



FDM TEKNOLOJİ İLE ÜRETİLEN PROTOTİP PARÇALARININ HATALARI ve HATALARIN ÖNLENMESİ

Hakan MADEN¹, Ömer Şaban KAMBER¹

¹ İhlas Ev Aletleri, İstanbul/ TÜRKİYE

ÖZET

Günümüzde kullandığımız çoğu ürünler plastik parçalardan üretilmektedir. Ürünlerin tasarımı yapıldıktan sonra plastik parçaların üretilmesi için uzun bir zaman ve birçok işlemlerin yapılması gerekmektedir. Gelişen teknoloji ile plastik parçalar Eriyik Yığılma Modelleme - Fused Deposition Modelling (EYM-FDM) yöntemiyle kısa zamanda üretilmektedir. Bu çalışmada, EYM yöntemi ile prototip parça üretimi yapılırken makinanın çalışma prensibinden, parça tasarımından ve parçanın üretim konumundan kaynaklı hatalar ele alınmıştır. Bu hatalar parça yüzeyinde kademeler, destek malzemenin çıkarılması sırasında parça yüzeyinde deformeler ve kolay kırılmalar olmaktadır. Bu hataları gidermek amacıyla parça üretim konumunun değiştirilmesi, parça tasarımında değişiklik veya prototip parça yüzeyine kimyasal uygulanarak hataların giderilmesi incelenmiştir. Bunların dışında tasarım gereği bazı parçaların boyutları büyük olmakta ve bunların tek seferde üretilmesi imkânsız olmaktadır. Bu nedenle büyük parça prototiplerin birleştirilme şekli ve yöntemleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Hızlı prototip, FDM teknoloji, Prototip

THE FAULTS OF PROTOTYPE PARTS PRODUCED WITH FDM TECHNOLOGY AND PREVENTION OF THESE FAULTS

Hakan MADEN¹, Ömer Şaban KAMBER¹

¹ İhlas Ev Aletleri, İstanbul/ TÜRKİYE

ABSTRACT

Nowadays, most of the products we use are made from plastic parts. After making the design of the products, it is necessary a long time and many operations to produce plastic parts. With the developing technology, plastic parts are produced in a short time using Fused Deposition Modeling (FDM) method. In this study, when the prototype part is produced by FDM method, mistakes originating from the machine principle, part design and part production are discussed. These faults are the steps on the surface of the part, deformations on the part surface during removal of the support material and easy breaks. To resolve these faults, It was investigated to change the part production position, change the part design or apply the chemical to the prototype part surface to eliminate defects. Apart from these, the dimensions of some parts required by the design are large and it is impossible to produce them at one time. For this reason, the way and methods of combining large prototypes were examined.

Keywords: Rapid Prototype, FDM Technology, Prototype

1. GİRİŞ

Ürün tasarımcıları, bilgisayar destekli tasarım (BDT) yazılımlarından yararlanarak 3 boyutlu (3D) tasarımlar yapmaktadırlar. Genelde çok karmaşık olmayan modellerin tasarım sürecinde, tasarım esnasında tasarım hataları görülebilir ve gerekli düzenlemeler yapıp tasarım tamamlanır. Fakat karmaşık yapıya sahip 3D modellerin veya çok parçalı montaj gruplarında, montajın yapılabilirliği ve sistemin çalışabilirliği açısından 3D modellerin prototiplerini yapmak gerekir [1]. Geleneksel teknikleri kullanarak prototip üretmek ve test etmek, genellikle pahalı ve zaman alıcıdır [2]. Wohlers şirketlerinin baş danışmanı ve başkanı Terry Wohlers; “Eğer talaşlı imalat yapıyorsanız kullandığınız malzemenizin %80- 90’ını kırıntı – döküntü olarak ıskartaya çıkarmanız kadar olağan bir şey yoktur” demiş ve

mukayeseyi somutlaştırmıştır [3]. İmalat sanayiinde prototipleme ayrı bir yere sahiptir. Prototipsiz üretimlerde hatalar çıkması sebebi ile firmalar maddi kayıplara uğrarlar. Ürün kaybı yanında kalıp gibi donanım giderleri de artar ve üründe devamlılık sağlanamaz. Bu sorun hızlı prototiplemede yoktur. İş dünyası, 3D baskı ile prototip veya son ürün üretimini (metal dahil) 3. Endüstri devrimi olarak nitelemeye başlamıştır [4].

Prototip üretiminin amacı imalat öncesi, tasarımın doğruluğunun, estetikliğinin ve işlevsel yönden yeterliliğinin değerlendirilmesi, tasarlanan modelin üretilebilirliği, montaj edilebilme ve sökülebilme olanaklarının değerlendirilebilmesidir [5]. Bu cihazlar alışılmış imalat yöntemlerinde olduğu gibi dolu malzemeden talaş kaldırarak değil, sıfırdan katman oluşturarak ve katmanları üst üste ekleyerek prototip üretirler [1]. Hızlı prototipleme, 3DCAD verisinden, plastik veya metal malzemeden modeller üreten cihazların teknolojisine verilen genel bir isimdir. Topoğrafya alanında 1890'larda kullanılmaya başlanan bu teknoloji [6], endüstriyel alanda 1951'de Munz'un önerdiği stereolitografi teknolojisiyle başlar [7]. Yine bu alanda 1968'de Swainson iki lazer ışınının kesişme bölgesinde elde edilen polimerizasyon yöntemini önermiştir [8]. Ciraud, 1971'de modern eklemeli imalat teknolojisinin bütün özelliklerine sahip bir toz birleştirme yöntemi geliştirmiştir [9]. 1979'da R.F. Housholder, lazer ile toz sinterlemenin ilk tanımlamasını yaptı ve düzlemsel tabakaların sırayla biriktirilmesini ve her tabakanın katılmasını incelemiştir [10].

Türkiye'de ilk medikal kafatası yüz implant tasarımı, imalatı ve cerrahisi uygulaması, 2003 yılında Cadem AŞ ve Amerikan Hastanesi'nden Opr.Dr.Sacit Karademir işbirliği ile yapıldı [11]. Kafatasına ait CT veriler kullanılarak dokunsal duyulu 3D modelleme sistemi ile tasarımı yapılmış ve 3D yazıcı kullanılarak model elde edilmiştir. Metal lazer sinterleme işleminden sonra implant, Dr.Karademir tarafından hastaya yerleştirilmiştir. Aynı şekilde Slovenya'daki Maribor Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü ve Üniversite Klinik merkezi ile Ljubljana Üniversitesi Tıp Fakültesi öğretim üyeleri işbirliği ile kemik yapılarında kullanılabilecek implantların tasarımı ve hızlı prototipleme teknolojileriyle üretimi konusunda araştırma ve uygulama çalışmaları yapılmıştır [12].

Teknas Üniversitesinde ise 3 Boyutlu (3D) Araştırma Merkezi kurulmuş ve Oak Ridge firması ile ortak 3 boyutlu yazıcı tasarımları yapılmaktadır [13]. Önümüzdeki 10 yılda 3D yazıcılardan çıkmış elektronik sistemler ve farklı malzemelerin birleştirildiği ürünlerin (yazma-basma-üretim teknolojileri) görüleceği söylenmektedir. 3D baskı üretim tekniği, 2030'a kadar kalıplama, dövme ve talaşlı imalat gibi geleneksel üretim yöntemlerinin yerini alabilir. Hava-uzay şirketleri bu eğilimde en öndeki yerlerini almış durumdadır. ASTM (Amerikan Malzeme ve Test Cemiyeti), her ne kadar yolun başında da olsa, 3D baskı üretim tekniğine bir standart getirmeye çalışmaktadır [4].

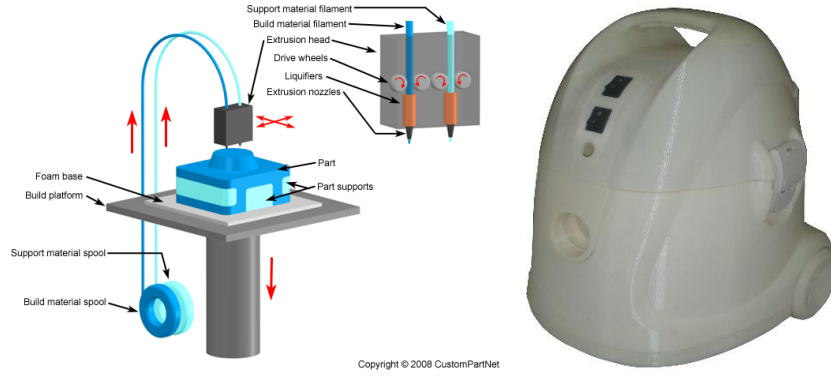
Hızlı prototipleme yöntemleri 1980'li yıllardan sonra hız kazanmış ve birçok farklı yöntemle prototip imalatı yapılmaktadır. Piyasada en fazla kullanılan yöntem ergiyik biriktirme modelleme tekniği (FDM-Fused Deposition Modeling)dir. Bunun dışında,

- Katı tabaka kurutma teknolojisi (SGC, Solid GroundCuring)
- Tarayarak ışıkla kütleme tekniği, stereolitografi cihazı (SLA, Stereo Lithography Apparatus)
- Polyjet teknolojisi
- Tabakalı yapıştırmalı parça imalatı (LOM, Laminated Object Manufacturing)
- Çok jetli modelleme(MJM, Multi-Jet Modelling)
- Şekil biriktirme imalatı (SDM, Shape Deposition Manufacturing)
- Seçici lazer sinterleme (SLS, Selective Laser Sintering)
- Üç boyutlu yazıcı teknolojisi (3D Printing)
- Elektron ışınli ergitme(EBM, Electron Beam Melting) yöntemleridir.

Bu çalışmada en çok kullanılan hızla prototip üretim yöntemi olan FDM teknolojisi parça kalitesi üzerine olan etkileri araştırılacaktır. Bu etkilerin en aza indirmek için kullanılabilecek yöntemler araştırılacaktır.

2. ERGIYİK BİRİKTİRME MODELLEME TEKNİĞİ (FDM, FUSED DEPOSITION MODELLING)

Bu proste model malzemesi ince plastik tel (filament) şeklindedir. Bazen filament yerine hazneden beslenen plastik granül de kullanılmaktadır. Plastik veya mum malzeme parçanın kesit geometrisini izleyen bir meme içinden ekstrüzyon edilir. Meme, filament haldeki plastiğin ergime noktasının hemen üzerindeki bir sıcaklıkta tutmaya yarayan bir ısıtıcı elemandır. Bu memeden geçen plastik filament tel ergiyik hale geçer akar ve meme uçundaki kesit çapı kadar bir katman oluşur. Plastik, memeden aktıktan sonra aniden sertleşir ve aşağıdaki tabladaki yüzeye yapışır. Bir katmanın yapımı tamamlandıktan sonra platform aşağıya iner ve ekstrüzyon meme diğer katmanı inşa eder. Katman kalınlığı ve düşey boyut hassasiyeti ekstrüzyon meme çapına bağlıdır. Bu çap 0.178 mm ile 0.356 mm arasında değişir. XY düzleminde 0.025 mm hassasiyete ulaşılabilir [14]. Şekil 1’de FDM sisteminin çalışma prensibi ve bir ürünün FDM ile üretilmiş hali görülmektedir.



Şekil 1: FDM Sisteminin çalışma prensibi ve bu yöntemle üretilen Livac ürününün prototip görünümü [14]

Bu yöntem ile çok parçalı, hareketli mekanizmaların ve karmaşık parçaların imalatı mümkündür. ABS, poliamid, polikarbonat, polietilen, polipropilen ve hassas döküm mumu model malzemesi olarak kullanılabilir. Bu yöntemde model üretilirken destek malzemesi kullanılır ve farklı bir destek malzemesi kullanabilmek amacıyla sisteme ikinci bir meme ilave edilmiştir. Üretilen parçaların esnemeye, bükülmeye, kırılmaya ve uzamaya karşı yüksek dayanımı, suya ve neme karşı yüksek dirençleri, uygun maliyeti en belirgin özellikleridir. Fonksiyonel parçaların üretimi için uygundur.

3. FDM YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN PROTOTİPLERDEKİ HATALAR

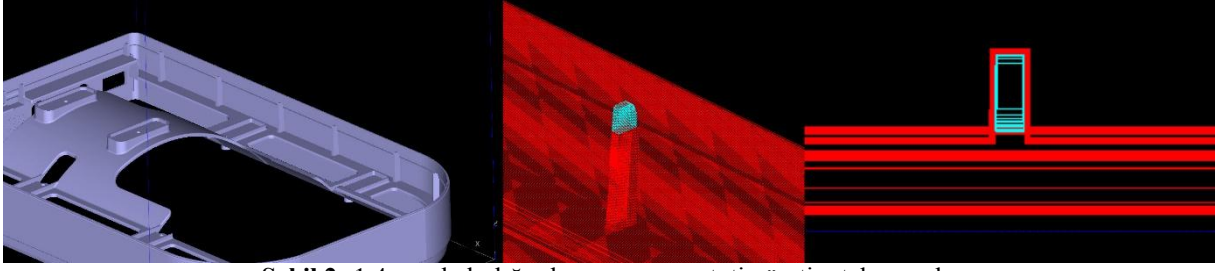
BDT programlarıyla tasarlanan parçalar FDM yöntemle üretim yapan prototip makinesinde parçanın üretimi yapılmaktadır. Prototip üretimi ve üretim sonrası bir takım sorunlarla karşılaşmaktadır. Bunlar;

- Kalınlıkları düşük olan kısımların mukavemeti az olduğunda kolay kırılmalar olmakta
- Parça yüzeyinde merdiven gibi kademelerin oluşması
- Karmaşık parçaların prototipleri üretildikten sonra destek malzemesinin çıkartılması çok zor olmaktadır. Destek malzemesinin çıkartılması sırasında parçanın yüzeyine zarar vermektedir.

3.1. Kalınlıkların Düşük Olmasından Dolayı Mukavemetin Azalması

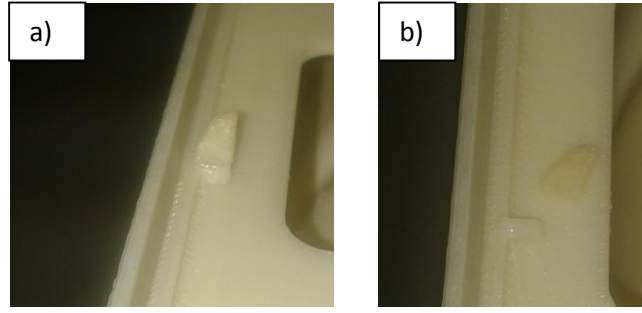
Kalınlıkların düşük olan kısımlarında (feder, 1,4 mm düşük kalınlıktaki cidar kalınlıkları) parçanın mukavemeti az olmaktadır. Ergiyen malzemenin aktığı meme çapına bağlı olarak parçanın mukavemetine etki etmektedir. Parça tasarımın parçanın mukavemetini artırmak için ve başka parçalarının montajı için desteklemek amacıyla yapılan federlerde genelde kırılmalar kolay olmaktadır. Federler genelde ilk montaj aşamasında veya destek malzemenin çıkartılmasında kırılmaktadır. Şekil 2’de parça üzerindeki federin prototip makinasına atılmadan yapılan takım yolu gösterilmektedir. Parça kalınlığı 1,4 mm olduğu durumda, meme çapı 0,356 olduğu durumda sadece dış kısımlara plastik akitma yapmaktadır. Şekil 2’de feder kısmın takım yolu bakıldığında sadece dış kısmına plastik örme yaptığı

görülmektedir. Bu durumda iç kısım boşluklu şekilde prototip üretimi yapmakta, parça mukavemeti düşürmektedir.

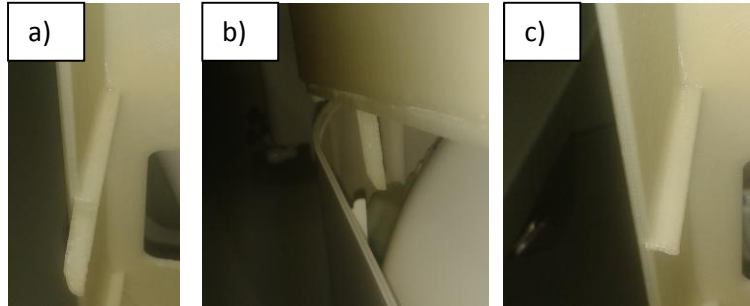


Şekil 2: 1,4 mm kalınlığında parçanın prototip üretim takım yolu

Bu parçanın üretimi yapıldıktan sonra federler ilk montajda kırılmıştır. Şekil 3 ve Şekil 4'de parçanın feder kırılmış hali gösterilmektedir.



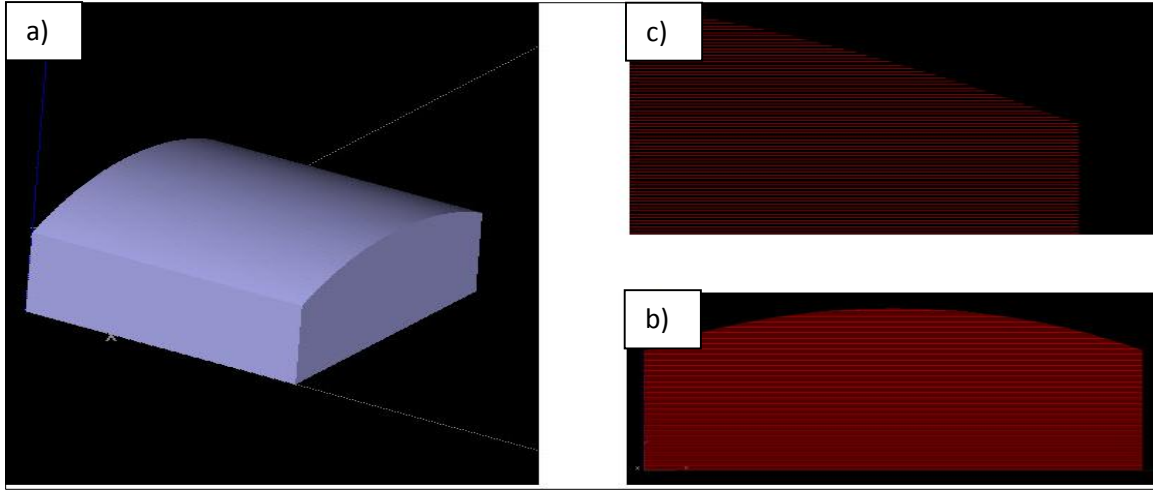
Şekil 3: (a) Feder bütün hali (b) Feder kırılmış hali



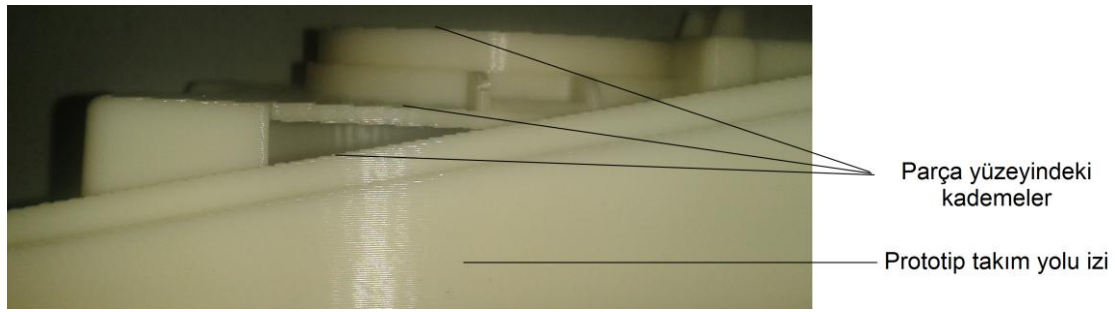
Şekil 4: (a) Feder bütün hali (b) Parçanın ilk montaj hali (c) Feder kırılmış hali

3.2. Parça Yüzeyinde Merdiven Gibi Kademeler Oluşması

Prototip parçanın üretimi sırasında parçanın parabolik yüzeylerde ergiyen malzemenin aktığı meme çapına göre yüzeyde kademeler oluşmaktadır. Bu kademeler, bir biri ile montaj edilen parçalarda sıkıntılar olmaktadır. Bu kademeler bilgisayarda prototip makinası yazılımında görülmektedir. Şekil 5'de prototip makinası yazılım ekranındaki kademeler görülmektedir. Şekil 6'de üretim yapılan bir parçanın yüzeyinde meydana gelen kademeler gösterilmiştir.



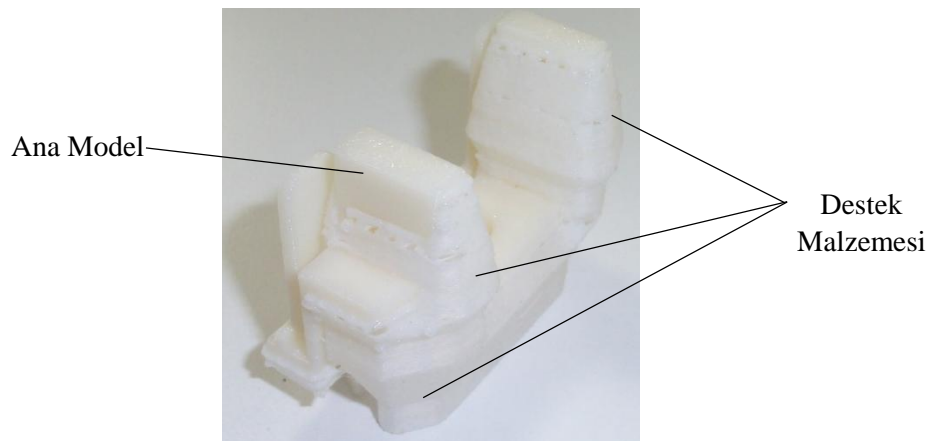
Şekil 5: (a) Parçanın görünümü (b) Parçanın takım yolu (c) Parçanın kademe yüzeyleri



Şekil 6: Prototip imalatından sonra parçada oluşan kademeler

3.3. Karmaşık Yapıdaki Tasarımlarda Destek Malzemelerin Çıkarılmasında Oluşan Deformeler

Parça tasarımları genellikle düz yapılı, serbest yüzeyleri az veya hiç olmayan parçalardır. Fakat bazen karmaşık yapıdaki parçaların prototipinin üretilmesi gerekmektedir. Bu parçaların prototip üretimi sırasında parçanın her yerinde destek malzemeleri kaplamaktadır. Şekil 7'de bir parçanın destek malzeme ile sarılmış şekli görülmektedir.



Şekil 7: Karmaşık yapıdaki parçanın prototip imalatından sonra destek malzemeli hali

Destek malzemelerin ana parçadan sökülmesi sırasında parça yüzeyinde deformeler oluşturmaktadır. Bunlar genellikle destek malzemenin çıkarılması sırasında federlerin kırılmasına neden olmaktadır. Destek malzemenin çıkartılması için kullanılan aletler parça yüzeyinde çizikler oluşturmaktadır. Destek malzemesi çıkartılmasında feder kırılmasına örnek olarak Şekil 3-b'de Şekil 4-c'deki parçaları federler

kırılmakta ve federin tabanı yüzeye sıfır olduğu görülmektedir. Şekil 8’de ise destek malzemesi çıkartılması kullanılan aletlerin parça yüzeyinde yapmış olduğu deformasyon gösterilmiştir.



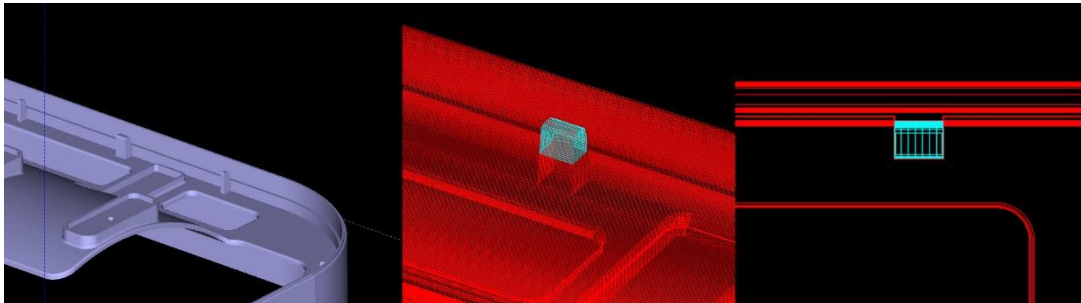
Şekil 8: Prototip imalatından sonra destek malzemenin çıkartılmasında oluşan deformeler

4. FDM YÖNTEMLE ÜRETİLEN PROTOTİPLERDEKİ HATALARIN AZALTILMASI

Hızlı prototip cihazlarında üretilen prototip parçasında oluşan hatalar genellikle bilgisayar üzerinden prototip makinasının yazılımında önlenmektedir. Diğer oluşan hatalar ise parçanın geometrik yapısından, prototip makinasının kalibrasyonunda veya makinanın diğer mekanizmalarından kaynaklanmaktadır. Prototip parçalarında üretimden sonra görülen hataların giderilmesi için aşağıda çözümler önerileri verilmiştir.

4.1. Kalınlıkların Düşük Olmasından Dolayı Mukavemetini Artırmak

BDT ortamında parça tasarımında mukavemeti artırmak veya başka parçanın montajını kolaylık sağlamak için federler yapılmaktadır. Fakat bu federlerin kalınlıkları genel et kalınlıklarından 1/3-1/2 oranında kalınlıkta yapılması gerekmektedir [15]. Bu oranlarda feder kalınlıkları yapıldığında parça enjeksiyon makinasında üretimin feder bölgesinin dış yüzeyde çöküntünün engellenmesini sağlamaktadır. Hızlı prototip makinasında parçalarda herhangi bir çöküntü olmayacağından dolayı federlerin kalınlıkların belli oranlarda yapılması gerek kalmamaktadır. Feder olan parçalarının kalınlıkları en az 4 mm olması durumunda federlerin mukavemetinin artırılması sağlanmıştır. Federlerin kalınlıklarının artırılması ile harcanan model malzeme miktarı artmaktadır. Şekil 9’de feder kalınlığı artırılmış şekilde takım yolları gösterilmektedir. Açık mavi renkte gösterilen kısımlarda feder iç kısımlarında takım yollarının geldiği görülmektedir. Bu sayede mukavemeti yüksek bir feder olmaktadır.

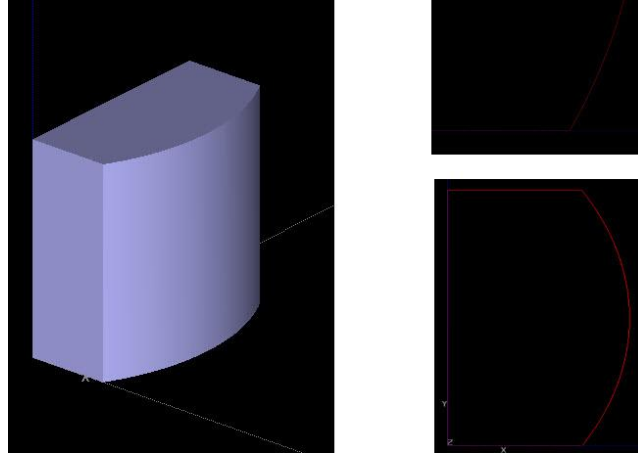


Şekil 9: Feder kalınlığı artırılmış parçanın takım yolları

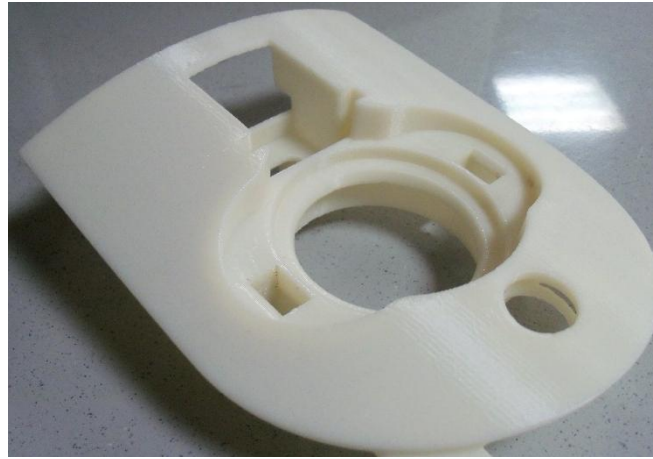
4.2. Parça Yüzeyinde Merdiven Gibi Kademeleri Giderilmesi

Parça yüzeyinde oluşan merdiven gibi oluşan kademeler genellikle bilgisayar üzerinden prototip makinasının yazılımında önlenmektedir. Bunu parçanın prototip tablasında konumunu değiştirerek yapılmaktadır. Şekil 10’da parçanın konumu değiştirilerek yüzeyde oluşabilecek kademelerin

giderilmesi sağlanmıştır. Şekil 11'deki parçada yüzeyde kademeler oluşmaması dik konumda üretilerek yüzeyin düzgün çıkmış bir örnek parça gösterilmektedir.



Şekil 10: Parça konumu değiştirilerek kademelerin giderilmesi



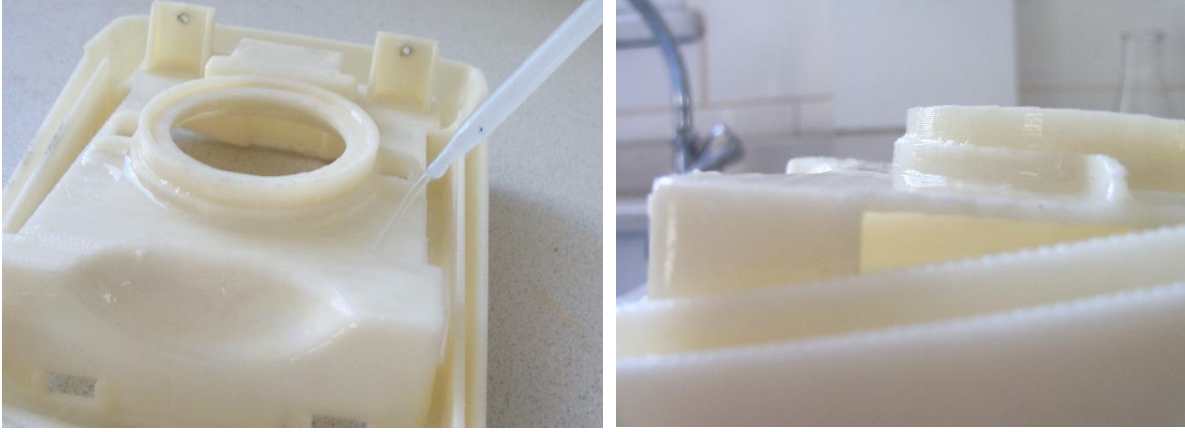
Şekil 11: Parça konumu değiştirilerek kademelerin giderilmesi örneği

Bazen parça tasarımına göre prototip makinasının tablasına en uygun konumda yerleştirmenize rağmen parça yüzeylerinde kademeler oluşabilmektedir. Bu durumda prototip imalatında sonra parça yüzeyine uygulanacak kimyasal (Metil Etil Keton) bir işlem ile kademeler azaltılabilir. Tablo 1'de kademelerin giderilmesinde kullanılan kimyasal maddenin özellikleri gösterilmektedir.

Tablo 1: Metil Etil Keton Özellikleri [16]

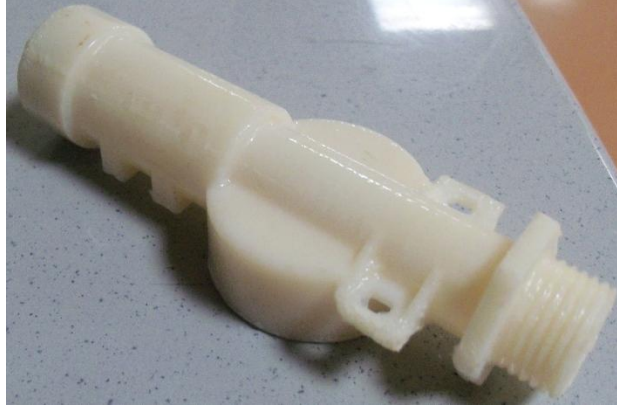
Temel Özellikler	Birim	Değer
Görünüm	-	Berrak Sıvı
Renk	-	Renksiz
Aktif oksijen içeriği	%	9,9
Peroksit içeriği	%	35
Plastikleştirici içeriği	%	>55
Kaynama noktası/aralık	°C	100°C Bozunmalar
Relatif yoğunluk UNI EN ISO 12185-00	d 20/20	1.050
Viskozite 20 °C' de ISO UNI EN 3104	mPa.s	19

Metil Etil Keton kimyasal prototip parça üzerine uygulandığında parça yüzeyinde plastiği eritmektedir. Yüzeyde eriyen plastik parça yüzeydeki kademeleri doldurarak kademeleri azaltılmaktadır. Bu eritme işlemi sadece yüzeyde olmakta parçada yapısal değişiklik yapmamaktadır. Şekil 6'da gösterilen prototip parçaya uygulanan kimyasal işlem ve işlem sonrası yüzeyler Şekil 12'de gösterilmektedir.



Şekil 12: Prototip parçaya kimyasal uygulaması

Şekil 12’de görüldüğü gibi parçanın yüzeyindeki kademeler azalmaktadır. Bu işlem sonrası yüzey parlak olmakta ve parçanın yüzeyinde kademeler kimyasal sıvı ile eriterek düzleştirildiği için yüzeyde 0,1-0,3 mm arasında kalınlığı artırmaktadır. Bu miktar uygulanan kimyasal sıvı oranına göre değişmektedir.



Şekil 13: Prototip parçaya daldırma şeklinde kimyasal uygulaması

Şekil 13’de başka prototip parça, Metil Etil Keton sıvısı dolu olan derin bir kap içerisine prototip parça daldırma şeklini uygulanmıştır. Bu işlem sonrası bütün yüzeydeki kademelerin düzeltme işlemi yapılması sağlanmıştır.

4.3. Karmaşık Yapıdaki Tasarımlarda Destek Malzemelerin Çıkarılması Oluşan Deformelerin Giderilmesi

Yapılan tasarıma veya kullanılan yere göre parçalar karmaşık geometrik yapıda olabilmektedir. Bu tür parçaların prototip üretimi sırasında parçanın çoğu bölgesinde destek malzemesi ile dolmaktadır. Destek malzemesini el aletleri ile ana parçadan çıkarılması sırasında parça yüzeyine zarar verilebilmektedir. Destek malzemelerini Şekil 14’de gösterilen takımlarla çıkarılmakta, karmaşık geometrideki parçalardan destek malzemesi çıkarılmasında parçanın formuna ve parçanın yüzeylerine zarar verilmektedir (Şekil 8).



Şekil 14: Destek malzemesi çıkarma aleti ve yüzeyde oluşan deformeler

Prototiplerde kullanılan destek malzemeleri genellikle nişastadan elde edilerek yapılmaktadır. Destek malzemeleri genellikle 60 °C sıcaklıkta sıvılarda ergimeye başlamaktadır. Karmaşık geometriye sahip parçalarda el aletleri yerine farklı yöntem uygulanmaktadır. Bu nedenle destek malzemelerinin çıkartılmasında için özel bir teçhizat yapılmıştır. Bu teçhizat paslanmaz çelikten 60 cm x60 cm x 60 cm ölçülerinde bir havuz ve içerisine ısıtıcı rezistans yerleştirilir. İçine konulacak suyun sıcaklığı max. 60 °C olarak sabit tutacak şekilde yapılır. Şekil 15’de yapılmış bir destek malzeme havuzu görülmektedir.

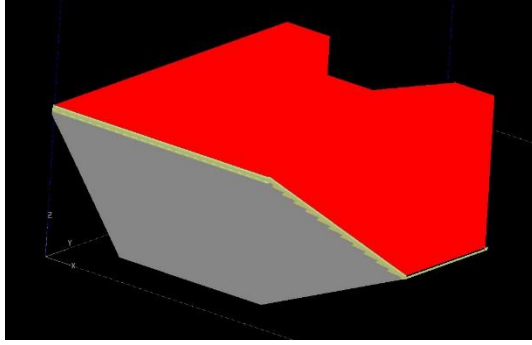


Şekil 15: Destek malzemesi çıkarma havuzu

Havuzun içine konulan su miktarının %10’u kadar suyun içine lavabo açıcı konulur. Lavabo açıcı sayesinde suyun asit oranını artırarak destek malzemesinin eritilmesi hızlandırmasının sağlanmaktadır. Bu oranın fazla olarak yapılmamalı aksi takdirde ana model parçaya zarar verebilmektedir. Bunun dışında suyun sıcaklığı max. 60 °C geçmemeli aksi takdirde ana model parçada çarpılma yapabilir.

5. PROTOTİP İMALATINDA VE İMALAT SONRASI KOLAYLIK SAĞLAYAN YÖNTEMLER

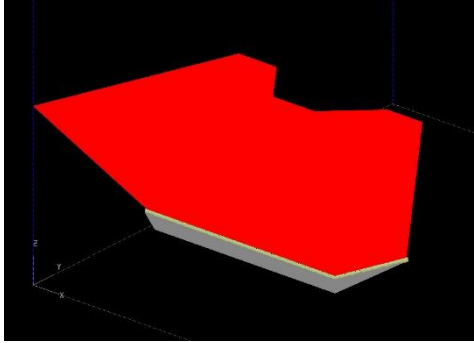
Prototip üretimi yapılmadan önce prototip imalatından sonra bazı yöntemler faydalar sağlamaktadır. Yüzey kalitesi önemli olmayan parçalarda parçanın tabladaki üretim konumu değiştirilerek malzeme ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Şekil 16’de parçanın tabla konumu göre değiştirmeden takım yolu, destek malzemenin yerleşimi ve parça üretim teknik veriler görülmektedir.



Üretim Zamanı	: 36 saat 23 dakika
Model Miktarı	: 104,904 in ³
Destek Malzeme Miktarı	: 7,336 in ³

Şekil 16: Destek malzemesi, parça takım yolları ve parça üretim teknik verileri

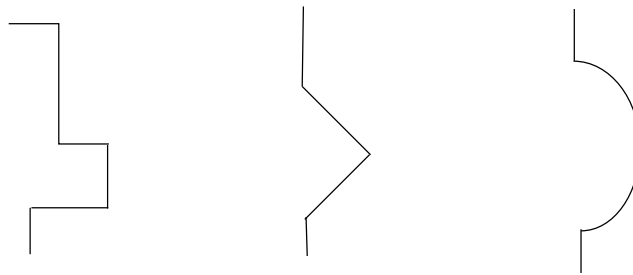
Eğimli yüzeylerde taban ile 50° bir açıdan sonra parçanın eğimli yüzeyleri destek malzemesi üretimi yapmamaktadır. Prototip üretilecek parça tablaya 50° açıdan büyük konumunda yerleştirildiğinde destek malzemesinden ve zamandan tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Şekil 17’de parçanın konumu değiştirilmiş halde teknik veriler gösterilmektedir.



Üretim Zamanı	: 30 saat 4 dakika
Model Miktarı	: 104,904 in ³
Destek Malzeme Miktarı	: 1,113 in ³

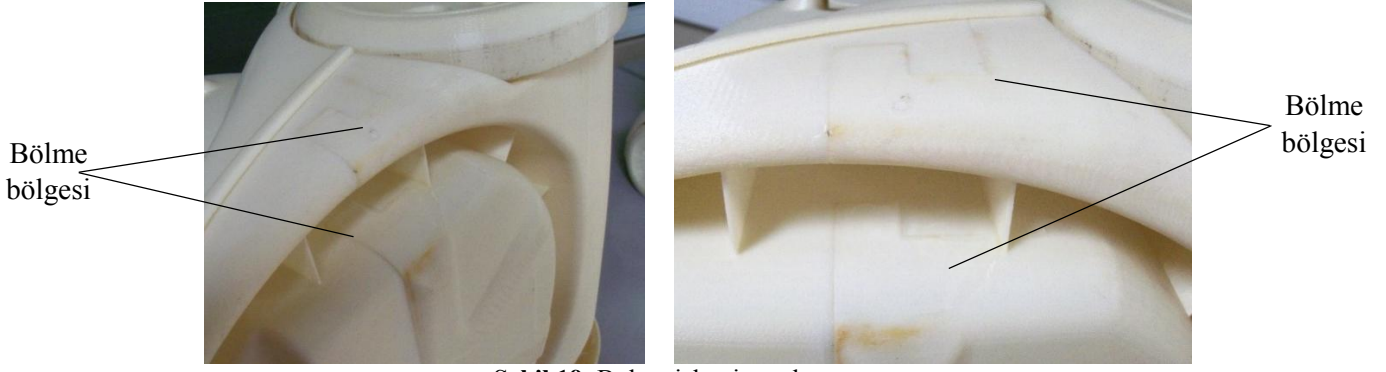
Şekil 17: Konumu değiştirilmiş parçanın destek malzemesi, parça takım yolları ve parça üretim teknik verileri

Bazı parçalarının boyutları hızlı prototipleme makinasının tabla ölçülerinden büyük olmaktadır. Bu durumda parçalar 2 veya daha fazla parçaya bölünerek prototipi yapılmaktadır. Prototipi yapılan parçaların bıçak gibi düz bir şekilde kesilerek yapılmışsa birbiri ile birleştirilmelerinde zorluklar ve yüzeyde kaçık birleşimler olmaktadır. Bu durumlarda parçalar bölünürken dişi erkek şekilde veya kademeli şekilde kesilerek prototipi yapılması gerekmektedir. Şekil 18’de kesme şekillerine örnek verilmektedir.



Şekil 18: Örnek parça bölme şekilleri

Şekil 19’da bir bölme işleminin uygulandığı parçanın resmi görülmektedir. Bu parça formu bölgede zıg-zag şeklinde kesilerek üretim yapılmıştır. Yapılan üretimden sonra parçanın yüzey formlarının bir birine tam bir şekilde birleştirilmesi sağlanmıştır.



Şekil 19: Bölme işlemi yapılmış parça

6. SONUÇ

Bu çalışmada FDM teknolojisi üretilen prototip parçalarında meydana hatalar ele alınmıştır. Bu hatalar feder kısımlarında mukavemet az olması, yüzeyde kademeler ve destek malzemenin çıkartılmasında deformeler gibi sorunlar görülmüştür. Feder kısımlarının mukavemetinin artırılması için feder kalınlığının en az 4 mm olacak şekilde tasarımda değişiklik yapılmıştır. Yüzey kademelerinin giderilmesi için en çok etkili olan parçanın tabla konumunu yerleşimi kademeleri giderilmesini sağlamaktadır. Bazı durumlarda parçanın en uygun konumda olmasına rağmen yüzeyde kademeler oluşumunda yüzeye uygulanan metil etil keton kimyasal işlem ile kademelerin giderilmesi sağlanmıştır. Destek malzemeleri çıkartılmasında yüzeyde oluşan deformeleri gidermek için 60x60x60cm ölçülerin özel bir teçhizat yapılarak parça yüzeylere zarar vermeden çıkartılması sağlanır. Bunların dışında parçanın konum açısı tabandan 50 derecen fazla olduğunda destek malzemesi örülmemektedir. Hızlı prototip makine tablalarında büyük boyutlarda prototip parçaları üretiminde zig-zag veya dişi-erkek şeklinde kesilerek birleştirilmelerinde yüzeyde formların tutması sağlanmıştır.

7. KAYNAKLAR

- [1] Çelik İ, Karakoç F, Çakır MK, and Duysak A. Rapid prototyping technologies and application areas. DPÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 2013;(31):53-70.
- [2] Ashby M. and Johnson K. Materials and Design, Elsevier. London. 2002. p:256-257.
- [3] Wohlers T. Wohler's report 2009. Wohlers Associates, Inc., (2009).
- [4] 3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi168/d168_3540.pdf. Accessed September 2, 2018.
- [5] Özuğur B. Hızlı prototipleme teknikleri ile kompleks yapıdaki parçaların üretilebilirliklerinin araştırılması (Master's Thesis). [The investigation of manufacturability of parts having complex structure by rapid prototyping technologies] [Thesis in Turkish] Ankara. 2006. <http://lib.gazi.edu.tr/>.
- [6] Blanthier JE. Manufacture of contour relief maps. 1892. US Patent, #473,901.
- [7] Munz OJ. Photo-Glyph recording. 1956. US Patent, #2,775,758.
- [8] Swainson WK. Method, medium and apparatus for producing three-dimensional figure product. 1977. US Patent #4.041.476
- [9] Ciraud PA. Process and device for the manufacture of any objects desired from any meltable material. FRG Disclosure Publication, 1972.
- [10] Housholder RF. Molding process. 1981. US Patent #4,247,508.
- [11] Negis E. A short history and applications of 3D printing technologies in Turkey. US-TURKEY Workshop On Rapid Technologies. 2009:23-30.
- [12] Drstvensen I, Valentan B, Brajlilj T, Strojnik T, and Ihan HN. Direct digital manufacturing as communication and implantation tool in medicine. US-TURKEY Workshop On Rapid Technologies. 2009:75-81.
- [13] Greenemeier L. To print the impossible: Will 3-D printing transform conventional manufacturing?. Scientific American. 2013:30-33.
- [14] Fused Deposition Modeling (FDM). <http://www.custompartnet.com/wu/fused-deposition-modeling>. Accessed September 2, 2018.
- [15] Sun I, Liu X. Control Analysis of Production and Apparent Quality of Automobile Large Plastic Parts. Procedia Engineering. 2011;(16): 438 – 443.

- [16] TDS Poltem K-60 Teknik Bilgi Formu. <http://www.kologlugroup.com/pdf/Peroksitler-Hizlandiricilar/TDS-Poltem-K-60.pdf>. Accessed September 2, 2018.