

**T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**THERMOFORM KALIPLARINDA İTİCİ TASARIMLARI VE  
UYGULAMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Erol BÜKER**

**Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DENKTAŞ**

**Mayıs 2019**

T.C.  
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ


THERMOFORM KALIPLARINDA İTİCİ TASARIMLARI VE  
UYGULAMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erol BÜKER

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 17/05/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Prof. Dr.  
Salim ASLANLAR  
Jüri Başkanı

  
Dr. Öğretim Üyesi  
Mustafa DENKTAŞ  
Üye

  
Dr. Öğretim Üyesi  
İdris KARAGÖZ  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Erol BÜKER

03/05/2019

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Mustafa DENKTAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez uygulama çalışmalarında sağlandıkları atölye olanakları ve mesleki yardımlarını esirgemeyen PescoThermo Firma Sahibi Sayın Çetin AKAYDIN'a ve Yüksek Lisans yapmamda vesile olan değerli dostum Sayın Harun ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Ayrıca yüksek lisans sürecimde destekleri her daim yanımda olan Eşim Hatice BÜKER Kızlarım İrem BÜKER ve İzem BÜKER'e teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ÖZET .....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Polimerler.....	4
2.2. Termoplastikler.....	4
2.2.1. Polietilen terafalat (PET).....	5
2.3. Plastiklerin geri dönüşümü.....	6
2.4. Ekstruzyon ile levha üretimi.....	7
2.5. Ekstruzyon makine sistemleri.....	8
2.5.1. Ekstruder makinesinin kısımları.....	9
2.5.1.1. Huni.....	9
2.5.1.2. Vida (Helezon).....	9
2.5.1.3. Silindir (Kovan).....	10
2.5.1.4. Soğutma ve Vakumlama ünitesi.....	10
2.5.1.5. Extruzyon levha kalıbı.....	10
2.5.2. Ekstrüzyon işlem basamakları.....	11

2.6. Thermoforming.....	11
2.6.1. Thermoforming şekillendirme metodları.....	12
2.6.2. Thermoform kalıp tasarımında dikkat edilecek hususlar.....	13
2.6.3. Thermoforming itici sistemleri.....	14
2.6.3.1. İtici malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar.....	14
2.6.4. Thermoform üretiminde karşılaşılan problemler ve yapılması gerekenler.....	18
2.6.4.1. Üründeki kalınlık dağılımını kontrol etme.....	18
2.6.4.2. Üründe bayrak probleminin giderilmesi.....	18
2.6.4.3. Üründe ağız kısmının ütülenmesi ve ütülenmenin kesim ile olan ilişkisi.....	18
2.6.4.4. Pot çemberi ile kesim arasındaki ilişki.....	19
2.6.4.5. Üründe itici izinin giderilmesi.....	19
2.6.4.6. Üründe çekme probleminin giderilmesi.....	19
2.7. Literatür araştırması.....	20

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM .....	27
3.1. Materyal .....	27
3.2. Yöntem .....	28

### BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI .....	30
4.1. 1 nolu itici form alma analizleri.....	30
4.2. 2 nolu itici form alma analizleri.....	31
4.3. 5 nolu itici form alma analizleri .....	32
4.4. 4 nolu itici form alma analizleri.....	33

BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA.....	34
BÖLÜM 6.	
SONUÇ .....	35
KAYNAKLAR .....	37
ÖZGEÇMİŞ .....	39



## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABS	: Akrilonitril butadien stiren
CPET	: Kristalin polietilen tereftalat
EVOH	: Etilen vinil alkol
FDA	: Amerikan gıda ve ilaç dairesi
HDPE	: Yüksek yoğunluklu polietilen
LDPE	: Alçak yoğunluklu polietilen
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen tereftalat
PETG	: Polietilen tereftalat glikol
PMMA	: Akrilik
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PVC	: Polivinil klorür
RPET	: Geridönüşümlü polietilen tereftalat



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Geri dönüşüm sembolleri .....	6
Şekil 2.2. Levha üretim extruder hattı .....	8
Şekil 2.3. Extruder hunisi .....	9
Şekil 2.4. Extruder vidası .....	9
Şekil 2.5. Extrüzyon levha kalıbı görseli .....	10
Şekil 2.6. Vakum ile ısıll şekillendirme .....	11
Şekil 2.7. Hava üfleme ile ısıll şekillendirme .....	11
Şekil 2.8. İtici desteği ile ısıll şekillendirme .....	13
Şekil 2.9. Bayrak yapmış ürün .....	18
Şekil 2.10. Sıcak yağ kullanılarak akrilik şekillendirme .....	22
Şekil 2.11. Helwig snap-back tekniği .....	23
Şekil 3.1. Cnc işleme merkezi .....	27
Şekil 3.2. İtici .....	27
Şekil 3.3. Thermoform makinesi .....	28
Şekil 3.4. Pet bobin .....	28
Şekil 3.5. Dijital kumpas .....	28
Şekil 3.6. Thermoforming sistemi .....	28
Şekil 3.7. İtici hareket aşamaları .....	29
Şekil 3.8. Isı çenesi ve form kalıbı .....	29
Şekil 4.1. 1Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli .....	30
Şekil 4.2. 2Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli .....	31
Şekil 4.3. 5Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli .....	32
Şekil 4.4. 4Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli .....	33

## TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Termoplastik ürün kullanım ısı değerleri .....	6
Tablo 2.2. Hytac itici malzeme özellikleri .....	15
Tablo 2.3. Termoplastik formlama ısı değerleri .....	15



# **THERMOFORM KALIPLARINDA İTİCİ TASARIMLARI VE UYGULAMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

## **ÖZET**

Yapılan bu çalışmada, termoform ürünlerin üretiminde kullanılan iticilerin, kalıplama esnasında form üzerindeki etkisi ve doğru itici tasarımlarının nasıl olması gerektiği uygulamalı olarak incelenmiştir. Thermoforming, çalışma prensibi olarak şekillendirme sıcaklığında ısıtılmış olan levhanın vakumlu veya üfleme olarak form alması prensibine dayanır. Thermoforming ürünlerde en önemli kısım form üzerindeki duvar kalınlıklarının her tarafta eşit şekilde dağılmış olmasıdır bunun sağlanması içinde ilk olarak levha üretim prosesinin standartlara uygun üretilmiş olması, üretim anında da levhanın ön ısıtmadan geçmesi , levhanın homojen ısıtılması ,kalıp hava tahliye deliklerinin doğru açılması , kalıbın ve itici maçanın ısısının prosese uygun olması ve iticinin formunun kalıp formuna uygun tasarlanmış olması gerekmektedir. Yapmış olduğumuz bu çalışmada, Ambalaj makineleri sanayisinde üretilen bardak su paketleme yapan termoform makinelerinde kalıplama esnasında elde edilen bardak formunun homojen şekillenememesi ile otomatik kolileme esnasında ve kolideki diziliminde yaşanan istifleme sorunlarını çözmek aynı zamanda homojen form sağlanması ile birlikte daha ince levha kullanarak üreticiye malzeme maliyetlerin de kazanç sağlanması hedeflenmektedir. Deneysel çalışma için tam otomatik bardak dolun kapaması yapan termoform makinesi ve üretim koşulları oluşturulmuş mevcutta kullanılan 700 mikron termoplastik malzemelerden polietilen tereftalat levhası ve itici malzemesi olarak polietilen malzeme kullanılmıştır. Kalıp olarak standart bardak formu kullanılarak çeşitli formda iticiler ile şekillendirme yapılmıştır ve iticilere göre çıkan formların duvar kalınlıkları raporlanarak çıkan veriler karşılaştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: termoform, itici, üfleme, homojen form, polietilen tereftalat

# **DETERMINING DESIGN AND APPLICATION PARAMETERS IN THERMOFORM MOLDS**

## **SUMMARY**

The effects of the propellants used in the production of thermoform products on the form during molding and the correct way for designing propellants are examined in this study. Thermoforming is based on the principle that plates that are heated at shaping temperatures, takes form either by vacuuming or blowing. The most important part in thermoforming products is that the wall thicknesses on the form are evenly distributed on all sides. In order to achieve this, first the plate production process must be produced according to the standards, then the plate must be preheated at the time of production, the plate should be homogenously heated, the mold air discharge holes should be correctly opened, the mold and the heat of the propeller should be suitable for the process and the form of the propellant should be designed according to the mold form.

In this study, the goal is to solve the problems of non-uniform plastic cups obtained during molding in the thermoform machines that package plastic cups which are produced in the packaging machine industry along with problems observed during automatic packaging and stacking inside the package. At the same time, the aim is to save the producer on material costs by using thinner sheet plates and also to provide homogeneous forms. For the experimental study, a fully automatic cup filling thermoforming machine, a polyethylene terephthalate sheet from 700-micron thermoplastic materials that is ready for production and which is currently in use and as for the propellant material, polyethylene material was used. Molds were made by using the standard cup form and shaping was done with propellants in various forms. The wall thicknesses of the resulting forms from the propellants were recorded and the data were compared.

Keywords: thermoform, plug, blow, homogeneous form, polietilen teraftalat

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Thermoforming yöntemi tüketim zenginliğinin arttığı günümüzde hızla büyüyerek plastik endüstrisine katkı sağlamaya devam etmektedir. 1870’li yıllardan bu yana kullanılan bu yöntem, şekillendirme süreci açısından uygulaması en kolay ve düşük maliyetli bir imalat sistemine sahip olduğundan birçok ambalaj ürünleri bu yöntem ile kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde hemen hemen her ürün bu imalat yöntemi ile üretilen ürünler ile raflarda yerini almaktadır. Thermoforming, kelimesinden anlaşıldığı üzere ısı ile şekillendirme metodu olarak adlandırılır. Bu yöntemin esasında plastik levhanın hamurumsu kıvama gelene kadar ısıtılarak vakum ve hava üfleli olarak şekillendirilmesi esasına dayanır. Tabii ki bu üretim süreci mantık olarak bu kadar gözüke de içerik olarak birçok özellikli oluşumdan geçmektedir. Thermoforming işlemi, polimer oluşumundan başlayarak ekstrüzyon levha üretimi ve şekillendirme süreçlerinin tamamını kapsamaktadır. Bu işlemin oluşumu levha şekillendirme olduğundan levhanın da sürece uygun üretilmiş olması gerekmektedir. Her bir süreç nihai üründe etkili bir rol oynamaktadır.

Tasarım mühendisleri, yenilikçi ve göz alıcı paketler oluşturmak için en gelişmiş yazılımı kullanırken, ürünü korumak ve sergilemekte temel amacı koruyorlar. İticiler, ısıyı kaldırmadan ya da şekillendirilebilirliğini etkilemeden levhayı önceden gerdirerek form alma sürecinde yardımcı olur. Burada iticiler kritik bir öneme sahiptir çünkü yapılan ambalaj tasarımlarında istenilen homojenliğe ve stabil bir formu elde etmenin yolu doğru sürecin yanında doğru tasarlanmış itici formundan geçmektedir. Bir levhanın aşırı ısınması, genellikle formlama anında iticinin levhaya teması anında, plastik oryantasyon kaybının, daha düşük mukavemet, berraklık kaybının, iticiye yapışan levhanın ve çok çeşitli kontrolsüz sorunların çıkma nedenidir. İtici malzemesinin, itici geometrisinin, takım tasarımının ve levha sıcaklığının etkileşimini anlamak için her bir öğeye izole olarak bakmak önemlidir. Yüzey sürtünmesi, pürüzlülüğü ve sıcaklığı hepsi ürüne etki eden önemdedir (How Plug Assists, 2014).

Her adımın belirli ayrıntılarını incelemeden önce, kullanıcının bakış açısının bu süreçte önemli bir rol oynadığını belirtmek önemlidir. Bir termoform, kalıpcı veya her ikisine de bağlı olarak, doğru malzemeyi seçerken göz önünde bulundurulması gereken birkaç unsur vardır. Bazı insanların iticileri tasarlaması ve inşa etmesi gerekirken, diğerleri bu iticilerle donatılmış makineleri çalıştırması gerekir. Reçine tedarikçileri ve kullanıcıları, ekstruderler, dönüştürücüler, alet üreticileri, makine atölyeleri, OEM'ler ve diğer hizmet tedarikçilerinden oluşan termoform ekosistemi göz önüne alındığında bu önemli bir ayrımdır. Ekosistemin bir bölümündeki değişiklikler diğerindeki kararları ve sonuçları etkiler. Bir takım üreticisi, itici ve plastik arasındaki etkileşimi anlamadan tek bir malzeme derecesini seçerse, üretici bu proje için en iyi materyali elde edemeyebilir (Conor, 2015).

Sanayi çalışmalarım da Polipropilen levhadan denemesini yaptığımız 20 cc sos kabının üretimi esnasında çıkan ürünlerin pul pul döküldüğü ve formun daha bulanık çıktığı gözlemlenmişti kalite kontrolden geçmeyen ürünlerin ekstrüzyon hattında levha üretimi anında soğuk çekildiği anlaşılıp o seride üretilen levha bobinleri hurdaya ayrılarak kırma hattından geçmesi için geri dönüşüme gönderildi. Bunun sonucun da üretimin aksaması, personelin fazla mesai yapması, çalışılmış olan vardiyanın boşa gitmesi ve geri dönüştürülen hammaddenin tekrar dönüştürüldüğünden ikinci kalite haline gelmesine sebebiyet vermiştir. Üretimin ilk başında yapılan bir hata son üretime kadar yansıtacağından bu üretim sürecinde görevli olan teknik personelin sürece tam hakim olması ve kendi işinin kalite kontrolcüsü olması gerekmektedir. Üretimin bir başka süreci olan kalıp imalatında yaşadığım başka bir deneyimde ise kalıp denemesi kararlaştırılan yeni üretimini yapacağımız tabldot kâsesinin termoform kalıbında deneme esnasında çıkan ürünlerde taban kalınlığı ve duvar kalınlıkları arasında farklılıklar olduğu gözlenmiş ve iticilerin revize edilmesi kararlaştırılmıştır. Bu da kalıp tasarımı esnasında yapılan itici formunun tasarımının nihai ürüne direk etki ettiğini ıspatlamıştır. Denemesi yapılan kalıp çalışma raporu oluşturulduktan sonra kalıphane ye alınarak iticilerin duvar açıları ve radüslerin de revize yapılarak tekrar deneme ye sokuldu ve homojen bir form alması sağlanarak kalite onayından geçti. Sonuç olarak her süreçteki hatalı işlem üretimin tamamını etkilemektedir.

Bu çalışmaya başlamadaki temel sebep, kalıp tasarımı anında yapılan itici tasarımının yapılan denemelerin sonucuna göre yönlendirerek doğru itici ve kalıp tasarımının gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Uygulama için bardak su dolum paketleme makineleri yapan bir firmada denemeler anında oluşan form sorunları ve bununla birlikte makineden çıkan ürünlerin robotlu kolileme hattının sorun yaşaması ve de koliye dizilmiş bardakların düzgün istiflenmemesi sonucu deneysel uygulamamı bu alanda yaptım. Thermoform makineleri üretimi yapan Pescothermo firması ile ortak çalışma yaparak imalatını yaptıkları bardak su makinelerinde bardak formuna göre değişik ölçülerde yaptığımız itici denemeleri yapılarak homojen kalınlıklara sahip bardak elde edilmesi sağlandı. ıkan sonuçlar raporlanarak karşılaştırmaları yapıldı.



## **BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Polimerler**

Yüksek molekül ağırlıklı, uzun, zincirimsi bir yapı gösteren moleküllere polimer denir. Monomer adı verilen küçük moleküllerin bir araya gelerek eklenmesiyle oluşan çok uzun zincirli moleküllerdir. Bir kimyasal tepkimede polimer oluşumuna, polimerleşme denir. Polimerler oldukça geniş bir sınıflandırma yelpazesine sahiptir. Termal özellikleri yönünden üç gruba ayrılır. Bunlar; Termosetler, Termoplastikler ve Elastomerlerdir. Polimerleştirme reaksiyonu ile elde edilen plastik hammadde genellikle toz, granül ya da hamur (elastomerler) halindedir ve stabilizatör, aktivatör, renklendirici gibi muhtelif katkıları ilave edildikten sonra şekillendirilmesi sağlanır. Bu katkıları yüksek devirli mikserlerle homojen bir şekilde karıştırılabilir. Eğer karıştırma plastiğinin yumuşama sıcaklığının altında yapıyorsa hamur karıştırıcı, karıştırma ruloları veya ekstrüderler kullanılır (Demirer, 2015).

Plastik; Isıtılarak kalıplanan ve soğuduğunda kalıptaki şeklini koruyabilen maddelere denildiği gibi şekillendirilebilen her tür maddeyi kapsayan bir terim olarak da kullanılmaktadır. Plastik malzemelere şekil vermek için talaşsız ve talaşlı imalat yöntemleri kullanılmaktadır. Plastik parçaların yaklaşık %90'ı talaşsız imalat yöntemleriyle şekillendirilmektedir (Demirer, 2015). Deneysel Uygulamamız da kullanacağımız thermoforming yönteminde termoplastik malzemeler kullanılmaktadır.

### **2.2. Termoplastikler**

Thermoforming kalıplama genel plastik işleme yöntemlerinden yarı mamul malzemenin işlenmesi bakımından farklılık gösterir. Bu nedenle plastik malzeme seçiminde özellikle fiziksel özellik bakımından uygun plastikler seçilir. Thermoform kalıplamada birçok plastik çeşidi kullanılmaktadır. Thermoform, gıda ambalajı için yaygın olarak kullanılır



ancak plastik oyuncaklar, kafeterya tepsileri, uçak camları gibi birçok uygulama alanları da vardır (Meb, 2012). İnce filmler taze, soğutulmuş ve dondurulmuş gıdaların ambalajında, tek kullanımlık bardak, tabak, kâse vb. ürünlerde kullanılır. Kalın film ve levhalar, genellikle otomobil, duş kabinleri, elektronik cihazlar üzerinde, kozmetik kalıcı yüzeylerde kullanılır. Aşağıdakilerde dâhil olmak üzere bu süreçte çeşitli termoplastik malzemeler kullanılabilir (Meb, 2012).

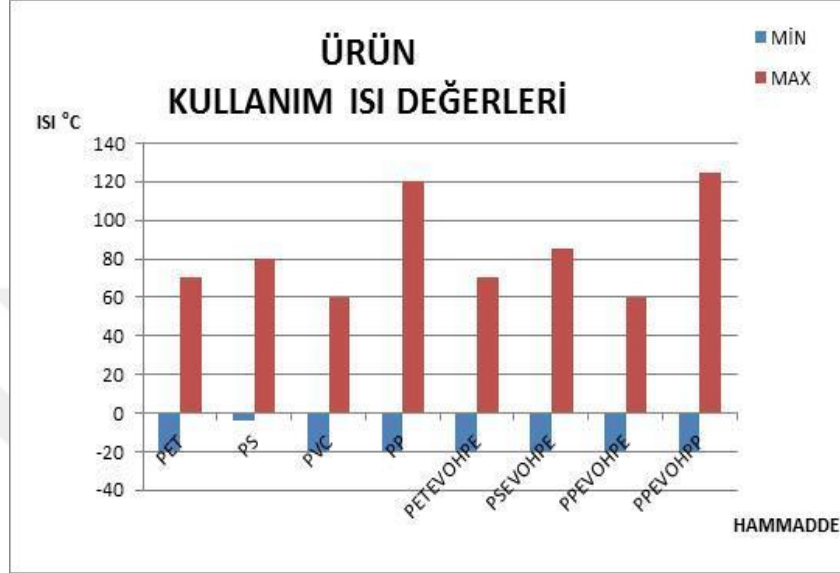
1. Akrilik (PMMA)
2. Akrilonitril butadien stiren (ABS)
3. Alçak yoğunluklu polietilen (LDPE)
4. Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE)
5. Polipropilen (PP)
6. Polistiren (PS)
7. Polivinil klorür (PVC)
8. Polietilen tereftalat (PET)

### **2.2.1. Polietilen teraftalat (PET)**

Polietilen teraftalatın yoğunluğu 1,33-1,37 g/cm<sup>3</sup>'dür. Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 60°C'dir. Orta sertlikte en çok kullanılan plastiklerden biridir. PET, açık veya hafif renkli, yarı saydam, suda yüzebilir ve erime sıcaklığı 250°C'dir. Ancak hızlı yanar, alevleri renksizdir. Yanarken mum kokusu ve sönerken beyaz duman vermektedir. Çeşitli boyutlarda içme suyu, meyve suyu, soda ve bitkisel yağ şişeleri, fıstık yağı kavanozu, mikro dalga gıda tepsisi örtüsü ve salata kapları PET plastiğinden üretilmektedir. Şişeler, günümüzde çoğunlukla PET'in reçine halinin kalıba dökülmesi ile yapılmaktadır. Yüksek ısıya dirençli ve kimyasal olarak kararlı, sağlam, dağılmaya, parçalanmaya ve gaz geçişine dayanıklıdır. Absorpsiyonu düşük olan bir ısı yumuşar polyesterdir. PET aside, çeşitli çözücülere, petrol ve yağa karşı dirençlidir. Biçimlendirmek güçtür ve yüksek dirençli bir kap olarak kullanılmaktadır (Sevencan ve Vaizoğlu, 2007).

PET, polyester ailesine ait bir termoplastik polimer reçinedir. Netlik ve sertlik diye iki özelliği vardır (Meb, 2012). Bu malzeme yaygın olarak taze gıda, unlu mamuller, süt ürünleri ve paket servisi kaplarında kullanılır. Aynı zamanda bardak gibi tek gıda ambalaj ürünleri ve kapaklar içinde yaygın olarak kullanılır (Meb, 2012).

Tablo 2.1. Termoplastik ürün kullanım ısı değerleri



### 2.3. Plastiklerin geri dönüşümü

Plastikler atık olarak doğaya atıldıklarında, bozunma sıcaklıklarının yüksek olması, ultraviyole ışınlarına dayanıklı olması, doğadaki bakterilere karşı dayanıklı olması onların uzun süre bozunmadan kalmalarına sebeptir (Ay, 2019). Bu sebepten plastiklerin geri dönüşümü geleceğimiz için dikkat edilmesi gereken bir husustur. Ambalaj ürünlerinde kullanılan kodlama numaraları aşağıdaki gibidir.

1. PET, polietilen tereftalat
2. HDPE, yüksek yoğunluklu polietilen
3. PVC, polivinil klorit
4. LDPE, düşük yoğunluklu polietilen
5. PP, polipropilen
6. PS, polistiren
7. Diğer plastik türleri



Şekil 2.1. Geri dönüşüm sembolleri (Ambalaj, 2018)

## 2.4. Ekstrüzyon ile levha üretimi

Thermoforming şekillendirme işleminde imalatın tabiatı bakımından yalnız levha veya film hâlindeki termoplastikler kullanılabilir. Herhangi bir termoplastik levha biçimlendirilebilir. Fakat daha ziyade vakumlamaya uygun ve istenen özelliklere sahip olanlar kullanılır. İmal edilen levhada plastiklerin biçimlendirme özelliği büyük rol oynar. Pek çok biçimlendirme işlemleri, haddeden geçirilmiş veya basılmış levhalardan yapılır. Çünkü bunların fiyatı çok düşüktür. Bu gibi levhaların, ısıtıldığı zaman bir doğrultuda çekme eğilimi vardır. Bunları ısıtırken ve biçimlendirirken bir çerçeve veya plaka içinde kuvvetle tutmak gerekir (Meb, 2012).

Dökülmüş levhalar, ısıtılma esnasında çok az veya hiç biçim değiştirmez ve bunlarla yüzey görüntüsü çok berrak ve iç gerginlikleri daha az olan parçalar imal edilir. Fakat bunlar pahalıdır ve yalnız bu özelliklerin önemli olduğu yerlerde kullanılır (Meb, 2012).

Isıl şekillendirme ile hemen her tür termoplastikler işlenebilir. Ancak,

1. Çabuk ısınma ve soğuma sağlayan, özgül ısı değeri düşük, tercihen amorf plastikler işlenemez.
2. Yüksek molekül ağırlıklı (böylece yüksek viskozite değerli olup aşırı incelleme ve yırtılma yapmayan) polimerlerin bu yöntem için en uygun olduklarını belirtmek gerekir.
3. Yüksek ısı iletkenliği olan köpük malzemeler bu teknik için uygun değildir. Vakumla kalıplama yönteminde yarı mamul hâlde önceden hazırlanmış, levha ve rulo hâlindeki plastikler kullanılır. Renk, kalınlık, rulo veya tabaka, ısıya, ışığa dayanıklılık, saydamlık, nem çekme gibi özelliklere bağlı, istenen özellikte tabaka veya rulo hâlindeki vakumlamaya uygun plastik, üreticiden talep edilir.

Rulo hâlinde önceden hazırlanmış plastik, filmin makineye uygun çaptaki göbek bobinlerine sarılmış olması gerekir. Ayrıca gerek tabaka gerekse rulo hâlinde hazırlanmış vakumlanacak malzemelerin yüzeyleri üretim, depolama ve nakil sırasında zarar görmemelidir (Meb, 2012).

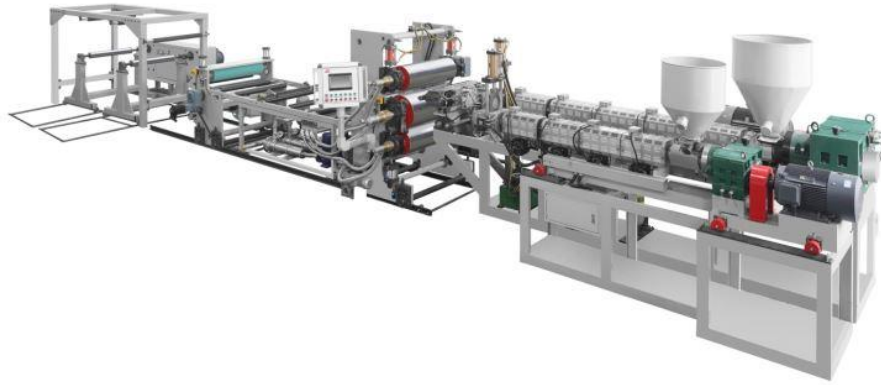
Vakumlanacak rulo film ve levha, plastik vakum makinelerinde üretime başlamadan önce istenen özellikteki plastik levha veya rulo film hazır olarak temin edilir.

1. Hazırlanan vakum malzemesinde şu özelliklere dikkat edilmelidir:
2. Malzeme istenen fiziksel ve kimyasal özellikleri taşımalıdır.
3. Malzeme yüzeyi istenen yüzey kalitesine sahip olmalıdır.
4. Malzeme taşıma ve depolama sırasında zarar görmemiş olmalıdır.
5. İşlenme sırasında elektrostatik yük nedeniyle yüzeyde yabancı madde toplamamış olmalıdır.
6. Malzeme iç yapısında bulunan boyar madde, vakumlama sırasında renk dağılımına yol açmamalıdır.

Uygun özelliklerde temin edilen vakumlama malzemesi üretimden önce rulo hâlinde ise makinenin bobin boşaltma kısmına yerleştirilmeli, tabaka hâlinde ise makinenin çerçevesine yakın bir şekilde hazır edilmelidir (Meb, 2012).

## 2.5. Ekstrüzyon makine sistemleri

Ekstrüzyon sistemi, plastiklerin işlenmesinde çok yaygın olarak kullanılan bir işleme yöntemidir. Plastik ürünlerin yaklaşık %30'u bu yöntemle üretilmektedir. Plastik ürünlerin aynı kesitte, hassas ölçülerde ve istenilen uzunlukta, devamlı (kesiksiz) olarak elde edilmesini sağlayan makinelere ekstrüzyon makineleri denir. Bu makineler bazen kısaca ekstrüder olarak da adlandırılmaktadır (Meb, 2011).



Şekil 2.2. Levha üretimi ekstruder hattı (Litai, 2019)

## 2.5.1. Ekstruder makinesinin kısımları

### 2.5.1.1. Huni

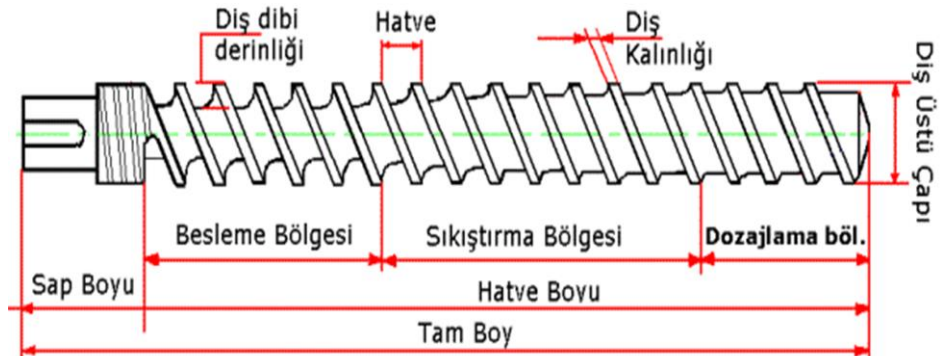
Huni, ekstrüder de işlenecek malzemenin düzenli olarak beslenmesini sağlar. Bütün malzemeler serbestçe akma eğiliminde değildir. Bu nedenle huni genellikle bir konveyör veya karıştırıcı ile donatılır (Meb, 2011).



Şekil 2.3. Ekstruder hunisi (Meb, 2011)

### 2.5.1.2. Vida (Helezon)

Vida plastiğin beslenmesi, taşınması, ergitilmesi ve homojenleştirilmesi dâhil birçok işlevi yerine getirir. Bu bakımdan ekstrüderin kalbidir. Çok değişik tipte vida mevcuttur. En çok kullanılan üç bölgeli vida olup termoplastiklerin çoğunu ısıl ve ekonomik açıdan tatmin edici bir şekilde işler. Bu bölgeler besleme, sıkıştırma ve ölçme bölgeleri olarak adlandırılır (Meb, 2011).



Şekil 2.4. Ekstruder vidası

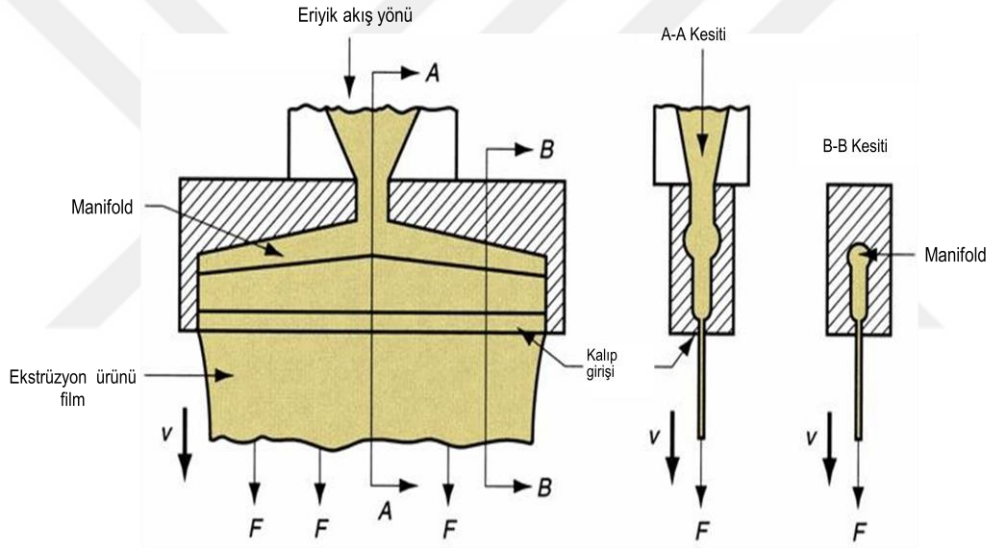
### 2.5.1.3. Silindir (Kovan)

Silindir vidanın yatakladığı, rezistansları üzerinde taşıyan makine elemanıdır. Bu kısım kovan veya ocak olarak da adlandırılmaktadır (Meb, 2011).

### 2.5.1.4. Soğutma ve vakumlama ünitesi

Soğutma ve vakumlama ünitesi, bir vakum pompası ve bir soğutma pompası yardımı ile ürünün soğutma ve vakumlamasının yapıldığı kısımdır (Meb, 2011).

### 2.5.1.5. Ekstrüzyon levha kalıbı



Ekstrüzyonla levha ve film elde edilmesi

Şekil 2.5. Ekstrüzyon levha kalıbı görseli (Vural, 2019)

Levhaların özelliklerini etkileyen faktörler

1. Extruder'den çıkan plastik oranı
2. Kalıp boşluğu
3. Rulo arası boşluk
4. Ruloların hızı
5. Polimer soğutma oranı

### 2.5.2. Ekstrüzyon işlem basamakları

Enjeksiyon cihazlarında olduğu gibi granül plastiğin koyulduğu bir besleme hunisi, üzerinde elektrikli ısıtma düzeni bulunan helezon haznesi, hatvesi ve dış yüksekliği değişen bir helezon bazen de birden fazla uç kısma bağlı bir kalıp ile kontrol sistemi ve diğer yardımcı kısımlardan ibarettir (Eker, 2009).

1. Devamlı çalışmada yükselen sıcaklık, hazne kanallarında dolaşan su ile giderilir.
2. Ekstrüzyon işleminde helezonun (sonsuz vidanın) dönmesi ve gövdenin ısıtılması ile eriyen plastik maddenin öne doğru hareket etmesi ile ileri doğru bir basınç birikimi oluşur. Bu basınç besleme hunisi boğazında sıfır iken cihazın çıkış bölgesinde en yüksek değerde olur.
3. Plastik erimiş halde helezon kanallarından geçerken homojenize olur. Kalıptan çıkan plastik soğuk hava jeti veya sıvı banyolarla soğutularak deforme olması önlenir.
4. Helezonun en önemli özelliği boyunun çapına oranıdır (L/D). Yüksek sıcaklıklarda çalışılıyor ise bu oran yüksektir.
5. Genelde 24/1 olarak alınır. Helezon dış üstü ile hazne arasındaki mesafe ortalama olarak 0,075 mm kadardır. Bu boşluk 0,125 mm'yi aştığında uygun bir ekstrüzyon yapmak üzere helezon değiştirilmelidir (Eker, 2009).

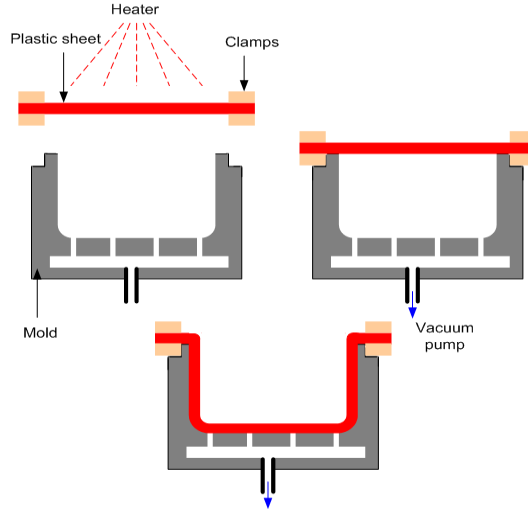
### 2.6. Thermoforming

Sıcak biçimlendirme yöntemi, günümüzde çok yaygın kullanılan plastik işleme ve form verme metotlarından biridir. Thermoform olarak da bilinmektedir. Bilindiği gibi günlük hayatımızda kullanılan birçok ürün bu yöntemle elde edilmektedir (Meb, 2011). Bu yöntemin işleme esası, ısıtılmış olan levhanın kalıplanmasıyla istenen formu oluşturmaya dayanır. Sıcak biçimlendirme proses şekline göre kendi içinde 3'e ayrılır.

1. Vakum ile ısıt şekillendirme
2. Hava üfleli ısıt şekillendirme
3. İtici ile ısıt şekillendirme

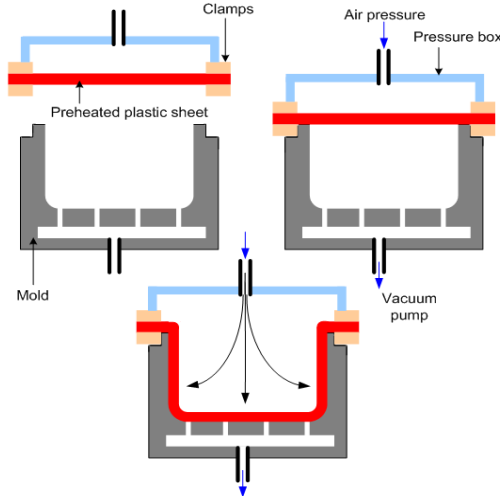
### 2.6.1. Thermoforming şekillendirme metodları

Vakum ile ısıl şekillendirme: Kısaçlar ile sıkıştırılarak gerdirilen levha, rezistanslar vasıtasıyla formlama ısısında ısıtılarak dişi kalıp içerisinde açılan vakumlama ve tahliye delikleri vasıtasıyla çekilerek form alması sağlanır. Bu sistem daha çok derinliği az olan ürünlerde tercih edilebilir.



Şekil 2.6. Vakum ile ısıl şekillendirme (Thermoforming, 2014)

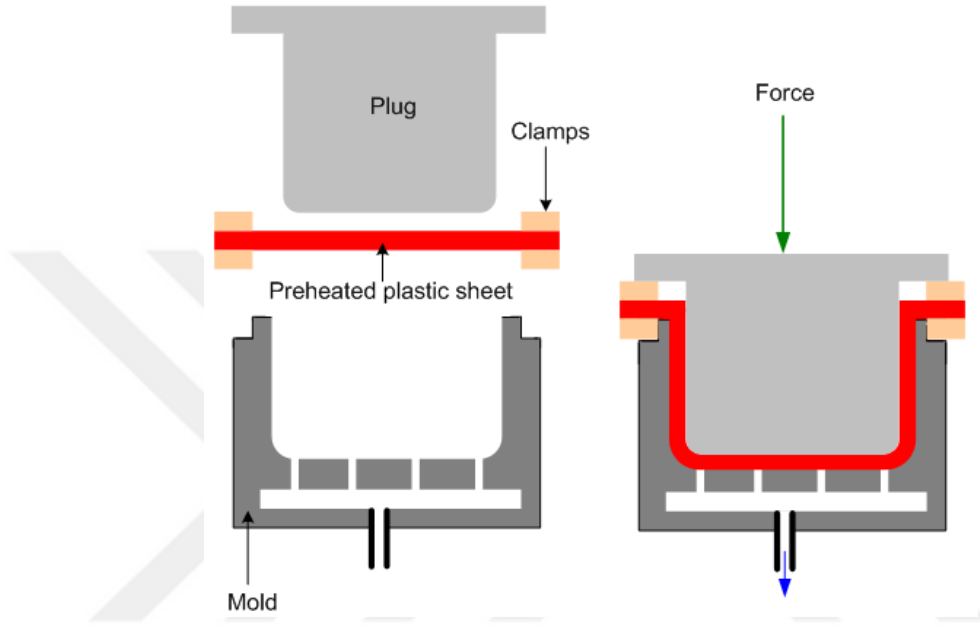
Hava üflemeli ısıl şekillendirme: Kısaçlar ile sıkıştırılarak gerdirilen levha, rezistanslar vasıtasıyla formlama ısısında ısıtılarak üst bloktan sıcak hava üflenerek dişi kalıp içerisinde açılan vakumlama ve tahliye deliklerinden tahliye edilerek form alması sağlanır. Bu sistem daha çok derinliği az olan ürünlerde tercih edilebilir.



Şekil 2.7. Hava üflemeli ısıl şekillendirme (Thermoforming, 2014)



İtici ile ısıl şekillendirme: Kısaçlar ile sıkıştırılarak gerdirilen levha, rezistanlar vasıtasıyla formlama ısısında ısıtılarak itici vasıtasıyla dişi kalıp içerisine doğru gerdirilerek ön form alması sağlanır ön formlanmış levha dişi kalıp içerisinde açılan vakumlama ve tahliye deliklerinden tahliye edilerek form alma işlemi tamamlanır. Bu sistem ile formlanması zor olan girintili çıkıntılı ve derin olan ürünlerde tercih edilir.



Şekil 2.8. İtici ile ısıl şekillendirme (Thermoforming, 2014)

### 2.6.2. Thermoform kalıp tasarımında dikkat edilecek hususlar

1. Plastik levha malzemesinin uygun seçilmesi,
2. Plastik Levhanın Isı Kontrolünün sağlanması,
3. Yüzey Kalitesi
4. Kalıpta vakumun tatbik edildiği yerlerin uygun tasarlanması,
5. Hava Delikleri Levha Kalınlıklarına Göre Belirlenmeli,
6. Radüs dizaynı malzemenin şekillenmesine yardımcı olacak şekilde yapılmalı,
7. Kalıp Soğutmasında üretim yöntemine ve çalışma düzenine uygun soğutma şekli belirlenmeli.

### 2.6.3. Thermoform itici sistemleri

Katı halde bulunan iticiler thermoform işlemleri sırasında ön ısıtmadan geçmiş levhanın kolay şekillenebilmesi için kalıp içerisine sıvayan parçalardır. İticiler direk olarak ısıtılmış ve yumuşak plastiğe değdiklerinden dolayı, itici malzeme seçimi final ürünün kalitesi için çok kritik bir öneme sahiptir. Doğru malzemedan seçilmiş ve doğru bir şekilde dizayn edilmiş olan iticinin, ürünün malzeme dağılımına çok faydası olacağından, üreticinin daha ince levha ile imalat yapmasına olanak sağlar. Kalıp imalatçıları için ise, itici için doğru malzeme seçimi ve daha kolay işleme olanağı sağlarken kalıbın toplam kalitesini yükseltir (Hytac, 2017). Piyasada kullanılan itici malzeme özellikleri aşağıdaki gibidir.

**Sentetik Sünger:** Sentetik sünger, başlıca yapıtaşı önceden şekillenmiş içi boş kürelerden meydana gelen malzeme olarak açıklanabilir. Mükemmel formlama karakteristiği, kolay işlenebilirliği ve fiyat avantajından dolayı günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İtici olarak kullanılan sentetik süngerin iki değişik şekli bulunmaktadır (Hytac, 2017).

**Termoset:** Düşük ısı iletkenli epoksinin içerisinde mikro kürelerin homojen olarak karışımından oluşan sentetik süngerdir (Hytac, 2017).

**Termoplastik:** Bu sentetik süngerler termosetten daha az kırılıgandır. Dolayısıyla daha kolay işlenebilirlik, sağlamlık ve ince detayların işlenebilirliği, kötü çevre koşullarında daha uzun ömür gibi özelliklere sahiptir (Hytac, 2017).

#### 2.6.3.1. İtici malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar

**Sıcaklık:** Seçilecek olan itici malzemesinin çalışma sıcaklığı levha ve proses sıcaklığına uygun olmalı. Kullanılacak plastik hammaddesinin katalogundan, thermoform prosesi için verilen uygun sıcaklık değerine bakılmalı (Hytac, 2017).













Şeffaflık/Yüzey çizilmesi: Çok iyi şeffaflık istenen uygulamalarda malzeme dağılımını en uygun şekilde yapan ve yüzey çizilmesini tamamen kaldıran veya en aza indirgeyen, parlatılması kolay itici malzemeler tercih edilir. Dolgu malzemesi ve kürelerin boyutu ve şekli ile oynayarak kolay parlatılan itici malzemeler elde edilmiştir. Değişik malzemeler için freze ile elde edilen yüzey kalitesini belirten Ra değeri Tablo 2.2’de gösterilmektedir (Hytac, 2017).

Tablo 2.2. Hytac itici malzeme özellikler (Hytac, 2017)

Ürün	Renk	Çalışma Sıcaklığı		Isı Geçirgenliği		Yoğunluk		Burulma Dayanımı (ASTM D790)		Normal CNC Finish (µin)	Sıcaklık Uzama Katsayısı	
		°F	°C	BTU/hr-ft <sup>2</sup> -F	W/m <sup>2</sup> -K	lb/ft <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Psi	kPa		* Ra x10 <sup>-6</sup> in/in °F	x10 <sup>-6</sup> m/m °C
HYTAC-W	Beyaz	350	176	0.07	0.11	43	690	2.7	18.6	54	22	41
HYTAC-WF	Beyaz	450	232	0.11	0.19	55	880	4.7	32.4	28	18	32
HYTAC-WFT	Açık Yeşil	425	218	0.11	0.19	60	960	4.5	31.0	24	20	37
HYTAC-FLX	Pembe	350	176	0.07	0.11	46	740	7.6	52.4	22	23	42
HYTAC-FLXT	Koyu Yeşil	350	176	0.10	0.17	50	805	7.2	49.6	21	20	36
HYTAC-C1R	Mavimtrak	350	176	0.07	0.13	46	740	11.3	77.9	22	35	63
HYTAC-B1X	Açık Mavi	350	176	0.11	0.19	45	721	11.6	80.0	39	38	68

Buna ek olarak yapılacak ince kumlu zımpara ile daha pürüzsüz yüzeyler elde edilir. Daha düşük Ra değeri daha pürüzsüz yüzey demektir. Bazı temel plastik hammaddeleri için verilen formülasyon dereceleri aşağıda’dır:

Tablo 2.3. Termoplastik formülasyon ısı değerleri (Hytac, 2017)

Plastik	Geri dönüşüm	°F	°C	Plastik	Geri dönüşüm	°F	°C
ABS		300	149	PC		375	191
PET		300	149	PETG		300	149
EVOH		212	100	PLA		212	100
HIPS		302	150	PP		330	165
HDPE		295	146	Rigid PVC		280	138
PMMA		350	177	PS		300	149

Lekelenme: Levhaya göre daha soğuk olan iticiler, malzeme üzerinde lekelenmeye sebep olabilir. Sentetik itici malzemeleri sahip oldukları çok düşük ısı transfer özelliğine sahiptir. İşleme şekline veya prosesdeki diğer basit değişkenlerle oynayarak lekelenmeyi önlemek için tercih edilen bir malzemedir (Hytac, 2017).

Yapışma: Yüksek şekilleme ısısına ihtiyaç duyulduğunda veya bazı malzemelerin kendi özelliklerinden dolayı (örneğin EVOH, PETG, CPET veya RPET) malzemeler iticilere yapışabilir veya üzerinde kalıntı bırakabilir. Bu durumlarda, düşük yapışma özelliğine sahip iticiler tercih edilir. İtici yüzeylerinin gerek ilk defa, gerekse tekrar tekrar kaplanmasından dolayı meydana gelen aşınma problemleri, Teflon\* emdirilmiş sentetik malzemeler sayesinde önlenebilir (Hytac, 2017).

Dayanıklılık: Sentetik köpükler uzun süre kullanılabilen, dayanıklı malzemelerdir. Hassas detay istendiğinde veya genel üretim uygulamalarında kötü imalat koşulları çok kırılabilir olan termoset sentetiklerinin çatlamasına veya kırılmasına neden olabilir. Burkma dayanıklılık oranını gösteren tabloda farklı itici malzemelerinin dayanıklılıkları karşılaştırmalı olarak görülmektedir (Hytac, 2017).

Gıda ve ilaç ile temas: Gıda ve ilaç paketlerindeki plastikler, kullanılan hammadde, eğer geri dönüşüm malzemesi katılması gerekiyorsa ne miktarda katılacak, uygulanan proses metodu ve kullanılan araç gereçler olarak kurallara bağlıdır. Her zaman FDA uygulamalarına uygun itici malzemesi seçilmelidir. FDA tarafından tescil edilmiş malzemedan yapılmış itici malzemesi kullanmak, ilaç endüstrisindeki termoform paketlemeye ekstra bir güvenlik sağlar (Hytac, 2017).

İşleme: Kabarcıklı sünger metal veya ahşaptan farklı olarak işlenir. Keskin, sert karbür uçlu kesiciler tavsiye edilir. Temel hedef kesme takımlarında sıcaklık sıkışmasını önlemektir (Hytac, 2017).

İtici işleme için genel tavsiyeler şunlar'dır ;

1. Frezeleme için tavsiye edilen kesici tipi; 2 Oluklu Sert Karbür Uç
2. Tornalama için pozitif kenar geometrili karbür uçlu örtüsüz dolgular kullanın
3. Keskin aletler kullanın! Kör aletler yüzeye zarar verecek ve parlatılmasını zorlaştıracaktır
4. İşleme hızları ve beslemeleri doğru şekilde ayarlandığında genellikle sıvı soğutucu gerekmez. Yongaları üfleme için hava kullanın. Soğutucu B1X ve XTL termoplastik iticilerinin yüzeyine olumsuz etki edebilir.
5. Ortaya çıkan yongalar/toz alet alanından temizlenmelidir. Tekrar kesim yongaları bir aleti hızla körleştirecektir (Hytac, 2019).

Parlatma: Uygun şekilde işlenmiş HYTAC malzemeler genellikle ek bir parlatmaya gerek duyulmadan kullanılır. Yalıtkan gibi davranan mikroskopik içi boş kürelerden meydana gelen sentetik süngerler ana yapı içerisinde süspansiyon görevi yaparlar. Ana yapıda kullanılan malzemenin seçimi ile mikro kürelerin boyutu ve tipi, yüzey parlaklığı olarak sentetik süngerler arasında fark yaratır. Mükemmel derecede yüzey parlaklığı istendiğinde termoset veya kopolimer termoset sentetikler en iyi seçim olmaktadır (Hytac, 2017).

İtici bağlantısı: İtici olarak kullanılan sentetik köpük malzemeleri kalıp içerisinde en uygun şekilde formlama yapabilmeleri için geliştirilmişlerdir. Genelde bütün malzemelerde olduğu gibi düşük gerilme ve kesme mukavemetine sahip olduklarından, direk olarak üzerlerine dış açılması tavsiye edilmez. Bunun yerine, birçok termoform kullanıcılarının yaptığı gibi bazı ek parçalar itici içerisine yapıştırılır. Bir problem olduğunda, bu yapıştırılmış ek parçalar tamir edilebilir ve yeniden aynı yere yapıştırılabilir. Termoplastik sentetikler ile, kendi çekme mukavemet limitini arttırmak için dış çekilmiş ek parçalar kullanılır. Her durumda, itici içerisine yerleştirilen ek parça ile iticinin kendisi aynı anda işlenmeli ve yüzey parlatma işlemi yapılmalıdır. Böylece, aşırı sıkmadan kaynaklanabilecek yüzey farklılıkları, itici yüzeyinde meydana gelebilecek salınım, kasıntı gibi problemlerin önüne geçilebilir (Hytac, 2017).

## 2.6.4. Thermoform üretiminde karşılaşılan problemler ve yapılması gerekenler

### 2.6.4.1. Üründeki kalınlık dağılımını kontrol etme

Ürünün tabanını kalınlaştırma

- Rezistansların ısısını arttır
- Form havası başlangıcını geç başlat
- Vakum gerekli ise başlangıç süresini geciktir.
- Üst kalıbın hızını arttır
- İtici plakası seviyesini aşağı çek

Ürünün duvarlarını kalınlaştırma

- Form havası daha önden başlat
- Vakum başlangıcını erken başlat
- İtici plakası gecikme süresini arttır
- Rezistansların ısısını hafif azalt

### 2.6.4.2. Üründe bayrak probleminin giderilmesi



Şekil 2.9. Bayrak yapmış ürün

- Folyoya ısısının dengelenmesi
- Vakumun açılması veya vakum var ise vakum süresinin öne alınması
- Tahliye delikleri kontrol edilmeli, Yetersiz gelen yerlere ek yapılmalı.

#### **2.6.4.3. Üründe ağız kısmının ütülenmesi ve ütülemenin kesim ile olan ilişkisi**

Ürünün ağız kısmının ütülenmesi demek yapıştırma yapılan alanın tam düz yapılması için kalıp ayarları ile yapılan işlemdir. Bu işlem en çok pot çemberi ile yapılmaktadır.

Nasıl yapılır?

- Pot çemberi erken indirilir.
- Şekilleme istasyonu boğaz milinden çok az bir miktar daha sıkıştırılır. Bu uygulamada boğaz mili kontrolü çok iyi yapılmalıdır. Fazla baskı ile çalışan bir makinede mekanik, elektiksel ve kalıpsal problemler oluşabilir.

#### **2.6.4.4. Pot çemberi ile kesim arasındaki ilişki:**

Pot çemberinin erken indirilmesi ile zincir kollarında yürüyen folyonun salınımının artması beklenir bir sonuçtur. Folyonun bu salınımı kesim payında bozukluk olarak karşımıza çıkabilir. Yukarıdaki gibi ütüleme veya farklı bir amaç ile pot çemberini erken aşağıya indirdiğimizde kesim paylarında kaçıklıklar oluşabileceğini göz ardı etmememiz gereklidir.

#### **2.6.4.5. Üründe itici izinin giderilmesi**

Üründe itici izi oluşmasının sebebi, itici folyoya değdiğinde folyoyu soğutması ve bu bölgede iz yaptırmasıdır. İtici folyoya değdiğinde soğuyan kısmın üstünden folyo uzama yapmakta iticinin değdiği bölge uzamamaktadır. Bu farklıktan dolayı ürün üzerinde iz oluşur. İticinin sıcaklığı arttıkça izinde arttığı görülebilir. Bu durumda iticinin ısındığının habercisidir. İticinin soğuması ile ilgili olarak operatörün yapacağı bir işlem yoktur. İtici izi genelde kalınlığı yüksek olan folyodan yapılan üretimlerde görülmektedir. (500 mikron ve üstü kalınlıklar denilebilir.) Daha doğrusu ince folyolu üretimlerde de keçe izi oluşmaktadır fakat folyonun açılması ile bu iz absorbe olur. İticilerin daha iyi soğuması amaçlı farklı hammadde türlerinde iticilerde yapılmaktadır.

Ürün üzerindeki izin giderilmesi ile ilgili olarak yapılabilecek işlemler;

- Homojen dağılımın iyileştirilmesi gerekmektedir. Böylelikle kalınlık farkları ve itici izi engellenecektir.
- Folyonun sıcaklığı düşülür
- İticipin kalıp içine girme hızı yavaşlatılır.
- Kalın malzemelerde ısının yüksek olan miktarı alt tava kullanılarak verilir. Bu durumda iticipin ilk değdiği folyonun yüzeyi şekilleme ısısından daha soğuk olduğu için itici izini absorbe edecektir.

#### **2.6.4.6. Üründe çekme probleminin giderilmesi**

Çekme problemi olarak tabir edilen durum ürünün kalıptan çıkarken kalıbın açılma yönüne doğru ürünün bir bölgesinin formunun bozulmasıdır.

Çekmenin oluşma sebepleri;

- Ürün de tasarımdan dolayı, kalıbın açılması esnasında kalıptan sıyrılamayan bir bölgenin olması.
- Ürünün folyo kalınlığının çekme yapan bölgede zayıf olması
- Renkli (şeffaf harici) pet malzemelerde karşılaşılabilen kalıptan zor çıkma problemi

Çekme problemi ile karşılaşıldığında uygulanan işlemler;

- Kalıpta çıkarma var ise, çıkarma açılır ve zamanlamaları ile ilgili çalışma yapılır.
- Kalıpta sıyırıcı aksam var ise; alt sıyırıcı mekanizması açılır ve zamanlamaları ile ilgili işlem yapılır.
- Ürünün çekme yapan bölgesi şekilleme ayarı ile kalınlaştırılır.



## 2.7. Literatür araştırması

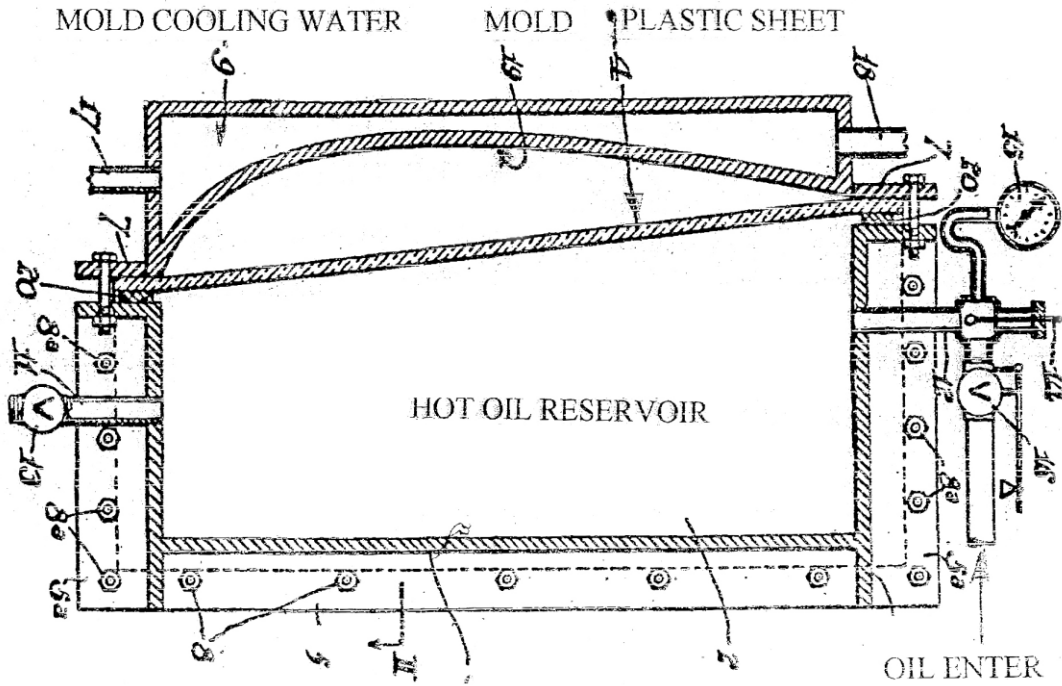
Doğal polimerlerin endüstriye yönelik kullanımları çok eski tarihlere dayanmaktadır ve bu konuda doğal kauçuk- selüloz, nişasta en çok kullanılan doğal polimerlerdir. Tarihsel gelişim içinde doğal polimerler yerlerini “modifiye edilmiş (doğal polimere, fiziksel özelliklerini değiştiren katkı, dolgu maddesi ve benzeri ilave edilmesi) doğal polimerlere” yani “yarı sentetik polimerlere” bırakmışlardır. Bunun sebepleri; polimerik ham maddelerin işlenmesindeki sorunlar ile ürünlerin fiziksel ve mekaniksel özelliklerinin yetersiz olmasıdır. 1770 yılında işaretleri sildiği için silgi (rubber) denilen doğal kauçuk 1839 yılında Amerika’da Goodyear tarafından kükürt ile vulkanize edilerek kullanışlı hale getirilmiş, modifiye edilen doğal kauçuktan su geçirmez botlar, yağmurluklar, lastik gibi ürünler üretilmiştir (Megeb, 2006).

Polimerlerin ikinci büyük grubu olan plastiklerin ilk ürünü 1868’de Amerika’da John Wesley Hyatt tarafından, pamuk selülozunu nitrik asit ve konfor ile etkileştirilerek hazırlanan yarı sentetik polimerdir. Amerikalı bilim adamı Leo Hendrick Backelad, 1907 de tamamen sentetik ilk polimer olan fenol formaldehit reçinelerinin üretimini başarmıştır. 1924’de ise Hermann Staudinger’in Makro molekül Hipotezini ileri sürmesiyle, polimer teknolojisi önemli bir ufuk kazanmıştır. Bu teoriye göre, doğal kauçuk ve polistirenin, küçük birimleri bir arada bulunduran uzun zincirli moleküller olduğunu ileri sürülerek, polimer üretiminin deneme yanılma aşamasından kurtulmasına neden olmuştur. Makro molekül Hipotezi sonraki yıllarda birçok polimerin üretimine ışık tutmuştur (Aydın, 2004).

1870’li yıllarda John Wesley Hyatt’ın kardeşleri bu plastik türü için patent aldı ve bu karşının levhalar, çubuklar ve diğer bitmemiş şekiller oluşturmak için bir kalıpta ısıtılabilceğini buldu. John Wesley Hyatt sonunda selüloit suya dayanıklı manşet ve yaka şirketi ve Piyano anahtarı şirketi gibi lisanslı firmalar kurdu ve endüstriye birçok patentli ürün çıkardılar (Simple, 2019).

Aslında thermoforming yöntemi yüzyıllar önce Romalılar, Doğu'dan ithal ettikleri kaplumbağa kabuklarını (keratin) ithal etmiş ve daha sonra bu malzemeyi gıda gereçlerinin şekillendirmek için sıcak yağ kullanmıştır. Bu nedenle, thermoform yönteminin Romalılar döneminden itibaren kullanıldığı söylenebilir. Yirminci yüzyılda, plastik ısıtma ve kalıp üzerinde şekillendirme işlemi sonunda bildiğimiz gibi thermoform endüstrisine dönüştü. Günümüzde bu ısıl şekillendirme işlemleri, uçak iç parçalarını, araç kapı ve ön panellerini, tıbbi cihaz kapaklarını, ambalaj sektöründeki paketleme kaplarını ve dünyadaki birçok endüstri için bir dizi başka plastik parça üretmek için kullanılmaktadır (Simple, 2019).

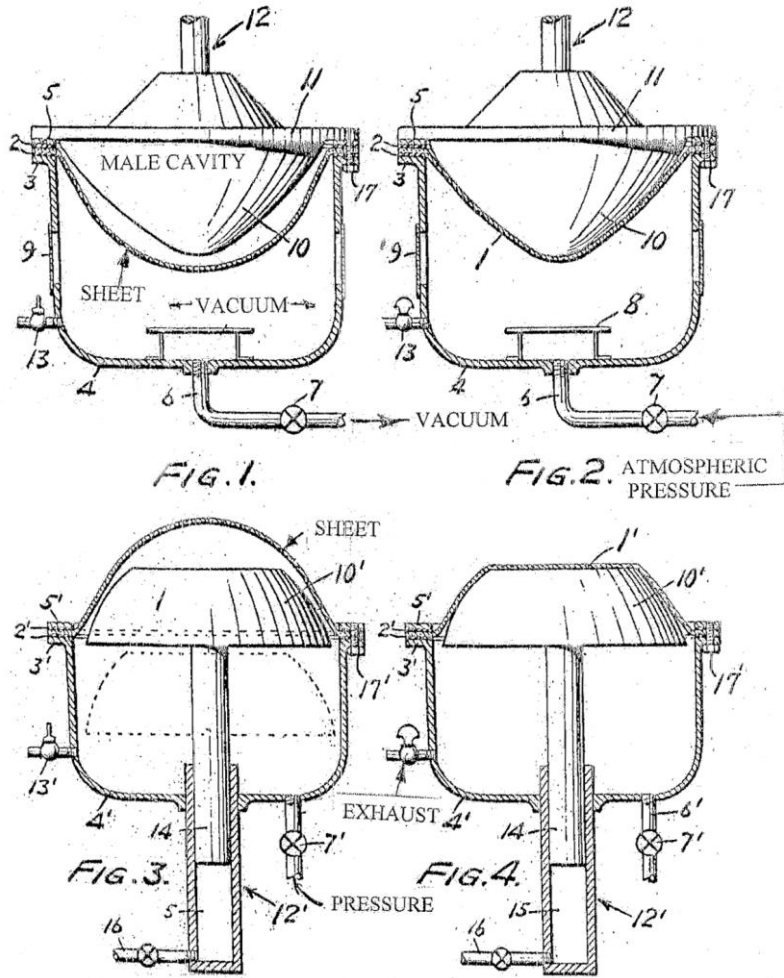
Termoform endüstrisi için modern makinelerin gelişimi 1930-1950 yılları arasında olmuştur. Bu dönemde termoform için özel ekipmanlar geliştirildi. II. Dünya Savaşı öncesi büyük bir gelişim çabası ile akrilik kanopiler uçak yapımında kullanılmaya başlandı. Akrilik reçine üreticisi olan Rohm ve E. Haas Şirketi'nden L. Helwig'in akrilik şekillendirme ile ilgili farklı teknikleri kullanan iki patenti vardır (Rosen, 2019).



Şekil 2.10. Sıcak yağ kullanılarak akrilik şekillendirme (Rosen, 2019)

ILL.-A. Helwig'in 11-27-1938'de dosyalanan patentinde, bir kanopinin değişken basınç altında sıcak bir akışkan kullanarak (kaynamış yağ veya su) ve önceden ısıtılmış akrilik

levha su soğutmalı kalıp sistemine yerleştirmek suretiyle şekillendirilmesi esasına dayanır böylece levhanın kalıp oyuğuna bakan kısmında levha yüzeyi soğuyacak ve çarpılmadan yeterince sertleşmiş olacak. Levhanın iç yüzeyide sadece sıcak sıvı ile temas ettiğinden lekelerden arınmış olacaktır. Bu süreç bugün hava basıncının bir levhaya karşı tabaka oluşturduğu modifiye edilmiş bir metoda benzer olan yüksek kaliteli parçalar üreten sıcaklık kontrollü kalıp tekniği olan Helwig patenti, bir erkek snap-back tekniğini tarif eder (Rosen, 2019).



Şekil 2.11. Helwig snap-back tekniği (Rosen, 2019)

Figür 1-2 Sıcak tabakayı önceden gerdirmek için vakum kullanımı gösterilmiş ve sonra sıcak plastiği erkek boşluğuna karşı zorlamak için atmosferik basınç. Figür 3-4 uygulanmıştır. Sıcak levhanın genişlemesi biçimlendirmeden önce yüzeyinin düzgün bir şekilde üretilmesi için kullanılmıştır. Bu işlem erkek itici kullanılarak yapılan sistemin ilk patenti olarak görülmektedir (Rosen, 2019).

Dupont Corp. Şirketi'nin patenti ile üniform bir duvar kalınlığı elde etmek için radyant bir ısı kaynağını kontrol etmek suretiyle iki yöntem kullanmıştır. Isıtıcı tertibatı plastik levha hattına göre yükseltilebilir veya alçaltılabilir. Hareketli bir levhadan uzakta veya levhaya doğru ısı kaynağı güçlü bir ısı kontrolü yöntemidir. Radyan bir kaynağın reseptöre olan mesafesi doğrusal bir fonksiyon değildir ve küçük bir harekettir. Bu mesafe levha yüzeyindeki sıcaklık dağılımında büyük farklılıklar yaratabilir. Isıtıcı düzeneğindeki her lamba, ısıtma düzeninin yapabilmesi için ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekir ve levha boyunca homojen bir sıcaklık dağılımını teşvik etmek için bölgelere ayrılmalıdır. Bu patentte şekillendirme alanında radyan ısıtmanın kullanılmasını önerir. 1930'ların başında Braund tarafından ABD Sahili ve Jeolojik Araştırmalar için ucuz üç boyutlu kabartma haritaları üretmek için bir süreç geliştirilmeye başlandı. ILL.-D. J. J. 2-17-1936'da Braund patenti olan bu sistemde, levha önce bir fırın düzeneğinde ısıtılır ve daha sonra bir kalıba taşınarak form elde edilir (Rosen, 2019).

İtici tasarımı, birçok faktörü içeren karmaşık bir konudur. Kalıp tasarımı, levha seçimi, proses sıcaklığı, ısıl biçimlendirme ekipmanı, itici malzemesi seçimi hepsi bir rol oynamaktadır. En iyi uygulama için, bir itici tasarımıyla başlamak gerekmektedir. Bu, itici malzemesinin form duvarı ile arasındaki boşluğun, ve form tabanına mümkün olduğu kadar yakın olması gerektiği anlamına gelir. (genellikle 1/16 inç veya 1,5 mm) iticinin ucunda minimum yarıçaplı olmalıdır. Bu, boşluğun tabanına çok fazla malzeme taşınması durumunda yarıçapta bir artış sağlanır. Malzeme kalınlığını eşit şekilde dağıtmak veya potansiyel talaş izlerini gidermek için daha fazla itici eklenebilir. İtici amacı plastiği uygun yerlere önceden gerdirmek ve dağıtmaktır. İtici ve plastik arasındaki ilk arayüz noktası en fazla miktarda malzemeyi taşıyacaktır. Keskin kenarlar daha az plastik akışı olacağı anlamına gelir, bu da daha ince yan duvarlara ve daha kalın taban ve köşelere neden olur. Yuvarlak kenarlar, daha kalın yan duvarlar ve daha ince taban ve köşeler ile sonuçlanan daha fazla plastik akışı olacağı anlamına gelir. Farklı kalıp tasarımları, makine özellikleri, plastik levha özellikleri, itici hızı, vakumla havalandırma ve zamanlama ve hatta operatör teknikleri iticinin performansını etkiler. Farklı itici malzemelerinin farklı fiziksel özelliklere sahip olduğunu bilmek önemlidir. Bu, tasarımcılar naylon veya asetale tıkaçlardan sözdizimsel köpük tıkaçlarına geçerken en çarpıcı şekilde görülür (Conor, 2015).

Örneğin, asetal, Hytac sözdizimsel köpüğünden daha yüksek bir doğrusal termal genişleme katsayısına sahip olduğu için, bazı genişmeleri hesaba katacak şekilde tasarlanması gerekir. Bir tasarımcı, itici tasarımını değiştirmeden itici malzemesini değiştiriyorsa, son parçanın malzeme dağılımı optimize edilmeyecek ve reddedilmelere ve / veya parça arızasına neden olabilir. Isıyla şekillendirilmiş parça kuvveti gereksinimlerini karşılayacak bir malzeme seçmek önemlidir. Örneğin, iticinin dar çıkıntıları veya direkleri varsa, bazı epoksi sözdizimleri gibi kırılğan bir malzemenin kullanılması iyi bir fikir değildir (Conor, 2015).

15 Ekim 2004 tarihinde Amerikan Milliken & Company şirketinde; CMT Materials firması tarafından yapılan çalışma sonucunda; itici olarak kullanılan değişik sentetik malzemeler yerine tercih edilen Delrin malzemesine karşı; HYTAC malzemesinin ürün berraklığı, parlaklığı ve mukaveeti açısından büyük gelişme sağladığı görülmüştür. Her iki HYTAC-BX1 ve HYTAC-FLX sentetik malzemesinde, kendilerine özel ısı transfer özelliklerinden dolayı, birebir benzer üretim şartları karşısında Delrin malzemesine göre çok daha muntazam et kalınlığına sahip derin kase'ler elde etmeyi sağlamışlardır. Her biri 830 ml olan kase'ler birebir aynı üretim şartlarında, ATOFINA 3289 polipropilen hammaddesi kullanılarak Miliken's firmasının güney Karolinada ki fabrikasında illig RDM-54 makinası ile üretilmişlerdir. Üretilen bütün kaseler'in, et kalınlığı, mukavemet, parlaklık, berraklık ve bulanıklılık değerleri ölçülmüştür. HYTAC malzemesi, Delrin ve diğer katı polimer itici malzemelerine oranla, daha bir çok avantajlar sunar. Düşük ısı transfer özelliği, genellikle ilk 10 baskıdan sonra makinanın seri üretime geçmesine olanak sağlar. İticilerin çalışırken düşük ısıda kalmaları çevrim süresinin hızlanmasına, dolayısı ile üretimin artmasına ve birim maliyetin düşmesini sağlamıştır (Hytac, 2017).

Termoform işlemi, ilginç yetenekleri nedeniyle polimer işlemede en popüler tekniklerden biridir. Thermoform teknolojisine özgü temel kusur, uygulama sırasında özellikle yüksek sıcaklıklarda belirgin hale gelen ürünlerin çarpıklığıdır. Warpage, zaman içerisinde ürünlerin geometrik boyutlarının tek tip olmayan (heterojen) değişim süreci olarak ortaya çıkmakta ve orijinal hallerinin değişmesine (bozulmasına) neden olmaktadır (Hossein, Boris, Arjomand, 2006).

Bu çalışmanın sonuçları, çarpılma safhasının nedenlerini ve gelişim şartlarını belirtir. Böylece, kısmi ve bazı durumlarda kusurun tamamen ortadan kaldırılması için geçerli tavsiyeler sunmak mümkündür (Hosseini, Boris, Arjomand, 2006).

Takviye elemanı içermeyen Polipropilen (PP), Polistiren (PS) ve Polivinil Klorür (PVC) levha malzemeler ile ağırlıkça takviye elemanı içeren % 5 cam elyaf takviyeli Polipropilen (PP), % 5 ve % 15 karbon elyaf takviyeli Polipropilen (PP), % 5 cam elyaf takviyeli Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) levha malzemeler vakum ve ısı ile şekil verme yöntemiyle şekillendirilmiş, proses parametreleri değişiminin ürün kalitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Vakum ve ısı ile şekil verilen yarı mamuller üzerinde kesitler alınarak ürün kalınlık dağılımları belirlenmiştir. Elde edilen kalınlık dağılımı ifadeleri, vakum ve ısı ile şekil verme simülasyonu sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmada elde edilen kübik, silindirik ve konik yarı mamullerde Geometrik Elemanlar Analizi metodu kullanılarak ürün kalınlık dağılımları oluşturulmuş ve deneysel verilerle karşılaştırılmıştır (Ekşi, 2014).

Sorun tanıma için tek kullanımlık bardak fabrikası hurda kutusuna bakılıyor ve sürecin belirli bir kısmı standart altı ve kusurlu ürünlere neden olduğu gözüküyor. Kontrol aşamasında on dört kusur türü tanındı ve sorun kalite kontrol çizelgeleri ve çekme testi ile birlikte sorunu çözmek için kullanıldı ve termo-mekanik yaklaşım olarak adlandırıldı. TMA sonuçları gösterdi ki kusurların sayısı ön ısıtma sonrası, artan sıcaklık en etkili değişkendir. Isıtma sisteminin tasarımına fanlar ekleyerek ısı dağılımı probleminin üstesinden gelmek. Optimum sıcaklık ile ısıtma elemanlarının 171°C’de en iyi sonucu vereceği belirlenmiştir (Issam, 2005).

## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Materyal

Araştırmada, modelleme için cad programına sahip bilgisayar, bardak su dolun paketlemesi yapan otomatik thermoform makinesi, iticileri işlemek için 3 Eksen CNC İşleme merkezi, kare formlu bardak kalıbı ve polietilen malzemeden imal edilmiş itici, kalınlık ölçmek için dijital kumpas kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Cnc işleme merkezi



Şekil 3.2. İtici (Hytac, 2019)



Şekil 3.3. Thermoform makinesi



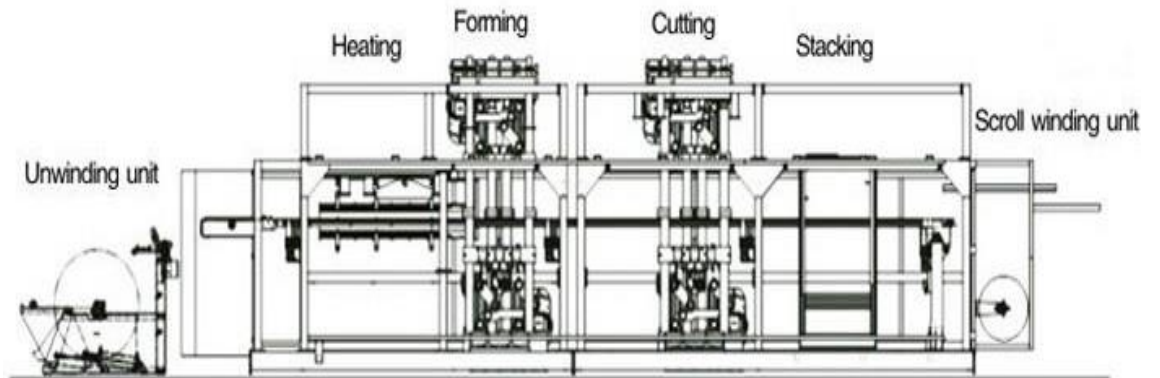
Şekil 3.4. Pet bobin



Şekil 3.5. Dijital kumpas

### 3.2. Yöntem

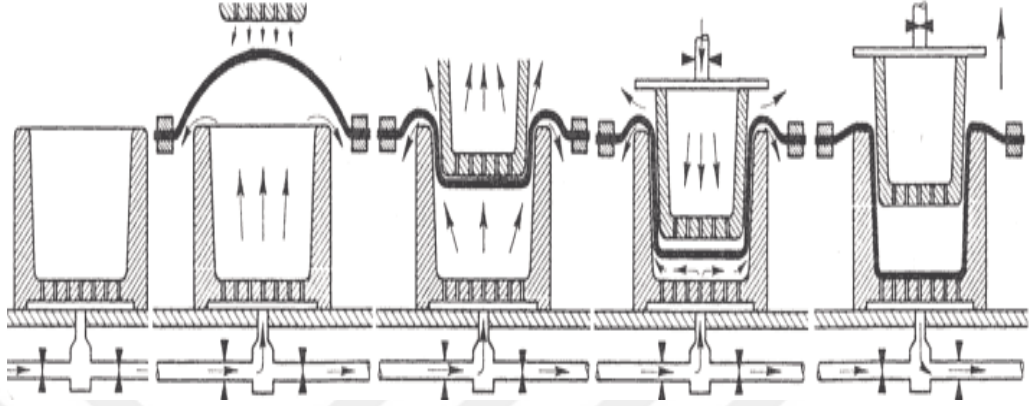
Bobine sarılı olan 700 mikron kalınlıkta 420 mm genişlikte Polietilen tetrafalat levha, levha açıcı rulolardan geçerek makinenin çekme ünitesine bağlanır. Bardak formuna özel yapılmış 3 hatve ısıtma bölümü bulunan teflon kaplı ısı çenelerinde levhaya bölgesel baskı yaparak ısıtma işlemi yapılır. Isıtma derecesi 135°C Baskı süresi 1.2 sn olarak ayarlanır. Hatve kadar ilerleyen levha şekil kalıbının bulunduğu bölgeye gelir.



Şekil 3.6. Thermoforming sistemi (Hongang, 2019)

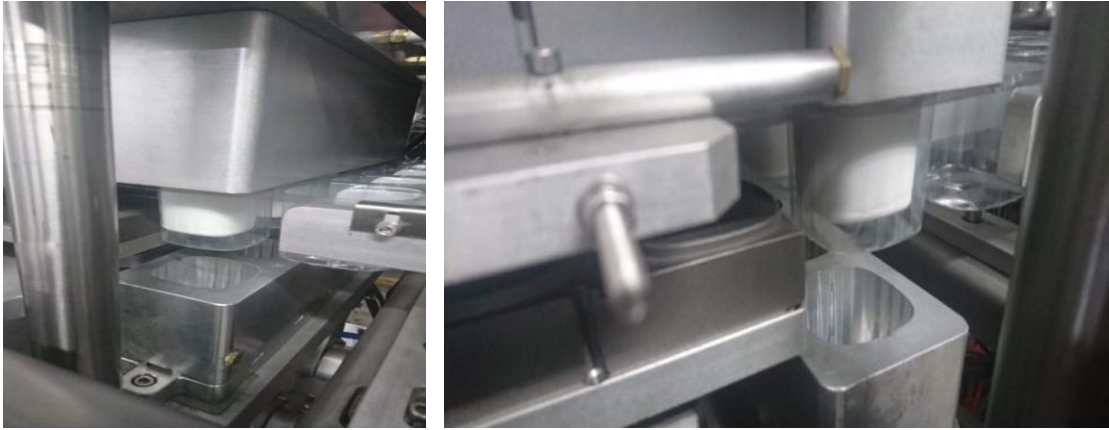


Hatve kadar ilerleyen levha şekil kalıbının bulunduğu bölgeye gelir. Bu bölgede prosese göre itici ve üfleme işlemleri sıralanıp plc üzerinden verilen zamanlara göre çalışır ve formlama işlemi gerçekleştirilir. (İtici süresi 1sn, üfleme süresi 0.5sn olarak ayarlanmıştır.)



Şekil 3.7. İtici hareket aşamaları

Form işleminden sonra deneysel bir çalışma yapıldığından diğer istasyonlar çalıştırılmadan ürün kesim istasyonunda kestirilerek ölçümü yapılır. Hazırlanmış olduğumuz itici formları tek tek kalıp itici istasyonuna bağlanarak aynı işlemler tekrarlanır. Deneme sonunda çıkan numuneler kesilerek taban ve yan duvar kalınlıklarının ölçümleri yapılarak iticilerin form üzerindeki etkileri raporlanır.

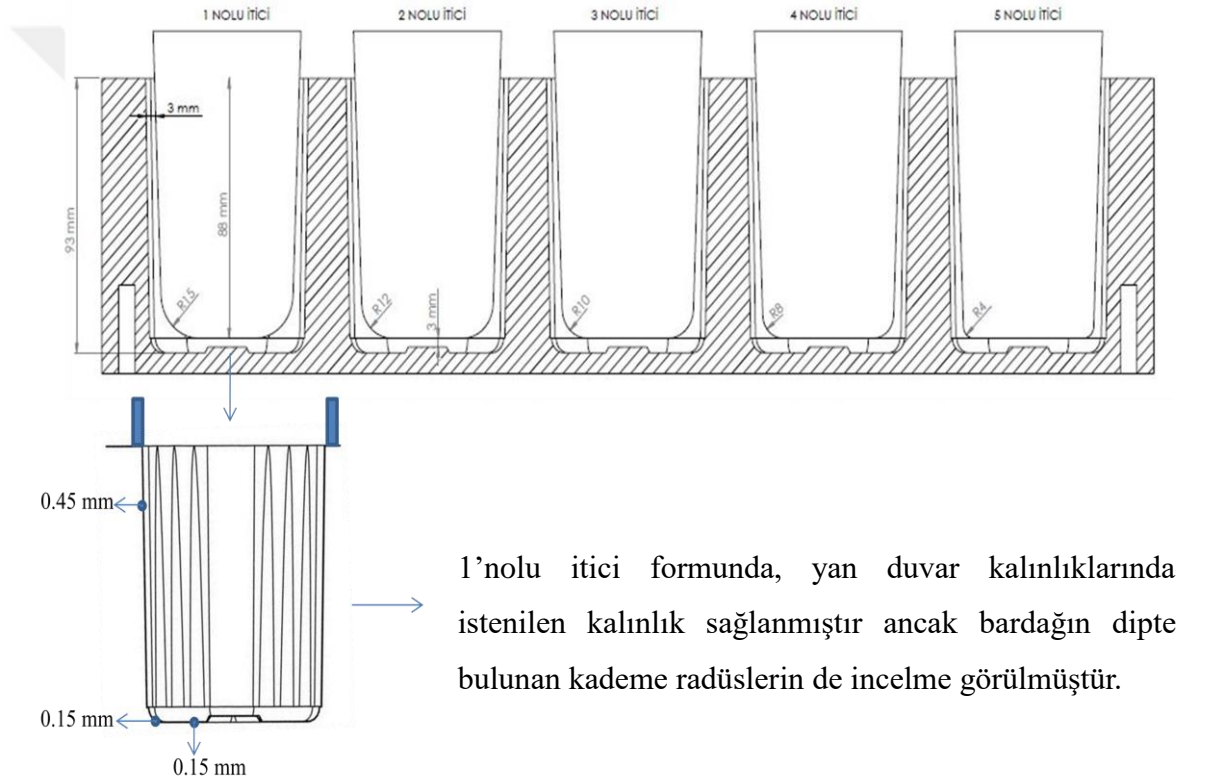


Şekil 3.8. Isı çenesi ve form kalıbı görseli

## BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. 1 nolu itici form analizleri

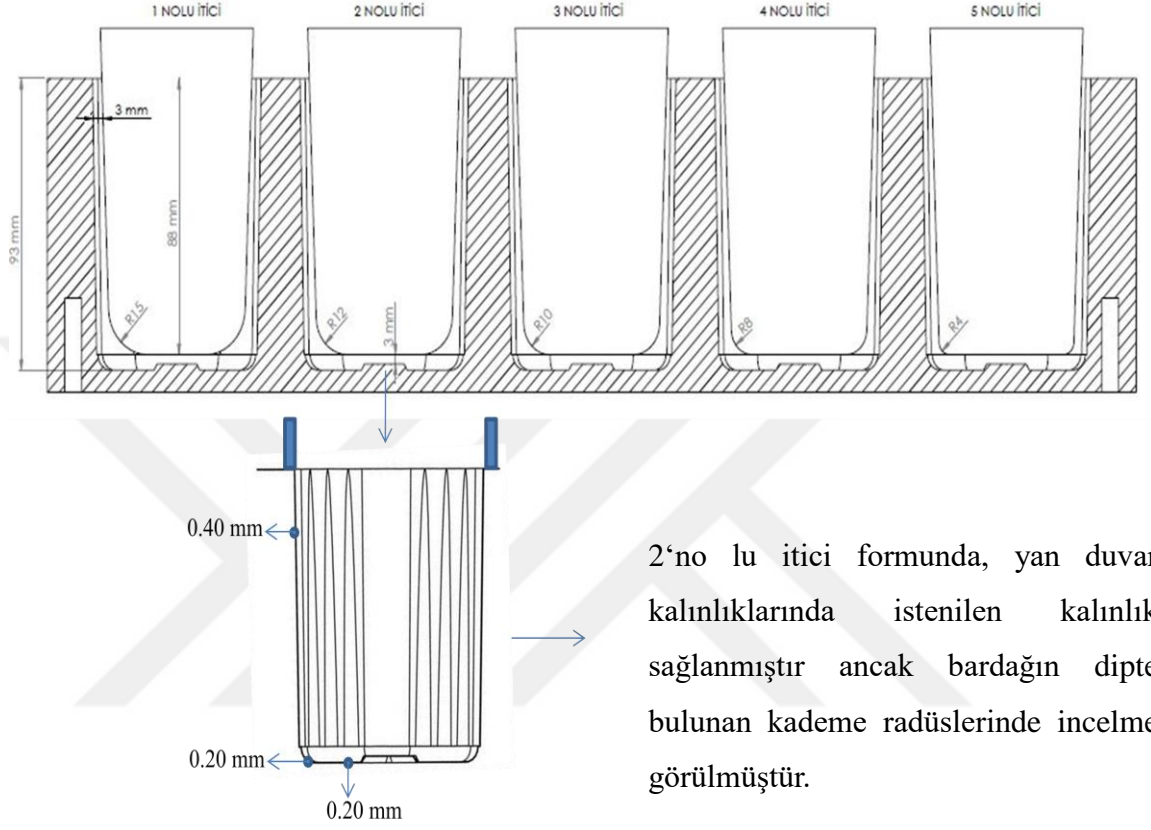
Uygulama sonucunda 1'nolu itici uç radüslerinin büyük olmasından dolayı malzemenin yan duvarlarda toplanmasına sebep olmuştur.



Şekil 4.1. 1 Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli

#### 4.2. 2 nolu itici form alma analizleri

Uygulama sonucunda 2'nolu itici uç radüslerinin büyük olmasından dolayı malzemenin yan duvarlarda toplanmasında sebep olmuştur.

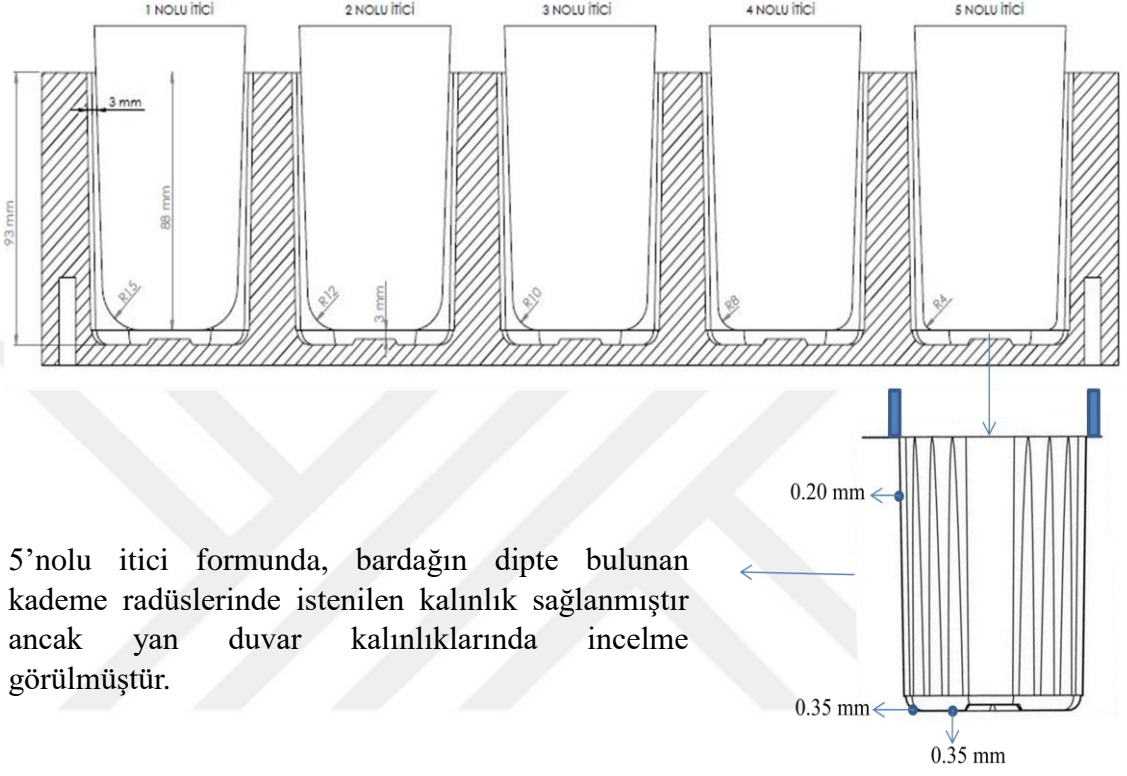


2'no lu itici formunda, yan duvar kalınlıklarında istenilen kalınlık sağlanmıştır ancak bardağın dipte bulunan kademe radüslerinde incelleme görülmüştür.

Şekil 4.2. 2 Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli

### 4.3. 5 nolu itici form alma analizleri

Uygulama sonucunda 5 nolu itici uç radüslerinin küçük olmasından dolayı malzemenin taban bölgesinde toplanmasına sebep olmuştur.

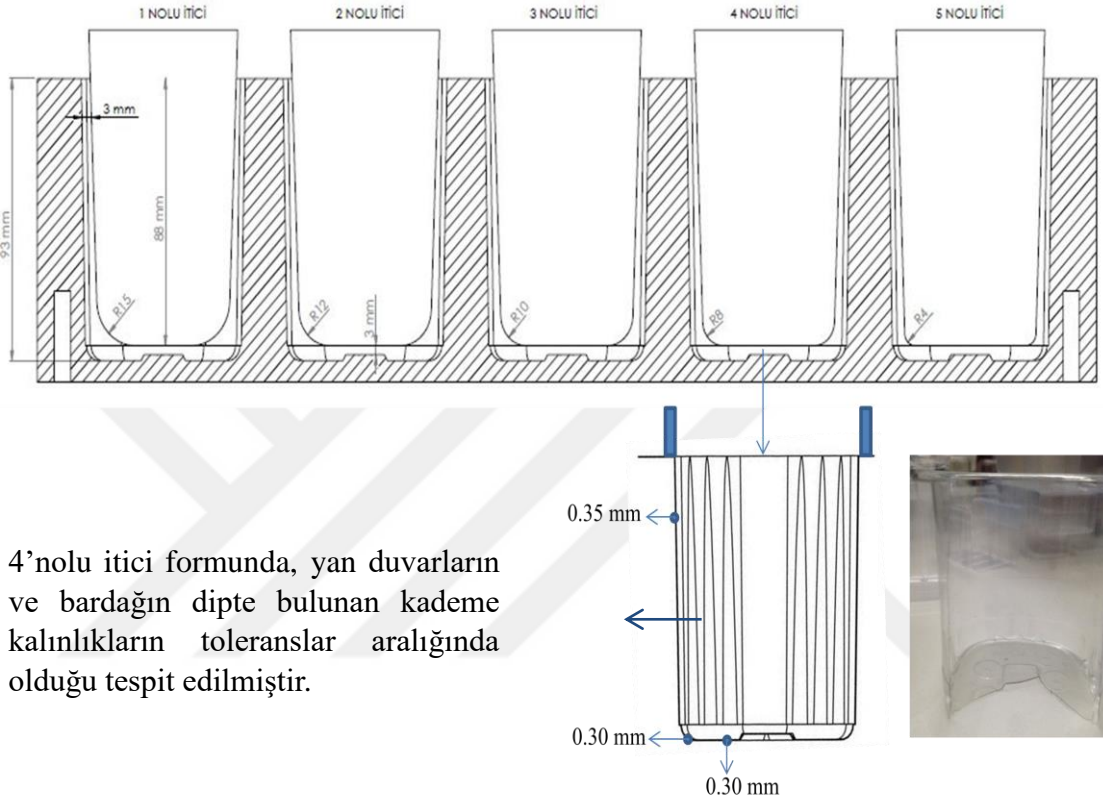


5'nolu itici formunda, bardağın dipte bulunan kademe radüslerinde istenilen kalınlık sağlanmıştır ancak yan duvar kalınlıklarında incelmeye görülmüştür.

Şekil 4.3. 5 Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli

#### 4.4. 4 nolu itici form alma analizleri

Uygulama sonucunda 4'nolu iticinin istenilen form kalınlıklarını sağlandığı görülmüştür. Aynı zamanda yapılan testlerinden de deformasyona uğramadan istenilen mukavemeti sağlamıştır.



4'nolu itici formunda, yan duvarların ve bardağın dipte bulunan kademe kalınlıkların toleranslar aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.4. 4 Nolu itici için uygulama kalıbı teknik resim görseli

## **BÖLÜM 5. TARTIŞMA**

Yapılan denemeler sonunda 4'nolu itici ile istediğimiz sonuç elde edilmiştir. Bu kapsamda yapılan deneyler mevcut sistemde fayda sağlamıştır. Çözümüne ulaştırdığımız bardak su paketlerinde kullanılacak olan bu yöntem geliştirilerek daha kapsamlı sektörlere hizmet edebilecek çalışmalar yapmalıyız. Aynı zamanda kalite ve baskı hızına etki yapan başka itici malzemelerinde de deneysel çalışmalar yapılmalıdır. Türkiye'de üretilen thermoforming kalıpların ve makinelerin çalışma kapasiteleri yurtdışı kalıplarına göre daha düşük performansta çalışmaktadır. Bunun da en büyük sebebi kalıpların ve makinelerin tasarımlarındaki detayları kullanmamızdan kaynaklanıyor. Üretimin extrüzyondan levha üretimi ile başladığını düşünürsek ürünü elimize alana kadar birçok aşamadan geçmektedir. Firma işleyişlerinin haricinde bizlerde kalıp ve makine sistemlerini geliştirmek amacı ile çalışmalar yapmalıyız.

## BÖLÜM 6. SONUÇ

Yapılan denemeler sonucunda, Levha üretiminin kalitesi, ısıtma sistemi ve itici form tasarımı, thermoforming aşamasında çıkan ürünün hem yüzey kalitesini hem formunun homojen şekil almasına etki ettiği gözlemlenmiştir. Deneme anında ölçümü yapılan levhanın kalite testleri yapılmış ve üretim bu şekilde yapılmıştır. Sandviç tipi ısıtma sistemli thermoforming makinesinde bardak formunda homojen şekillendirme amacı ile yapılan deneyler neticesinde itici uç radüslerinin r4 olması durumunda malzemenin dibe çekilmesini sağladığından kalınlık ürünün taban kısmında toplanmaktadır bunun sonucunda da yan duvarlarda 0.15 mm'ye kadar incelme söz konusudur. İtici uç radüslerinin r12 olduğu durumda ise formun taban kalınlıklarının 0.2 mm'ye kadar incelme söz konusudur. İtici uç radüsleri r8 olduğu durumda kalınlık dağılımında 0.05 mm kadar fark görülmektedir. Bunun sonucunda 4'nolu itici formu ile istediğimiz neticeye ulaştık. Denemelerin neticesinde elde edilen verilere göre aşağıdaki sonuçlar söylenebilir.

1. İtici formlarının ürün yüzey formuna 3 mm ile 5 mm arası ofsette tasarlanması gerekmektedir.
2. İtici uç radüsleri taban yüzey alanına ve taban dip radüsüne göre değişkenlik göstereceğinden, duvar ve taban kalınlıklarının homojen dağılımı istendiği ürünlerde duvarlarda uyguladığımız 3 mm ile 5 mm' lik ofseti burada da kullanmalıyız.
3. İtici yüzey pürüzlülüğüne dikkat edilmeli. Elle parlatmada bölgesel farklılıklara sebep olacağından mümkünse cnc işleme merkezinden çıktığı gibi kullanılmalı.
4. İtici malzemesi, ısı iletkenliği düşük olan malzemelerden tercih edilmelidir.
5. Formlama anında itici hareketinin hızı yavaşlatılması ve itici dibe indikten sonra üfleme veya vakumlama işlemi gerçekleştirilmelidir.

6. Makine ve kalıp sistemi uygun ise iticilere ısıtma sistemi bağlanmalı iticilerin ortalama 50°C sabit ısıya sahip olması sağlanmalıdır.

7. Kalıp ısısı sensörler ile kontrol edilmeli kalıp ısısının 50°C - 70°C aralığında olacak şekilde kalması sağlanmalıdır ve kalıpta gezdirilecek soğutma kanalları form duvarlarına yaklaşık 3mm-5mm aralığında olacak şekilde uygulanmalı. Soğutma kanalları yüzey formuna uygun tasarlanmalı gelişi güzel soğutma kanalları açılmamalı. Gerekli durumlarda bölgesel çözümlerle formun homojen soğutulmasına özen gösterilmelidir.

8. Vakum tahliye delikleri PET malzemesi göz önüne alınarak 0.5 mm çapında 15 mm aralıklarda olacak şekilde yerleştirilmeli.



## KAYNAKLAR

- Ambalaj üzerindeki işaretler ve anlamları, Ekolojist, Erişim Tarihi: 28.04.2019, Erişim Adresi: <http://ekolojist.net/ambalaj-uzerindeki-isaretler-ve-anlamlari/>
- Ay, İrfan. Plastik malzemelerin işlenme teknikleri ders notu, Balıkesir Üniversitesi, Erişim Tarihi: 28.04.2019, Erişim Adresi:<http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/lectures/pm/recycle.pdf>
- Conor,Carlin. (2015), Plastics Technology, Vol. 61 Issue 2, p68-70. 3p. , Five Steps Toward Better Plug Assists.
- Demirer, Ahmet. (2015). Polimer Teknolojisi, Sakarya Üniversitesi, Erişim Tarihi: 28.04.2018, Erişim Adresi:[http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/67346/39710/13polimer\\_teknolojisi.pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/67346/39710/13polimer_teknolojisi.pdf)
- Eker, Akdoğan Ayşegül. (2009) Plastiklerin şekillendirme yöntemleri ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, s114, Erişim Tarihi:05.04.2019, Erişim Adresi: [http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/plastikmalzeme/Plastiklerin\\_Sekillendirme\\_Yontemleri\\_Son.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/plastikmalzeme/Plastiklerin_Sekillendirme_Yontemleri_Son.pdf)
- Ekşi, Olcay. (2014), Plastik esaslı kompozit levhaların thermoforming (Vakum ve ısıllı şekil verme) özelliklerinin incelenmesi (Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne) Erişim Adresi: <https://docplayer.biz.tr/108701457-T-c-trakya-universitesi-fen-bilimleri-enstitusu.html>
- Hongang, Disposable cup thermoforming machine, Erişim Tarihi: 28.04.2019, Erişim Adresi: <http://www.hgcuttingpress.com/thermoforming-machine/plastic-thermoforming-machine/disposable-cup-thermoforming-machine.html>
- Hossein Hosseini<sup>a</sup> , Boris Vasilivich Berdyshev<sup>a</sup> , Arjomand Mehrabani-Zeinabad<sup>b</sup> , (2006). A solution for warpage in polymeric products by plug-assisted thermoforming , (a) Department of Polymer Engineering, Moscow State University of Environmental Engineering, Moscow 107884, Russia (b) Chemical Engineering Department, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.
- How plug assists play a crucial role in package design, Erişim Tarihi: 03.04.2019, Erişim adresi: <https://www.ecnmag.com/article/2014/01/thermoformed-trays-how-plug-assists-play-crucial-role-package-design-material-distribution-and>.
- Hytac Katalog, (2017), s5-8-9, Euromak plastik makine kalıp, Demirciler Sanayi Sitesi B4 Blok No:109 Başakşehir/İstanbul.
- Hytac Katalog, (2019), s14, Erişim Tarihi:28.04.2019, Erişim Adresi:[www.euromak.info](http://www.euromak.info)

Issam S. Jalham. (2005), Process control and quality improvement of plug – asist thermoforming process: a Case Study.( JKAU: Eng. Sci., vol. 16 no. 1, pp. 17-33 (2005 A.D./1426 A.H.) Industrial Engineering Dept., Faculty of Engineering & Technology, University of Jordan, Amman, Jordan Erişim Adresi: [https://www.kau.edu.sa/Files/320/Researches/52673\\_22979.pdf](https://www.kau.edu.sa/Files/320/Researches/52673_22979.pdf)

Litai Machinery, Erişim Tarihi: 28.04.2019, Erişim Adresi: <http://m.tr.worldlitai.com/sheet/machine/pp-ps-plastic-sheet-extruder.html>

Megep, Plastik Teknolojisi, Ankara 2006, s3-4, Polimerlerin fiziksel özellikleri 2.

Aydın H., (2004), “PVC Üretimi ve Katkı Maddeleri,Eskişehir.

Meb, Plastik Teknolojisi, Ankara 2011, s3-4, Ekstrüzyon makinelerinde üretim.

Vural, Murat. Üretim yöntemleri ders slaytları, s19, Erişim Tarihi: 27.04.2019, Erişim Adresi: [www.web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch13-Plastik%20isleme.pdf](http://www.web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch13-Plastik%20isleme.pdf)

Meb, Plastik Teknolojisi, Ankara, 2012, s18-19-24-25-26, Vakum kalıplamada kullanılan plastikler.

Meb, Plastik Teknolojisi, Ankara 2012, s3, Vakum ile üretimde kalıp ve hammadde hazırlama.

Sevencan, F., Vaizoğlu, S. A., (2007), “Pet ve Geri Dönüşümü”, TSK Koruyucu Hekimlik Bülteni, Cilt.6 (4), s.307-312.

Simple truth about thermoforming #3 in our 12 part series-a history of thermoforming Erişim tarihi: 14.04.2019, Erişim Adresi: <https://www.mayfieldplastics.com/blog/category/uncategorized>.

Stanley R.Rosen, A History of the growth of the thermoforming industry, Thermoforming Pioneers 1930-1950 Chapter I, 702-869-0840.

Thermoforming, Kopeliovich Dmitri, Erişim tarihi: 15.04.2019, Erişim adresi: <http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=thermoforming>.

## ÖZGEÇMİŞ

Erol BÜKER, 20.07.1982'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 1999 yılında Zeytinburnu Endüstri Meslek Lisesi Kalıp Bölümünden mezun oldu. 2001 yılında başladığı Gazi Üniversitesi Makine Eğitimi Kalıpcılık Öğretmenliği Bölümü'nü 2005 yılında bitirdi. Lisans Eğitiminin ardından çeşitli firmalarda CNC, Kalıphane ve Arge Bölümlerinde Yöneticilik yapmıştır. 2017 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2018 yılından beri İdealpak firmasında CNC bölüm şefi olarak görev almaktadır.