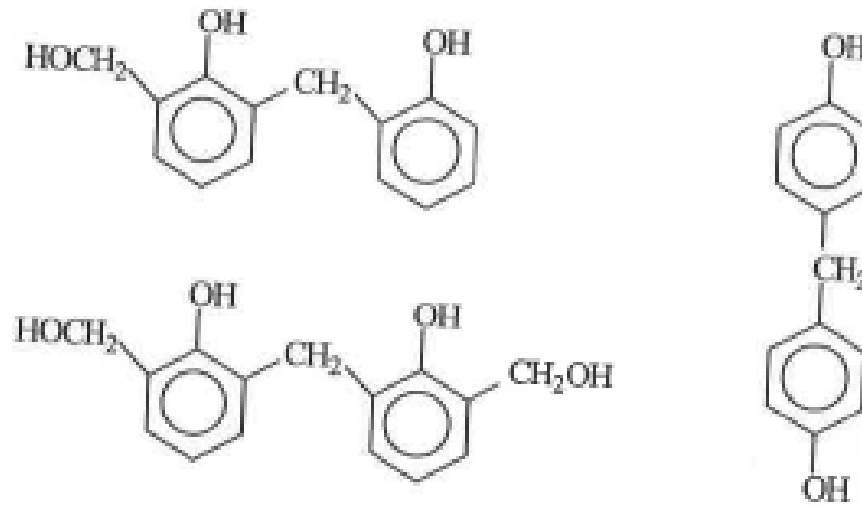
### 8.1.4 FENOLİK REÇİNELER

En önemli fenolik reçine, fenol ve formaldehitten hazırlanandır. Bakalit (*bakelite*) olarak bilinen fenol ve formaldehit reçineleri, bazık ortamda ilk kez Baekeland tarafından 1872 de sentezlenmiştir.

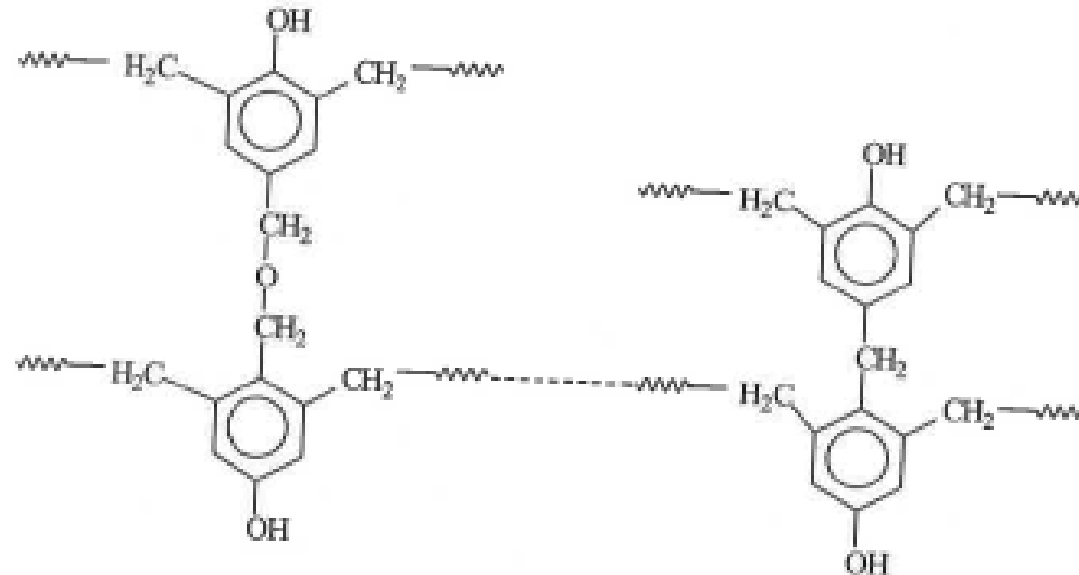
Bakalit üretimi, formaldehit miktarı fenolden fazla alınarak yapılır ve ayrıca alkali metal hidroksitleri, kalsiyum hidroksit, amonyak, anilin gibi kimyasal maddeler kullanılır. Karışım, basınçlı bir kap içerisinde kaynama noktasına kadar ısıtılır (100 °C). İlk aşamalarda buharlaşan kısım yoğunlaştırılarak yeniden polimerizasyon kabına gönderilir. Polimerizasyon belli bir süre daha ilerletildikten sonra sistem soğutulularak çözücü eklenir. Bu aşamada aşağıda yapıları verilen çözünebilir metilol türevleri elde edilir. Metilol türevlerine ayrıca *resol*, *resol önpolimeri*, *fenol-formaldehit önpolimeri* ve *A-basamak fenol-formaldehit reçinesi* adları verilir.



Tepkime sırasında aşağıda verilen türlerde metilol türevleri de oluşabilir.



Bazık koşullarda resoller kendi aralarında tepkimeye girerek  $-\text{CH}_2-$  öprülleriyle birbirlerine bağlanamazlar. Bu nedenle resollerin kalıplanmaları rasında ortam hafif asidik yapılır ve ısıtmayla, metilen ve dibenzil eter bağları zerinden çapraz bağlı yapıya (*C-basamak reçine*) geçilir.

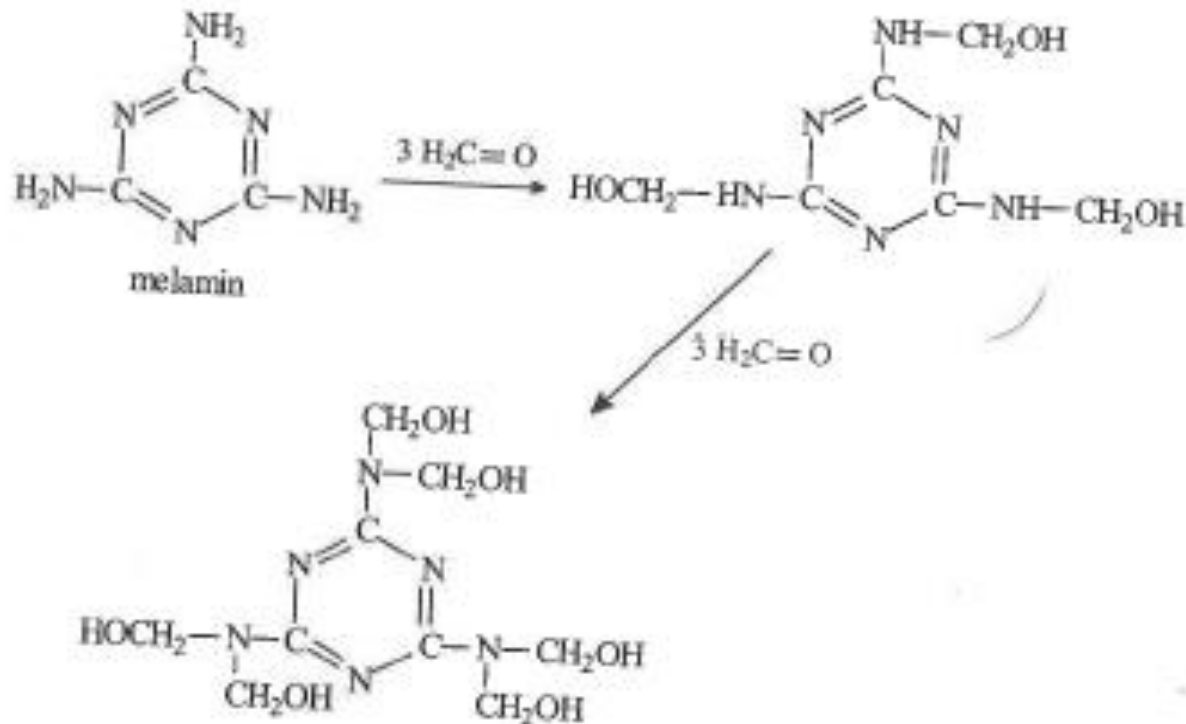


### 8.1.5 MELAMİN-FORMALDEHİT REÇİNELERİ

Melamin-formaldehit reçinesi bir *amino reçinesi*dir. Amino reçinesi kavramı, aminlerin aldehitlerle verdikleri tepkimelerden elde edilen polimerler için kullanılır. Yaygın kullanılan amin bileşikleri üre ve melamin, aldehit ise formaldehittir. Bu

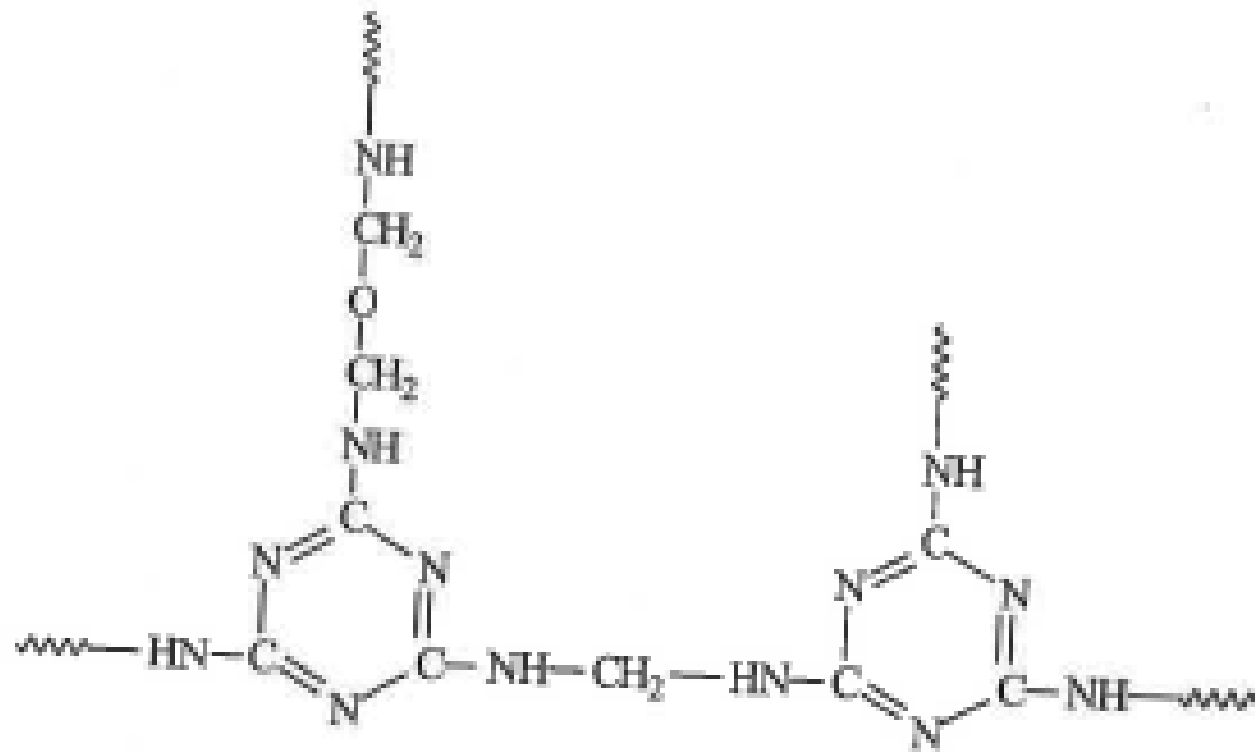
nedenle amino reçineleri melamin-formaldehit ve üre-formaldehit reçineleri başlıkları altında iki gruba ayrılarak incelenir. Amino reçinesi sentezinde üre, melamin, etilenüre, tiyüre, benzoguanamin, asetoguanamin vb amin bileşikleri de kullanılmaktadır.

Formaldehit ve melamin arasındaki tepkimede formaldehit, melamindeki (2,4,6-triamino-1,3,5-triazin) amin grubuna katılarak değişik sayıda metilol grupları içeren türevler verir. Metilol grubu sayısı altıya kadar çıkabilir.





Suda çözünebilir özellikteki metiloller yüksek sıcaklıklarda metilen veya eter köprüleri üzerinden çapraz bağlanarak melamin-formaldehit reçinesine dönüşürler.



Melamin reçinesi üretiminin ilk aşamasında polimerizasyon kabına belli miktarda formaldehit konur ve sodyum hidroksitle pH 7,5-8,5 arasına getirilir. Sistem 15  C ye soğutulduktan sonra melamin eklenir ve sıcaklık 80  C dolayına yukseltilir. Polimerizasyon sonunda sistem ani soğutularak vakum uygulanır. Polimerizasyonun durdurulma anı; viskozite, jelleşme zamanı veya suyla seyrelme derecesi ya da bu etkenlerden birkaçının izlenmesi ile belirlenir.

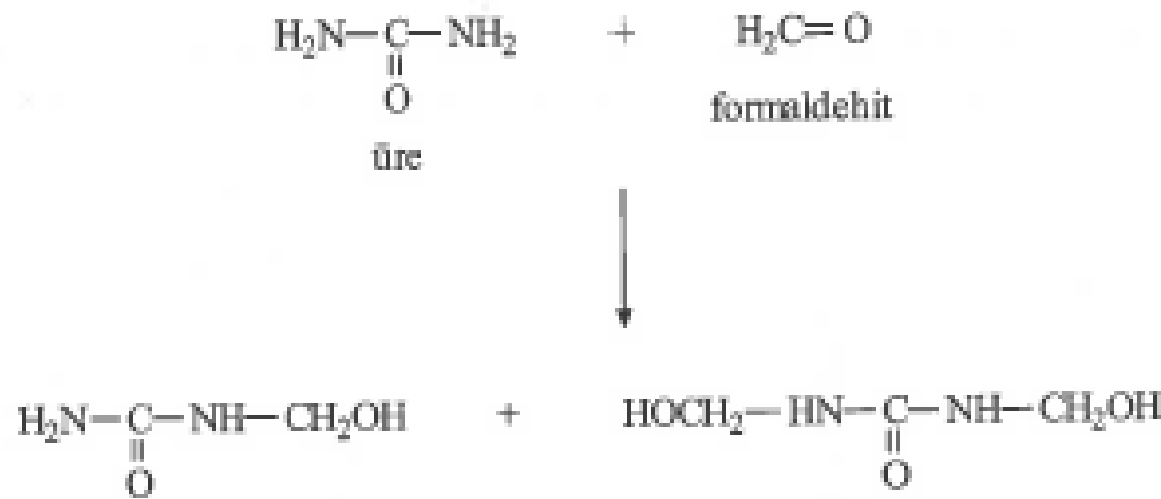
Melamin-formaldehit reinelerininin ısı ve neme karşı dirençleri fenolik reçinelerden ve üre-formaldehit reçinelerinden daha iyidir, ayrıca üre-formaldehit reçinelerinden daha serttirler.

Yapıştırıcı olarak, dekoratif amaçlı panellerin yapımında, koruyucu kaplama olarak ve kabin, masa üstü gibi değişik eşyaların yapımında kullanılırlar. Melamin-formaldehit reçinesi, istenilen rengin verilebildiği birkaç termoset polimerden birisidir.

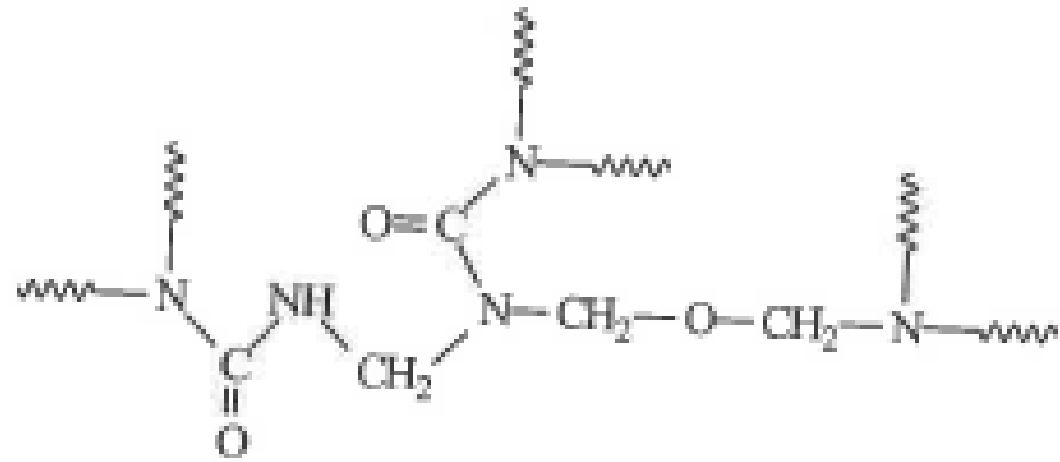
### 8.1.6 ÜRE-FORMALDEHİT REÇİNELERİ

Üre-formaldehit reçineleri, amino reçinelerinin melamin-formaldehitte birlikte ikinci önemli grubudur. Üretilen toplam amino reçineleri içerisindeki payı %80 dolayındadır.

Bazik koşullarda yürütülen üre ile formaldehit arasındaki tepkimede, melamin-formaldehit reçinesine benzer şekilde metilolüre türevleri oluşur.



Metilol türevleri daha sonra asidik ortamda ısıtılarak çapraz bağlanma gerçekleştirilir. Çapraz bağlanma, metilen köprüleri veya eter köprüleri üzerinden ilerler. Üre ile formaldehit arasındaki tepkime asidik ortamda yürütülürse doğrudan yüksek mol kütleli polimere geçilir.



Üre-formaldehit reçineleri, fenol-formaldehit reçinelerinden daha serttir. Renksiz olan bu reçineler kullanım yerine göre renklendirilirler ve dekoratif amaçlarda kullanılırlar. Beyaz renkli elektrik malzemeleri (fiş, düğme, priz vb) fenolikler yerine kullanılan ürünlerdir. Isı ve neme karşı fenol-formaldehit reçinelerinden daha dayanıklıdır ancak melamin-formaldehit reçinelerinin ısı ve neme karşı dirençleri daha iyidir.

Üre tetrafonksiyonel melamin hekzafonksiyonel çıkış maddeleridir. Bu nedenle her iki maddeden yüksek oranda çapraz bağlı polimerler elde edilir. Çapraz bağ düzeyi sisteme *n*-bütanol gibi bir monofonksiyonel alkol katılarak ya da kondensasyon düşük sıcaklıklarda ve bazık koşullarda gerçekleştirilerek kontrol edilir.

## 8.2 TERMOSETLERİN İŞLENMESİ

Termoset polimerler daha öncede vurgulandığı gibi; düşük mol kütleli bir ön polimer içerisine gerekli olan çapraz bağlayıcılar, katkı ve dolgu maddeleri karıştırılarak kalıplamaya hazırlanırlar. Kalıplanmadan önce viskoz sıvı veya toz halindedirler. Bazı uygulamalarda toz reçineler yeniden granül, pelet, tablet veya benzeri geometrilerde sıkıştırılarak şekillendirilirler ve depolanırlar.

• • • • •

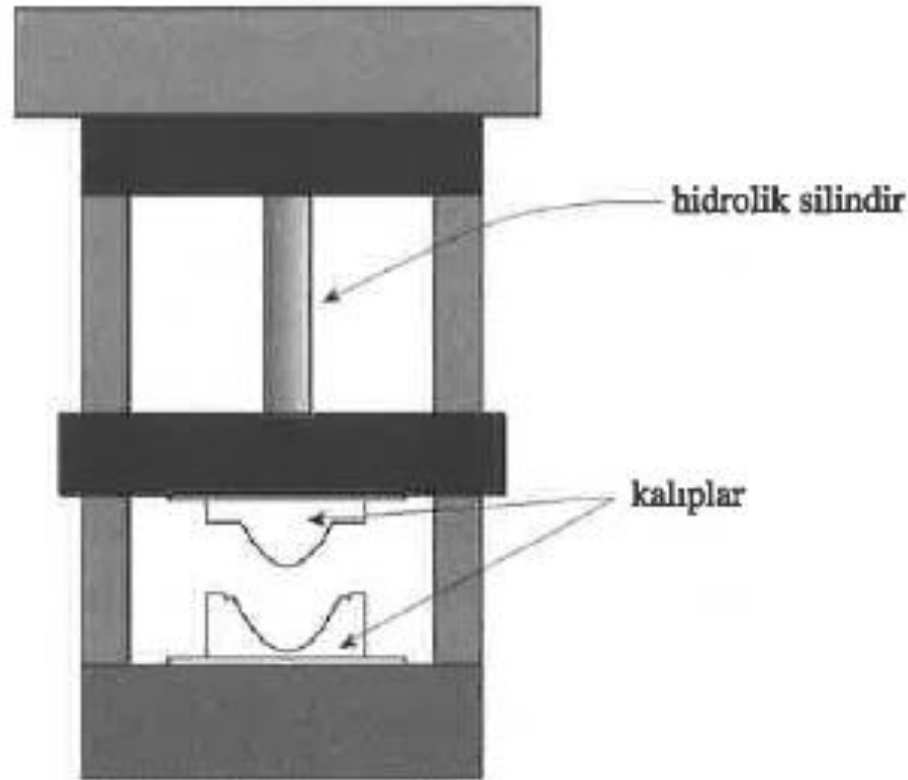
Termosetler daha çok,

- sıkıştırarak kalıplama
- transfer kalıplama
- enjeksiyon kalıplama
- döküm

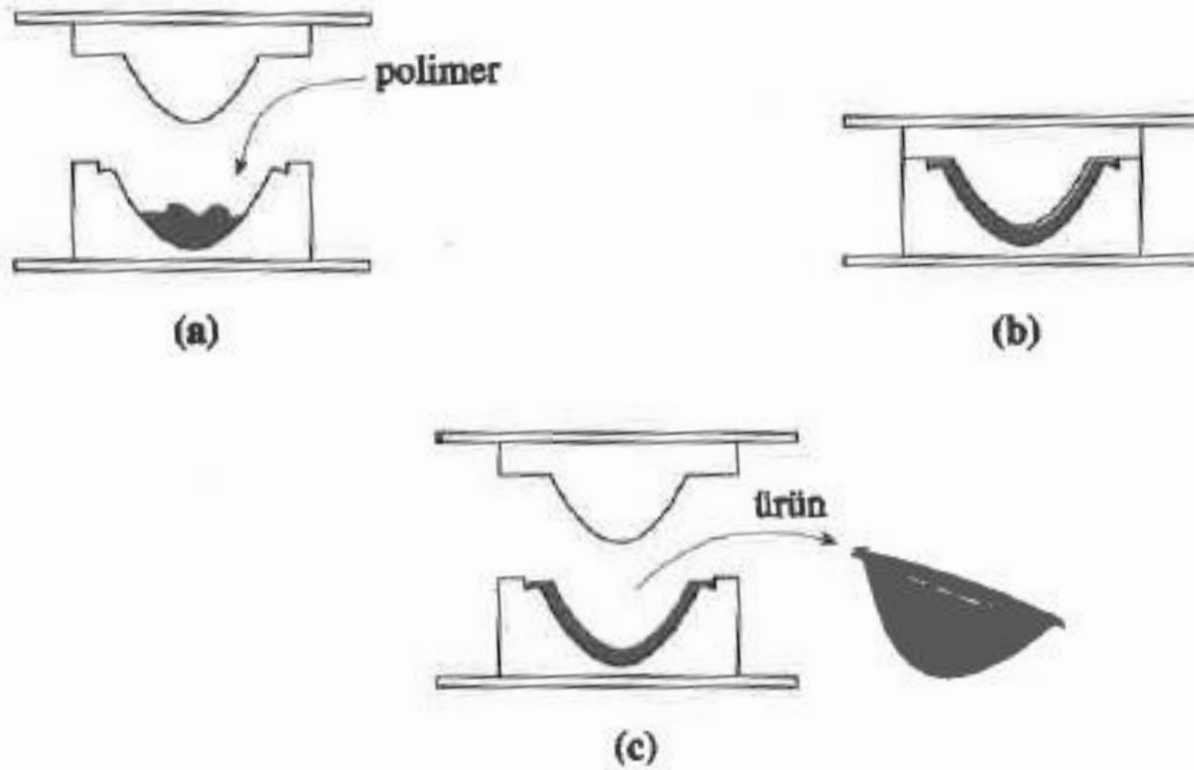
yöntemleri ile kalıplanırlar. Bu yöntemler içerisinde sıkıştırarak kalıplama ilk kullanılan yöntemdir ve günümüzde de en yaygın termoset kalıplama yöntemi özelliğini korumaktadır. Aşağıda bu yöntemlerin ayrıntıları incelenecektir.

### 8.2.1 SIKIŖTIRARAK KALIPLAMA

SıkıŖtırarak kalıplama (basınçla kalıplama, presleme), deforme olabilen bir malzemeyi kalıp içerisinde basınç ve ısı etkisi ile Ŗekillendirme iŖlemidir. Yöntem ilk kez termoset polimerlerin ve elastomerlerin kalıplanmasında kullanılmıŖtır ve uygulaması kolay bir polimer iŖleme tekniğidir. Ŗekil 8.1 de sıkıŖtırarak kalıplamada kullanılan üstten sıkıŖtırmalı kalıplama sistemi (pres), Ŗekil 8.2 de iŖlemin



**Ŗekil 8.1** Termosetlerin kalıplanmasında kullanılan üstten sıkıŖtırmalı kalıplama sistemi.



**Şekil 8.2** Termosetlerin sıkıştırarak kalıplama aşamaları. (a) kalıba polimer konması, (b) ısı ve basınç uygulama, (c) ürünün alınması.

lamada kullanılan üstten sıkıştırırmalı kalıplama sistemi (pres), Şekil 8.2 de işlemin aşamaları ve Şekil 8.3 de her aşama için geçecek yaklaşık zaman gösterilmiştir.



Sıkıştırarak kalıplamanın,

- kalıp maliyetinin düşüklüğü (yolluk veya giriş kanalı gibi yerler bulunmaz)
- düşük büzülme oranı
- düzgün malzeme yüzeyi
- atık polimer miktarının en az düzeyde olması
- kalıpların basitliği
- ön ısıtma kullanılarak enjeksiyon kalıplamadan daha kısa kalıplama süresi

türü avantajları yanında,

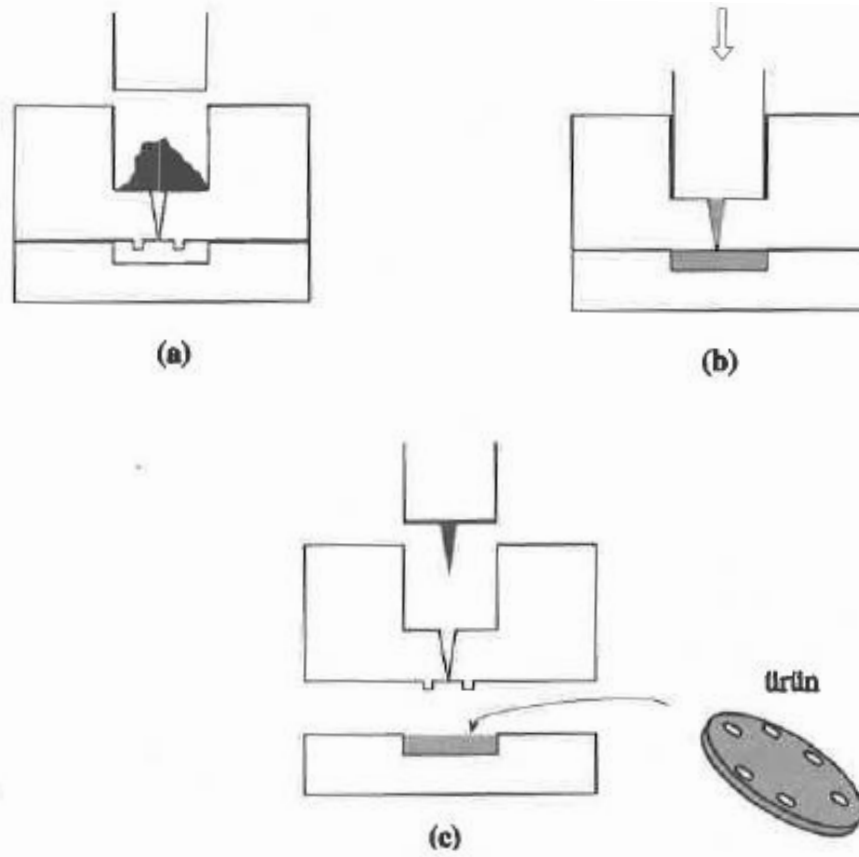
- kalın parçaların hazırlanmasına uygun olmaması
- yüksek işçilik maliyeti
- ön ısıtma yapılması
- polimer malzeme içerisine metal parçaların yerleştirilmesindeki zorluk

gibi dezavantajları vardır.

### 8.2.2 TRANSFER KALIPLAMA

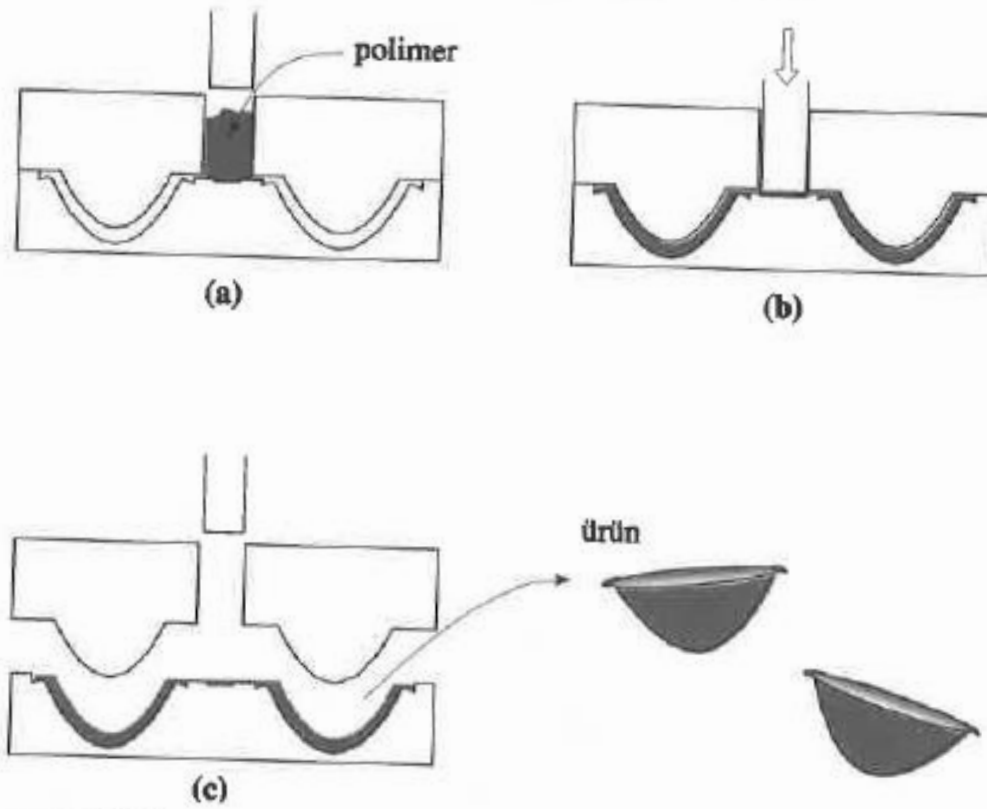
Transfer kalıplama, sıkıştırarak kalıplamaya benzerdir. Her iki yöntemde de kapalı bir kalıp içerisinde bulunan polimer, ısı ve basınç etkisiyle sertleştirilir. Transfer kalıplamayı sıkıştırarak kalıplamadan ayıran tek fark, polimerin kalıp içerisine yerleştirilme biçimidir. Sıkıştırarak kalıplamada yeterli miktarda polimer doğrudan dişi kalıp içerisine konur, transfer kalıplamada ise basınç uygulanarak bir kanal yardımıyla kalıp boşluğuna gönderilir. Bu küçük ayrıntı, transfer kalıplamada kalıpların yüksek basınç altında kalmasını engeller.

yardımıyla kalıp boşluğuna gönderilir. Bu küçük ayrıntı, transfer kalıplamada kalıpların yüksek basınç altında kalmasını engeller ve kalıplar daha az zarar görürler. Ayrıca, çok küçük ve karmaşık geometrili parçalar üretilebilir ve içerisine metal yerleştirilmiş ürünler kolay hazırlanır. Transfer kalıplamanın sıkıştırarak kalıplamaya göre, kalıp giriş kanalı ve yollukları için fazla polimer kullanılması ve kalıpların pahalılığı gibi olumsuzlukları da vardır.



Şekil 8.5 Transfer kalıplamanın aşamaları. (a) polimer konması, (b) ısı ve basınç uygulama, (c) ürünün alınması.

Şekil 8.5 de transfer kalıplamanın işlem adımları gösterilmiştir. Polimer, transfer kalıplama sisteminin transfer kabına konur ve ısıtılır. Daha sonra yumuşamış polimer piston yardımı ile transfer kabındaki kalıp giriş kanalından, kalıp boşluğuna basınç altında gönderilir. Çapraz bağlanma tepkimeleri tamamlanıp polimer sertleşene kadar piston kaldırılmaz ve kalıp içeriği basınç altında tutulur. Son aşamada piston kaldırılır, kalıp açılır ve şekillendirilmiş parça alınır. Bazı uygulamalarda, ürünün kalıptan alınması için kalıp açılır ve ürünün kalıptan alınması için kalıp açılır.



Şekil 8.6 İkili transfer kalıplamanın aşamaları. (a) polimer konması, (b) ısı ve basınç uygulama, (c) ürünün alınması.

Transfer kalıplamanın Şekil 8.6 da verilen bir başka uygulamasında yumuşamış polimer, yolluklardan geçtikten sonra kalıp boşluğuna ulaşır. Bu yaklaşım birden fazla parçanın aynı anda üretilmesine olanak sağlar. Yöntem, yumuşamış polimerin kalıp içerisine gönderilişi açısından enjeksiyon kalıplamaya benzerdir. Enjeksiyon kalıplamada erimiş polimer sonsuz vida yardımıyla kalıba gönderilirken transfer kalıplamada bu görevi piston yapar.

### 8.2.3 ENJEKSİYON

Termosetlerin enjeksiyonla şekillendirilmesi, seri üretime uygun ve kullanımı gittikçe artan bir yöntemdir. Termoset polimer, termoplastiklerin enjeksiyonla şekillendirilmesine benzer şekilde vida yardımıyla enjeksiyon makinesi boyunca taşınarak (bu sırada ısıtılır) enjeksiyon makinası çıkışındaki kalıba basılır (Şekil 7.2.2). Enjeksiyonla termoplastik ve termoset kalıplama arasındaki temel farklılıklar aşağıda sıralanmıştır.

- Termoplastiklerde kovan sıcaklığı yüksektir, termosetlerde ise ön çapraz bağlanma tepkimelerini en aza indirmek amacıyla kovan sıcaklığı düşük düzeyde tutulur (fenoliklerde 75-80 °C gibi).
- Termoplastik polimer kalıp soğutulurken kalıp içerisine basılır, termosetler ise ısıtılmış kalıp içerisinde tutulur. Fenolik reçinelerde kalıp sıcaklığı 165-185 °C arası, melamin reçinelerinde 150-180 °C, doymamış poliesterlerde 140-180 °C arasında değişir.
- Termoplastikler için en uygun kalıp malzemesi alüminyumdur. Termosetler için en uygun kalıp malzemesi çeliktir.

### Termoplastikler

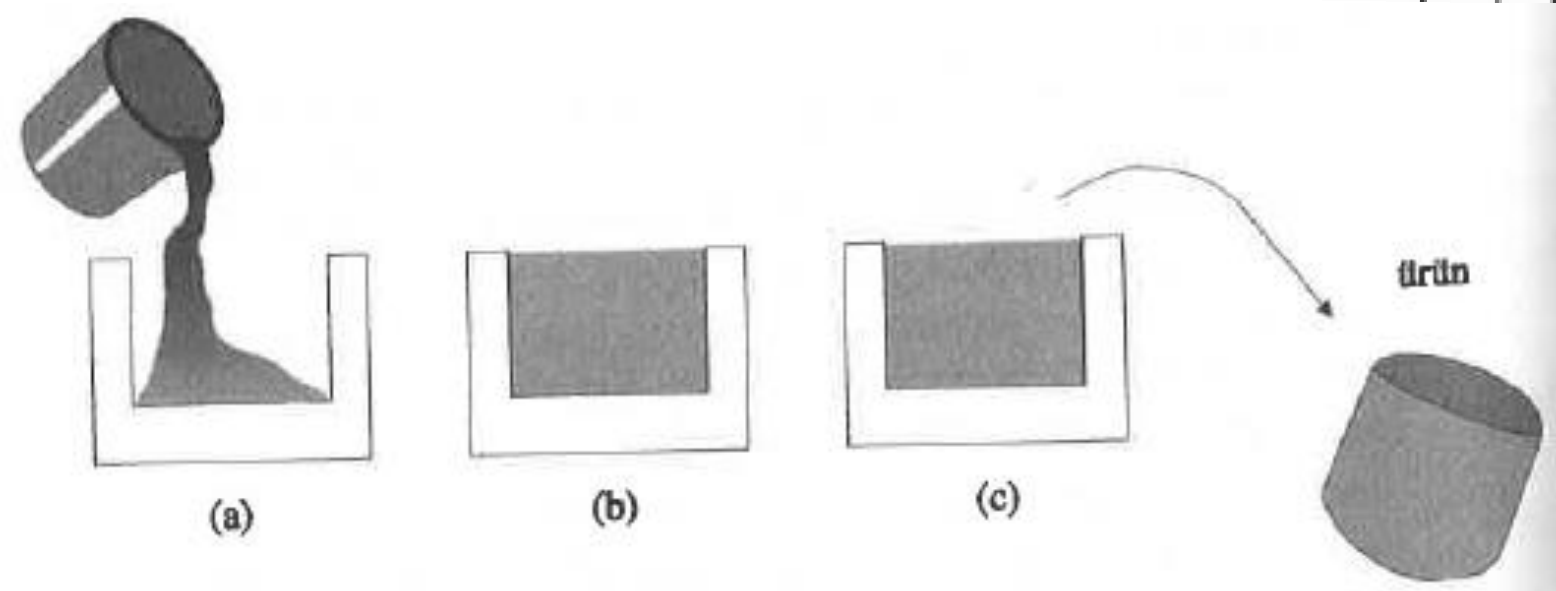
- Termoplastiklerde kullanılan sonsuz vidaların dış yüksekliği genelde kalıba yaklaştıkça artar, termosetlerin kalıplanmasında her bölgede dış yüksekliği aynı olan vidalar kullanılır.
- Termosetlerde renklendiriciler sık kullanılmaz.
- Termoplastik parçalar, kalıp içindeki şekillerini kalıp dışına alındıklarında da korurlar. Bu nedenle termoplastığı en kısa sürede erime noktası üzerine ısıtmak ve kalıplandıktan sonra yine hızla erime noktası



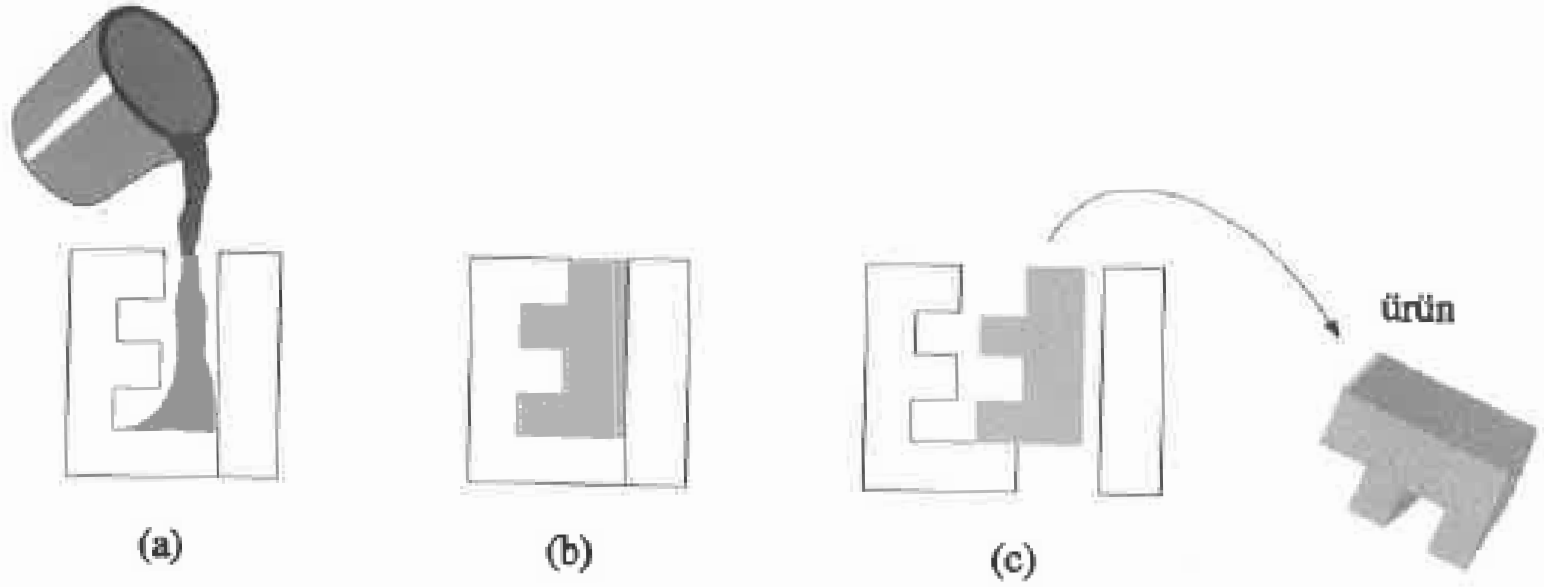
altına indirmek temel yaklaşımdır. Termoset polimerler ise kür sıcaklıklarının üzerine ısıtıldığında sertleşerek kalıp şeklini alırlar. Bu özellikten dolayı, termosetler pişirme sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta kalıba basılırlar ve kalıp içerisindeki polimerin sıcaklığı hızla pişirme sıcaklığı üzerine çıkartılır.

## 8.2.4 DÖKÜM

Döküm, en basit ve ilk uygulanan polimer işleme tekniklerinden birisidir. Yöntemde, sıvı haldeki termoset (katkı maddeleriyle birlikte) veya başlatıcı karıştırılmış monomer (veya ön polimer) kalıp içerisine dökülür. Kalıp içerisinde ilerleyen çapraz bağlanma ve/veya polimerizasyon tepkimeleri sonucu kalıbın şeklini almış ürün elde edilir. Şekil 8.7 ve 8.8 de sırası ile döküm yönteminde kullanılabilecek tek parça açık kalıp ve iki parça kapalı kalıp örnekleri verilmiştir. İki parçalı kalıplar karmaşık geometrili ürünlerin hazırlanmasında daha yararlıdır.



Şekil 8.7 Tek parça açık kalıp içerisine dökme. (a) polimer koyma, b) polimerizasyon veya çapraz bağlanmanın gerçekleştirilmesi, (c) ürünün alınması.



**Şekil 8.8** İki parça kalıp içerisine dökme. (a) polimer koyma, b) polimerizasyon veya çapraz bağlanmanın gerçekleştirilmesi, (c) ürünün alınması.