

## GİRİŞ

Termoform en eski ve alışlagelmiş plastik işleme yöntemlerinden biridir. Bu yöntemle işlenmiş olan plastik ürünler günlük hayatımızda büyük bir rol oynuyor. Termoform basit ambalaj ürünlerinden uçakların kokpit kapaklarına kadar geniş ürün yelpazesine sahip olan bir süreçtir.

Termoform polimerleri ısı ile şekillendirme süreçlerini kapsar. Aşağıdaki bölümlerde şekillendirme süreçleri ve teknikleri üzerinde termoform ürünleri için çeşitli uygulama örnekleri hazırladık.

## UYGULAMALAR

Aşağıda vakum şekillendirme yöntemi kullanılan çeşitli sektörler için alt başlıkları tahsis ettik. Liste oldukça kapsamlı ve potansiyel birçok uygulamayı da içermektedir, ancak bu listede en popüler uygulamaları vurgulamaya çalıştık.

- HAVACILIK ENDÜSTRİSİ

İç Döşeme Panelleri, Kapaklar  
NASA Uzay Mekiği İç Bölümler

- TARIM TEDARİKÇİLER

Tohum Tepsileri, Hayvan Kapları  
Çim Biçme Makinesi Muhafazaları, Makine Parçaları

- MİMARİ MODEL

Mimari Modeller için Minyatür Parça Üretim Makinesi  
Prototipler

- OTOMOTİV ENDÜSTRİSİ

Kayak Kutuları ve Depolama Rafları Kapakları  
Rüzgar Tüneli Modelleri, Arazi Araçları Parçaları  
Kamyon Kabin Kapısının İç Kısımları, Yağmur ve Rüzgar Saptırıcılar  
Çamurluk, Tampon ve Koruyucu Paneller  
Koltuk Arkaları, Kapı İç Kısımları ve Çevreleri

- İNŞAAT ENDÜSTRİSİ

Çatı Işıkları, İç Kapı Hatları, PVC Kapı Panelleri  
Beton Parke Taşları ve Özel Tuğlalar için Kalıp Üretimi

- TEKNE YAPIM ENDÜSTRİSİ

Elektrik Kutuları, Panolar

- ÇİKOLATA ENDÜSTRİSİ

Özel Çikolatalar için Çikolata Kalıp Üretimi  
Paketleme

- BİLGİSAYAR ENDÜSTRİSİ

Ekran Çevreleri Üretimi  
Yumuşak Şeffaf Klavye Kasaları  
Yardımcı Ekipmanlar

- TASARIM ENDÜSTRİSİ

Plastik Süreçler için Prototipler

- FİLM VE MEDYA ENDÜSTRİSİ

Kostüm ve Set Üretimi  
Bilgisayar Simülasyonu için animasyon Modelleri ve Maketler

- EŞYA ÜRETİM ENDÜSTRİSİ

Sandalye ve Koltuk Arkaları  
Mutfak Ünitesi Panelleri ve Depolama Modülleri

- HASTANE VE SAĞLIK UYGULAMALARI

Kanser Tedavileri İçin Radyoterapi Maskeleri  
Yanık Mağdurları için Basınç Maskeleri  
Protez Parçaları  
Tekerlekli Sandalye ve Medikal Parçaları

- MAKİNA ÜRETİCİLERİ

Elektrik Muhafazaları ve Makine korumaları Üretimi

- MODEL ARABA VE UÇAK SANAYİ

Araç gövdesi ve Modeller İçin diğer Parçalar

- AMBALAJ VE İLGİLİ ENDÜSTRİLER

Satış Noktası  
Tepsi ve Tabaklar  
Kozmetik Kutuları ve Paketler  
Elektronikler ve Kaset Tutucuları  
Yemek Tepsileri, Bardak ve Fast Food Kapları

- SIHHİ ENDÜSTRİ

Banyo Armatürleri  
Küvet ve Jakuzi  
Duş Çevreleri, Duş teknesi ve Duş Güçlendirme Bileşenleri

## VAKUM ŞEKİLLENDİRME SÜRECİ

En basit haliyle bu süreçte termoplastik levha şekillendirme alanına yerleştirilir, ısıtıcılarla istenilen sıcaklık ayarlanır ve sonrasında aşağıdan kalıp kaldırılır. Sıkışan hava vakum sistemi yardımıyla tahliye edilir ve ardından plastik parçayı kalıptan ayırmak için soğutmalı ters hava sağlanır. Bu işlemler şekil 3.1'de gösterilmiştir. İleriki evre pnömatik ve hidrolik sistemler, ağır ve yüksek hacimli uygulamalar için sofistike ısı ve proses kontrolleri ile yüksek hızlı ve hatasız vakum şekillendirme sağlar.

### 1. Sıkıştırma

Kıskaçların makinede şekillenecek malzemelerin tutulması için yeteri kadar güçlü olması gerekir. Eğer otomatik işlemler uygulanırsa, hareketli parçaların çalışması, kazara zarar görmemeleri için tedbirli ve kilitli olmalıdır. Ayrıca makine operatörünü korumak için her zaman güvenlik sağlanmalıdır.

### 2. Isıtma

Isıtıcılar genellikle alüminyum reflektörlerin içine monte edilen infrared rezistanslardır. En iyi vakum şekillendirme sonuçlarını elde edebilmek için, levhanın tüm yüzey alanı ve kalınlığı boyunca eşit olarak ısıtılması gerekmektedir. Bunu başarmak için bölgelerin enerji regülatörleri tarafından kontrol edilmeleri gerekir. Seramikler onların ısınma sürelerini ve tepki sürelerini yavaşlatacak yüksek termal kütleyle sahiptirler.

Daha hızlı yanıt süresine sahip, daha az termal kütleli olan daha gelişmiş kuartz rezistanslar da mevcuttur. Pirometreler levha erime sıcaklığını algılayarak ve işlem kontrorlü ile etkileşerek doğru ısı sıcaklık kontrolünü sağlarlar. Pirometreler için bir soğutma kabı gereklidir. Tam sıcaklık değeri pirometrelerle uyum içinde çalışan bilgisayar kontrollü sistem ile mevcuttur.

### 3. Levha Düzeyi

Bir fotoelektrik giriş alt rezistans ve plastik levha arasında tarama yapmak için makineye dahil edilmiştir. Eğer plastik levha sarkarsa ve girişi kırarsa alt bölmeye az miktarda hava enjekte edilir, böylece levha sarkması önlenir.

### 4. Ön Gerdirme (Kabarık)

Vakum uygulandığında plastik şekillendirme sıcaklığına ulaşmıştır ya da et kalınlığı sağlamak için gerilmiş olabilir. Ön gerdirme yüksek kalıp yüzey detaylarıyla parçalar oluşturulurken uygulanan önemli bir özelliktir. Kabarık yüksekliğini kontrol edilebilme yöntemi tutarlı sonuçlar sağlamalıdır. Vakum, hava basıncı ve dolgu ile destekleme gibi isteğe bağlı yardımcı plastik kalıplamaya destek olmak için kullanılır.

### 5. Vakum

Sac şekillendirmeye yardımcı olmak için malzemeye ön gerdirme vakum uygulanabilir. Levha ve kalıp arasında havayı çekmek için kuru bir vakum pompası kullanılır. Büyük makinelerle vakum haznesi yüksek hacim kapasiteli vakum pompalarıyla birlikte kullanılır. Bu ısıtılmış levhanın hızlı kalıplanmasını sağlayan iki aşamalı vakum uygulamasını sağlar.

### 6. Dolgu ile Desteklemek

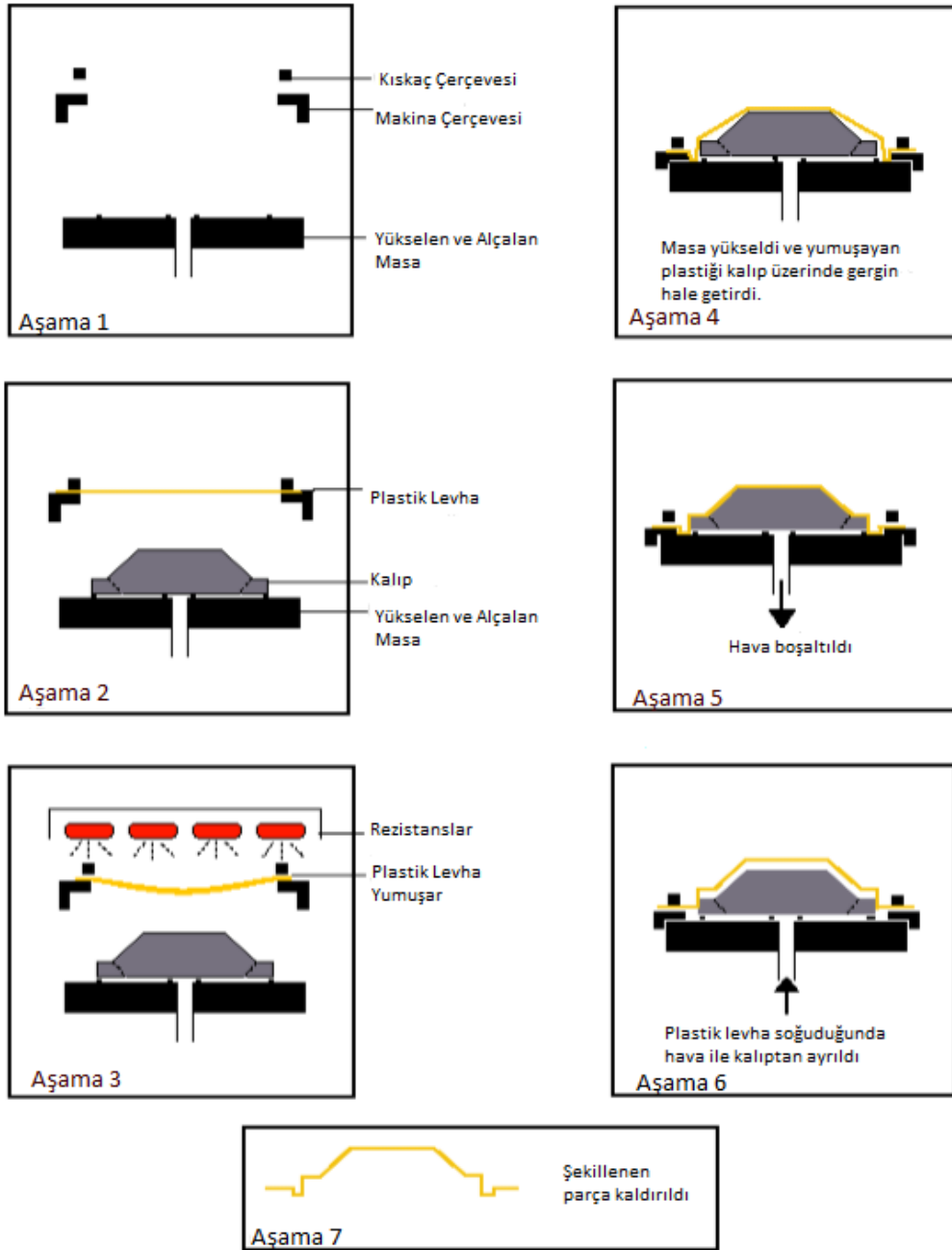
Dolgu ile destekleyerek şekillendirme pnömatik ya da hidrolik silindirler üzerinde monte edilen, makinenin şekillendirme alanında bulunan erkek kalıbı tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Karmaşık ve derin çekme kalıpların üretilmesini sağlar. Sürecin arkasındaki fikir vakum uygulanmadan önce incelemeyi önlemek amacıyla daha fazla malzemeyle beslemektir. Dolgu kalıpları genellikle ahşap ya da metalden yapılır. Bir keçe ya da deri kaplama erken

soğutma riskini büyük ölçüde azaltır. Reçine dolgular levha sıcaklığını etkilemezler, yalıtkan olarak iyi bir alternatif sağlarlar. Dolgu ile desteklemek parçalar arasında dokuma malzeme korkusu olmadan birbirine çok yakın yerleştirilen erkek kalıplarda gerekli bir özelliktir.

#### 7. Soğutma ve Bırakma

Şekillenen plastiğin bırakılmadan önce soğumasına izin verilmelidir. Eğer plastik erken bırakılırsa deformasyona yol açabilir. Soğutma işlemini hızlandırmak için yüksek hızlı fanlar aktif hale getirilebilir.

Aşağıdaki Şekil 3.1 vakum şekillendirme temel prensiplerini göstermektedir.



Şekil 3.1

## PLASTİK MALZEMELER VE ÖZELLİKLERİ

Plastikler geniş malzeme yelpazesine sahiptir fakat temelde iki gruptur; termoset ve termoplastik. Termoplastikler molekül yapıları gereği ısınan, sertleşen ve soğuyunca tekrar yumuşatma özelliğine sahip olan malzemelerdir; özellikle termoform işlemleri için kullanılırlar.

Termoplastikler iki gruba ayrılırlar – amorf ve kristalin. Kristalin termoplastik molekülleri sıralı, amorf termoplastiklerin molekülleri ise rastgele bir düzen içindedirler.

Genel olarak amorf malzemeler (Polistiren, ABS gibi...) ciddi şekillendirme sıcaklığı gerektirmediğinden vakum şekillendirme için daha kolaydır. Amorf malzemelere ısı uygulandığında yumuşar ve esnerler, bu duruma ulaştıklarında Cam Geçiş Sıcaklığı olarak bilinirler. Daha yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılırlarsa yapışkan bir hale gelirler.

Yarı kristalin ve kristalin malzemeler (Polietilen, Polipropilen gibi...) çok daha ciddi şekillendirme sıcaklığına sahiptirler. Kristalin malzemeler kullanırken ısıtma sürecini izlemek için sıcaklık kontrolü gereklidir.

Özet olarak amorf malzemeler için şekillendirme sıcaklığı daha geniştir ve sonuç olarak kristalin parçalara göre işlenmesi daha kolay malzemelerdir.

Aşağıdaki tablo 4.1 çoğunlukla kullanılan amorf ve yarı kristalin malzemelerin sıcaklık özelliklerine göre rehberlik sağlamaktadır.

Tablo 4.1

Malzeme	Cam Geçiş Sıcaklığı	Kalıp Sıcaklığı	Şekillendirme Sıcaklığı	Kurutma Sıcaklığı
PS	94 °C	82 °C	150-175 °C	70 °C
ABB	88-120 °C	82 °C	150-180 °C	70/80 °C
PP	5 °C	90 °C	150-180 °C	65 °C
Akrilik /PVC	105 °C	-	140-190 °C	75 °C
PC	150 °C	127 °C	170-205 °C	90 °C

Farklı termoplastiklerin farklı özellikleri vardır ve spesifik uygulamalar için uygundur. İdeal malzemenin düşük şekillendirme sıcaklığıyla, iyi akış özellikleriyle ve ısı mukavemetle şekillendirilmesi kolay olacaktır.

Bazı malzemelerin termal stabilitesini geliştirebilmek, (örneğin ; PVC) bozulmasını önlemek için ısıtıldığında stabilizatörler eklenir.

Higroskopik olarak bilinen bazı malzemeler şekillendirme sonucunda ortaya çıkan nem kabarcıklarını absorbe ederler. Kabarcıkların çok fazla ısı sonucu olduğu yanlış bir yanılgıdır. Bu yanlış ısıtma döngülerine yol açabilir.

Bu sorunun üstesinden gelebilmek için higroskopik malzemeler için fırında şekillendirme işlemi öncesinde ön kurutma gereklidir. Kurutma sıcaklığı ve süresi malzemenin türüne ve kalınlığına bağlıdır.

Tablo 4.2’de yaygın olarak kullanılan malzemeleri ve infrared seramiklerle oluşturulmuş makinede gerekli olan ısınma sürelerini görebilirsiniz.

Tablo 4.2

Plastik	Kalınlık	Isı Zamanı (sn)
PS	1 mm	30
ABB	1 mm	40
PP	1 mm	50
PE	1 mm	50
PETG	1 mm	30
PVC	1 mm	30
PC	1 mm	60

Plastik	Kalınlık	Isı Zamanı (sn)
PS	1.5 mm	45
ABB	1.5 mm	60
PP	1.5 mm	75
PE	1.5 mm	75
PETG	1.5 mm	45
PVC	1.5 mm	45
PC	1.5 mm	90

Plastik	Kalınlık	Isı Zamanı (sn)
PS	2 mm	60
ABB	2 mm	80
PP	2 mm	100
PE	2 mm	100
PETG	2 mm	60
PVC	2 mm	60
PC	2 mm	120

Plastik	Kalınlık	Isı Zamanı (sn)
PS	3 mm	90
ABB	3 mm	120
PP	3 mm	150
PE	3 mm	150
PETG	3 mm	90
PVC	3 mm	90
PC	3 mm	180

Plastik	Kalınlık	Isı Zamanı (sn)
PS	4 mm	120
ABB	4 mm	160
PP	4 mm	200
PE	4 mm	200
PETG	4 mm	120
PVC	4 mm	120
PC	4 mm	240