

# Üç Boyutlu Yazıcılar

Artık yeni bir ürünün tasarımı, büyük ölçüde bilgisayar ortamında yapılıyor. Bugünlerde bu ortamın getirdiği kolaylıklar, üç boyutlu yazıcılar tarafından iyice belirginleşti. Bu yazıcılar, herhangi bir sınırlama getirmeksizin, cisimlerin kısa bir sürede üç boyutlu katı modellerini yapabiliyor.

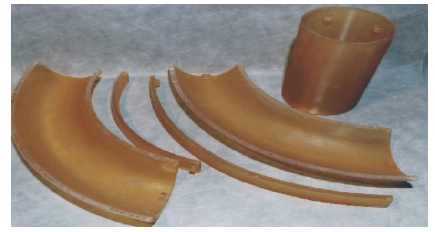


Herhangi bir katı cismin, amaca uygun üretim araçları kullanmadan ya da el becerisi olmadan üretilmesine serbest katı-hal üretimi (*SFF -Solid Freeform Fabrication*) denir. Tasarım çalışmalarının değişik evrelerinde birçok örnek modelin yapılması gerekebilir. Seri üretime yönelik sistemlerde, bu modellerden yalnızca birkaç tane üretilmesi uzun sürer. Bunların maliyeti de oldukça yüksek olur. Bu nedenle serbest katı-hal üretim sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler sayesinde modeller hem daha hızlı hem de da-

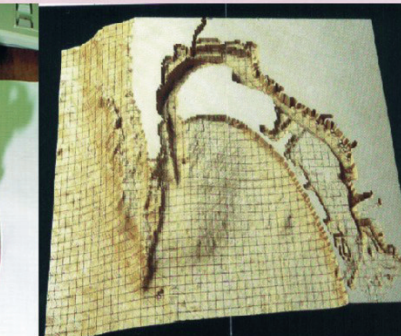
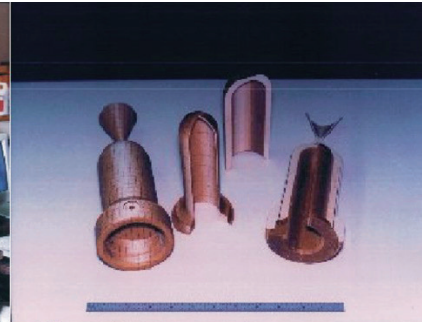
**Stereolitografi (SLA) yöntemiyle yapılan modeller ve SLA makinesi**

ha ucuz yapıyor. Doğal olarak bu da tasarımın süresini kısaltarak maliyeti düşürüyor. Tasarım çalışmalarını olumlu etkilediği için büyük endüstriyel şirketler, bu sistemlere gün geçtikçe daha çok yatırım yapıyor. Bu nedenle de sistemlerin başarımları (performansları) her geçen gün daha iyileşiyor; fiyatlar da ucuzluyor.

SFF sistemleriyle üretim, parçanın bilgisayar destekli tasarım (CAD -



Computer Aided Design) programlarıyla üç boyutlu olarak çizilmesiyle başlar. Tasarımcı, çizimin bilgisayar ortamında yapılması sırasında birçok yardımcı sistem kullanabilir. Üç boyutlu tarayıcılar, mekanik parçaların hızlı bir biçimde bilgisayar ortamına aktarılmasını sağlar. Tıpta, protez yapımı için hastanın tomografi ya da nükleer manyetik rezonans taramaları da üç boyutlu hale getirilerek bu programlara aktarılabilir. Tasarımcı bu görüntüler üzerinde istediği analizleri ve değişiklikleri yapabilir. Çizim, son haline geldikten sonra, standart "STL", dosya biçimine dönüştürülür. Bunun nedeni birçok üç boyutlu tasarım programının, bu dosya biçimini desteklemesidir. STL biçimi, cismin belirli bir ekseninde dilimlenmesini ve cismin o dilimler üzerindeki kesit şeklinin belirlenmesini sağlar. STL dosyası, SFF makinesine herhangi bir iletişim ortamı kullanılarak (disket, telefon hatları, vb...) aktarılır. SFF makinesi, cismin büyüklüğüne göre birkaç dakikadan birkaç güne kadar süren bir işlem sonucunda cismin üç boyutlu modelini oluşturur.



**İnce katmanlarla modelleme (LOM) yöntemiyle yapılan insan kalbi, bir yamacın haritası ve uzay araçlarında kullanılan itki sistemlerinin parça modelleri. Modeller kağıt ya da plastik kullanılarak yapılmıştır.**

SFF sistemleri, üç boyutlu cisimleri "dilimleme" yöntemiyle üretir. Cis-

min üç boyutlu çizimi, SFF makinesinin duyarlılığına bağlı olarak yatay ekseninde çok ince dilimlere ayrılır. Bu dilimler iki boyutludur. SFF makinesi bu dilimleri, sırayla birbiri üzerinde gerçekleştirerek cismi oluşturur. Bu sayede bilgisayar ortamında çizilen ve dilimlere ayrılan cisim, yine dilimler halinde fiziksel olarak yapılır. Bu cihazlarda cisim yüzey işleme duyarlılığı, üretimin niteliğini doğrudan etkiler. Duyarlılık, 25 ile 380 mikrometre arasında değişir. (Seri üretimde 10 mikrometrelilik duyarlılıklar elde edilebiliyor.) Öte yandan SFF makinesi dilimleri üretirken değişik özellikte malzemeler kullanabilir. Bu malzemelerin seçimi, üretilecek parçanın işlevine göre belirlenir. Basit deneysel modellerde balmumu ya da ucuz plastik kullanılabilir gibi, kalıp işlemleri için yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler de kullanılabilir. Modelleme dışında, doğrudan kullanım amacıyla üretilen cisimler için de istenilen mekanik özelliklerde malzemeler kullanılabilir. Ayrıca, cismin içini görebilmek amacıyla saydam malzemeler de yaygın olarak kullanılmaktadır.

SFF sistemleri, büyük firmalarca kullanılıyor. SFF, üretim ve tasarım birimleri arasındaki uzun iletişim sürecini ve bağımlılığı ortadan kaldırıyor. Bu nedenle, artık işleri yalnızca tasarı



*Eritip tortulandırarak modelleme (FDM) makinesinin kullandığı polimer iplik bobinleri, ve makinenin çalışma sırasındaki durumu. Bu sistem kullanılarak yapılmış bir jet itki sistem vanası (sol altta)*

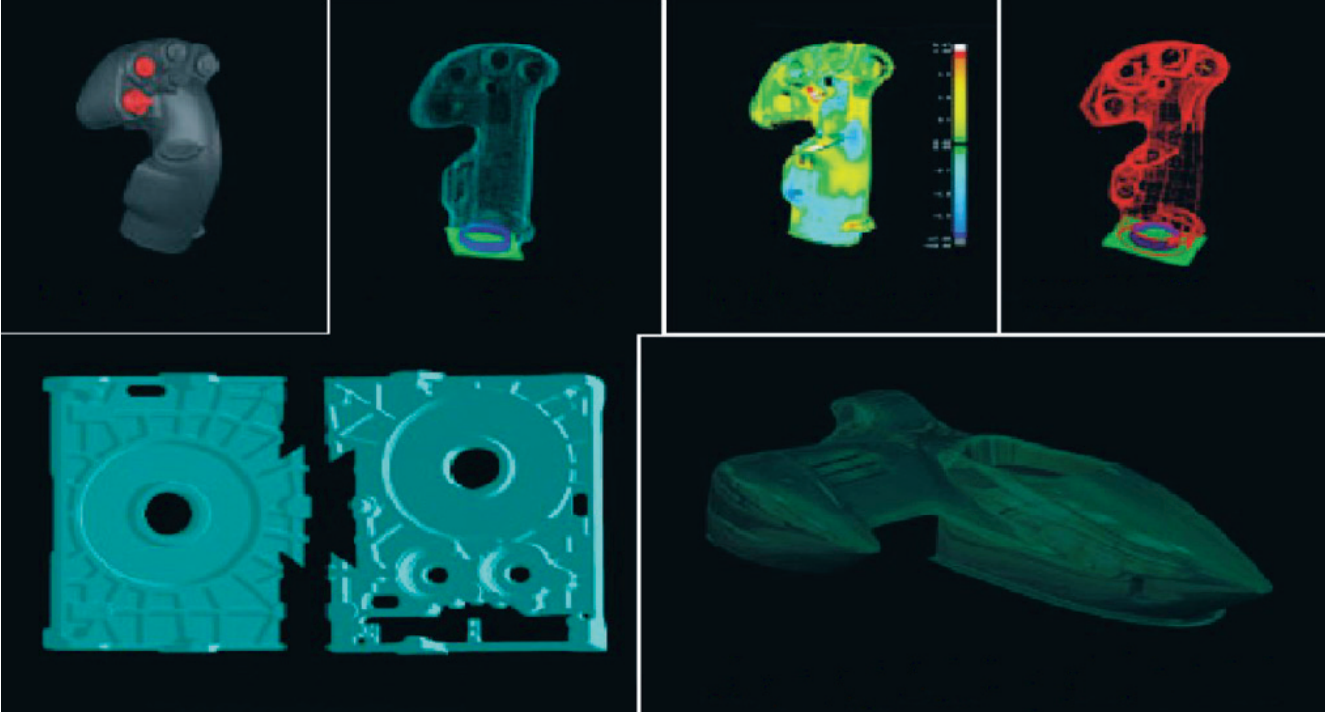
rım yapmak olan şirketler kurulabiliyor. Yöntemin getirdiği yeni olanaklar doğrultusunda, tasarım birimi içinde bile karşılaşılan ortak çalışabilme sorunu bir ölçüde çözülebildi. Tasarım sürecinin hızlanması ve deneme modellerinin istenilen ölçekte kolayca yapılabilmesi, ergonomik tasarımı zor olan ürünlerin geliştirilebilmesine artık olanak tanıyor.

SFF sistemleri, dilimlerin üretilmesinde izlenen yöntemlere göre farklılıklar gösterir. Her geçen gün yeni bir dilim üretme yöntemi geliştiriliyor. Günümüzde onu aşkın üretim yöntemi ticari olarak kullanılmakta; her yöntem, maliyet, kullanılan üretim malzemeleri, üretim hızı ve işleme duyarlılığı açısından farklılık gösteriyor. Bu sistemlerin maliyetleri de 5000 ile 500 000 dolar arasında değişiyor.

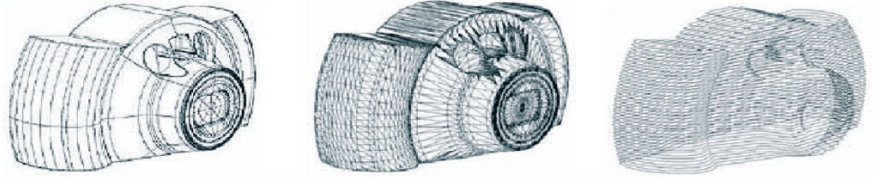
SFF makinelerinde kullanılan en eski yöntem *Stereolitografi (SLA)*. Bu yöntemde makinenin içinde ışığa duyarlı bir foto-polimerle dolu kap bulunur. Güçlü bir lazer ışını, foto-polimerin yüzeyine, o anki dilimde bulunan cismin şeklini çizer. Lazer ışınının geçtiği yerdeki foto-polimer sertleşerek kabın içinde bulunan tabladaki öteki dilimlerin üzerine yapışır. Dilimi çizme işlemi bittikten sonra tabla, dilim kalınlığı kadar aşağıya inerek, kabın üstünün yine foto-polimer tabakayla dolmasını sağlar. Cisim tümüyle ortaya çıkana değin sürer işlem. Bir başka yöntem de seçici lazer sinterlemedir (*SLS -Selective Laser Sintering*). Bu yöntemde, sıcaklığa duyarlı foto-polimer toz kullanılır. Bu yöntem SLA'ya oldukça benzer. İnce katmanlarla modelleme (*LOM -Laminated Object Modelling*) üretimi ise, en ucuz SFF yöntemidir. Güçlü bir karbondioksit lazeri, kâğıt ya da plastik tabakaları di-



*Seçici lazer sinterleme yöntemi kullanılarak yapılan bir jet motor parçası. Sağ altta, bu yöntemle yapılmış bir kalıp. SFF yöntemiyle üretilmiş çeşitli cihazlar. Sağ üst köşede gerçek boyutunun dört kat daha büyük olan yarı-saydam bir model.*



Bilgisayar destekli tasarım programları, ürünün seri üretime hazırlanması sırasında birçok kolaylıklar getirir. Bir oyun çubuğu kolunun tasarımı sırasında yapılan mekanik testler. Yandaysa üç boyutlu bir cismin tasarımı sonucunda SFF üretimi için dilimlenmesi görülmektedir.



limin şekline göre keser. Kesilen dilimler üst üste yapıştırılır. Cismin geometrik niteliği (duyarlılığı) kullanılan kâğıdın kalınlığına bağlıdır ancak duyarlılıktaki bir artış, üretim zamanını olumsuz yönde etkiler. Eritip tortulandırarak modelleme (FDM -Fused Deposition Modelling) yöntemi, öbür yöntemlere göre daha yaygın olarak

kullanılır. Yapılan cismin kullanım amacına göre, balmumu ya da polimer iplik kullanılır. Düşey ekseninde dilim kalınlığı kadar hareket edebilen bir tabla üzerinde yüzeyel olarak serbestçe gezinebilen bir yazıcı kafası bulunur. Bu kafada bulunan ısıtıcılar, kullanılan ipliği eriterek cismin dilim şeklini tabla üzerine çizer. Yarı sıvı halde

ve sıcak olan bu malzeme soğuduktan sonra sertleşir. Tabla aşağıya doğru hareket ederek bir sonraki dilim için yeni yeri hazırlar. Cismin işlem duyarlılığı, yazıcı kafanın oluşturabildiği damlaların küçüklüğüne bağlıdır. Öteki yöntemler birçok yönden son üç yöntemle benzerlik göstermektedir ancak her yöntemin diğerlerine göre üstün olduğu bir yön vardır.

Yapılan pazar araştırmaları sonucunda, SFF sistemlerinin kullanımının, her yıl iki katına çıktığı görülmüyor. Bilgisayar yazılımları ve dilim üretim yöntemlerindeki gelişmeler, bu sistemleri daha ucuz ve yaygın hale getirebilecek. Bunun sonucunda alışılmış "dikdörtgen prizması" şeklindeki birçok ürün, daha doğal ve insancıl olan yumuşak hatlı bir hale gelecek. Birçok sanatçının da ilgisini çeken SFF'ler belki de çok yakında "düşsel heykellerin" yapımında kullanılacak.

Okan Demirel



Kaynaklar:  
[www.spectrum.ieee.org](http://www.spectrum.ieee.org)  
[nasarp.msfc.nasa.gov](http://nasarp.msfc.nasa.gov)  
[www.helisisys.com](http://www.helisisys.com)  
[www.dtm-corp.com](http://www.dtm-corp.com)  
[wwwwww.3dsystems.com](http://wwwwww.3dsystems.com)  
[www.stratatsys.com](http://www.stratatsys.com)  
[www.Ennex.com](http://www.Ennex.com)  
[www.wohlersassociates.com](http://www.wohlersassociates.com)  
[dbourell@mail.utexas.edu](mailto:dbourell@mail.utexas.edu)  
[www.mcb.co.uk/services/conferen/jun98/forp](http://www.mcb.co.uk/services/conferen/jun98/forp)