

# PLASTİKLERİN KALIPLAMA YÖNTEMLERİ VE REAKSİYONLU ENJEKSİYON KALIPLAMA (RIM)

Hikmet Nazım Ekici

## Kalıplama Nedir?

Üretimi yapılacak olan bir ürünün aynı kalite ve standartta çok sayıda ve ucuz olarak üretilmesi için güdülen seri imalat işlemine kalıplama denir. Burada Kalıplama kavramı kalıplanacak malzemenin ne olduğundan bağımsızdır. Kalıplanacak malzemenin ve yapılacak kalıplama işleminin türüne göre kalıplama sınıflandırılabilir. Şayet burada kalıplanacak olan malzeme metalse buna döküm, eğer malzeme plastikse ve enjeksiyon yöntemiyle kalıplanacaksa buna plastik enjeksiyon yada metallerin kesme, bükme veya sıvama gibi birtakım fiziksel işlemlerden geçirilmesiyle yapılacaksa bu durumda da buna kesme-sıvama ve bükme kalıplama denir. Ancak plastiklerin ergitme yoluyla bir kalıp boşluğuna doldurularak kalıplanması işlemleri yöntem fark etmeksizin hacim kalıplama olarak adlandırılır. Malzemelerin kalıplanmasından temel amaç seri üretim yapmaktır; ekonomik yönü itibariyle de ucuza maletmektir. Ama sadece bu amaçlar için kalıplama yapılmaz; Geometrik olarak düzgün hatlara sahip olmayan diğer imalat yöntemleriyle şekil verilemeyen geometrileri elde etmek için üretilen parça sayısı az olsa dahi kalıplanmak zorunda kalınabilir. Bu yazımızda plastik malzemelerin kalıplama yöntemlerini ve reaksiyon enjeksiyonlu kalıplama yöntemini detaylı olarak anlatacaz. Önümüzdeki sayılarda ise bu kalıplarda kullanılan temel elemanlar ve kalıp konstrüksiyonu ve kalıp malzemeleri üzerinde durulacaktır.

## Kalıp Nedir?

Kalıplama yapabilmek için temel olarak dişi-erkek plakalardan oluşan ve malzemesi kalıplanacak malzemeye göre tayin edilen, konstrüksiyonu yapılmış yapıya kalıp denir. Ama bir kalıp sadece dişi-erkek plakalardan oluşmamaktadır. Her şeyden önce bu plakaların monte edileceği bir alt ve üst plakaya, kalıplama sonrası ürünün çekirdekten rahat çıkması için destek plakalarına, ve girintili kısımları oluşturabilmek için maçaya ihtiyaç vardır. Aşağıda bir plastik kalıbı görüyorsunuz.



Şekil 1. Bir Plastik kalıbının görünümü

İleride temel kalıp elemanlarıyla ilgili yazılarımızda maçalar konusu ayrıntılı bir şekilde ele alınacaktır ancak burada temel bilgi açısından maçalar konusuna biraz göz atalım. Maça temelde pim olarak düşünülür. Temel işlevi ise kalıplanacak ürün üzerinde bulunan kör delik, girinti ve benzeri yerleri kapatarak bu bölgelere plastiğin dolmasını engelleyip bu bölgelere istenen formu vermeye yarar. Yani dişi bir geometrik yapının aynı ölçülerdeki erkeğidir. Çeşitli ölçü ve profillerde piyasada satılmakta olduğu gibi üretici kendisinde yapabilir. Ve hali hazırda kalıpcılıktaki en büyük sorunlara da bu maçaların kırılması sebep olur. İnce oldukları için kalıp plakalarının büyü basınçlar altında açılıp kapanması esnasında burulur ve kırılırlar. Sık sık değiştirilmeleri gerekir. Aşağıda bazı maça çeşitleri görülmüyor.



Şekil 2. Değişik türde maçalar

Bu temel kavramları verdikten sonra plastiklerin kalıplama yöntemlerine geçebiliriz. Elbette burada herkesin aklına ilk gelecek olan şey plastiklerin enjeksiyon yöntemiyle

kalıplanmasıdır. Ancak başka kalıplama yöntemleride vardır. Örneğin plastik kalıplamanın en basit yöntemi plastisol dökmedir. Şişirme, transfer vb başka metodlarda vardır. Şimdi bu metodları teker teker ayrıntılı olarak inceleyelim.

### A. Sıkıştırma Kalıpları

Sıkıştırma kalıpları plastik malzemelerin kalıplanmasında en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Genelde termoset plastiklerin kalıplanmasında kullanılır. Sıkıştırma kalıplarında kalıp yarımından biri pres üst plakasına diğer yarım ise pres alt plakasına bağlanır. Kalıbın erkek yarımı pres üst plakasına alt yarımı pres alt plakasına bağlanır. Sıkıştırma presleri genelde 4 sütunlu hidrolik presler olup gene çoğunlukla üst plaka hareket etmekte alt plaka ise sabit durmaktadır. Ancak alt plakanın hareket ettiği üst plakanın sabit olduğu preslerde vardır. Bu hidrolik ünitenin nereye konduğuna bağlıdır. Aşağıda bir sıkıştırma presi görülmüyor.



Şekil 3. Sıkıştırma Presi

Tonaj olarak düşük kapasiteli preslerde hidrolik yerine pnömatik de kullanılabilir. Pekçok termoplastik bu yöntemle kalıplanmakta olup bu yöntemde plastik madde kalıp boşluğu içerisine konulur ve basınçla şekil alması sağlanır. Burada kalıp boşluğuna kalıplanacak ürünün hacminden daha fazla veya daha az malzeme konulmasına göre sıkıştırma kalıpları sınıflandırılmaktadır. Şayet parça hassas kalıplama işlemi gerektirmiyorsa bu durumda ürün hacminden daha fazla malzeme konur ve buna taşmalı sıkıştırma kalıpları denir. Bu kalıplarda ön biçimlendirme yapılır. Bu kalıplarda kalıp alt yarımı üst yarımı veya her iki yarımada ısıtıcı ve soğutucu sistemler yerleştirilir. Ham malzeme 120-360 derece ve yaklaşık 2 kg/mm<sup>2</sup> basınçla kalıp içerisinde sıkıştırılır.[1] Elbette bu tür kalıplarda taşma kanalı bulunur. Yarı taşmalı sıkıştırma kalıpları ise ölçü tamlığı ve yüzey kalitesinin iyi olması istenen yerlerde kullanılır. Bu kalıplarda da ısıtma ve soğutma sistemleri kullanılır. Taşmasız sıkıştırma kalıplarında ise kalıp elemanları birbirine tam olarak alıştırmıştır.

Hammadde kalıp boşluğuna bir kerede değilde istenilerin ideal seviyeye (ölçülere) gelininceye değin kademeli olarak artırılır. Böylece fazladan hammadde kullanımı engellenir. Taşmasız kalıplarda zımbaya mutlaka belli bir oranda koniklik verilir. Böylece zımba dışıye girerken ortamdaki havanın tahliyesi sağlanır çıkarkende daha rahat çıkar ve ürünü kendisiyle birlikte sürüklemey.

## **B. Transfer (Aktarma) Kalıpları**

Transfer kalıplama metodu aslında enjeksiyon kalıplama metoduna çok benzerdir. Burada gene kalıp yarımları pres koçbaşına bağlanarak sıkıştırma yapılır. Ancak plastik sıvı haldedir. Ham haldeki plastik ya kalıp boşluğunda yada ayrı bir üniteye önce eritilerek kalıp boşluğuna enjekte edilir ve burada kalıplama için gerekli basınç dalıcı zımbayla sağlanır. Pres tipine göre üst veya alt yarıma monte edilmiş bir hidrolik ünite yardımıyla kalıp yarımları kapanınca dalıcı devreye girer yükleme odasından sıvı haldeki plastiği yolluklara oradanda kalıp boşluğuna sıkıştırır. Transfer presleri dikey veya yatay olabilirler. Aşağıda transfer presleri görölüyor.

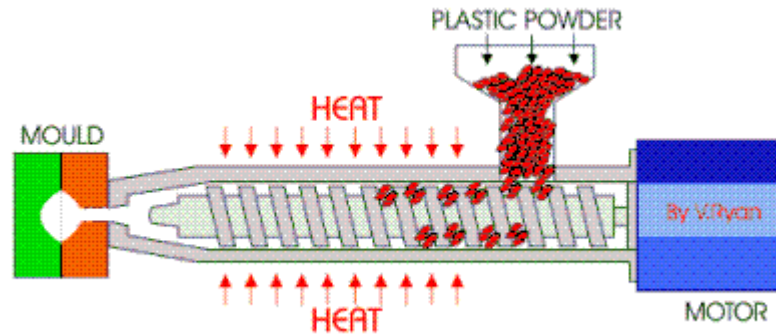


Şekil 4. Transfer Presleri

Tüm bu prosesin gerçekleşmesi için bazı sistemlere ihtiyaç vardır. Öncelikle bir ısıtma sistemi gereklidir bu plastiği istenen akışkanlıkta tutulması için elzemdir. Isıtma sisteminde buhar,elektrikli ısıtıcılar (rezistans) , ve sıcak yağ kullanılır. Bir diğer önemli unsur iticilerdir. Transfer preslerinde özellikle dalıcı güç ünitesi bulunur. Bu ünite mekanik, hidrolik veya tonaja göre pnmatik olabilir. Ama bu tür güç üniteleri çoğunlukla hidroliktir. Bunları dışında ön ısıtıcılar, ön biçimlendirme işlemin için önbiçimlendiriciler ve kalıplama sonrası için çapak alma sistemi, sertleştirme fırını ve kalıp hava tahliye sistemi vardır. Sertleştirme fırını kalıplama sonrası parçaların dış görünüşünü iyileştirmek ve dayanımını artırmak amacıyla kullanılır. Bunun için ürünler sertleştirme fırınlarında birkaç saat pişirilir. Gene hava tahliye sistemi kalıplama esnasında kalıp boşluğundaki havanın tahliye edilmesi için vardır. Şayet hava boşaltılmazsa ürünler içinde hava boşlukları oluşacaktır. Hava tahliyesi kalıp plakasına açılmış hava tahliye kanalları vasıtasıyla yapılmaktadır. Plakaya bağlanmış bir vakumlama sistemi izole bir ortam oluşturur.

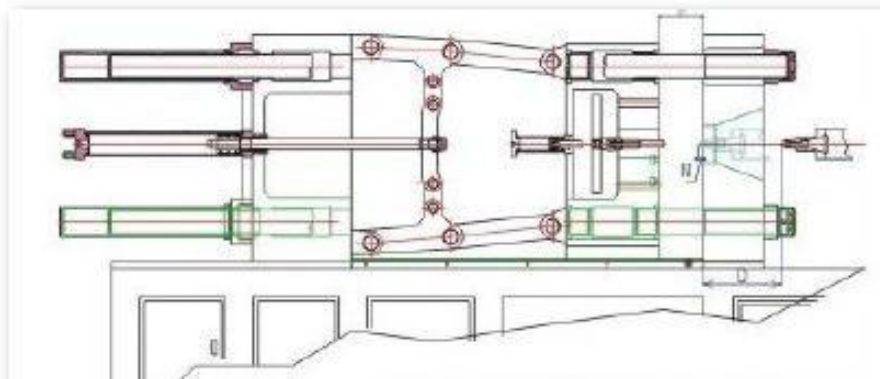
### C. Enjeksiyon Kalıplama Metodu

Plastiklerin enjeksiyon metoduyla kalıplanması sanayide en çok kullanılan yöntemdir. Plastik enjeksiyon makinaları çok sayıda sistemin bir arada olduğu makinalardır. Partikül halindeki plastiğin eritilmesi ve kalıp yolluk burcundan basınçlı bir şekilde enjekte edilmesi için bir dizi işlemden geçmesi gerekir. Huni bir yapıdan konulan plastik partikülleri enjeksiyon ünitesine girer burada bir Arşimet vidası tarafından karıştırma işlemi gerçekleşir. Enjeksiyon ünitesinin etrafına monte edilmiş rezistanslarla plastik ısıtılarak sıvı hale getirilir. Burada vidanın görevi sadece karıştırmak değil aynı zamanda sıvı plastiği enjeksiyon memesine doğru itmektir. Aşağıda vidalı enjeksiyon ünitesi görülmektedir.



Şekil 5. Enjeksiyon Ünitesi

Burada vida sadece dönmez arkadan bir pistonu yataklanmış olup bu pistonun kursu kadar ileri geri hareket kabiliyetine sahip olmalıdır. Böylece eriyik plastik hem vidanın yanı sıra bu kurs mesafesi sayesinde enjeksiyon memesine doğru itilir. Vidalı enjeksiyon preslerinin yanı sıra dalıcı sistemine sahip preslerde vardır. Sanayide bunlar hidrolik enjeksiyon olarak tabir edilir. Burada sıvı plastik enjeksiyon memesine hidrolik bir silindir tarafından sağlanan basınçla enjekte edilmektedir. Burada enjeksiyon vidalarının ve diğer ekipmanın teknik detayları önümüzdeki yazılarımızda incelenecektir. Bir diğer önemli mekanizma pres kapaklarının açılıp kapanması için gerekli mekanizmadır. Burada çoğunlukla makas sistemi kullanılır. Bunun yanı sıra yataklama yapılarak hidrolik silindir vasıtasıyla kapakları açılıp kapanan preslerde vardır. Aşağıda enjeksiyon makinasına ait makas sistemi görülmektedir.



Şekil 6. Enjeksiyon Makinası makas sistemi görünümü

Klasik enjeksiyon makinalarında tek dalıcı piston vardır ama çift dalıcılı ve vidalı ve dalıcı pistonlu enjeksiyon presleri de vardır. Enjeksiyonla kalıplama pek çok yönüyle ele alınabilir. Baskı,malzeme,kalıp tasarımı ve elemanları vb... Bu yöntemi her yönüyle ayrıntılı olarak başka bir yazımızda inceliyecez. Bu yazıdaki amaç kısa ve öz olarak plastiklerin kalıplama yöntemlerini okuyucuya tanıtmaktır. Gene çok yaygın bir kalıplama metoduda şişirme kalıplama metodudur. Şimdi bu metodu inceleyelim.

#### **D. Şişirme Kalıplama Metodu**

İçi boş plastik ürünler ekseriyetle bu metodla üretilmektedir. Boş şişe,kavanoz,bidon,tas vb.. üretilir. Burada iki kalıp yarımının kapatılması ve fişkırtma başlığı ucundaki plastik boruya basınçlı hava üflenmesiyle plastik boru kalıp dış hatlarına doğru şişer ürün meydana gelir. Aşağıda bir şişirme kalıbı görülmektedir.



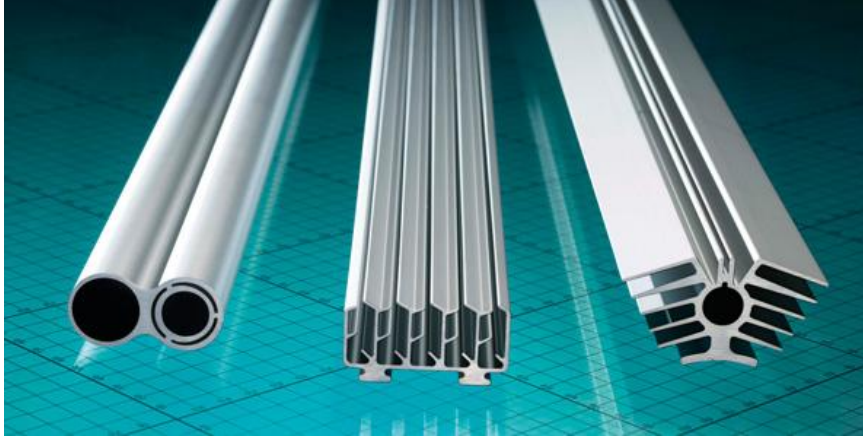
Şekil 7. Bir şişirme kalıbı ve ürün

Bu kalıplama yönteminde otomasyon bir tabla üstüne monte edilmiş kalıpların tablanın dönmesiyle sırayla fişkırtma başlığı altına gelmesidir. Son olarak kalıp soğutulurak ürün elde edilir.

#### **E. Fışkırtma Kalıplama Metodu**

Fışkırtma kalıplama metodu diğer bir ifadeyle ekstrüzyon kalıplama olarak da bilinir. Son yıllarda özellikle profil üretimi için çok kullanılmaktadır. Yapı sektöründe pvc pencere elemanları vb.. hep bu yöntemle üretilmektedir. Bu yöntemle hem metal (özellikle alüminyum) hemde plastikler kalıplanabilmektedir. Metaller açısından tavllanmış (700 derece dolayında) silindirik kütüklerin hidrolik piston basıncıyla kalıp boşluğuna itilmesiyle hammaddenin istenen şekli alması sağlanır. Burada elde edilen profil boyu 30 metreyi bulabilmektedir. Dolayısıyla ürünün istenen ölçülerde dilimlenebilmesi için ekstrüzyon presinin diğer ucunda bir testere bulunur. Aşağıda ekstrüzyon yöntemiyle elde edilmiş bazı ürünler görülmüyor.





Şekil 8. Fıskırtman yöntemiyle elde edilmiş değişik ürünler

### F. Haddeme Kalıplama Metodu

Haddeme kalıplama termoplastik maddelerden plastik levha üretilmekte, ayrıca plastik levhaların astarlama işlemleri yapılmaktadır. Haddeme metoduyla 0.025 mm kalınlığında ve birkaç metre genişliğinde arzu edilen boyda plastik levhalar üretilebilmektedir. Haddeme kalıplama metodunda toz veya öğütülmüş talaş halindeki plastik madde, sıcaklığı ayarlanabilen hadde silindirleri arasına dökülür. Biçimlendirme sıcaklığına kadar ısıtılan plastik madde ayarlanabilen hadde silindirleri arasından geçerek istenilen kalınlıkta haddelenir. Haddelenen plastik levhanın şekil değiştirmesini önlemek için soğutucu tambur üzerinden sargı tamburuna gönderilir. Haddeme kalıplama metoduyla plastik madde kolayca boyanabilir. Haddeme kalıplama metoduyla plastik levha üretimi yapılırken aynı andan plastik levhanın astarlama işlemide yapılabilir. Astar olarak bez kumaş veya benzeri malzemeler kullanılmaktadır. Aşağıda haddeme makinası görülmektedir. [1]



Şekil 9. Haddeme Makinası

## **G. Döndürmeli (Santrifüj) Kalıplama Metodu**

Döndürmeli kalıplama metodundan kalıp, iki eksen üzerinde dönüş yapabilen bir ağıta monte edilmiştir. Bu sisteme santrifüj kalıplama metodu da denmektedir. Döndürmeli kalıplama metodunda toz ve sıvı haldeki plastik maddeler kullanılır. Ayrıca hem termoplastik hemde termosetler bu yöntemle kalıplanabilir. Bu yöntemde plastik madde elle veya otomatik olarak kalıp içerisine dökülür. İçinde plastik madde bulunan kalıp fırına gönderilir ve toz halindeki plastiğin sıvı haline gelmesi sağlanır. Kalıp düşey ve yatay eksenler üzerinde döndürüldüğünde içindeki sıvı plastik santrifüj kuvvetiyle kalıp boşluğu yüzeyine dağılır. Kalıp içerisindeki parça arzu edilen biçimi aldığı anda su veya soğutma sıvısı püskürtülerek yada basınçlı havayla kalıp soğutulur. Bazende kalıp yarımları içine açılan soğutma kanallarından gönderilen sıvı ile de kalıp soğutulabilir. Soğutma işlemi tamamlandığında parça kalıptan elle veya otomatik olarak çıkarılabilir. [1]

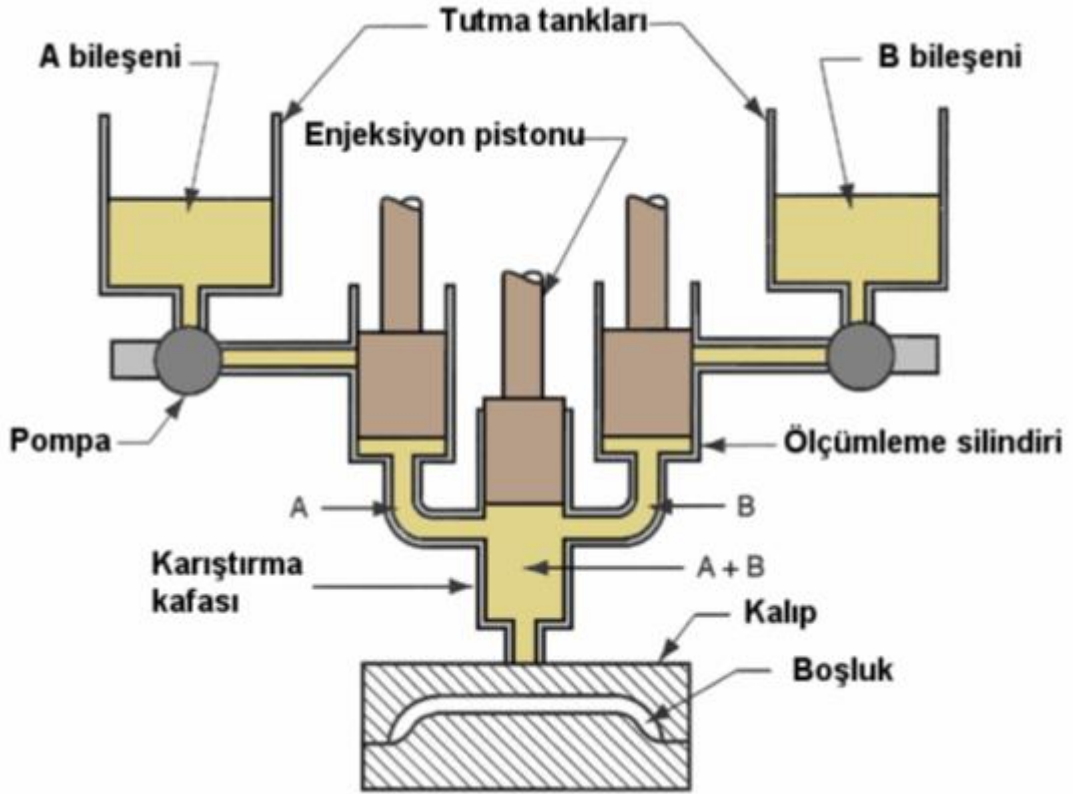
## **H. Diğer kalıplama Metodları**

Yukarıda özetlenen plastiklerin çok bilindik kalıplama yöntemlerinden başka çok kullanılmamakla birlikte başka metodlarda vardır. Bunlar içinde en basit yöntem plastik dökme kalıplama metodudur. Bu yöntemde sıvı haldeki plastik madde kalıp boşluğuna dökülerek sertleşmesi beklenir. Bunun dışında Mekaniksel (germe) kalıplama, Güçlendirme, ve köpürtme kalıplama metodlarında bulunmaktadır. Plastiklerin kalıplama yöntemlerini anlattığımız bu yazımızda son olarak özel dikkate değer bir yöntem olarak Reaksiyon Enjeksiyon kalıplama yöntemi anlatılacaktır.

## **İ. Reaksiyon Enjeksiyon Kalıplama**

Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama yöntemi, iki maddenin kimyasal reaksiyonunun gerçekleştirilmesi temeline dayanır. Kimyasal reaksiyon gösterecek bir karışım ( genellikle izosiyanat ve polioli), reaksiyonun gerçekleşeceği bir kalıba ayrı ayrı depolardan yaklaşık 1500-3000 psi arasında bir basınçla enjekte edilir ya da dökülür. Ekzotermik (ısı veren) bir reaksiyon gerçekleştikten sonra bitmiş parça kalıptan alınır. Bazen bileşenlerden birine güçlendirici dolgu maddesi eklenir. Bu proses güçlendirilmiş reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama olarak adlandırılır [2]. Kimyasal formülasyona bağlı olarak son ürün köpük ya da katı, yüksek derecede rijit ya da çok esnek bir hal alabilir. Bu yöntem sonucunda çıkan ürünlerin yoğunlukları 0,2 ile 1,6 arasında değişir [3]. Günlük yaşamımızda sürekli kullandığımız ve gördüğümüz direksiyon, pencere pervazı, araçların ön/arka tamponları hatta ayakkabılarımızın tabanları bile reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama yöntemi ile üretilmiştir.





Şekil 10: Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama. Karışım kalıp boşluğuna dolmadan önceki hal [4]

**ÖNEMİ:** Enerji maliyetlerinin arttığı günümüzde, birçok plastik üreticisi maliyeti ve malzeme sarfiyatını azaltmanın yollarını aramaktadır. Reçinelerini eritmek için yüksek sıcaklık ve basıncın gerek duyulduğu termosetler ile kıyasladığımız zaman, reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama bileşenlerinin bir kalıp içerisinde kimyasal reaksiyon ile birleşmesi bu yöntemi daha avantajlı kılmaktadır. Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama prosesi daha az enerji tüketir çünkü fark edilir şekilde daha az ısıya, sıkıştırma basıncına ve işleme maliyetine ihtiyaç duyar. Bunlara ek olarak reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama prosesi ekipmanları aşağıdaki avantajlara sahiptir.

- Daha az karmaşıktır ve daha az ilk yatırım maliyetine ihtiyaç duyarlar
- Termoplastik kalıplamadan daha düşük tonajlı preslere ihtiyaç duyulur
- Enjeksiyon kalıplamadan çok daha az yer kaplarlar.
- Daha ucuz kalıplara veya preslere ihtiyaç duyarlar.

**KULLANIM ALANLARI:** Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama küçük hacimli iş yerlerinden büyük firmalara kadar çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. 1960'lı yıllarda bu yöntem çoğunlukla tampon gibi yüksek yoğunluklu rijit poliüretan parçaların üretiminde kullanılmaktaydı. Bu tarihten sonra yapı endüstrisi, cihaz yapımı, spor, eğlence, sağlık, elektronik sektörü gibi birçok alanda kullanılmaya başlandı.

Günümüzde ise yapı endüstrisi için kılıf, çatı malzemesi, kapı, pencere, dekoratif eşya; otomotiv endüstrisi için direksiyon, çamurluk yapımında kullanılmaktadır. Bunlara ek

olarak askeriye ve havacılık uygulamalarında, elektronik endüstrisinde bilgisayar bileşenleri yapımında, ev aletleri endüstrisinde buzdolabı izolasyonunda kullanılır.

## PROSES AŞAMALARI

### 1.MALZEME DEPOLAMA

Tipik bir reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama prosesinde hammadde işlem görmeden önce günlük tanklarda ya da döküm tanklarında depolanır. Malzemeler, tedarikçisi tarafından belirlenen optimum sıcaklıkta muhafaza edilir. Sıcaklığın muhafaza edilmesi, malzemenin işlem görürken istenen fiziksel özelliklerde kalmasını sağlar. Eğer malzemeler, dolgu maddeleri ya da pigmentler gibi bileşenlere sahipse bunlar kimyasal ayrıştırma ya da çöktürme yoluyla uzaklaştırılır.

### 2.DEVİRDAIM

Malzemeler sürekli olarak düşük basınçta pompalama sistemi vasıtasıyla karıştırma kafasına doğru devirdaim edilir. Malzeme karıştırma kafasına ulaştığı zaman tanklara geri gönderilir ve aynı yolu izleyerek tanklardan karıştırma kafasına doğru geri gelir. Düşük basınçlı devirdaim sistemi malzeme sıcaklığının sabit kalmasını sağlar.

### 3.DAĞITMA

İki reaktif madde olan poliöl ve izosiyanat karıştırma kafasına gelene kadar ayrı tutulurlar. Malzemeler dökülme safhasına geldiği zaman reaksiyonlu enjeksiyon makinesi otomatik olarak kendini devirdaim modundan dağıtım moduna ayarlar. Bu aşamada pompalar vasıtasıyla malzeme istenilen hacim, oran, debi ve sıcaklıkta karıştırma kafasına gönderilir. Daha sonra malzemeler birbiriyle yüksek basınçta (yaklaşık 170 bar) çarpıştırılır ve karışım bir kapalı bir kalıba enjekte edilir ya da açık bir boşluğa dökülür.

### 4.KALIPLAMA

Karıştırma kafasında ani bir ekzotermik reaksiyon meydana gelir. Proses köpükleşmeye başladığında kalıbın içinde parçanın doluluğunu sağlamak için yenilmesi gereken önemli kuvvetler meydana gelir. Kapama basıncı, malzeme ile ilgili faktörlerin yanısıra hacme, genleşme oranına ve istenen parça yoğunluğuna bağlı olarak birkaç tona kadar çıkabilir. Elastomer malzemeler genişlemedikleri ya da iç kalıp kuvvetleri üretmedikleri için çok küçük sıkıştırma basıncına ihtiyaç duyarlar.

## GELENEKSEL TERMOPLASTİK KALIPLAMA İLE ARASINDAKİ FARKLAR

	<b>Termoplastik kalıplama</b>	<b>Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama</b>
<b>Malzeme</b>	Partikül formdaki termoplastikler	Düşük viskoziteli akışkanlar
<b>İşlem sıcaklığı</b>	176-232 °C	32-40 °C
<b>Kalıp sıcaklığı</b>	176-232 °C	32-40 °C
<b>Kalıp basıncı</b>	Birkaç ton basınç	Düşük iç kalıp basıncı (3,4 bar ve üstü)
<b>Kapladığı alan</b>	Ekipmanların kapladığı alan daha çok	Ekipmanların kapladığı alan daha az
<b>Enerji</b>	Bir ürün yapmak için daha fazla enerji	Bir ürün yapmak için daha az enerji
<b>Yatırım</b>	Yüksek ilk maliyet	Düşük ilk maliyet

### YARARLARI

#### 1. ÇOK GENİŞ, HAFİF PARÇALAR

Poliüretan bileşenlerinin akış kabiliyeti yüksek olduğundan enjeksiyonla üretilemeyecek kadar geniş parçaların üretimine imkan sağlar ve kalıbın en içlerine kadar girer.

#### 2. DÜŞÜK MALİYETLİ KALIPLAR

Reaksiyonlu enjeksiyon prosesi düşük basınç gerektirdiği için tasarımcılar çelik, alüminyum, nikel, epoksi, silikon ve fiberglas gibi daha düşük maliyetli malzemelerden kalıp tasarlayabilirler.

#### 3. TASARIM RAHATLIĞI

Reaksiyonlu enjeksiyon prosesi yüksek derecede detay içeren parçaları ve karmaşık yüzeyleri az işlem ve düşük maliyetle üretmeye imkan sağlar. Tek parça halinde farklı duvar kalınlığına sahip ürünler aynı kalıpta tasarlanıp üretilebilir.

#### 4. HIZLI PROTOTİPLEME

Bu yöntemle geleneksel enjeksiyon kalıplama tekniğinden çok daha az bir maliyetle, 3-15 gün arasında bir sürede mükemmel prototipler geliştirilebilir. Bu durum ortaya çıkacak ürünün ergonomik ve fonksiyonel olmasına avantaj sağlar. Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama metodu 5000 adetten az sayıda üretimler için ideal bir metottür.

## 5. KALİTELİ SON YÜZEY

Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama ile çıkan ürünün bitmiş yüzeyi üreticilere çok kaliteli yüzeye sahip parçalar elde etmeye imkan tanır.

**ÇIKAN ÜRÜNLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ:** Reaksiyonlu enjeksiyon kalıplama metodu ile üretilen son ürünlerin fiziksel özellikleri kimyasal bileşimine bağlı olarak köpük ya da katı, yüksek derecede rijit ya da çok esnek olabilir. Bu yöntemle üretilen poliüretan parçaların başlıca özellikleri hafiflik, yüksek dayanım, çizilme direnci, ısı direnç, darbe direnci, organik ve inorganik asitlere karşı direnç.

**UYGULAMALARI:**



Şekil 11: Esnek köpük [4]



Şekil 12: Rijit köpük [4]



Şekil 13: Yumuşak elastomer [4]



Şekil 14: Rijit elastomer [4]

## REFERANSLAR

[1] İbrahim Uzun, Yakup Erişkin, Hacim Kalıpcılığı

[1] Crawford R.J, Plastics Engineering Third Edition, BH, sf 302

[2] Prof.Dr. İrfan AY Plastik Malzemeler Ders Notları

[3] Doç. Dr. Murat VURAL Üretim Yöntemleri Ders Notları

[4] <http://download.ebooks6.com/Introduction-to-Reaction-Injection-Molding-MOLDING-download-w12907.pdf>