

UÇAK SANAYİİNDE ISIL ŞEKİLLENDİRMENİN MUHTEMEL UYGULAMALARI VE TASARIM KISITLARI: EĞİTİM UÇAĞI ÖRNEĞİ

Orhan Gülcan¹ ve Emre Yaban²
Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara

ÖZET

Bu çalışmada, uçak sanayiinde termoplastik malzeme kullanımı ve ısıll şekillendirmenin muhtemel uygulamaları, bir eğitim uçağı örnek verilerek açıklanacaktır. Isıl şekillendirmenin tasarım ve üretim kısıtları (çekme oranı, malzeme boyutu, büküm yarıçapı, kalıp açısı ve tolerans kısıtları) ve üretim süreci (ısıtma, form verme, soğutma vs.) açıklanacaktır. Kompozit malzemedan ziyade termoplastik malzeme ve ısıll şekillendirmenin kullanımının faydaları tartışılacaktır.

GİRİŞ

Isıl şekillendirme, plastik bir malzemenin camsı geçiş sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa ısıtılıp, mekanik veya pnömatik yöntemlerle üç boyutlu şekillendirilmesi işlemine denir [Ashter, 2014]. Isıl şekillendirme tekniğı, tarih öncesi dönemlere kadar dayanmaktadır. Romalılar, keratin plakaları sıcak yağ kullanarak şekillendirmiş ve yemek kapları üretmişlerdir. Günümüzde, ısıll şekillendirme, plastik endüstrisinin en hızlı büyüyen kısımlarından bir tanesidir. Dünya genelinde, 2007 yılındaki ısıll şekillendirme pazarının 7 milyon ton ve pazar değerinin yaklaşık 30 milyar dolar olduğu belirtilmiştir [Kutz, 2017]

ÖRNEK BİR EĞİTİM UÇAĞINDA KULLANILAN TERMOPLASTİK MALZEMELER

Mevcut çalışmada, gösterge panellerinin üzerinde kullanılan gölgeliklerde ve kokpitin sağ ve sol duvarlarını kapatan kozmetik panellerde, 2 ve 3 mm kalınlıkta Sabic Lexan F6000 termoplastik malzemeler kullanılmıştır. Sabic Lexan F6000, farklı renk seçeneklerinde, polikarbonat malzemedir. Polikarbonat malzemeler, sert ve boyutsal olarak dengeli malzemelerdir. Polikarbonat malzemelerin en önemli özellikleri sürünme direnci, yüksek ısı dayanımı ve darbe direncidir. Polikarbonat malzemelerin bu yüksek özellikleri bazı metallerle aynı seviyede, birçok plastikten ise daha yüksek seviyededir [Ashter, 2014]. Sabic Lexan F6000 malzemesi, uçakların özellikle kokpit bölgesinde ihtiyaç duyulan alev geciktirici özelliğe de sahiptir. Malzemeye ait özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

ÜRETİM AŞAMALARI

Isıl şekillendirme genel olarak beş aşamadan oluşur; ısıtma, form verme, soğutma, kalıptan çıkarma ve kenar kesme [Tempelman, Shercliff ve van Eyben, 2014; Erchiqui, 2017].

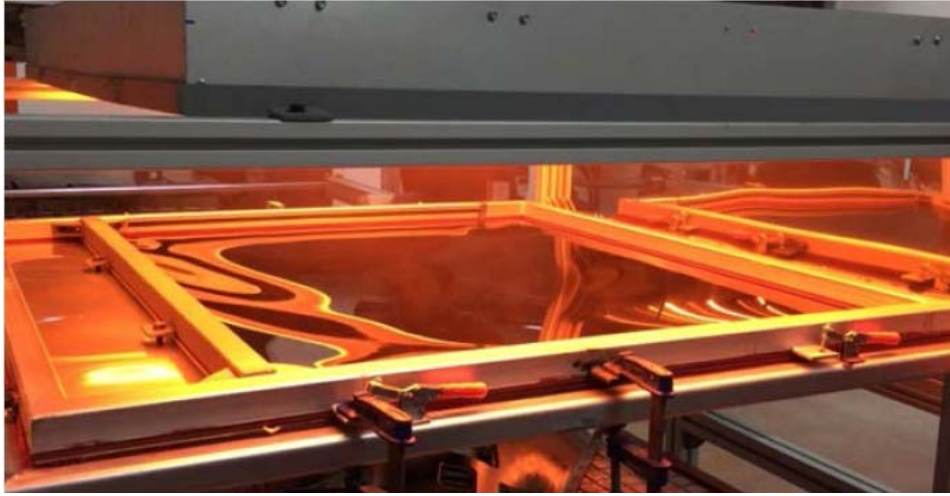
¹ Dr., Yapısal Tasarım, E-posta: ogulcan@tai.com.tr

² Sistem Entegrasyon Şefi, E-posta: eyaban@ tai.com.tr

Tablo 1: Sabic Lexan F6000 malzemesinin özellikleri

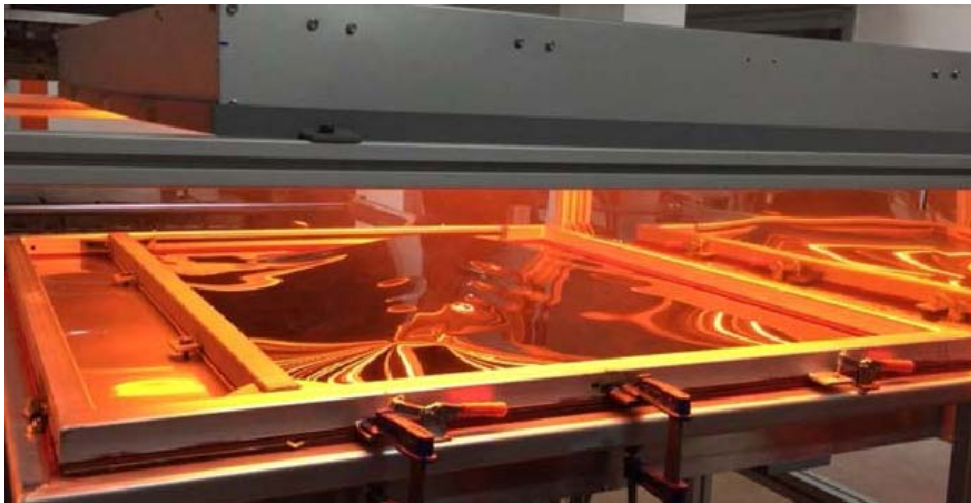
Özellik	Value
Yoğunluk	1,21 g/cm ³
Vicat yumuşama sıcaklığı, B/120	145 °C
Yük altında sapma sıcaklığı (A tipi), 1.8 MPa, düz	127 °C
Isıl iletkenlik	0,2 W/m. °C
Doğrusal ısıl genleşme katsayısı, 23-55°C	7x10 ⁻⁵ /°C

Tipik bir ısıl şekillendirme işlemi, plastik levhanın sıcaklığının, malzemenin camsı geçiş sıcaklığından biraz daha yükseğe çıkartılması ile başlar. Isıtıcılar yardımıyla, plaka, form verilebilme sıcaklığına kadar ısıtılır. Form verilebilme sıcaklığı, hem malzemeye hem de uygun formu vermek için tasarlanan kalıba göre değişebilmektedir [Selke, Culter ve Hernandez, 2016]. Farklı plastik malzemeler için form verme sıcaklıkları literatürde verilmiştir [Throne, 1997]. Bu çalışmada, form verme sıcaklığı olarak 205-215 °C kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Termoplastik parçanın ısıtılması

Plastik levha ısıtıldıktan sonra kalıp boşluğuna vakum uygulanarak ve kalıp yukarı çıkartılarak, levhanın kalıbın üzerine sıvanması sağlanır [Selke, Culter ve Hernandez, 2016] (Şekil 2). Bu çalışmada, termoplastik parçaların form verilmesinde alüminyum erkek kalıplar kullanılmıştır. Erkek kalıplar kullanılarak parçanın tabanında daha az incelme elde edilebilmektedir. Kalıplarda ayrıca, havanın vakumla tahliye edilebilmesi için hava delikleri açılmıştır.



Şekil 2: Termoplastik parçaya form verilmesi

Form verme işleminden yaklaşık 5 dk. sonra parçalar kalıptan elle çıkartılır (Şekil 3 ve 4). Daha sonra plastik parçaları son hallerine getirmek için kenarları kesilir.



Şekil 3: Termoplastik parçanın soğuması

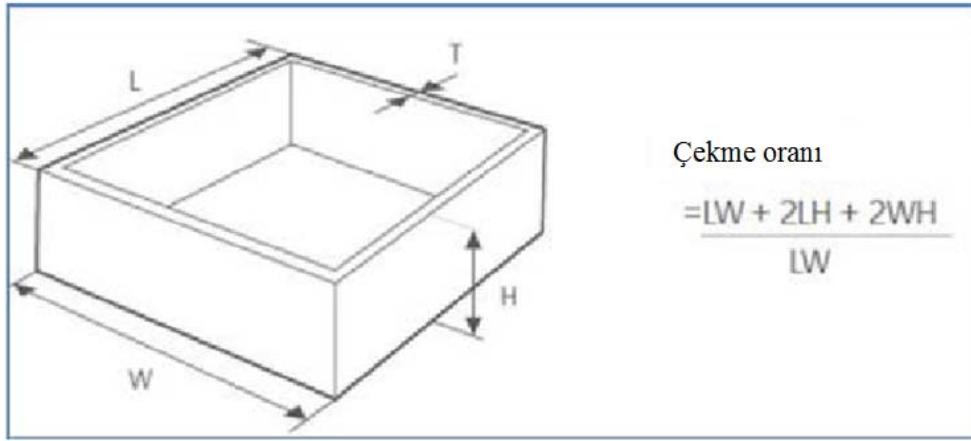


Şekil 4: Kalıptan çıkartılmış termoplastik parça

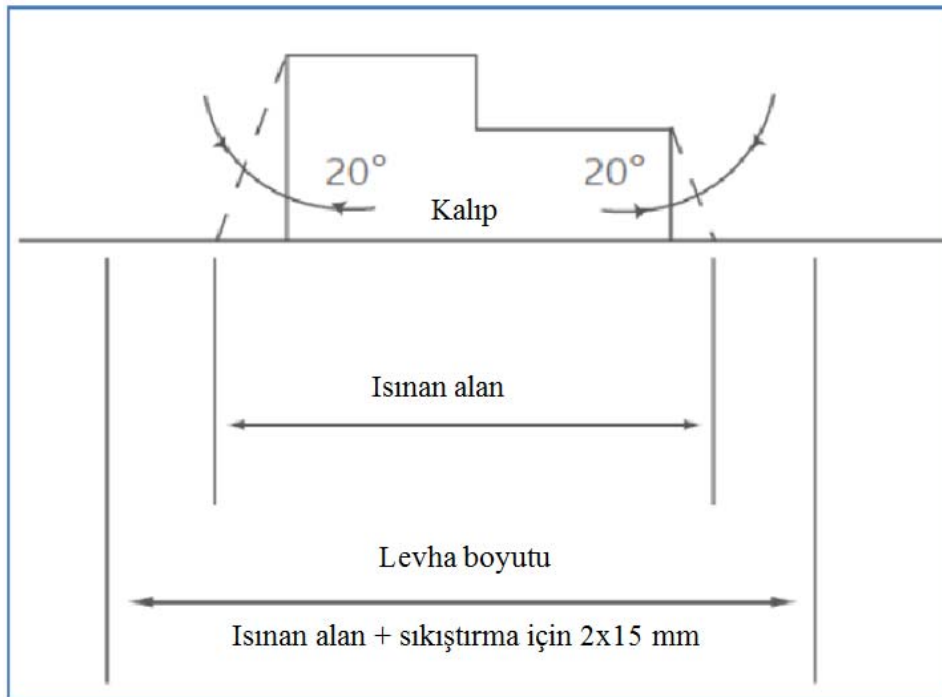
TASARIM KISITLARI

En önemli tasarım kısıtı çekme oranıdır. Form verilmiş parçanın yüzey alanının, başlangıç yüzey alanına oranına çekme oranı denilmektedir (Şekil 5). Literatürde farklı geometriler için çekme oranları verilmiştir [Throne, 2008]. Bu çalışmada, azami 3 çekme oranı kullanılmıştır.

Vakumla form verilen parçalarda, ısıl şekillendirme için gereken malzeme boyutu Şekil 6'daki gibi hesaplanabilmektedir. Bu çalışmada, malzeme boyutu kısıtlarından dolayı, azami 1000x1800 mm boyutlarında parçalar tasarlanıp üretilmiştir.



Şekil 5: Çekme oranı [Sabic, 2015]

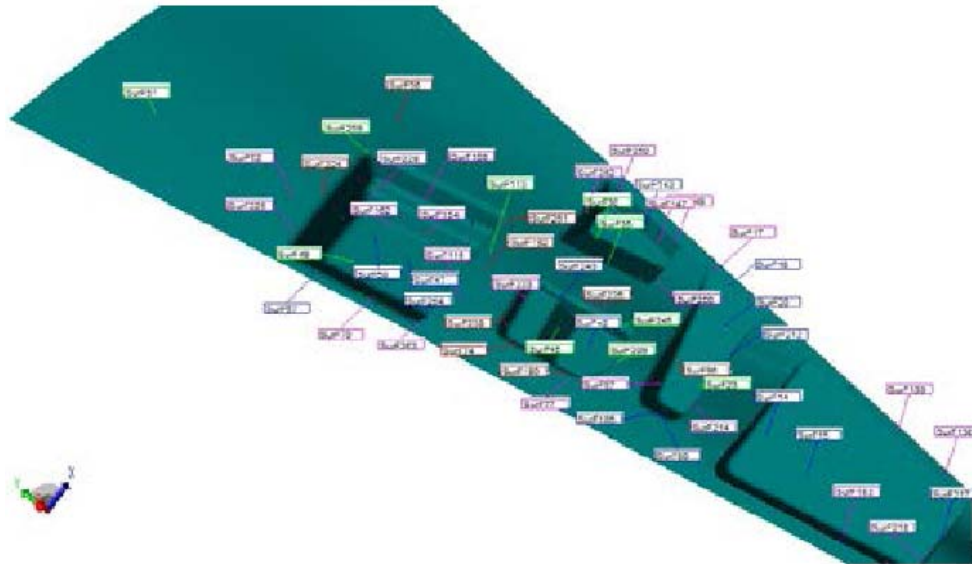


Şekil 6: Malzeme boyutu hesaplama [Sabic, 2015]

Isıl şekillendirmede en önemli tasarım kısıtlarından bir tanesi büküm yarıçaplarıdır. Büküm yarıçapları ile alakalı en temel kriter, yarıçapların en azından parçanın et kalınlığı kadar olmasıdır. Bu çalışmada, asgari 2 mm büküm yarıçapı kullanılmıştır.

Erkek kalıplar için asgari 2°-3° kalıp açısının kullanılması gerekmektedir. Fakat parça geometrisi izin verdiği müddetçe, 5°-7° kalıp açısı daha iyi sonuç vermektedir [Tam ve Chan, 2007]. Bundan dolayı bu çalışmada, asgari 2° kalıp açısı kullanılmıştır.

Küçük termoplastik parçalar için ± 0.030 inç tolerans uygun iken, parça boyutları arttıkça, her bir inç uzunluk artışı için bu toleransa ± 0.006 inç daha eklemek gerekmektedir [Throne, 2008]. Şekil 7’de görüldüğü gibi, üretilen termoplastik parçalar CMM’de ölçülmüş ve azami 3 mm tolerans değerleri görülmüştür.



Şekil 7: CMM ölçümleri

SONUÇ

Termoplastik malzemeler ve ısıtılma şekillendirme uçak sanayiinde özellikle kozmetik amaçlarla kullanılmaktadır. Termoplastik malzemelerin yoğunlukları, kompozit malzemelerin yoğunluklarından daha düşük olduğu için, ısıtılma şekillendirme ile daha hafif parçalar üretilebilmektedir. Örnek bir eğitim uçağında, ağırlık azaltma çalışmaları kapsamında, her iki kokpitteki gölgelikler ve kozmetik paneller ısıtılma şekillendirme ile üretilmiş ve bu sayede, kompozit malzeme kullanılması ile kıyaslandığında 2650 gr ağırlık azalışı sağlanmıştır.

Isıl şekillendirme, diğer form verme yöntemlerine göre daha düşük kalıp ve ekipman maliyetine yol açar [Klein, 2009]. Kompozit parçalara form vermede kullanılan çelik kalıplara nazaran, mevcut çalışmada, termoplastik parçaların form verilmesinde alüminyum kalıplar kullanılmış ve ciddi maliyet azalışı sağlanmıştır.

Isıl şekillendirme form verme süreci çok hızlı olduğu için seri üretime çok uygundur. Diğer taraftan kompozit malzemelerin üretimi daha karmaşık ekipmanların kullanımını ve daha fazla işgücünü gerektirir. Termoplastik parçaların her birinin üretimi, kenar kesimi hariç 6-8 dk. sürmektedir. Bu süre kompozit parça üretimi ile karşılaştırıldığında çok düşük bir değerdir.

Kompozit parçaların birleştirilmesinde perçin, hi-lok gibi kalıcı bağlayıcılar ve vida, cıvata gibi kalıcı olmayan bağlayıcılar kullanılması gerekirken, termoplastik parçaların birleştirilmesinde, uygun yapıştırıcılar kullanılabilir. Bu sayede hem zaman hem de maliyet tasarrufu sağlanır. Bu amaçla, mevcut çalışmadaki termoplastik parçalar Simson ISR 70-03 yapıştırıcı ile yapıştırılmıştır.

Her hangi bir parçanın üzerindeki bir çizik, çekme, darbe veya yorulma yüklemelerinde parçada ciddi gerilim artışına sebep olabilir [Hadal ve Misra, 2005]. Özellikle kokpit bölgesinde kullanılan malzemelerin estetik açıdan güzel görünümü ve çiziklere dayanıklı olması gerekmektedir. Kompozit malzemelerin aksine olarak, mevcut çalışmada kullanılan termoplastik malzemeler siyah renkte ve ilave bir boyaya ihtiyaç duymaksızın, çizilme durumunda siyah rengini hala korumaktadır [Throne, 2008; Sabic, 2015].

Kaynaklar

Ashter, S. A. 2014. *Thermoforming of Single and Multilayer Laminates*, Elsevier Publishing, s. 1-62.

Erchiqui, F., 2017. *Application of genetic and simulated annealing algorithms for optimization of infrared heating stage in thermoforming process*, Applied Thermal Engineering, DOI:<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.09.102>.

Hadal, R.S. ve Misra, R.D.K. 2005. *Scratch deformation behavior of thermoplastic materials with significant differences in ductility*, Materials Science and Engineering A, cilt. 398, s. 252-261.

Klein, P.W. 2009. *Fundamentals of plastics thermoforming*, Morgan & Claypool Publishers,s. 1-8.

Kutz, M. 2017. *Applied Plastics Engineering Handbook, Processing, Materials, and Applications*, Elsevier Publishing, s. 345-347.

SABIC-SFS-6212-EN LEXAN Sheet Processing Guide, 2015

Selke, S., Culter, J. ve Hernandez, R. 2016. *Plastics Packaging, Properties, Processing, Applications, and Regulations*, Hanser Publishing, s. 267-285.

Tam, K.W. ve Chan, K.W. 2007. *Thermoforming mold design using a reverse engineering approach*, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, cilt. 23, sayı. 3, s.305-314.

Tempelman, E., Shercliff, H. ve Ninaber van Eyben, B. 2014. *Manufacturing and Design*, Butterworth-Heinemann Publishing, s. 157-170.

Throne, J. 1997. *Advances in Thermoforming*, Rapra Review Reports, s.17.

Throne, J. 2008. *Understanding Thermoforming*, Hanser Publishing, s. 27-48.