

## OTOMOTİV ÜRÜN GELİŞTİRME SÜRECİNDE DOĞRUDAN DİJİTAL İMALAT

İsmail DURGUN

TOFAŞ A.Ş., Ar-Ge, 16369, Bursa, TÜRKİYE

**Özet-**Doğrudan dijital imalat, bilgisayar ortamında parça, aparat ve fikstür için 3 boyutlu tasarlanmış katı modelin, kalıp veya bir ara üretim basamağına ihtiyaç duymadan, doğrudan üretilmesi ve kullanılması olarak tanır. 3B yazıcılar özellikle yeni bir ürünün görsel ve boyutsal doğrulanması aşamasında uzun yıllardır başarı ile kullanılmaktadır. 3B yazıcı teknolojilerindeki ve malzemelerindeki gelişmeler ile birlikte bilinirliğinin artması doğrudan dijital imalatı, önümüzdeki yıllarda geometrisi karmaşık, küçük parçalar ve düşük adetli üretimler için konvensiyonel yöntemlere göre daha avantajlı duruma getirecektir. Bu durum tasarımlardaki sınırları ortadan kaldıracağı gibi parçaların imalat sürelerini de kısaltacaktır. Otomobil ürün geliştirme sürecinde prototip üretimi için çok sayıda parçaya ihtiyaç vardır. Bu aşamada parça imalatları için çok sayıda üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de 3B yazıcı teknolojileridir. Bu çalışmada, doğrudan dijital imalat ile üretilen parçalardan otomobil ürün geliştirme sürecinde kullanılan bir parça örnek olarak incelenmiştir. Bu parça için konvensiyonel yöntemlere göre başa başnoktası hesaplaması da yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler-** Prototip, Dijital İmalat, Düşük Sayılı Üretim, Hızlı Prototipleme

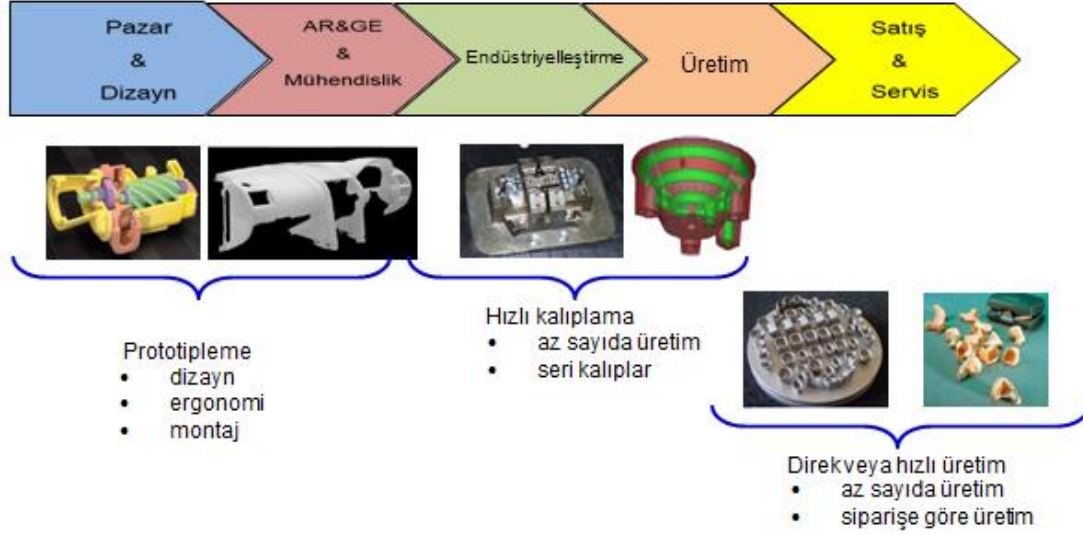
## DIRECT DIGITAL MANUFACTURING IN AUTOMOTIVE PRODUCT DEVELOPMENT

**Abstract-** Direct digital manufacturing, computer parts, apparatus, jigs and fixtures designed for the 3-dimensional solid model, mold, or an intermediate step without the need for production, production and use is defined as directly. 3D printers have been successfully used for many years, especially during the visual and dimensional verification of a new product. Enhancement and awareness of 3D printer technologies and materials, over the coming years, The direct digital manufacturing will be more advantageous than the conventional methods for complex geometry, small parts and low number of production. This situation will shorten the manufacturing time of the parts as well as remove the limitations in the designs. In the automotive product development process, a large number of parts are needed for prototype production. In this phase, a large number of production methods are used for parts manufacturing. One of these methods is 3D printer technology. In this work, a part used in automobile product development process from parts manufactured by direct digital manufacturing is examined as an example. For this part, the head-to-head calculation has also been done according to the conventional methods.

**Key Words-**Prototyping, Digital Manufacturing, Low Limited Production, Rapid Prototype

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Bir fikrin ürüne dönüşebilmesi için öncelikle bir prototip tasarımına ihtiyaç vardır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve her geçen gün gelişme göstermekle birlikte, 3B modellemeler hala tek başlarına yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle 3B modellerdeki geometrik ve fonksiyonellik eksikliğini gidermek için fiziksel prototiplere ihtiyaç vardır (Şekil 1).

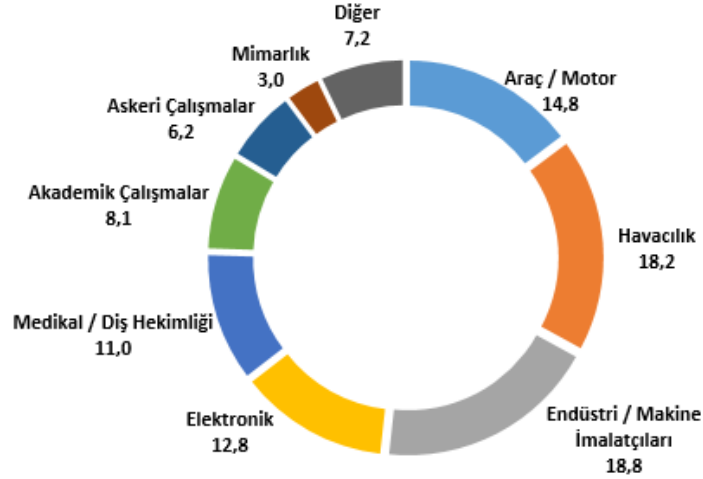


Şekil 1. Tasarımdan satışa ürün süreci ve üretim teknolojileri (Design-to-sales product process and production technologies) [1]

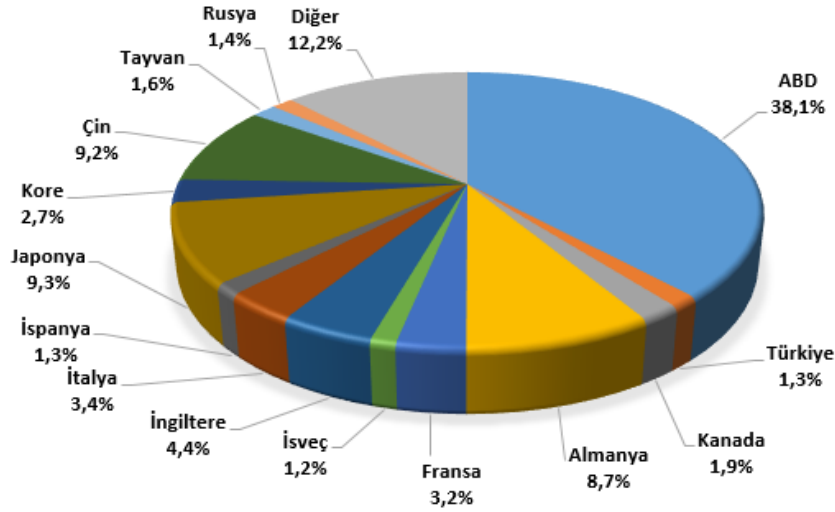
Ürün geliştirme sürecinin farklı zamanlarında farklı prototip parçalara ihtiyaç duyulur. Örneğin; stil modelin oluşturulmasında tasarım prototiplerine, tasarım doğrulama çalışmaları için geometrik prototiplere, fonksiyonel testler için fonksiyonel prototiplere, ön seri veya seri üretim başlangıcında doğrudan araç üzerinde kullanılarak müşteriye gidecek prototiplere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu prototiplerin üretimleri için de çok sayıda üretim yöntemi geliştirilmiştir. Günümüzde özellikle ürün geliştirme sürecinin başlangıç seviyesinde ihtiyaç duyulan prototip parçaların üretiminde 3B yazıcılar önemli bir yer oluşturmaktadır. 3B yazıcılardan alınan parçaların kullanımı ile seri imalat sürecinde görülebilecek hataların, önceden görülerek önlem alınmasına katkı sağlanmaktadır.

3B yazıcılar, başlangıçta imalat sanayinin ihtiyaç duyduğu prototiplerin hızlı ve ekonomik bir şekilde üretilmesini sağlamayı hedeflemiştir. İlk başlarda uygun şekilde kesilen kağıt tabakalarının üst üste yapıştırılması (LOM), foto polimerlerin belli bölgelerinin katman katman ışıkla kür edilmesi (SLA), plastik püskürtme (FDM) gibi yöntemlerle tamamen geometrik prototip elde etmeye yönelik olarak kullanılmışlardır. Yöntemlerdeki gelişmeler kullanım alanlarının çeşitlenmesini sağlamıştır (Şekil 2). Ayrıca avantajlarının anlaşılması ile birlikte de doğrudan kullanılan parça üretimine yönelik olarak gelişme göstermiştir.

Ülkemizde hızlı prototipleme sistemleri 1993 yılından itibaren kullanım alanı bulmuştur. İlk kullanım alanı beyaz eşya sektörü olan hızlı prototipleme sistemleri zamanla tüm dünyadaki gelişmelere paralel olarak otomotiv, savunma sanayi, eğitim, sağlık, mimarlık, kuyumculuk, sanat gibi birçok farklı alanda kullanılır duruma gelmiştir [2, 3, 4]. Ülkemiz, kurulu hızlı prototipleme sistemlerine sahip dünyadaki sayılı ülkelerden biridir (Şekil 3). Fakat daha gelişme gösterecek bir sektör durumundadır.



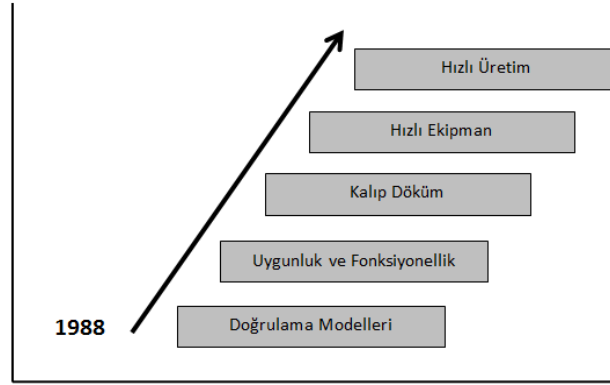
Şekil 2. Hızlı prototipleme makinaları kullanım alanları (Areas of use for rapid prototyping machines) [5]



Şekil 3. Kurulu hızlı prototipleme makinaları (Installed rapid prototyping machines) [5]

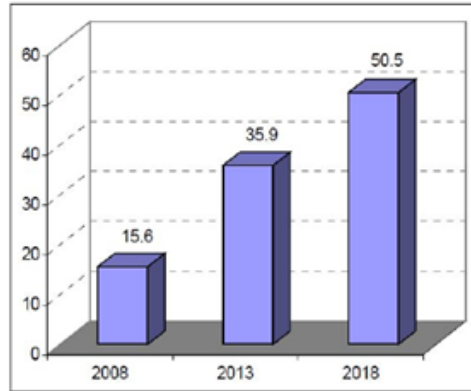
## 2. DOĞRUDAN DİJİTAL İMALAT NEDİR? (WHAT IS DIRECT DIGITAL MANUFACTURING)

Genel olarak 3B yazıcılar, bilgisayar ortamında hazırlanan üç boyutlu CAD çizimlerinden doğrudan fiziksel prototip modelleri üretmemizi sağlayan imalat teknolojileri olarak tanımlanabilir. 3B yazıcılar ile fiziksel prototiplerin eğer 3B modelleri var ise saatler içerisinde imal edilebilmeleri mümkün olmuştur. Çok sayıda yöntem geliştirilmiş olmakla birlikte 3B yazıcılar ortak noktası fiziksel modellerin tabandan başlayarak katman katman yüzeylerin üst üste eklenmesiyle parçayı oluşturmasıdır. Bu nedenle katmanlı üretim teknolojileri (Layered Manufacturing) olarak adlandırılmaktadırlar. Ayrıca literatürde Rapid Prototyping (RP), Solid Freeform Fabrication (SFF), Free Form Fabrication (FFF), Advanced Manufacturing, Rapid Manufacturing, Rapid Technologies, Rapid Tooling, Additive Manufacturing (AM), Additive Fabrication (AF), Autofabrication, Automated Fabrication (AF) gibi isimler de verilen katmanlı üretim teknolojisi ilk olarak 1987'de 3D Systems isimli bir amerikan firması tarafından ticarileştirilmiştir [7]. Başlangıçta doğrulama modellerinin üretilmesi amacıyla hizmet eden bu yöntemler zamanla farklı amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Hızlı prototipleme yöntemlerinin yıllar içinde kullanım alanlarındaki değişim (Changes in the use areas of rapid prototyping methods over the years) [8]

Günümüzde yöntemlerin gelişmesi ile doğrudan ürün üzerinde kullanılan parça üretimine hizmet eder duruma gelmiştir. 3B yazıcılar kullanılarak doğrudan üretim için gerçekleştirilen bu üretim Doğrudan Dijital İmalat olarak adlandırılır. Bilgisayar ortamında tasarlanmış 3B katı modelin, kalıp ve benzeri bir araca ihtiyaç duymadan, doğrudan üretilmesi ve kullanılması olarakta açıklamak mümkündür [9]. 3B katı model doğrudan kullanılan bir parça için olabileceği gibi üretimde kullanılan yardımcı aparat ve fikstür parçaları da olabilir. 3B yazıcılar ile üretilen parçaların toplam 3B yazıcı üretimi içerisindeki payı her geçen gün artmaktadır. Öngörüler bu oranın yakın gelecekte %50'lerin üzerine çıkacağını göstermektedir (Şekil 5).



**Şekil 5.** Hızlı prototipleme cihazlarının parça üretimi için kullanım yüzdesi öngörüsü (Percentage of use of rapid prototyping devices for parts production ) [10]

Doğrudan dijital imalat, tasarım ve üretim süreçlerinde devrim nitelikli bir gelişme olarak nitelenmektedir. Bu durum 3B yazıcıların konvansiyonel metodlar ile üretilmesi mümkün olmayan geometrilerin üretilmesinin mümkün olmasından kaynaklanmaktadır. Hızlı prototipleme yöntemleri sayesinde üretim için tasarım yaklaşımı, tasarım için üretime olarak değişmiştir. Konvansiyonel metodlar ile imkansızlıklar ve / veya yüksek maliyetler nedeniyle üretime geçirilemeyen tasarımlar üretilebilir duruma gelmiştir.

Parçaların katmanlar şeklinde imalat edilmesi esasına dayanan 3B yazıcı üretim yöntemleri, çok farklı isimler ile ticarileştirilmişlerdir. Fakat genel sınıflama, kullanılan prototip malzemesine veya parça oluşturma tekniğine göre olmak üzere ikiye ayrılır. Genel olarak doğrudan dijital imalatta kullanılan yöntemler; SLA (Stereolithography), FDM (Fused Deposition Modelling), SLS (Selective Laser Sintering), Object, Z-Corp, Silikon Kalıplamadır.

Bugün kullanılan 3B yazıcı sistemleri ile 3B CAD datası işlenerek, ABS, polyamid, termoplastik, fotopolimer reçine, döküm kumu ve metal tozları (çelik, Ni-Br alaşımı) kullanılarak prototip parça üretilmektedir. Fakat unutulmamalıdır ki her geçen gün kullanılan bu malzemelere yenileri eklenmekte ve cihazların hassasiyetleri de iyileşmektedir. Her sistemin artı ve eksi yönleri mevcut olduğu için elde edilecek parçadan istenen özelliklere bağlı olarak üretim yöntemi belirlenmelidir.

Ayrıca otomotiv sektöründe doğrudan dijital imalatın hızlı ve istenilen geometrinin hassas bir şekilde elde edilebilmesi olanakları nedeniyle özellikle montaj hatlarında parça referanslama, kalite kontrol ve aparat imalatında da kullanılmaya başlanılmıştır (Şekil 6).

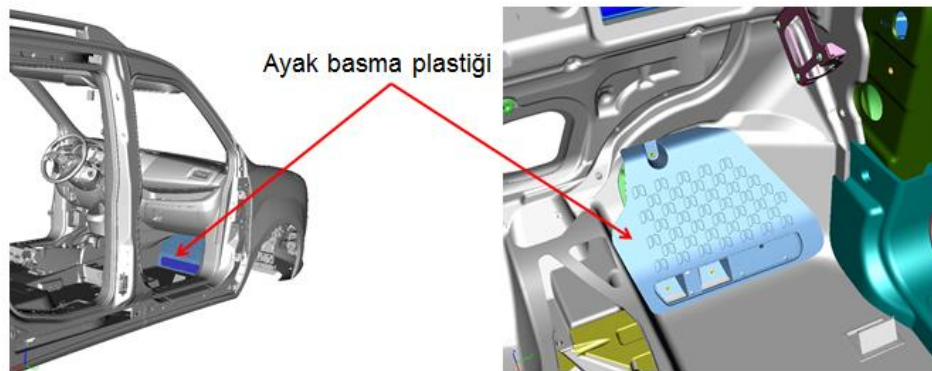


Şekil 6. Doğrudan dijital imalat yöntemleri ile üretilen aparatlar (Apparatus manufactured by direct digital manufacturing methods ) [11]

### 3. UYGULAMA (APPLICATION)

Bu çalışmada doğrudan dijital imalat yöntemleri ile üretimi gerçekleştirilen bir parça için imalat süreçleri açıklanmış ve elde edilen kazançlar ortaya konmuştur. Bu parçanın 3D modelleri ile yola çıkarak parçanın FDM ile üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen parçalar otomotiv ürün geliştirme sürecinde ihtiyaç duyulan prototip araçlarda kullanılmıştır.

Örnek olarak ele alınan parça, otomatik vitesli araçlarda ön yolcu tarafı ayak basma bölgesinde otomatik vites merkezini koruma amacıyla kullanılan ve ayak basma plastiği olarak da adlandırılan parçadır (Şekil 7).



Şekil 7. Ayak basma plastiğinin araç üzerindeki kullanım yeri (Foot push of plastic use the location on the vehicle)

Bu parçanın üretimi için gerçekleşen harcamaya bakıldığında seri imalat kalıbından alınan parçaya göre oldukça pahalı olmaktadır. Fakat seri imalatta parça birim fiyatı düşük olmak ile birlikte yatırım maliyetinin yüksek olduğu da unutulmamalıdır. FDM yöntemi ile üretilen parçanın silikon kalıplama ile çoğaltılması gerçekleştirilir ile seri imalat yöntemi ile karşılaştırmadaki başa başnoktasındaki parça adedi daha da yükselecektir. Yapılan bu örnekte 1.000 adedin altındaki parça ihtiyaçları için doğrudan dijital imalat yöntemlerinin kullanılmasının avantajlı olduğu görülmüştür.

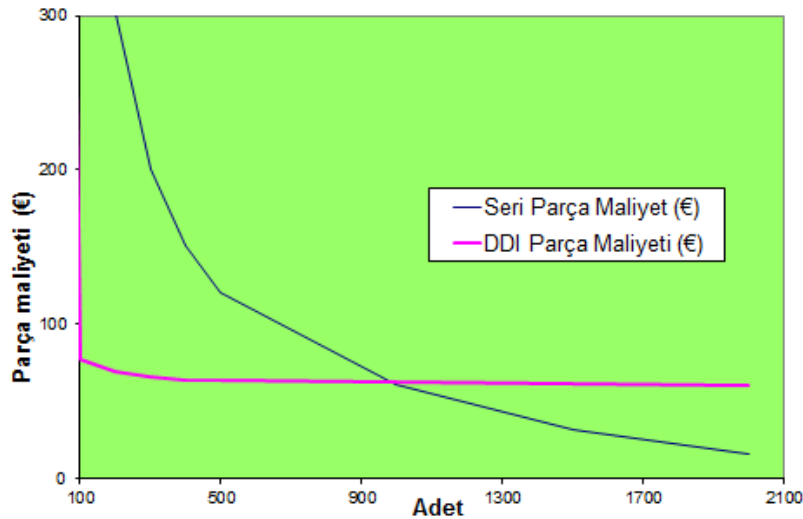
Fakat unutulmamalıdır ki doğrudan dijital imalat yöntemleri sadece mali açıdan sağladığı avantajlar ile değerlendirilmemelidirler. Kısa sürede parça elde edilebilmesi nedeniyle bazen mali açıdan dezavantajlı olmasına rağmen üretim metodu olarak doğrudan dijital imalat yöntemleri seçilebilmektedirler.

Son yıllarda ürün geliştirme için önemli kriterlerden biri olan hafifleştirme için konvansiyonel yöntemler ile gerçekleştirilemeyecek, istenilen mukavemeti sağlayacak parçaların üretilebiliyor olması doğrudan dijital imalatı daha da önemli kılacaktır.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

3B yazıcı imalat yöntemleri gün geçtikçe gelişmekte ve daha fazla malzeme ile üretim yapar duruma gelmektedir. Bu da elde edilen parçaların doğrudan kullanım oranını gün geçtikçe arttırmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bilinirliğinin de artması ile doğrudan dijital imalat yöntemleri özellikle az sayıda parça gerektiren durumlarda vaz geçilmez bir seçenek olarak karşımıza çıkacaktır. 3B yazıcı üreticilerinin de artmasıyla makineler bugünkünden daha kolay ulaşılabilir olacaktır.

Bu çalışmada da görüldüğü gibi az sayıda parça gerektiği ve/veya acil parça ihtiyacı durumunda doğrudan dijital imalat mevcut seri imalat yöntemlerine göre daha avantajlıdır (Şekil 8). Yaklaşık 1.000 adetten daha fazla bir ihtiyaç var ise mevcut yöntemler ile parça imal edilmeli, yok daha az parçaya ihtiyaç var ise 3B yazıcılar tercih edilmelidir. Bu nedenle çalışmaya başlamadan önce bu başa başnoktası hesaplanarak üretim yöntemine karar verilmelidir.



Şekil 8. Ayak basma plastiği doğrudan dijital imalat ve seri imalat yöntemleri maliyet karşılaştırması (Foot push plastic cost comparison for direct digital manufacturing and mass production methods)



Tasarım aşamasında 3B yazıcıların üretim yöntemi kısıtlarının daha az olması nedeni ile ürün çeşitliliğinin zenginleştirilmesine ve kişiselleştirmeye katkı sağlayacaktır. Ayrıca özellikle ürün geliştirme sürecinde olmak üzere, değişiklikler çok kolay ve kısa sürede düşük maliyetler ile uygulanabilmektedir. Eğer parça doğrudan 3B yazıcılardan alındığı gibi kullanılacak ise (silikon kalıplama gibi bir işlem yapılmaksızın) değişiklik maliyeti ihmal edilecek kadar düşüktür.

## **5. KAYNAKLAR (REFERENCES)**

- [1]. Verquin, B., (2005), From Rapid Prototyping to Rapid Manufacturing, *Proc. 2nd European Summer University*, St-Etienne, France
- [2]. Drstvensek, I., Valentan, B., Brajliah, T., Strojnik, T., Ihan Hren, N., (2009), Direct Digital Manufacturing as Communication and Implantation Tool in Medicine, *Workshop on Rapid Technologies*, İstanbul
- [3]. Negis, E., (2009), A Short History and Applications of 3D Printing Technologies in Turkey, *Workshop on Rapid Technologies*, İstanbul
- [4]. Akipek, F.Ö., İnceoğlu, N., (2007), Bilgisayar Destekli Tasarım ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları, *YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 2, Sayı 4*
- [5]. Wohler, T., (2010), *Wohler Report*
- [6]. Çavdar, F., Filiz, İ.H., Doğan, C., (2006), Bir Hızlı Prototipleme Makinesi Tasarımı, *Tasarım İmalat Analizleri Kongresi*, Balıkesir
- [7]. Society of Manufacturing Engineers, (2004), *User's Guide to Rapid Prototyping*
- [8]. Wimpenny, D.I., Rapid Prototyping & Manufacturing Group, *De Montfort University*, [www.rpmg.dmu.ac.uk](http://www.rpmg.dmu.ac.uk)
- [9]. Pekcan, B.S., (2017), Doğrudan Dijital İmalat, *+90 İmalat Teknolojileri*, [www.arti90.com](http://www.arti90.com)
- [10]. Wohlers, T., (2009), Worldwide Trends in Additive Manufacturing, *Workshop on Rapid Technologies*, İstanbul
- [11]. Heller, T.B., (2007), Direct Digital Manufacturing, *Infontron Hızlı Prototipleme Semineri*, İstanbul.