

HIZLI PROTOTİPLEME YÖNTEMLERİ İLE ÜRETİLEN OTOMOBİL PARÇALARININ ÜRETİM HIZLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Gonca Esmer Ünal^{*1}

^{*1} R&D Prototype Production Department of Tofaş Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.,16110 Bursa, TÜRKİYE

Özet

Otomotiv sektöründe, yeni projenin devreye alınması aşamasında önemli bir parametre olan zamanı iyi yönetebilmek için prototip parça üretim süreleri önem arz etmektedir. Bu çalışmada, hızlı prototipleme yöntemleri arasında yer alan ve ultraviyole (uv) dayanımı olan parçalar üretebilen FDM (fused deposition modeling), SLS (selective laser sintering) ve MJF (multi jet fusion) teknolojilerinin üretim hızlarının karşılaştırması yapılmıştır. Seçilen farklı hacimlerde 5 farklı otomobil parçası, bahsi geçen yöntemlerle üretilmiştir. Elde edilen parçaların üretim ve soğuma hızları değerlendirildiğinde en hızlı metodun MJF (multi jet fusion) olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hızlı prototipleme, katmalı üretim, hızlı prototipleme makine hızı, FDM, SLS, MJF

AUTOMOBILE PARTS PRODUCED BY RAPID PROTOTYPING METHODS PRODUCTION SPEED COMPARISON

Abstract

In the automotive sector, the production times of prototype part are important in order to manage the time which is an important parameter during the commissioning of the new project. In this study, the speed of production technologies including FDM (fused deposition modeling), SLS (selective laser sintering) and MJF (multi jet fusion which can produce ultraviolet (uv) resistant parts in rapid prototyping methods and production materials that are frequently used in automotive were compared. The selected 5 different automobile parts with different volumes were produced by mentioned methods. When the production and cooling rates of the obtained parts were evaluated, the fastest method was found to be MJF (multi jet fusion).

Keywords: Rapid prototyping, additive manufacturing, rapid prototyping machine speed comparison, FDM, SLS, MJF.

* gonca.unal@tofas.com.tr, <https://orcid.org/0000-0002-1124-1948>

1. GİRİŞ

Hızlı prototipleme, bilgisayarda hazırlanan üç boyutlu CAD çizimlerinden, kalıba ihtiyaç duymadan direk olarak fiziksel parçanın elde edilmesini sağlayan imalat teknolojisidir [1]. Hızlı prototipleme cihazları, bilgisayarda datası oluşturulmuş her türlü parçanın geometrisine bağlı olarak, saatler ya da birkaç gün gibi kısa bir süre içinde üretilmesini sağlar.

Uygulamada çok çeşitli hızlı prototipleme yöntemi mevcuttur. Hızlı prototipleme sistemlerinde çeşitli sınıflandırmalar yapılabılırken, bunların en yaygın olanı prototip üretiminde kullanılan malzemenin başlangıç durumunu dikkate alarak yapılan sınıflandırmadır. Buna göre hızlı prototipleme yöntemleri (1) sıvı esaslı (2) katı esaslı ve (3) toz esaslı olmak üzere 3 gruba ayrılabilir.

Sıvı esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinde başlangıç durumunda kullanılan malzeme sıvı haldedir. Lazer ya da ısı uygulanarak gerçekleştirilen sertleşme süreci sayesinde sıvı olan malzeme, katı hal alır. Katı esaslı hızlı prototipleme teknolojileri ise toz malzeme hariç katı haldeki tüm formları içermektedir. Tabaka, granül, filament veya rulo formları bunlara örnek olarak verilebilmektedir. Toz esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinde kullanılan toz malzeme genellikle katı formdadır. Toz malzemenin birbirine bağlanması temas alanlarına bağlayıcı, yapıştırıcı eklenmesiyle veya bu yüzeylerin eritilmesiyle elde edilmektedir.

TOFAŞ (Türk Otomobil Fabrikası) Arge Prototip biriminde genellikle katı ve toz esaslı hızlı prototipleme yöntemleri kullanılmaktadır. Tofaş arge prototip bünyesinde katı esaslı FDM teknolojileri mevcuttur. Toz esaslı olan SLS ve MJF teknolojilerini de yan sanayi firmalarından hizmet olarak proje geliştirme aşamasında sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, otomotiv sektöründe sıklıkla kullanılan ultraviyole dayanımı olan plastik parça üretimini sağlayan FDM, SLS ve MJF sistemlerinin üretim hızları 5 farklı hacimdeki otomobil parçası için kıyaslanmıştır.

2. MATERYAL ve METOT

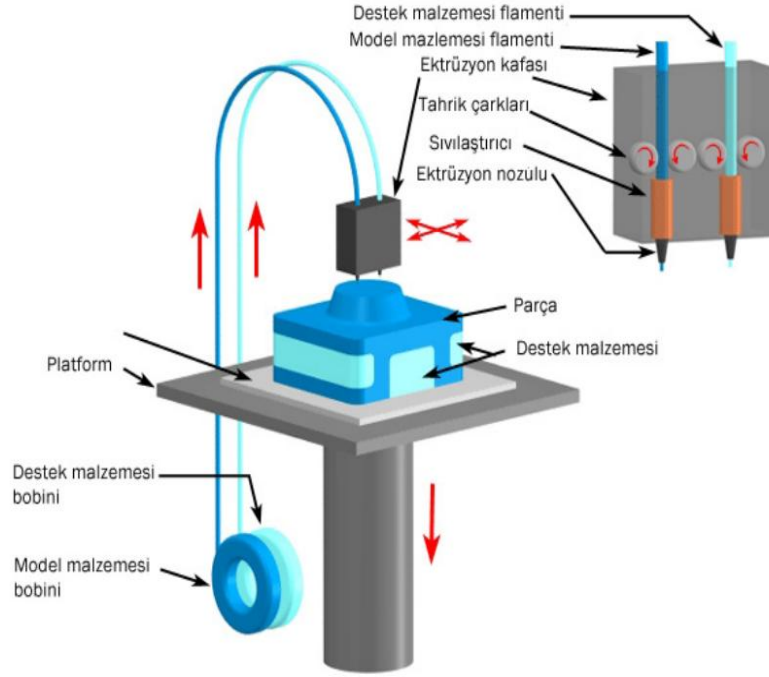
Gerçekleştirdiğimiz çalışmada, 5 farklı hacimdeki otomobil parçalarının belirlenen 3 farklı hızlı prototipleme metoduyla üretimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen 3 farklı hızlı prototipleme metodunun ortak noktası ultraviyole dayanıma sahip plastik parçaların üretimini gerçekleştirebilmeleridir. Bu bölümde UV dayanımı olan plastik hızlı prototip yöntemleri ve

üretilen malzemeler hakkında detaylı bilgiler yer almaktadır.

2.1. UV Dayanımı Olan Plastik Hızlı Prototip Yöntemleri

2.1.1. FDM (Fused Deposition Modeling)

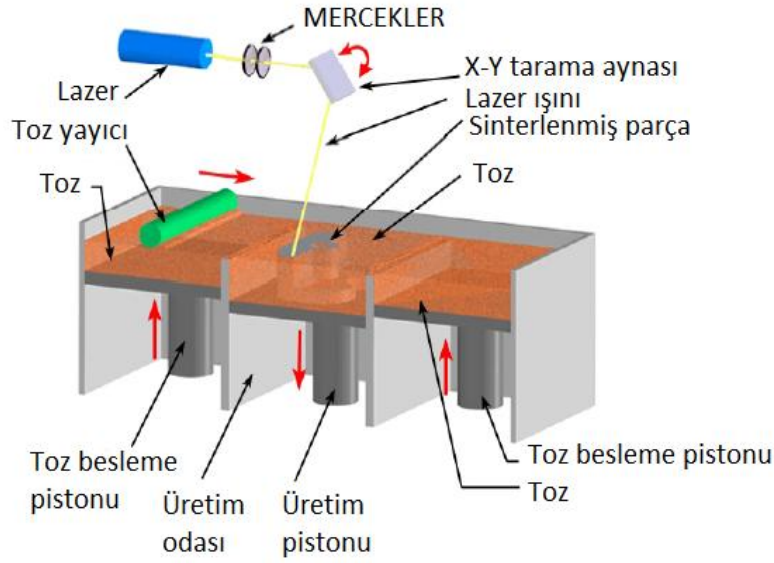
Katı esaslı hızlı prototipleme yöntemlerinden olan FDM tekniğinde, filament halindeki plastik hammadde ekstrüzyon kafasına iletilir. Burada malzeme ısıtılarak eriyik hale gelir. Ekstrüzyon kafası eriyik malzemeyi damlalar halinde platform üzerindeki boş tablaya akıtarak ilk katmanı oluşturur. Her katmanda platform bir basamak aşağıya iner ve böylece parça katmanlar halinde inşa edilir. İnşa sırasında ekstrüzyon kafası x-y ekseninde hareket ederek bilgisayar ortamına yüklenen datayı örer. Platform ise her katman örüldükten sonra z ekseninde hareket etmektedir. İnşa sırasında destek görevi gören ayrı bir yapı oluşur ve üretim tamamlandıktan sonra bu yapı parçadan sökülür [2]. FDM teknolojisi ile farklı malzeme filamentleri kullanılabilir. En sık kullanılan malzemeler; ABS, ASA, Ultem, PC, Nylon dur. Genellikle, maliyet avantajı sebebiyle ABS ve ASA kullanılmaktadır. Mukavemet gereken yerlerde Ultem, Nylon GF elastiklik istenen tırnaklı yapılarda Nylon daha sık kullanılmaktadır. Şekil 1’de FDM tekniğinin şematik olarak gösterimi verilmiştir [3]. Gerçekleştirilen çalışmada, ABS malzeme kullanılarak üretim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1: FDM üretim modeli şematik gösterimi [3]

2.2. SLS (Selective Laser Sintering)

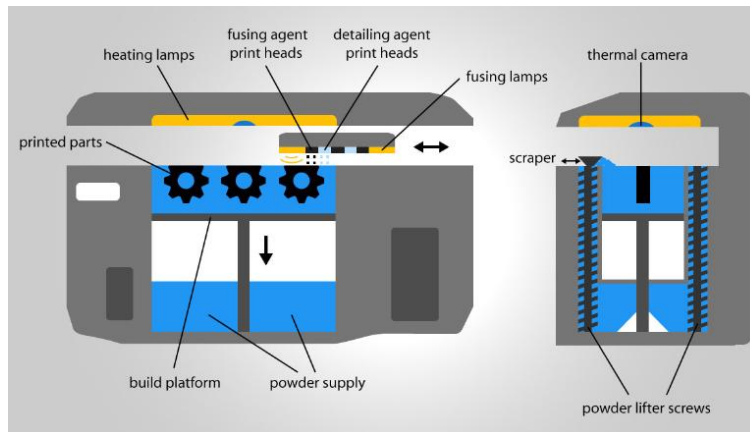
SLS tekniğinde, toz halinde bulunan plastik malzeme bilgisayar destekli üretim (CAM) yazılımı ile hareket eden lazer ışınıyla taranıp sinterlenerek birbirine kaynaşır böylece ilk katman oluşur. İkinci toz katmanı ilkinin üzerine serilir ve sinterleme işlemi sırasıyla katman katman devam ederek parçanın üretilmesi sağlanır. Parça, katmanlı üretimi tamamlandıktan sonra toz havuzundan çıkarılır [4]. Bu teknolojiye destek malzemesi kullanılmaz. İnşa malzemesi olarak çoğunlukla poliamid kullanılır. Tırnaklı (sök-tak gereken parçalar) parçalar için uygun bir üretim yöntemidir. Mentşe, tırnak, klips gibi hareketli mekanizmalara sahip prototip parça ihtiyaçlarında bu yöntem kullanılabilir. Şekil 2’de SLS üretim modelinin şematik gösterimi yer almaktadır [5]. Bu çalışmada, PA12GF30 malzeme kullanılarak üretim yapılmıştır.



Şekil 2: SLS üretim modeli şematik gösterimi [5]

2.3. MJF (Multi Jet Fusion)

MJF teknolojisinde, malzeme haznesinden serilen PA12 veya PA11 tozunun, damlacıklar halinde katkı maddeleriyle eritilmesiyle ve katmanın kaynaştırılmasıyla her bir katman oluşturulmaktadır. Bu döngü model ortaya çıkıncaya kadar tekrarlanır [6]. Toz teknolojisi olması sebebiyle SLS ile benzer yapıya sahiptir. Tırnaklı (sök-tak gereken parçalar) parçalar için uygun bir üretim yöntemidir. SLS'e göre kullanılmayan tozların geri dönüşüm oranı daha yüksektir. SLS teknolojisinde geri dönüşüm oranı %50 iken, MJF teknolojisinde %80-%85 oranındadır. Şekil 3'te MJF yöntemine ait şematik gösterim yer almaktadır [7].



Şekil 3: MJF üretim modeli şematik gösterimi [7]

2.2. Üretilcek Parçaların Geometrileri ve Hacimleri

Üretilcek olan; yaklaşık 2400 cm³ model hacmine sahip ön kapı paneli, yaklaşık 500 cm³ model hacmine sahip kapı paneli cepliği, yaklaşık 850 cm³ model hacmine sahip kapı çekme kolu, yaklaşık 40 cm³ model hacmine sahip destek parçası ve yaklaşık 70cm³ model hacmine sahip depo kapağı plastiği parçaları aşağıdaki Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Parça geometrileri ve hacimleri

	Parça Adı	Model net hacmi (cm ³)
	Ön kapı paneli	~ 2400
	Kapı paneli cepliği	~ 500
	Kapı çekme kolu	~ 850
	Destek parçası	~ 40
	Depo kapağı plastiği	~ 70

3. BULGULAR

Bu başlık altında, seçilen 3 farklı hızlı prototipleme yöntemi kullanılarak üretimi gerçekleştirilen 5 farklı hacimdeki otomobil parçasının üretim ve soğuma süreleri tespit edilerek toplam süreler hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda en hızlı üretimin gerçekleştirildiği prototipleme yöntemi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 2’de yer almaktadır.

FDM yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5 parçanın toplam üretim süresi 160 saat olup FDM yöntemi ile üretilen ABS malzeme için soğuma zamanına ihtiyaç olmadığı için toplam saat 160 saat olmaktadır. SLS yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5

parçanın toplam üretim süresi 122 saat, parçaları toz haznesinden çıkarabilmek için beklenmesi gereken soğuma zamanı 122 saattir. SLS yöntemi ile üretim için ihtiyaç duyulan toplam saat 244 saattir. MJF yöntemi ile üretilen farklı geometriler ve hacimlerdeki 5 parçanın toplam üretim süresi 50 saat, parçaları toz haznesinden çıkarabilmek için beklenmesi gereken soğuma zamanı 50 saattir. SLS yöntemi ile üretim için ihtiyaç duyulan toplam saat 100 saattir.

Tablo 2:FDM, SLS, MJF İle Üretilmiş Parçaların Üretim Hızları

	Üretim Süresi(saat)	Soğuma Süresi(saat)	Toplam Üretim Süresi
400MC FDM Makinesi ABS Malzeme	160	-	160
SLS Makinesi PA Malzeme	122	122	244
MJF Makinesi PA Malzemesi	50	50	100

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

5 farklı otomobil parçası, UV dayanımı olan plastik parçaları üretebilen hızlı prototipleme yöntemleri içerisinde FDM , SLS ve MJF teknolojileriyle üretilmiştir. Bu 3 teknolojiyi kullanarak üretilen parçaların üretim ve soğuma hızları birlikte değerlendirildiğinde en hızlı metot MJF olarak tespit edilmiştir. En yavaş yöntem ise SLS olarak belirlenmiştir. Bu 3 teknolojiyi kullanarak üretilen parçaların hız karşılaştırılması tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3: FDM, SLS, MJF Üretim Hız Karşılaştırması

Hızlı Prototip Üretim Metodu	Toplam Üretim Saati	Toplam Üretim Saat Oranları
MJF	100	t
FDM	160	1,6t
SLS	244	2,4t

KAYNAKLAR

- [1] Jaiganesh, M., Christopher, A.A., Mugilan, E., 2014. Manufacturing of PMMA Cam Shaft by Rapid Prototyping. 12th Global Congress on Manufacturing and Management GCMM, 2127-2135.
- [2] Maden, H., Kamber, Ö.Ş. 2018. International Journal Of 3d Printing Technologies And Digital Industry. 2:1.40-51
- [3] Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M.C., Duysak, A. 2013. Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Dpü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı. 31, DOI: ISSN – 1302 – 3055
- [4] Chua, C.K., Leong, K.F., Lim, C.S. 2010. Rapid Prototyping: Principles and Applications, Third Edition, World Scientific
- [5] Baş, H., Yapıcı, F. 2015. Ergonomik Tasarım ve Üretimde Hızlı Prototipleme Teknolojisi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi. 3(3), 199-204, ISSN: 1308-6693
- [6] Morales-Planas, S., Minguella-Canela, J., Lluma-Fuentes, J., Travieso-Rodriguez, J.A., García-Granada, A.A. 2018. Multi Jet Fusion PA12 Manufacturing Parameters for Watertightness, Strength and Tolerances. 11(8), 1472; <https://doi.org/10.3390/ma11081472>
- [7] <https://www.3dhubs.com/knowledge-base/hp-mjf-vs-sls-3d-printing-technology-comparison>