



Makale / Research Paper

**Bilgisayar Destekli Programlar Kullanılarak Hazırlanmış Döküm Kalıbı ve
Ürün Tasarımının Polimer Kompozit Malzemeden Üretilmesi**

İdris KARAGÖZ

Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, Yalova MYO, Yalova Üniversitesi, 77100, Yalova/Türkiye
idris.karagoz@yalova.edu.tr

Received/Geliş: 15.01.2018

Revised/Düzeltilme: 01.03.2018

Accepted/Kabul: 02.03.2018

Öz: Bu çalışmada SolidWorks programında hazırlanan ayna gövdesi tasarımı Pepakura Designer isimli program kullanılarak, tekrar en küçük birime indirgenmiş ve 2D hale getirilmiştir. 2D üretim resmine dönüştürülen tasarım 1,6 mm kalınlığındaki mukavvaya çıktı alınmış ve solvent bazlı yapıştırıcı ile birleştirilerek model haline getirilmiştir. Elle yatırma yöntemiyle, mukavva model yardımıyla % 40 cam elyaf ve polyester reçine malzeme kullanılarak döküm kalıbı oluşturulmuştur. Kalıp yüzeylerine kalıp ayrıştırıcı uygulanmış olan döküm kalıbına, mermer tozu/polyester kütlece 3 oranında olacak şekilde karıştırılarak eklenmiştir. Karışıma % 0,1 oranında hızlandırıcı (kobalt tuzu) ve sertleştirici (%30 oranında seyreltilmiş Metil-Etil-Keton-Peroksit) ilave edilmiştir. Kuruma sonrası parçalar kalıptan çıkartılmış, tasarlanan ayna için gerekli olan tekrar sayısına ulaşıncaya kadar işlem tekrar edilmiştir. Tüm parçaların döküm işlemi bittikten sonra parçalar, yapıştırıcı kullanılarak polimerlerin yapıştırılmasında kullanılan yüzey hazırlama vb. işlemlere uygun olacak şekilde birleştirilmiştir. 24 saat süreyle kurumaya bırakılan ayna gövdesi sonrasında renklendirme işlemine tabi tutulmuştur. Hazırlanan kalıpla işlemlerin tekrarlanabilir olduğu ve Bilgisayar destekli tasarım programlarıyla hazırlanan ve %40 cam elyaf ve polyester reçineden üretilen kalıpların kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Ürün tasarımı, Bilgisayar Destekli Programlar, Kompozit, Kompozit ürün tasarımı

**Production of a Casting Mold and Product Design Prepared by Using
Computer-Aided Programs From Composite Materials**

Abstract: In this study, the mirror stem design prepared in SolidWorks program was reduced to the smallest unit once again by using the program named Pepakura Designer and it was made 2D. The design converted into a 2D production drawing was printed on cardboard 1.6 mm in thickness and it was made a model by joining by the solvent-based adhesive. With the hand lay-up method, a casting mold was created by using 40% fiberglass and polyester resin material with the help of a cardboard model. After drying, the pieces were taken out of the mold, the procedure was repeated until the repetition number necessary for the designed mirror was achieved. After the casting process of all pieces had been completed, the pieces were joined by using an adhesive in a way which would be suitable for the surface preparation and similar processes employed in the adhesion of polymers. The mirror stem put for drying for 24 hours was later subjected to the coloring process. It was observed that the processes were repeatable in the mold prepared and the molds prepared by computer-aided design programs and produced from 40 % fiberglass and polyester resin were usable.

Keywords: Product design, Computer-aided programs, Composite, Product design from composite materials

Bu makaleye atıf yapmak için

Karagöz, İ., "Bilgisayar Destekli Programlar Kullanılarak Hazırlanmış Döküm Kalıbı ve Ürün Tasarımının Polimer Kompozit Malzemeden Üretilmesi" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 346-352.

How to cite this article

Karagöz, İ., "Production of a casting mold and product design prepared by using computer-aided programs from composite materials" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 346-352.

1. Giriş

Tasarım, S. Hilav tarafından, “-Zihinde canlandırılan biçim, tasavvur.” olarak ifade edilmiştir [1]. 554 sayılı Endüstriyel Tasarımların Korunması hakkındaki kanun hükmündeki kararnamede tasarım, bir ürünün tümü veya benzeri bir parçası üzerinde süslemenin çizgi, şekil, biçim, renk, doku, malzeme veya esneklik gibi insan duyuları ile algılanan çeşitli unsur veya özelliklerinin oluşturduğu bütün şeklinde tanımlanmıştır [2]. Tasarım ile mevcut teknolojiler ya da yeni geliştirilen teknolojiler kullanılarak mamul ya da yarı mamul şeklinde, ürünler üretilir. Genel anlamda tasarım, tüketicinin ihtiyaç duyduğu özellikleri bünyesinde barındıran ve tüketicinin beğenisini kazanacak bir biçimde çizimlerin yapılması ile başlayan bir süreçtir [3]. Mevcut tanımlardan yola çıkarak tasarımı “Bir ürünü zihinde canlandırma (tasavvur etme), mühendislik çizimleri ve iş akış sürecine bağlı olarak üretilebilecek şekilde oluşturma ve geliştirme faaliyetleri olarak tanımlayabiliriz. Günümüzde tasarımlarda, Bilgisayar Destekli (CAD-Computer Aided Design) ve Ortaklaşa Mühendislik (Concurrent Engineering) denilen sistemlerden yoğun bir şekilde faydalanılmaktadır [4,5]. Parça (ürün) tasarımında pek çok faktör etkili olmaktadır. Ancak genel bir sınıflandırma yapılacak olursa, parça tasarımına etki eden faktörler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir [4,6]:

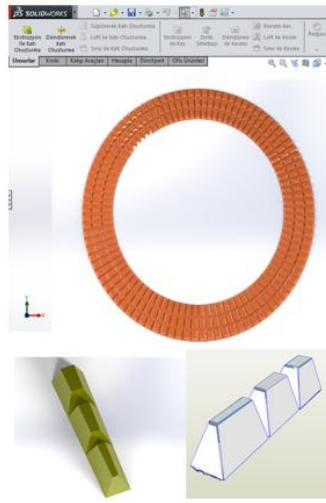
- 1- **Tasarlanacak parça hakkında genel bilgiler:** Kullanım amacı ve yeri, daha önce tasarlanmış ve üretilmiş uygulamalar vb.
- 2- **Tasarımdan beklenen fonksiyonel özellikler:** Mekanik ve fiziksel özellikler, kullanım ömrü, çalışacağı ortam sıcaklığı, nem, kimyasallara karşı dayanım, ultraviyole kararlılığı vb.
- 3- **Estetik Özellikler:** Renk, şeffaflık, temas yüzeyleri, yüzey işlemler vb.
- 4- **Ekonomiklik ve üretilebilirliği:** Üretim, malzeme ve işçilik maliyetleri, mevcut makine, ekipman ve teknolojiyle üretilebilirlik, son işlemler vb.

Tasarım sonucunda ortaya çıkan ürünün üretiminde metaller, seramikler, plastikler ve kompozit malzemeler gibi çok farklı malzemeler kullanılmaktadır [4,7]. Kompozit malzemeler nispeten diğer malzeme türlerine göre yeni bir malzeme türü olmasına rağmen endüstrideki kullanım oranları giderek artmakta ve havacılıktan, uzay ve uçak sanayine, deniz taşıtlarından inşaat ve otomotive kadar çok geniş bir yelpazede, yeni ürün geliştirme çalışmaları yoğun bir şekilde yapılmaktadır [7]. Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla sayıdaki farklı malzemenin, en iyi özelliklerini bir araya toplamak ya da ortaya yeni bir özellik çıkarmak amacıyla malzemelerin makro seviyede birleşmeleriyle oluşturulan malzemeler şeklinde tanımlanabilir [7,8]. Kompozit malzemeler, matris olarak isimlendirilen sürekli bir faz ve sürekli fazdan daha dayanıklı ve sert olan takviye malzemesinden oluşurlar. Matris malzemesi olarak genellikle metaller, polimerler veya seramikler kullanılır. Kompozitler kullanılan matris malzemesine göre, *1-Metal kompozitler*, *2-Seramik kompozitler*, *3-Polimer Kompozitler* şeklinde sınıflandırılmaktadır. Takviye malzemesi olarak elyafların kullanımı, malzemelerin mekanik özelliklerini önemli oranda arttırmaktadır. Polimer kompozitlerin üretiminde cam elyaf, karbon elyaf, aramit elyaf en çok kullanılan takviye malzemeleri olarak öne çıkmaktadır [4,7,8]. Mermer tozu, kalsit, bentonit, kil gibi pek çok malzemede dolgu amacıyla kullanılmaktadır [4]. Mermer tozlarının dolgu şeklinde kullanımı ve polyester matrisli kompozit malzeme üretimi ile ilgili Hirostova ve ark. ürettikleri kompozit malzemede mermer dolgunun fiziksel yaşlanmasına olan etkisini incelemişlerdir [9]. Epoksi reçine ve mermer tozlarından oluşan kompozit malzemenin deformasyon özelliklerini inceleyen Kristova ve ark. epoksi reçine ve mermer tozlarının etkileşim bölgelerinde deformasyona uğradığını ifade etmişlerdir [10]. Bu çalışmada, *SolidWorks* ortamında 3D (üç boyutlu) olarak tasarlanan ayna çerçevesi *Pepakura Designer* isimli program yardımıyla tekrar eden en küçük birime indirgenmiş ve 2D (iki boyutlu) hale getirilmiştir. 2D haline getirilen tasarım, mukavva ve yapıştırıcı kullanılarak modellenmiş ve cam elyaf takviyeli polimerik kompozit'ten elle yatırma yöntemi kullanılarak döküm kalıbı yapılmıştır. Döküm kalıbında, reçine, mermer tozu, çimento gibi malzemeler kullanılarak tasarım ürüne dönüştürülmüş ve renklendirme işleminden sonra ürün hazır

hale getirilmiştir. Bu çalışmada, 3D olarak tasarlanan bir ürünün, bilgisayar destekli programlar yardımıyla 2D haline getirilmesi, tasarım ve üretim süreçlerinde bilgisayar destekli programların ve modelleme yöntemlerinin kullanımının endüstriyel olarak yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Genel anlamda bu çalışmada tasarımdan üretime bir sonuç hedeflendiği için, nihai ürünün sahip olması gereken mekanik özelliklerin belirlenmesinde kullanılan mekanik testler bu çalışmanın kapsamının dışında tutulmuştur.

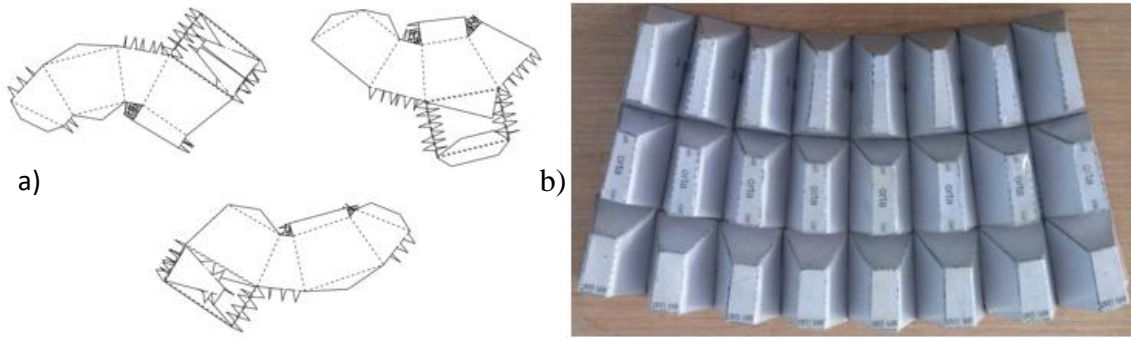
2. Malzeme ve Metot

Bu çalışmada, ürünün 3D olarak tasarlanmasında, bir tasarım fikrinin çizime dönüştürülmesi, parça üzerinde farklı değişiklikler ve ölçülendirmeler yapılması, modeller ve detaylı çizimlerin oluşturulmasını sağlayan SolidWorks mekanik tasarım otomasyon uygulaması kullanılmıştır. 3D tasarımın tekrar eden en küçük birime indirgenmesi ve 2D (iki boyutlu) hale getirilmesi, *Pepakura Designer* programında yapılmıştır. Tasarımın son şekli ve tekrar eden birime indirgenmiş hali Şekil 1.' de verilmiştir.



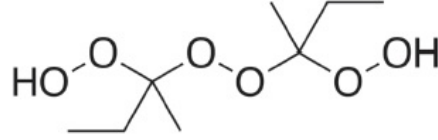
Şekil 1. Tasarımın son şekli ve tekrar eden en küçük birime indirgenmiş hali

İmalat resimleri yekpare olarak Şekil 2.' de gösterildiği gibi yapıştırma kulakçıklarıyla birlikte çıktı alınmış ve döküm modelinin yapımında 1,6 mm kalınlığında mukavva karton ve yapıştırma içinde solvent bazlı sıvı yapıştırıcı kullanılmıştır. Hazırlanan modelin döküm esnasında malzeme ile yapışmaması için kâğıtların üzeri bantlanmış ve kalıp ayırıcı görevi yapacak olan vaks çok katlı olarak sürülmüştür. Her bir uygulama sonrası bir saat süreyle vaksın kuruyarak tabaka oluşturması beklenmiştir.



Şekil 2. Döküm Modeli a) Tekrar eden birimin *Pepakura Designer* programında CAD' ten açılım haline getirilmiş hali b) Yapıştırıcı ile birleştirilerek oluşturulan döküm modeli

Kalıbın jelkont kısmını oluşturacak yüzey için, polyester karışıma %0,1 hızlandırıcı görevinde kobalt ve sertleştirici etki yapması amacıyla da % 0,1 (% 30 oranında seyreltilmiş) Metil-Etil-Keton Peroksit (MEKP) eklenmiştir. MEKP doymamış polyester reçinenin soğuk proseste (oda sıcaklığında) kürleşmesi amacıyla karışıma eklenmiştir. MEKP kimyasal bileşimi Şekil 3.' de gösterilmiştir.



Şekil 3. Metil-Etil-Keton Peroksitin yapısı

Karışım homojen haline gelinceye kadar karıştırılmış ve model yüzeyine birkaç kat uygulayarak kurumaya bırakılmıştır. Kurutma işleminden sonra, kalıp yüzeyine uygulamak amacıyla polyester ve % 40 cam elyaftan oluşan ikinci bir karışım hazırlanmıştır. Karışımın viskozitesini arttırmak ve maliyeti düşürmek amacıyla karışıma çimento ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım fırça yardımıyla kalıbın son katına işlenmiş ve kompozit malzemedan hazırlanan kalıbın son şekli verilmiştir. Kalıp tamamen kuruduktan sonra mukavvadan hazırlanan model kalıptan çıkartılmış, kalıp üzerindeki hatalar ve boşluklar macun ile düzeltilmiştir. 180 nolu zımpara kâğıdı kullanılarak kalıbın tesviyesi gerçekleştirilmiş ve kalıp Şekil 4.' de gösterildiği gibi üretime (döküme) hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4. Model kullanılarak hazırlanan polimer kompozit döküm kalıbı

Polimer kompozit'ten hazırlanan kalıbın ayırım yüzeylerine kalıp ayırıcı uygulanmış, ürünün dökümünde kullanılacak olan polyester ve mermer tozundan oluşan karışım kalıba dökülerek kurumaya bırakılmıştır. Karışıma toplam kütlenin %0,1 oranında hızlandırıcı olarak kobalt tuzu ve %0,1 oranında MEKP sertleştirici olarak ilave edilmiştir. Kuruma sonrası dökülen parça kalıptan çıkartılmış, tasarlanan ayna çerçevesi için gerekli olan tekrar sayısına ulaşıncaya kadar işlem tekrar edilmiştir. Döküm sonrası kalıptan çıkartılan parça Şekil 5.' te gösterilmiştir.



Şekil 5. Döküm parçanın son hali

Tüm modelin dökümü tamamlandıktan sonra parçalar plastiklerin yapıştırma işlemi ile birleştirilmesinde kullanılan yüzey hazırlama yöntemlerine göre [11,12] hazırlanmış ve yapıştırıcı kullanılarak birleştirilmiştir. Birleştirilen parçalar 24 saat süreyle oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Şekil 6.' da gösterildiği gibi, model kullanıcıların/tüketicilerin istediği renk ve özelliklerde olacak şekilde renklendirilmiş ve tasarım ve üretim süreci tamamlanmıştır.



Şekil 6. Birleştirme ve renklendirme işlemiyle bitmiş ürün

3. Tartışma

3D tasarımlar ile farklı özellikler ve geometride ürün tasarlamak mümkündür. Ürün üzerindeki revizyonlar küçük değişikliklerle tasarıma uygulanabilmektedir. Farklı revizyon kodları ile sisteme kaydedilen parçalar üzerinde yapılan değişiklikler takip edilebilmekte ve geçmiş dönemde yapılan çalışmalara ulaşılabilir. CAD-Cam programlarının eksik kaldığı noktalarda, SolidWorks - *Pepakura Designer* programlarında olduğu gibi farklı CAD-Cam programlarından faydalanılmaktadır. Ürünün 3D olarak SolidWorks programında tasarımı ve 2D (iki boyutlu) hale getirilmesi, *Pepakura Designer* programında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Karton

mukavva üzerine alınan çıktıda yapıştırma kulakçıklarının *Pepakura Designer* programında etkin şekilde oluşturulduğu gözlemlenmiştir. Modelin yapıştırıcı ile birleştirilmesinde bu kulakçıklardan faydalanılmıştır. Hazırlanan karışımın model yüzeyine uygulanmasında fırça kullanılmış ve katman oluşturmak amacıyla her bir uygulama arasında 30-60 dakika arasında değişen bekleme sürelerinin uygulanması model hazırlama sürecinin başarısını arttırmıştır. Kalıp jelkot kısmının üzerine kalıp gövdesini oluşturmak amacıyla polyester ve % 40 cam elyaftan oluşan karışıma ilave edilen çimentonun viskoziteyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle büyük kütleli parçaların model ve kalıp oluşturma aşamalarında çimento kullanımının maliyeti azaltıcı olarak kullanılabilceği düşünülmektedir. Jelkot kısmında polyester içerisine katılan MEKP' in kurlaşmayı hızlandırdığı ve kobalt tuzu ile birlikte sertliği arttırdığı gözlemlenmiştir. Model oluşturma sonrası kalıp yüzeyindeki hataların macun ile kapatılması ve sonrasında zımpara ile bu yüzeylerin tesviye edilmesi işlemi, döküm sonrası parçaların yüzey kalitesini arttırmıştır. Özellikle polyester ve cam elyaftan birlikte kullanıldığı polimer kompozit ürünlerde, belli bir üretim sayısından sonra bu işlemin tekrarlanması, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin sürekliliğinin sağlanması açısından önemli olacağı düşünülmektedir. Düşük yüzey enerjisine sahip oldukları için plastiklerin yapıştırma yöntemiyle birleştirilmesinde çok farklı problemlerle karşılaşmaktadır. Plastiklerin yapıştırılması ve istenilen mukavemetin elde edilebilmesi için yapıştırma işlemi öncesi yüzeylere farklı yüzey işlemleri uygulanmalıdır [11,12]. Döküm sonrası parçaların birleştirilmesinde uygun yapıştırıcının seçimi ve yapıştırılan yüzeylerin doğru şekilde hazırlanmasının ürünlerin dayanıklılığı ve birleştirme işleminin başarısı açısından oldukça önemli olduğu tespit edilmiştir.

4. Sonuçlar

Deneysel çalışmalar kısmında verilen malzemeler kullanılarak SOLIDWORKS programında katı modeli oluşturulan ve *Pepakura Designer* programında 2D ye dönüştürülerek modellenen ürün için kompozit malzemelerden başarılı bir şekilde kalıp yapılmıştır. Oluşturulan kalıba hazırlanan karışım dökülmüş ve ürüne ait parçaların üretimi gerçekleştirilmiştir. Parçaların birleştirilmesiyle ayna çerçevesinin tamamı oluşturulmuş ve renklendirme işlemine tabi tutulmuştur. Hazırlanan kalıpla yapılan işlemlerin tekrarlanabilir olduğu ve bu tür ürünlerin üretiminde kompozit malzemededen tasarlanan ve üretilen kalıpların kullanılabilir olduğu görülmüştür. Gelecekte seri üretim olmayan ya da prototipi yapılacak ürünler için bu tür kalıpların yoğun bir şekilde kullanılacağı düşünülmektedir. Aynı şekilde kompozit kalıp sektörünün gelişmesiyle birlikte, kalıpların ağırlığının azalacağı ve karışıma katılan farklı malzemelerle kalıp maliyetlerinin büyük oranda azalacağı düşünülmektedir. Plastiklerin birleştirilmesinde kullanılan yapıştırma tekniğinin, gelecekte yapıştırma mühendisliği olarak bir bilim dalına dönüşeceği özellikle otomotiv, deniz ve raylı taşıtlarda kompozit ve plastikten yapılan parçaların hem aynı türden malzemelerle hem de metal, seramik gibi diğer malzemelerle birleştirilmesinde yoğun bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Türk Dil Kurumu, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&kelime=TASARIM, Erişim tarihi: Haziran, 2017.
- [2] 554, “Endüstriyel Tasarımların Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname”, 1995.
- [3] Mercan, S., Hakverdi, F., Tosun, A., “AutoCad ile Bilgisayar Destekli Tasarım”, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2015.
- [4] Akkurt, S., “Plastik Malzeme Bilimi Teknolojisi Ve Kalıp Tasarımı”, Birsan Yayınevi, İstanbul, 2007.
- [5] Fuh, J., Y., H., Zhang, Y., F., Nee, A., Y., C., Fu, M., W., “Computer-Aided Injection Mold Design and Manufacture”, Marcel Dekker Inc., NewYork, 2004.
- [6] Akyüz, Ö., F., “Plasikler Ve Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş”, Genişletilmiş II. Baskı, PAGEV Yayınları, İstanbul, 2001.

- [7] Yerleşen, U., “Sürekli Cam Elyaf Takviyeli Poliamid 6 Levhaların Şekillendirilmesi ve Karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [8] Şahin, Y., “Kompozit Malzemelere Giriş”, II. Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2012.
- [9] Hristova, J., Valeva, V., Ivanov, J., “Aging and filler effects on the creep model parameters of thermoset composites”, Composites Science and Technology, 2002, Cilt:62:1097-1103.
- [10] Khristova, Y., Aniskevich, K., “Prediction of creep of the epoxy resin filled with marble inclusions”, Mechanic Composite Material, 1994, Cilt:30: 590-599.
- [11] Şekercioğlu, T., Kaner, S., “Plastiklerin Yapıştırılmasında Yüzey Hazırlama Yöntemlerinin İncelenmesi”, Mühendis ve Makina, 2014, Cilt 55 (648): 37-43
- [12] Kaya, F., “Ana Hatları İle Yapıştırıcılar”, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2004.