

BİR TERMOFORM (VAKUM) KALIBININ TASARIMI (Bölüm 1)

Hikmet Nazım EKİCİ, Aykut KENTLİ

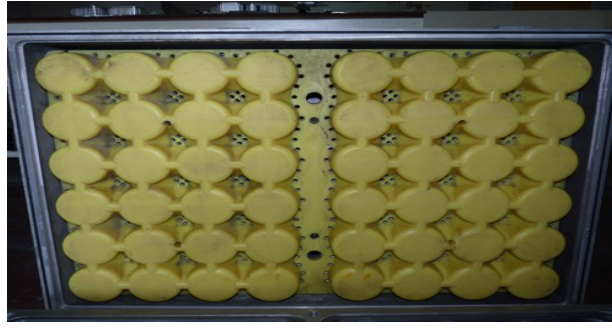
Termoform (Vakum) Kalıplama Hakkında Temel Bilgiler

Bu yazıda termoform kalıpları hakkında bilgi verilerek bir termoform kalıbının tasarımı anlatılacaktır. Bu üretim yöntemi ülkemizde özellikle ambalaj ve kap sanayinde çokça karşımıza çıkmasına rağmen bu konudaki yazılı dokümanlar az sayıdadır. Orta Anadolu İhracatçılar Birliği verilerine göre fiziksel büyüklük olarak bakıldığında; 2,5 milyon tonu bulan Türkiye ambalaj sektörünün 2000 yılı toplam üretiminin parasal büyüklüğü yaklaşık 2,5 milyar '\$' dır ve ambalaj üretiminin 1/5 ini plastik ambalaj sektörü oluşturmaktadır. Bu yazı ile bu alanda faaliyet gösteren firmalara kalıp tasarımı konusunda yardımcı olması amaçlanmıştır.

Kalıpçılığın hizmet verdiği pek çok farklı alan bulunmaktadır: Kesme kalıpları, Bükme kalıpları, Enjeksiyon kalıpları vb. alanların yanı sıra plastik malzemelerin ısıtılarak şekillendirilmesine yönelik, basit ve aynı zamanda diğer kalıplama yöntemlerine göre her yönüyle ucuz ve kolay olan termoform kalıplamadır. Günümüzde kullanmış olduğumuz tek kullanımlık tabaklar, plastik bardaklar, yoğurt kapları, çikolata jelatinleri vb. pek çok ürün bu yöntemle üretilmektedir. Kalıplanacak malzemeler genelde termoplastikler olup levha halindedir. Termoform kalıplama yöntemiyle üretilen bazı ürünler (Resim 1) ve örnek bir termoform kalıbı (Resim 2) aşağıda gösterilmiştir.



Resim 1: Termoform kalıplama yoluyla üretilen bazı ürünler [1]



Resim 2: Bir termoform kalıbı (ürünün çıkarılmamış hali) [1]

Kalıp Malzemeleri: Kalıplar 3 çeşittir: Ahşap, Polyester ve Alüminyum. Ahşap kalıplar genelde model çıkarmada kullanılır. Polyester kalıplar ise az sayıda üretimin olduğu yerlerde kullanılmaktadır. Seri üretime yönelik ise Alüminyum kalıplar kullanılır. Kalıpların montajında levha ölçülerinin belirlenmesi çok önemlidir. Kalıbın boyu, eni ve genişliği göz önünde tutularak, levhanın kenarlarından boşluk bırakılması gerekir.

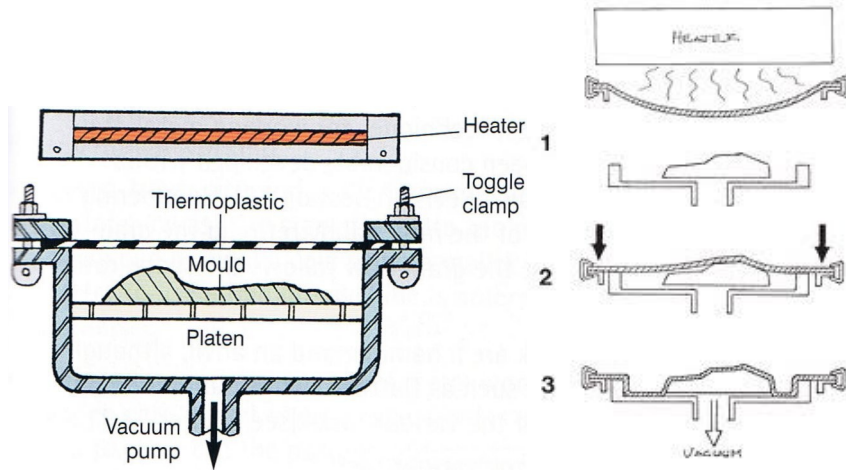
Kalıplanacak Malzemeler: Plastiklerin işlenmesinde birçok plastik hammadde kullanılmaktadır. Bu plastiklere polipropilen, polistiren, polikarbonat, polietilen ABS ve PVC, örnek olarak verilebilir.

Tablo 1’de bu yöntemde kullanılan plastikler ve erime sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 1.Kalıplanacak malzeme türleri ve erime sıcaklıkları [2]

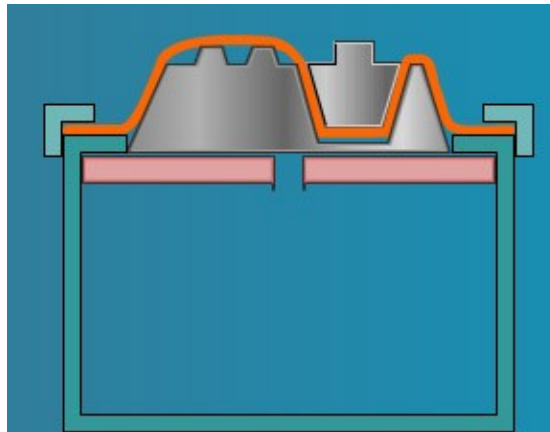
Plastik Türü	Erime Noktası °C
ABS Polimer	-
Akrilik	190
Asetal	175
Fenolik	-
Elamin Reçinesi	-
Poliamid 6	207
Poliamid 66	254
Polikarbonat	220
Poliester	250
Polietilen	105
Polipropilen	168
Polistiren	190
Polivinil klorür	127
Politetra fluoretilen	-
Selüloz asetat	230
Selüloz asetat butirat	180
Selüloz nitrat	-
Üre formaldehit	-

Termoform kalıplama ve termoform (vakum) kalıpları prensip ve yapı olarak da basittir. Kalıplamada amaç bir ürünün çok sayıda, aynı kalitede ve ucuz olarak üretilmesidir. Kalıplama mekanizmasında kalıp plakası haricinde plastiğin form alabilir noktaya kadar ısıtılması için (erimeyecek şekilde) rezistans bulunması gerekmektedir. Dişi kalıp plakası üzerinde şekil almaya hazır hale gelmiş plastiğin kalıp gözlerine iyice yapışması için plastiğin temas ettiği noktalara belirli aralıklarla vakum delikleri konmalı ve işlem esnasında kalıp gözlerindeki hava tümüyle boşaltılmalıdır. Böylece atmosfer basıncı ve vakumlama yoluyla; ısıtılarak şekil alabilir hale gelmiş plastik kalıp gözlerine iyice oturacaktır. Ayrıca dişi kalıbın altında bir vakum odası bulunmalıdır. Vakum delikleriyle vakum üretici arasındaki bağlantı bu vakum odasıdır [3-5]. Aşağıda termoform (vakum) kalıplamanın temel prensibi (Resim 3) ve vakum odası (Resim 4) gösterilmiştir.



Resim 3. Termoform (vakum) kalıplama mekanizması

Plastik levhanın ısıtılması için farklı yöntemler vardır. Bunlardan ilki porselen ısıtıcılar kullanmaktır. Porselen ısıtıcılar ısı yayılım yüzeyini artırarak levhanın kısa sürede şekil alabilir hale gelmesini sağlar. Diğer bir seçenekse rezistans kullanmaktır. Bu en çok kullanılan yöntemdir. Levha çabuk şekil alabilir hale gelir süreç kısa sürede tamamlanır. Son yöntem ise tel kullanmaktır. Tel özellikle levhanın yavaş ısınmasının istendiği hallerde kullanılır.



Resim 4. Dalıcı kullanılan bir termoform kalıbında vakum odası [6]

Kalıplama esnasında oluşabilecek bazı hatalar vardır. Bu hatalar: Çapak yapma, Yüzeylerde çukur oluşumu, ürünün tam olarak oluşmaması ve şekil bozukluğu, üründe renk bozulması, ürünün bazı kısımlarının incilmesi, üründe yüzey bozukluğu, üründe çatlak oluşumu, ürünün bazı kısımlarının kalınlaşması, ürün yüzeyinde yırtılma şeklinde özetlenebilir.

Uygun şekilde hazırlanan kalıpla işlem yapıldığı zaman yukarıda belirtilen hataların oluşması önlenmiş olacaktır. Bir sonraki bölümde, erkek plaka (dalıcı) kullanılan vakum kalıpları da olmakla birlikte, örnek olarak dişi kalıpla vakum kalıplama anlatılacaktır.

Referanslar:

- 1) Doğanay Makine web sitesi, www.doganaymakine.com.tr
- 2) Meb-Megep Plastik teknolojisi modülleri, <http://hbogm.meb.gov.tr>
- 3) Hacim Kalıpcılığı, İbrahim UZUN, Yakup ERİŞKİN, MEB Yayınevi. (1997)
- 4) Technology of Thermoforming, James L. Throne, Hanser Publishers. (1996)
- 5) Thermoforming: A Plastics Processing Guide, [Geza Gruenwald](#), CRC Press. (1998)
- 6) Manufacturing Engineering and Technology, Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, Prentice Hall. (2006)
- 7) Plastik Vakum kalıpları, www.tasarimdanimalata.com

BİR TERMOFORM (VAKUM) KALIBININ TASARIMI (Bölüm 2)

Hikmet Nazım EKİCİ, Aykut KENTLİ

Geçen ayki yazımıza bu ay kaldığımız yerden devam ediyoruz. Öncelikle CAD programlarında kalıp çizim yöntemlerini inceleyeceğiz. Burada asıl sorun hali hazırda çizilmiş olan bir numunenin dışısının oluşturulmasıdır. Yazımızın ilk bölümünde SolidWorks ortamında kalıplama işlemleri anlatılacak ardından vakum kalıbı tasarımına geçilecektir. Temel olarak 2 farklı yöntem kullanabiliriz. Birincisi bunun için SolidWorks programında bir araç çubuğu bulunur. Kalıpcılık araç çubuğu (Mold Toolbox) kullanılarak numuneler için dişi ve erkek lokmalar oluşturulabilir. Aşağıda Solidworks kalıp araç çubuğu görülmektedir.



Resim 1. Kalıp Araç Çubuğu

Kalıpcılık araç çubuğundaki bazı komutları ayrıntılı olarak inceleyecek olursak. Scale (ölçek) komutuyla başlayabiliriz. Scale komutuyla plastik kalıpcılığında çok gerekli bir faktör olan çekme payını verebiliriz. Çekme payı kavramının varlığı bir malzemenin sıvı haliyle katı hali arasında hacim farkının bulunmasından ileri gelir. [2] Pek çok malzemenin hacmi sıvı halden katı hale geçince küçülür. Bunun sonucu olarak kalıplanacak numuneyi mutlaka bir miktar büyük çizmemiz gerekirken ürünün ölçüleri olması gerekenden daha küçük olmasın. Bazı plastik malzemelere ait çekme payları aşağıda gösterilmiştir. [5]

PLASTİK MALZEMELERİN ÇEKME PAYI	
MALZEME	ÇEKME

<p><u>ABS</u> Mutfak esyalarında dis kasa aksami, goruntuimajli.Uzerine krom kaplama Parlak cikmasi icin normal ocak isisinin yuksek tutulmasi gerekir.. 220....240 C</p>	<p>0.005 0.008</p>
<p><u>AKRILIK</u> Seffaf malzeme de, sinyallerde elektrigi yansitmak icin ve seffaf malzemelerde, ledlerde v.s 220....235 C</p>	<p>0.006 0.008</p>
<p><u>ALKETEN I</u>-ile ayni Montajlamalarda ara parametre.alarda, kablo bagi, klemens v.s.170 C</p>	<p>0.020</p>
<p><u>ANTISOT</u> Mekanizmada calisan parcalar. Montajlama parametre.alarinda. Uzerine krom kaplama yapilabilir 190....200</p>	<p>0.006</p>
<p><u>DELRLIN</u> Disli parametre.alarinda ve kizaklarda. 190....200</p>	<p>0.015 0.030</p>
<p><u>%20 CAM ELYAFI</u> Elektrik malzemeleri ve lastik su rekorlarında 240....260</p>	<p>0.018 0.050</p>
<p><u>%30 CAM ELYAFI</u> Elektrik malzemeleri ve lastik su rekorlarında 240...260 Diger plastiklere nazaran donma orani cok yukselir.Makinanın ocagini yer. Enjeksiyon burgu milini zaman icinde yer. Olmasi gereken ocak sicak is celigi.... 54 HRC sertlikte</p>	<p>0.008 0.032</p>

<p><u>%50 CAM ELYAFI</u> Elektrik malzemeleri ve lastik su rekorların da.</p>	<p>0.010 0.033</p>
<p><u>%43 CAM ELYAFI</u> Elektrik malzemeleri ve lastik su rekorlarında. Elyaf arttikca direnc daha cogalir.</p>	<p>0.013 0.027</p>
<p><u>ELTEKS</u> Kirilmaz,, pul. Ara parametre.alar, kablo bagi Alketen ile elteks sertlik icabi karistirilabilir.</p>	<p>0.020</p>
<p><u>HOSTAFORM</u> Delrin ile ayni ozellilerde koku yapmaz. Baski sirasinda koku yapmaz..</p>	<p>0.013 0.032</p>
<p><u>HOSTALEN</u></p>	<p>0.020 0.035</p>
<p><u>HOSTRYEN</u></p>	<p>0.004 0.006</p>
<p><u>I-20</u> Elteks ile ayni ozelliklerde.</p>	<p>0.020</p>

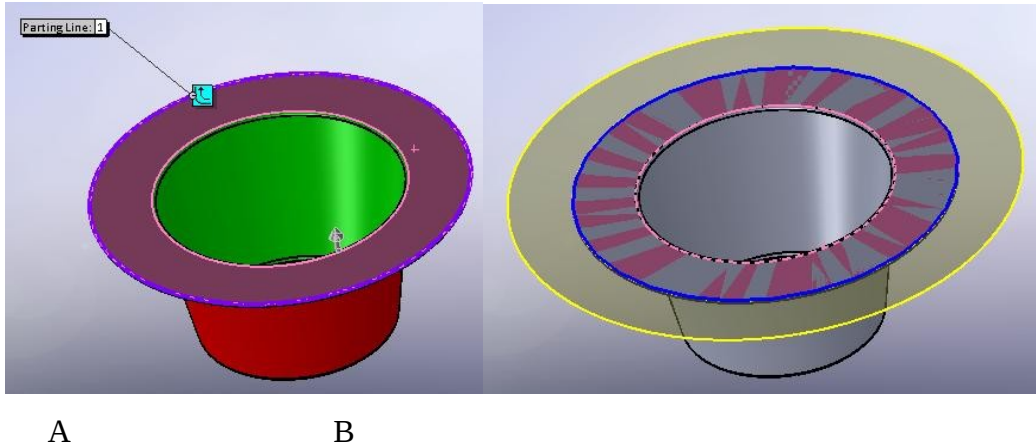
<p><u>ISN(ASEEN)</u> Cam takoz malzemelerde, sinyal lambalareinda, reflektorlerde, cam parca boyanabilir.</p>	<p>0.004 0.006</p>
<p><u>KRISTAL</u> Gida tuzugune uygun, catal, kasik, biberon, kapak, tabak v.s. %20 oranda sertlik vermek amacli ANTISOT a katilabilir.</p>	<p>0.006</p>
<p><u>LEXAN (POLYCARBONAT)</u> Elektrikte kullanilir. Yuksek direncli kirilmaz.. Ayni zamanda sokak lambasi, karkaslarda soketlerde. Kullanilabilir. Lexan r500 %10 Elyafli Sertlik veriyor ve elektrige karsi direnci var. Yuksek voltajli elektrik dugmelerinde elektrik kutularinda kullanilir.</p>	<p>0.004 0.007 0.006 0.009</p>
<p><u>LUPOLEN</u></p>	<p>0.020 0.030</p>
<p><u>MOBLEN</u> Cok yonlu bir malzeme. Talkli normal. Masa. Sandalye, ayakkabi parcalarina, dis kasalarda.</p>	<p>0.014 0.050</p>
<p><u>NITRULASETAT</u> Gida tuzugune uygundur. Ornek dis fircasi saplarinda.</p>	<p>0.002 0.004</p>
<p><u>NORYL 290</u> derece erime. Bilgsayar icinde kucuk soketlerde. Elyafli veya elyafsiz. GE yapiyor. Pahali bir malzeme. Kullanim orani az. Soketlerde ve cok hassas parcalarda.</p>	<p>0.005 0.007</p>

<p><u>POLYAMiD 6</u> 250 derece erime. Ara parçalardalarda. Disli larak da kullanilir. Kizaklarda.</p>	<p>0.005 0.022</p>
<p><u>POLYAMiD 66</u>. Etli malzemelerde. Cokuntuye bire bir. 6 ya gore biraz daha direncli.</p>	<p>0.008 0.025</p>
<p><u>POLYAMiD 11</u> cekme olmaz...Disli imalati ve tekstil parçaları. Riskli parçalarda.</p>	<p>0.010 0.022 (0.002 0.004)</p>
<p><u>POLYSTROL</u></p> <p><u>POLYPROPILEN</u> Moblenin talklisi. Sert.</p>	<p>0.004 0.006</p> <p>0.014 0.025</p>
<p><u>PVS Shore</u> Shore Sertlik degerlerine gore.. Koruklerde kullanilir. 52 cesidi var. Gida tuzugune uygun olanlar da olmayanlar da var.</p>	<p>0.020 0.030</p>
<p><u>STREN(POLYSTREN)</u></p>	<p>0.008</p>
<p><u>SELULOZ ASETAT</u></p>	<p>0.001 0.003</p>

<p><u>VESTOLEN</u> Asınmaya mukavim. Piyasa adı elastonel. Tekstil makinalarında, araba tıplarında, benzin filtrelerindeki ara pul. .</p>	<p>0.015 0.020</p>
<p><u>VESTRYON</u></p>	<p>0.004 0.006</p>
<p><u>SANTRAFON</u> Hava şartlarından etkilenmeyen asınmayan ve yırtılmayan bir malzeme. Ara conta olarak kullanılır Elektrik malzemesinde kullanılır. PVS nin diğer cesidi. Baskı esnasında muthis pas yapar. Shore Shore sertlik sertliktir. .</p>	<p>0.024</p>

Tablo 1. Bazı plastik malzemelerin çekme payları ve kullanım alanları [5]

Çekme payını verdikten sonra kalıp ayırma çizgisinin (K.A.Ç) belirlenmesi gerekir. Bunun için yüzey ayırma çizgisi (parting line) komutu kullanılır. Ayırma çizgisinin tanımlanmasını müteakiben ayırma yüzeyinin tanımlanması gerekir. [1] Bu işlemde yüzey ayırma (parting surface) komutuyla yapılır.[1] Aşağıda her iki komuta ait bir uygulama gösterilmiştir.

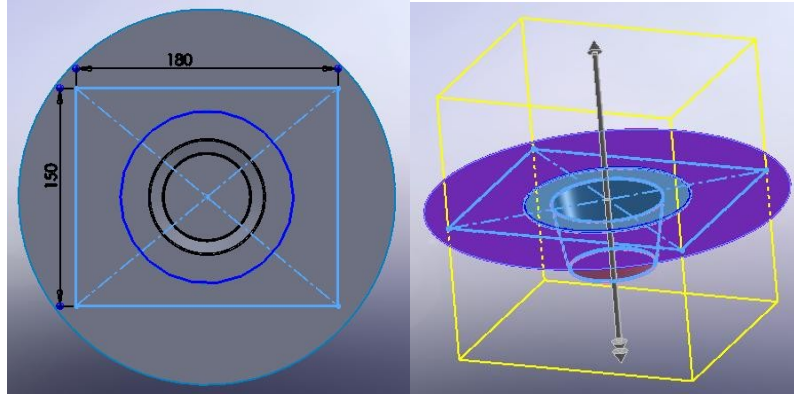


A

B

Resim 2. A) Kalıp ayırma çizgisi (K.A.Ç) B) Kalıp ayırma yüzeyi

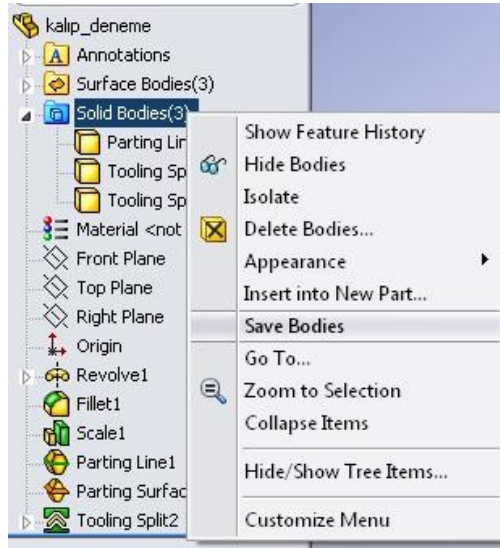
Kalıp ayırma yüzeyi oluşturulduktan sonra dişi ve erkek lokmalar için eskiz (sketch) çizilir ve lokmaların ölçüleri belirlenir ve erkek/dişi oluşturma komutuyla (tooling split) lokmalara kalınlık verilir. Aşağıda lokmalar için eskiz (sketch) oluşturma ve lokmalara kalınlık verilmesi şekil olarak gösterilmiştir.



A B

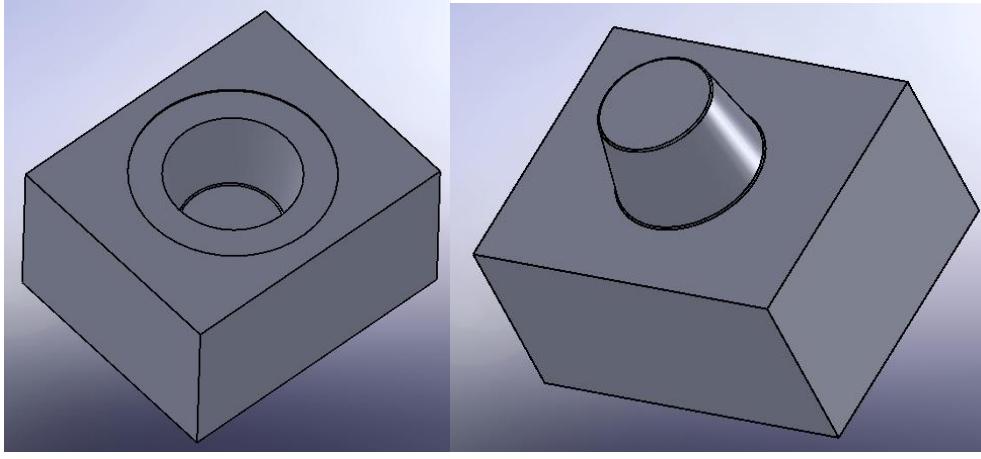
Resim 3. A) Lokmalar için çizilen eskiz (sketch) B) Lokmalara kalınlık verilmesi

Kalınlık verme işleminden sonra erkek ve dişi parçalar oluşmaktadır. Bu parçalarda oluşunca aynı dosyadaki katı model sayısı 3 olmaktadır: numune, erkek lokma, dişi lokma. Solidworks programında ekranda kaç tane katı model veya yüzey olduğu unsur ağacında gözükmemektedir. Montaj için lokmaların ayrı birer parça olarak kaydedilmesi gerekir. Aşağıda gövdelerin ayrı ayrı kaydedilmesi gösterilmiştir.



Resim 4. Gövdelerin ayrı ayrı kaydedilmesi

Gövdelerin ayrı ayrı kaydedilmesinin ardından dişi ve erkek lokmalar aşağıda görülmektedir.

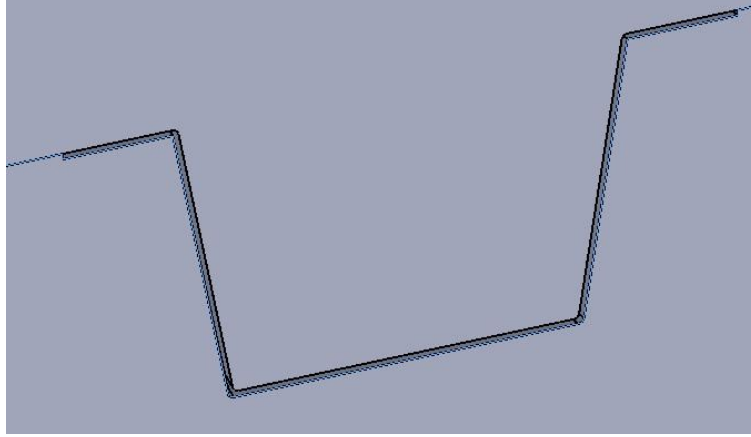


A

B

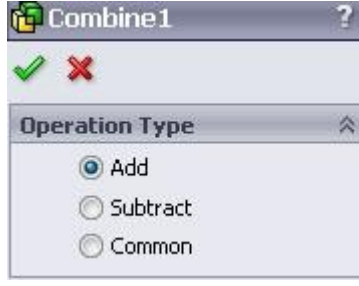
Resim 4. A) Dişi lokma B) Erkek lokma

Dişi ve erkek lokmalar monte edilecek olursa kesit alınarak ürünün oluştuğu yer olan kalıp boşluğu görülebilir.



Resim 5. Kalıp Boşluğu

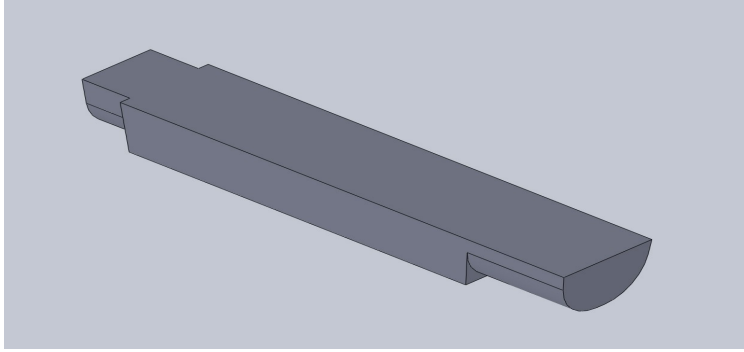
Burada ikinci yöntem olarak numunenin plaka üzerinde dişinin oluşturulması için CAD programlarındaki mantıksal operasyonlar (boolean operations) kullanılacaktır. 3 temel mantıksal operasyon bulunmaktadır. Bunlar bir katının diğeriyle birleştirilmesi, bir katının diğeriinden çıkarılması, ve bir katıyla diğeri bir katının ortak bölgelerinin alınarak geri kalan kısımların çıkarılmasıdır. Termoform kalıbımızın tasarımı esnasında kalıp gözleri bir katının diğeri bir katıdan çıkarılması yöntemiyle oluşturulmuştur. Aşağıda Mantıksal operasyonlar menüsü görülmektedir.



Resim 6. Mantıksal operasyonlar komutunun görünümü (subtract seçeneği kullanılmıştır)

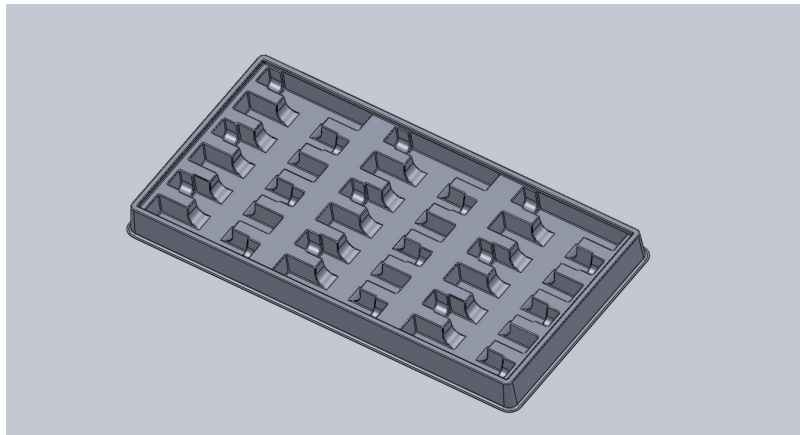
Termoform (Vakum) Kalıbının Tasarımı

Yukarıda Solidworks ortamında kalıplama işlemleri ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Şimdiyse yazımızın asıl konusu olan termoform kalıbı yukarıda anlatılanların ışığında çizilecektir. Buradaki vakum kalıbı ambalaj amaçlı kullanılacaktır. Öncelikle bu ambalajlanacak ürünün katı modeli çizilmiştir. Aşağıda ambalajlanacak ürünün kesiti (Resim 6) görülmektedir.



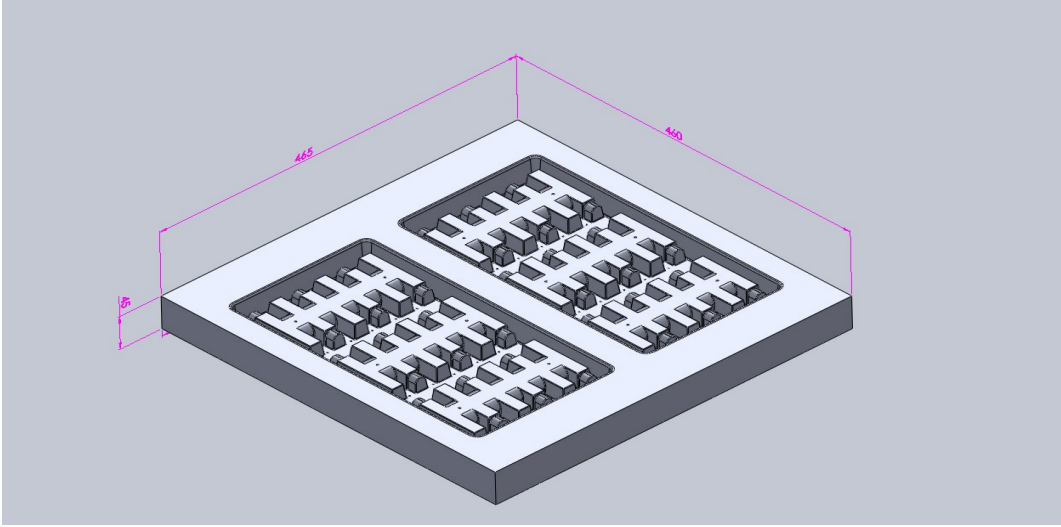
Resim 7. Ambalajlanacak ürünün kesiti [4]

Bunun ardından ambalajlanacak ürün plakanın üstüne istenilen sayıda yerleştirilip; plakadan ambalajlanacak ürünün çıkarılmasıyla ve plakaya kabuk komutuyla (shell) kalınlık verilerek ambalaj parçası elde edilir. Bizim kalıplamak istediğimiz parça ambalajın kendisidir. Aşağıda burada anlatılan işlemler sonucunda ambalaj görülmektedir.



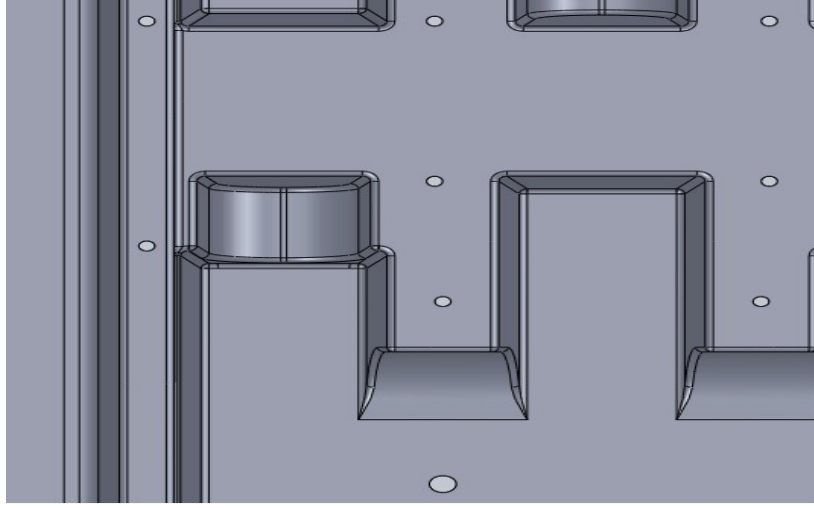
Resim 8. Ambalaj [4]

Burada ambalajın et kalınlığı 0.5 mm'dir. Ambalajın oluşturulmasının ardından kalıp plakasının tasarımı yapılabilir. Bu çalışmada ambalajın ebatı dikkate alınarak kalıp plakası 2 gözlü olarak tasarlanacaktır. Kalıp gözlerinin oluşturulması için SolidWorks ortamında çizilen kalıp plakasının ekranına kalıplanacak parça (ambalaj) çağrılarak (Montaj ekranına geçmeden, Part ortamında) kalıp plakası üzerine 2 kopya olarak hizalanacaktır. Kalıp gözlerinin oluşturulabilmesi için kalıp plakasından ambalaj parçaları çıkarılacaktır. Aşağıda Hazır durumdaki kalıp plakası (Resim 8) görülmektedir.



Resim 6. Kalıp gözleri açılmış haldeki kalıp plakası [4]

Artık kalıp plakası tümüyle oluşturulduğuna göre plaka üstüne vakum deliklerinin açılması gerekmektedir. Plastik kalıp gözlerine tam oturmasını sağlayacak şekilde belirli aralıklarla vakum delikleri açılmıştır. Burada bir diğer önemli unsur kalıplama işleminden sonra malzemenin kalıptan nasıl çıkarılacağıdır. Bunun için vakum deliklerinin yanısıra birde plakanın belli bölgelerine itici işlevi görmesi amacıyla delikler delinmiştir. Bu deliklerin çapı vakum deliklerinden daha büyüktür. Böylece kalıplama sonunda bu deliklerden verilecek basınçlı havayla ürünün kalıp plakasından çıkması sağlanacaktır. Aşağıda Vakum ve İtici delikleri (Resim 7) birlikte görülmektedir. Küçük delikler vakum büyük delikler ise itici delikleridir. Bu deliklerinde çizimiyle kalıp tasarımımız tamamlanmış olmaktadır.



Resim 7. Vakum ve itici deliklerinin görünümü [4]

Termoform kalıbı tasarım aşamaları ayrıntılı bir şekilde anlatılan bu kalıba benzer pekçok numuneyi ölçü aletleri (kumpas, radüs mastarı vb..) vasıtasıyla çizip burdaki tasarım aşamalarını takip ederek sizinde kendi termoform kalıplarınızı tasarlamanız mümkündür.

Referanslar:

- 1) Meb-Megep Plastik teknolojisi modülleri, <http://hbogm.meb.gov.tr>
- 2) Hacim Kalıpcılığı, İbrahim UZUN, Yakup ERİŞKİN, MEB Yayınevi. (1997)
- 3) Manufacturing Engineering and Technology, Serope Kalpakjian, Steven R. Schmid, Prentice Hall. (2006)
- 4) Vakum Kalıbı Tasarımı, Hikmet Nazım EKİCİ kişisel web sitesi, www.tasarimveimalat.com
- 5) Dural Tasarım Web Sitesi, <http://www.duraltasarim.com>