



KUYUMCULUK SEKTÖRÜNDE 3B BASKI TASARIM TEKNİKLERİNİN ÖZGÜRLÜĞÜNDE FAYDALANILDIĞINDA SEKTÖRE GETİRİLERİ

Ceren KİRAZ¹, H. Kürşad Sezer¹, İsmail Şahin¹

¹Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Günümüzde, kuyumculuk endüstrisindeki artan rekabet, yaratıcı ve özgün tasarımları gerekli kılmaktadır. Hızlı prototipleme teknolojileri (Sık kullanımıyla 3 Boyutlu yazıcı) bu amaçla tasarımcıların baş asistanı olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojiler, tüm süreci, sadece kalıp üretimini değil aynı zamanda modellerin doğrudan üretilmesini kolaylaştırır ve tasarım özgürlüğünü üretim endişeleri olmaksızın artırır. Takı üretim sürecine kullanıcıyı dâhil etmeye imkân sağlayan hızlı prototipleme teknolojileri, bu sayede, kullanıcı memnuniyetinin artırılmasında önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, kuyumculuk endüstrisinde sıkça kullanılan hızlı prototipleme teknolojilerinden olan SLA (Stereolitografi), FDM(Fused Deposition Modeling), SLS/SLM (Selective Laser Sintering/ Selective Laser Modeling), MJM (Multi Jet Modeling) yöntemleri incelenmiş ve takı üretim sürecine dâhil oldukları aşamalar belirtilmiştir. Bu hızlı prototipleme yöntemlerinin, üretim süresi, verimliliği ve kalitesi açısından geleneksel yöntemler ile takı üretimi ile karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma, 3B baskı yönteminin geleneksel üretim yöntemlerine kıyasla, işçilikte kalite, harcanan uzun zaman, verimlilik, orijinallik, kolay taklit edilebilirlik ve kişiselleştirme eksikliği gibi takı tasarımı ve üretimi problemlerini çözebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: 3B Yazıcı, Takı Endüstrisi, Prototip Üretimi, Takı Tasarımı

YIELDS TO THE SECTOR WHEN THE FREEDOM OF 3D PRINTING DESIGN TECHNIQUES ARE UTILIZED

Ceren KİRAZ¹, H. Kürşad Sezer¹, İsmail Şahin¹

¹Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ABSTRACT

Nowadays, increasing competition in jewelry industry necessitates creative and original designs. The rapid prototyping technologies (more famously 3 Dimention printing) stand out as the head assistant of designers fort he purpose. These technologies make the whole process easy not only for moulds but also direct production of models, enabling design freedom without manufacturability concerns. Rapid prototyping technologies, which enable users to be involved in the jewelry manufacturing process, play an important role in increasing user satisfaction. In this study, SLA (Stereolithography), FDM (Fused Deposition Modeling), SLS / SLM (Selective Laser Sintering / Selective Laser Modeling) and MJM (Multi Jet Modeling) methods which are frequently used in jewelry industry are reviewed and the steps in which they are participating in the jewelry production process are stated. These rapid prototyping methods have been compared with jewelry production with traditional methods in terms of production time, productivity and quality. The work demonstrates 3D printing can solve jewelry design and

manufacture problems like quality dependence on workmanship, long lead times, efficiency, originality, easy imitability, lack of customization associated with conventional production methods.

Keywords: 3D Printer, Jewellery Industry, Prototype Production, Jewellery Design

1. GİRİŞ

Teknolojinin hemen hemen her sektörde hızla ilerlediği günümüzde, üretimde gerçekleşen yenilikler birçok kolaylığı da beraberinde getirmektedir. Tasarım kavramının bu gelişmelerle paralel olarak popülerleşmesi, teknoloji ve tasarımın birbirinden etkilenmesini sağlamıştır. Geleneksel yöntemlerin, yerini teknolojiye bıraktığı bu dönemde, ürün tasarımcılarının önü açılmış ve daha özgün tasarımlar oluşturabilir hale gelmişlerdir. Yeni teknolojiler ile tasarımcılar, “üretilemez” denilen ürünleri tasarlayarak “üretilebilir” hale getirebilmektedirler [1].

Üretim alanına baktığımızda eklemeli imalat (Eİ) yöntemleri yeni teknolojiler arasında ön sırada yer almaktadır. Günümüzde hızlı prototipleme teknolojileri; otomobil, havacılık, medikal, kuyumculuk, mimarlık başta olmak üzere daha birçok alanda kullanımı hızla artmaktadır. Tasarım perspektifinden bakıldığında Eİ, geleneksel imalat teknikleri kullanılarak üretilmesi imkânsız olan formları yapmak için daha fazla tasarım özgürlüğü sağlar. Tasarımcılar, bu yeni teknolojiyi kullanarak yaratıcılıkları için herhangi bir kısıtlama olmaksızın tasarladıkları değişik varyasyonlarda prototipleri inceleyerek daha mükemmel bir tasarım ortaya koyabilir ve kendi tasarımlarını test edebilirler. Diğer taraftan geleneksel yöntemlerde el işçiliği ile yapılan prototiplerde hata oranının yüksek olması ve uzun zaman alması tasarımcıyı hem işlem süresi hem de tasarım esnekliği gibi yönlerden kısıtlar. Eİ teknolojileri bu yönüyle özellikle tasarım ve yaratıcılığın ön plana çıktığı kuyumculuk sektöründe ciddi avantajlar sağlar. Buna ek olarak bu teknolojiler kişiselleştirilmiş, sipariş üzerine tasarlanıp üretilen kuyumculuk ürünlerine yönelik yüksek piyasa talebini karşılamak için de uygundur.

Tasarım aşamasındaki ürünün prototipinin oluşturulması, imalat öncesi tasarımın doğruluğunun, estetikliğinin ve işlevsel yönden yeterliliğinin değerlendirilmesi, tasarlanan ürünün üretilebilirliği, montaj ve demontaj edilebilirliğinin değerlendirilebilmesi gibi amaçlara yönelik kullanım daha yaygın olmak üzere, Eİ doğrudan ve dolaylı üretim yöntemleri kullanarak mücevher tasarımcıları ve şirketleri tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Alışılmış imalat yöntemleriyle bu prototipleme aşaması uzamakta ve hata payı artmaktadır. Günümüzde yaygınlaşan hızlı prototipleme teknolojileri, prototip üretiminde kalıp hazırlamayı kolaylaştırıp, el işçiliğini ortadan kaldırdığı için daha doğru ve kısa sürede prototip sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, mücevherat imalatı için doğrudan ve dolaylı Eİ yöntemlerini kullanan mevcut Eİ tekniklerini incelemektir. Çalışma kapsamında, kuyumculuk sektöründe kullanılan hızlı prototipleme teknolojilerinden bahsedilecek olup, geleneksel yöntemlerden üstünlükleri ve zayıf yönleriyle karşılaştırması yapılacaktır.

2. KUYUMCULUKTA GELENEKSEL YÖNTEMLER İLE PROTOTİP ÜRETİMİ

Süsleme amacıyla kullanılan takı kavramı, din ve doğa kavramlarıyla insanların ilişkileri sonucunda ortaya çıkmıştır. İlk zamanlarda çevrelerinden buldukları her türlü malzemeyle takı yapan insanlar, madeni eritmeyi ve işlemeyi öğrendikten sonra onlara şekil vererek takı haline getirmişlerdir [2].

Kuyumculuk, altın, gümüş gibi kıymetli metal ve alaşımlarının eritilerek dökülmesi, plâka veya tel haline getirildikten sonra işlenerek ziynet eşyasına dönüşmesi işlemlerinin yapıldığı meslek dalı olarak tanımlanabilir. Kuyumculuğun çok eski tarihlere dayanan geçmişinde etkisi büyük olan Sanayi Devrimi sayesinde yaratıcılık ile seri üretim kavramları birlikte düşünülür hale gelmiş ve ticari amaçlı ürün üretimi kolaylaştırılmıştır [3].

Orta Asya kuyumcuları, bilinen bütün geleneksel takı yapım ve süsleme tekniklerini kullanarak günümüz kuyumculuğunun temellerini oluşturmuşlardır. El işçiliği, döküm gibi geleneksel yöntemlerle

bir takı üretilirken, öncelikle tasarım eskizleri yapılır (Şekil 1.a.), ardından temel olarak, her tasarım için ayrı kauçuk kalıplar oluşturulur. Kalıpların oluşturulabilmesi için öncelikle tasarımı yapılan modelin bir örneğinin yapılması gerekmektedir (Şekil 1.b.). Bu ilk model metalden yapılabileceği gibi model mumu denilen kuyumculuk malzemesinin el ile işlenmesiyle de yapılabilir. Keski aletleri ve çekiçlerle form oluşturulur ve ardından çeşitli süsleme teknikleri uygulanır. Bu işlem ustalık gerektirmesinin yanı sıra uzun zaman alabilmektedir. Elde edilen model ile kauçuk kalıp oluşturulur (Şekil 1.c.). Daha sonra bu kalıplara mum basma işlemi gerçekleştirilerek mum modeller elde edilir. Mum modeller ile mum ağacı denilen yapı oluşturulur (Şekil 1.d.). Mum ağacı hassas döküm kalıplarında kullanılarak döküm sonrası model ağacı elde edilir (Şekil 1.e. ve Şekil 1.f.). Bu ağaçtaki parçalar tek tek koparılıp temizlenir. Son olarak süslemenin gereklerine işlemlere tabi tutularak değerli veya yarı değerli taşlar takılır (Şekil 1.g.) [4].



Şekil 1. Takı üretiminde geleneksel yöntem aşamaları; (a) Tasarım eskizi (yüzük örneği) [20] , (b) Tasarımı yapılan modelin bir örneğinin el işçiliği ile yapılması [21], (c) Kauçuk kalıp [22], (d) Kalıplara mum basma işlemi ile elde edilen mum modeller - mum ağacı, (e) Hassas döküm, (f) Model ağacı, (g) Değerli veya yarı değerli taşlar monte edilmiş son ürün

Kuyumculukta geleneksel yöntemlerde birçok teknikle süsleme yapılmaktadır. Takı yapma ve süsleme tekniklerine örnek olarak; telkâri, savat, granülasyon, mineleme, tombaklama ve kabartma teknikleri verilebilir. Bu geleneksel tekniklerde el işçiliğinin kalitesi ve ustalık en önemli kriterdir [5].

Tasarım bütün alanlarda olduğu gibi kuyumculuk sektöründe de en temel öğelerden biridir. Sadece bir obje olmanın dışında, taş, metal, organik ve inorganik malzemelere biçim verme eylemi şeklinde somutlaşan takılar, bugüne kadar estetik bir obje olarak tasarlanmış ve uygulanmışlardır. Altın, gümüş gibi değerli metal ve taşlara şekil verilirken bu bakış açısını sürdürerek, farklı yaşam kültürlerine sahip topluluklara hitap edebilmek; kitlelere, özgün takı tasarımlarıyla ulaşmak, her kişiye özel takıların oluşmasını sağlamak, yeni teknolojilere ve çağa ayak uyduran tasarımcılar ile mümkün olmaktadır [6-7].

Geleneksel yöntemlerin getirdiği, işçilikte kalite, harcanan uzun zaman, verimlilik, orijinallik, kolay taklit edilebilirlik ve kişiselleştirme eksikliği gibi problemler düşünüldüğünde; zamandan tasarruf, eşdeğer kalitede üretim, daha zor formların üretilebilirliği ve tasarımda özgürlük açısından, hızlı prototipleme teknolojilerinin kullanımı kuyumculuk sektöründe yaygınlaşmıştır.

3. KUYUMCULUKTA EKLEMELİ İMALAT İLE PROTOTİP ÜRETİMİ

ASTM (American society for testing materials) uluslararası F42 komitesinin tanımına göre eklemeli imalat; bilgisayar destekli tasarlanmış 3 boyutlu model verisinden yararlanarak çeşitli objeler üretmek amacıyla malzemeleri katmanlar halinde inşa etme işlemidir [8]. Bu üretim yönteminin ilk uygulandığı alan prototip üretimi olmakla birlikte, ürün geliştirme sürecinde dolaylı veya direkt olarak günümüzde en yaygın kullanılan yöntem olmuştur.

Eklemeli imalat yöntemlerinin üretime getirdiği en önemli yenilik, klasik fabrika sistemlerinden bağımsız üretim yapabilme imkânı vermesidir. Yenilikçi üretim süreçlerinin son aşaması olan bu gelişme üretimi fabrika dışına çıkartıp ev ve ofis ortamına kadar taşımaktadır [9].

Tıp, dişçilik, havacılık ve uzay sanayisi, otomotiv, kuyumculuk gibi birçok sektörde kullanımı gittikçe yaygınlaşan bu yeni nesil imalat yöntemi, temelde aynı metodla çalışan ancak kullanım alanına göre farklı yaklaşımlarla imalat yapan teknolojileri içerisinde barındırmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanları, streyolitografi (sla), ergiterek yığma ile modelleme (fdm), seçmeli lazer sinterleme (sls), seçmeli lazer ergitme (slm), elektron ışınli ergitme (ebm), çok jetli modelleme (mjm) dir [10]. Çalışma kapsamında bu yöntemlerden kuyumculuk sektöründe yaygın olarak kullanılanları hakkında detaylı bilgi paylaşımı yapılacaktır.

Tablo 1. Kuyumculukta geleneksel yöntemlerin ve eklemeli imalat yöntemlerinin karşılaştırmalı faydaları

Geleneksel Yöntemler İle Takı Üretimi	Eklemeli İmalat Teknolojileri İle Takı Üretimi
El işçiliğinden dolayı tasarım ile ürün gerçekleştirme arasındaki hata oranı yüksektir	Tasarım ile üretim arasında yüksek doğruluk oranını
Üretim süresi işçiliğe bağlı olarak değişmekte ve uzamaktadır	Zamandan tasarruf sağlar
Tek ve özel tasarımların maliyeti yüksektir.	Tek ve özel tasarımların düşük maliyette üretilmesini sağlar.
Üretim kısıtlarından dolayı kullanıcı söz hakkına sahip değildir. Dolayısıyla kişiselleştirilmiş tasarım yapılması zordur	Kullanıcıyı da tasarım ve üretim aşamasına katarak müşteri memnuniyetini artırır
Tasarımcı üretimi düşünerek tasarımını yapmak zorundadır. Bu yüzden sınırlı tasarımlar gerçekleşir	Karmaşık geometrilerde üretime olanak sağladığı için tasarımcıyı özgür kılar

Hızlı prototipleme teknolojileri, yüksek hassasiyet, makinadan direkt döküme ve kalıplamaya farklı malzeme kullanım imkânı sayesinde kuyumculuk ve pırlanta sektöründe çok önemli bir yere sahiptir. Her ne kadar el işçiliği üzerine kurulmuş bir meslek dalı olsa da, rekabetin en çok kendini gösterdiği kuyumculuk sektöründe teknoloji, el işçiliğinden üstünlüğünü kanıtlayarak sektörde yerini almış durumdadır [11].

Kuyumculuk sektöründe prototip üretimine baktığımızda, hızlı prototipleme teknolojilerinin geleneksel yöntemlere kıyasla faydaları Tablo 1.' de gösterilmiştir.

Hızlı prototipleme teknolojilerinin en önemli katkısı, fiziksel formda üretilmesi imkânsız olan fraktallar, geometrik desenler ve son derece karmaşık formların üretilebilmesine olanak sağlamasıdır [12].

Bugün birçok tasarım, kopyalanması kolay hale gelmiştir. Özellikle kuyumculuk sektöründe kopyalanma süresi çok kısa olmaktadır. Böyle bir rekabet ortamında üretimi teknoloji gerektiren ya da el ile kopyalanması mümkün olmayan modellere ihtiyaç vardır. Zahmetli el işçiliği gerektiren veya el ile yapımı mümkün olmayan karmaşık geometri mücevherlerin yapımında başarılı olan hızlı prototipleme teknolojileriyle, silikon kalıplamayla kopyalanamayacak kadar karmaşık modeller kolaylıkla inşa edilebilir. Bu teknolojileri kullanan tasarımcılar, ustaların yeterliliğini düşünmeden, daha özgün, yenilikçi, üretim korkusunu daha az taşıyarak kopyalanması zor, satılabilir, özgün, müşteri odaklı, modeller geliştirebilmektedirler [1].

Kuyumculuk sektörü tüketicilerin süslenme ve farklılaşma ihtiyacının bir sonucudur [13]. Gerek statü anlamında gerekse kendinin ifade etme biçimi olarak kullanıcılar kişiselleştirilmiş ürünleri tercih etmektedirler. Bu kişiselleştirme çabası kişiye özel tasarım yapmayı gerekli kılmaktadır. Hızlı prototipleme yöntemleri sayesinde kullanıcılar yeri geldiğinde tasarım aşamasına üretim tereddütü yaşamadan müdahale edebilmekte ve böylece daha özel tasarımlar ortaya çıkabilmektedir. Hızlı prototipleme teknolojileri, kullanıcıyı da tasarım ve üretim sürecine katarak memnuniyet oranını artırmaktadır.

Eklemeli imalat yöntemleri; rekabeti artırarak, çevreye olan zararı minimize ederek, imalatta tasarımcının rolünü artırarak, serbest form kullanımını destekleyerek, müşteri ve sektör arasında doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlayarak, kuyumculuk sektöründe üretim süreçlerini optimize etmektedir [14].

Kuyumculuk sektöründe prototip yapımında hızlı prototipleme yöntemleri direkt veya dolaylı olarak kullanılmaktadır. Sıklıkla kullanılan direkt üretim sağlayan hızlı prototipleme yöntemleri SLS ve SLM olmakla birlikte, dolaylı olarak üretimde kullanılan hızlı prototipleme yöntemleri ise FDM, SLA ve MJM olarak belirlenmiş ve aşağıda bu teknolojiler hakkında bilgi paylaşımı yapılmıştır [15].

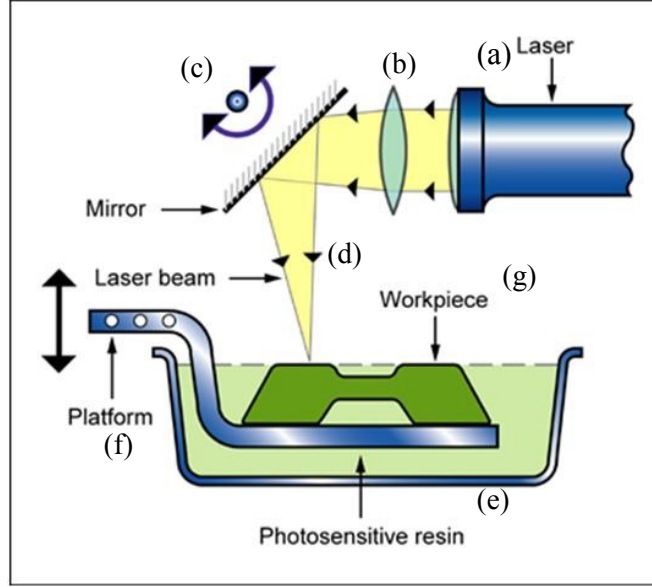
3.1. Kuyumculukta Yaygın Olarak Kullanılan Hızlı Prototipleme Yöntemleri

3.1.1. SLA (Stereolitografi)

İlk hızlı prototipleme sistemi olan stereolitografi, matbaacılıkta iki boyutlu baskılar için uzun zamandır kullanılan litografi tekniğinin 3 boyuta aktarılmış şeklidir. CAD model verisinden yararlanılarak, bir havuz içerisinde bulunan fotopolimer reçine, lazer ışınları ile istenen noktalarda kür edilerek sertleştirilir. Fotopolimer, UV ışınları altında katılacak polimer malzemelerdir. Her bir katmanın dış çeperleri bilgisayar modeline bağlı kalarak kür edildikten sonra, modelin bulunduğu havuz bir katman aşağıya iner. Bir kanat yardımı ile yüzeye yeni bir sıvı katmanı kaplanır. Bu yöntemle tabaka tabaka sertleştirilen reçine en son model havuzundan çıkartılır [16]. SLA işleme prensibi Şekil 2.'de gösterilmiştir.

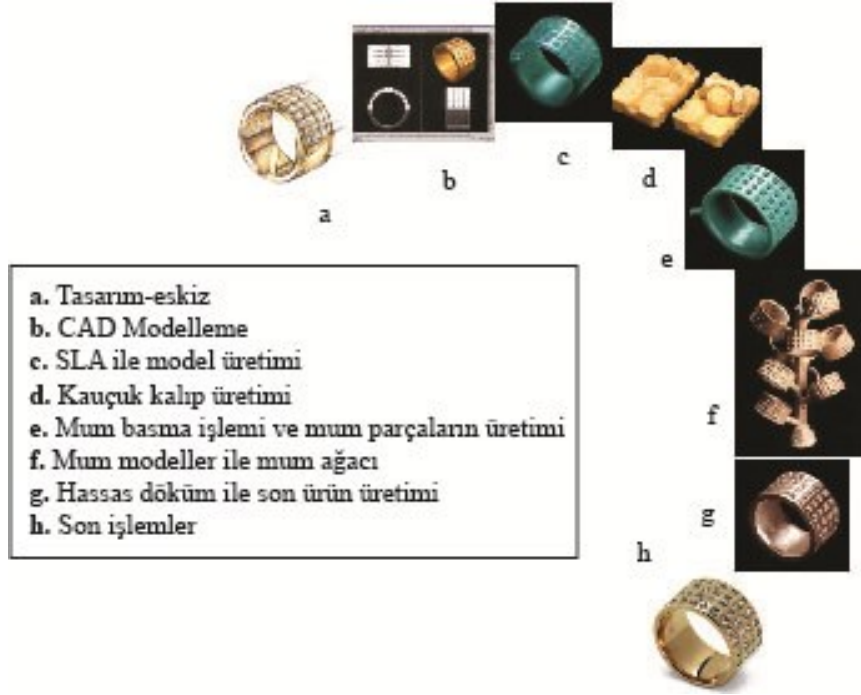
İşlem sürecinde parçanın inşa edilebilmesi için destek yapılarının kurulmasına ihtiyaç vardır. Bu yapılar CAD programında önceden planlanır. Parça üretimi tamamlandıktan sonra destek parçalar elle kolaylıkla temizlenebilir.

SLA teknolojisi ile fotopolimer reçineler ve ABS plastik türevi dayanım ve özellik gösterebilen bazı reçineler üretilmektedir [16]. En çok kullanılan malzemeler Epoksi ve Akriliktir.

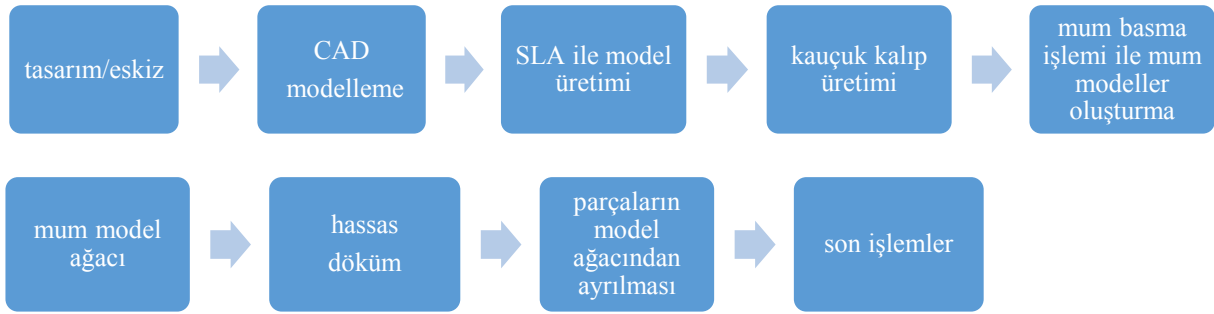


Şekil 2. SLA üretim prensibi [23]; Genellikle UV (ya da görünür ışık – 532 nm) dalgaboyunda (355 nm) lazer kaynağından gelen ışın (a), mercek ile odaklanıp (b), iki eksende hareketli galvo tarayıcı aynalardan yansıtılarak (c) elde edilen odaklanmış lazer ışını (d) fotopolimer reçine (e) üzerine düşürülerek z ekseninde hareketli platform üzerinde (f) elde edilmek istenilen model (g) kesitine göre nokta nokta kütleme (katılaşma) gerçekleştirilir.

Kuyumculukta bu teknoloji kalıp üretiminde dolaylı olarak kullanılmaktadır. Tasarlanan ürün CAD programında modellenir ve prototipi SLA yöntemi ile üretilir. Bu prototip silikon/kauçuk kalıp üretiminde kullanılır. Silikon/kauçuk kalıplara mum basma işlemi gerçekleştirilerek mum modeller oluşturulur. Bu mum modeller mum ağacı denilen yapı üzerinde birleştirilir ve hassas dökümle altın veya gümüş ağaç oluşturulur. Ağaçtan koparılan modeller parlatma ve son işlemlerden sonra kullanıma hazır hale getirilir [19]. Örnek bir yüzük tasarımının SLA ile üretim aşamaları Şekil3’de görseller ile ifade edilmiştir. Şekil4’de ise genel anlamda SLA ile takı üretimi aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 3. SLA prensibi ile altın bir yüzüğün üretimi aşamaları [22]



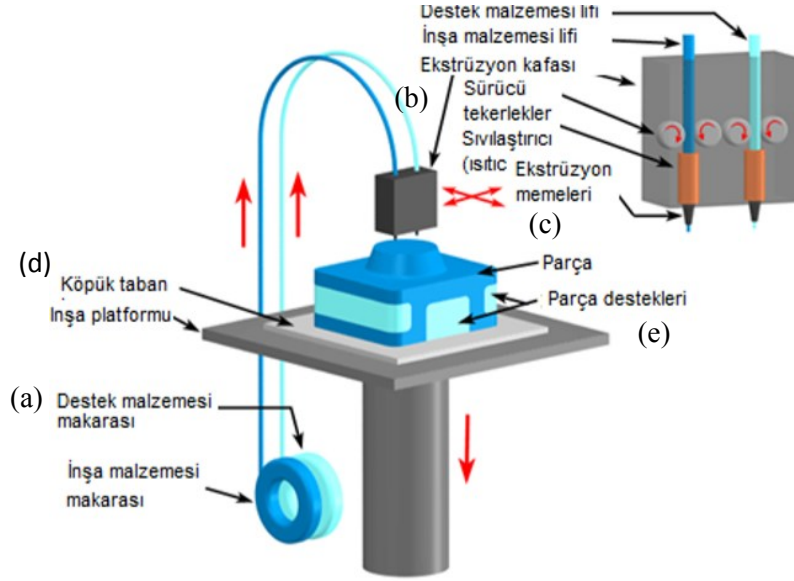
Şekil 4. Kuyumculukta SLA yöntemi ile takı üretim aşamaları

Bu yöntemle doğruluk oranı yüksek, yüzeyleri düzgün modeller üretilebildiği için hassas dökümde çok iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca çok küçük boyutlarda detaylı modellerin üretimine de olanak vermektedir. SLA yönteminin kuyumculukta kullanılması, geleneksel takı üretim aşamalarını değiştirmemektedir. Ancak tasarım/eskiz aşamasından sonra ilk model üretiminde el işçiliğini ortadan kaldırdığı için daha mükemmel ilk model oluşumunu sağlamaktadır. El işçiliğinde oluşabilecek hata payını minimuma indirerek, maksimum kalitede üretim yapılabilmektedir. Ayrıca insan gücüne göre daha kısa sürede üretim gerçekleştirilmesiyle zamandan tasarruf sağlamaktadır.

3.2. FDM (Fused Deposition Modeling)

1988 'de ortaya çıkan yılında bu teknikte, inşa hammaddesi olan termoplastik malzeme, makaraya sarılmış olarak ince plastik tel (filament) halinde cihaza beslenir. Kontrollü tahrik düzeneği sayesinde nozula beslenen filament, yarı-ergiyik hale getirilir. Plastik veya mum malzemenin nozul içerisinden ekstrüzyon edilerek, daha önce CAD modeli yapılan ürünün kesit geometrisi üzerinden katmanlar halinde model oluşumu gerçekleştirilir [10]. Model malzemesi ince plastik filament şeklindedir. Plastik, nozuldan aktıktan sonra aniden sertleşir ve aşağıdaki katmana yapışır. Bir katmanın yapımı tamamlandıktan sonra platform aşağıya iner ve aynı şekilde diğer katmanı inşa eder. FDM yöntemi Şekil5'de görselle ifade edilmiştir. Bu teknik ile çok parçalı, hareketli mekanizmaların ve karmaşık parçaların imalatı mümkündür. ABS, poliamid, polikarbonat, polietilen, polipropilen ve hassas döküm

mumu model malzemesi olarak kullanılabilir. Yine SLA da olduğu gibi destek malzemesi kullanılmaktadır. Üretim maliyetinin düşük olması en belirgin özelliklerinden sayılabilir [17].



Şekil 5. FDM prosesi [10]; İnşa ve destek malzemelerinin sarılı olduğu makaradan (a) sürücü tekerleklerin(b) itirmesiyle malzeme nozuldan (c) ısıtılarak geçer ve inşa platformunun (d) aşama aşama aşağı inmesiyle parça destekleriyle birlikte oluşturulur (e).

Kuyumculukta FDM yöntemi dolaylı olarak üretime katkı sağlamaktadır. Bu yöntemde kullanılan malzemeye göre, SLA yönteminde olduğu gibi ilk model üretimi yapılarak aynı aşamaların tekrarlanabileceği gibi, hassas döküm için mum malzeme kullanılabilmesi sayesinde SLA'ya göre üretimi 2 aşama kısaltmaktadır. FDM ile üretilen mum modeller, yine mum ağacına dizilimi yapıldıktan sonra hassas döküm yöntemiyle altın veya gümüş modeller elde edilir. FDM yöntemi ile takı üretimi aşamaları Şekil6'da şemalandırılmıştır.



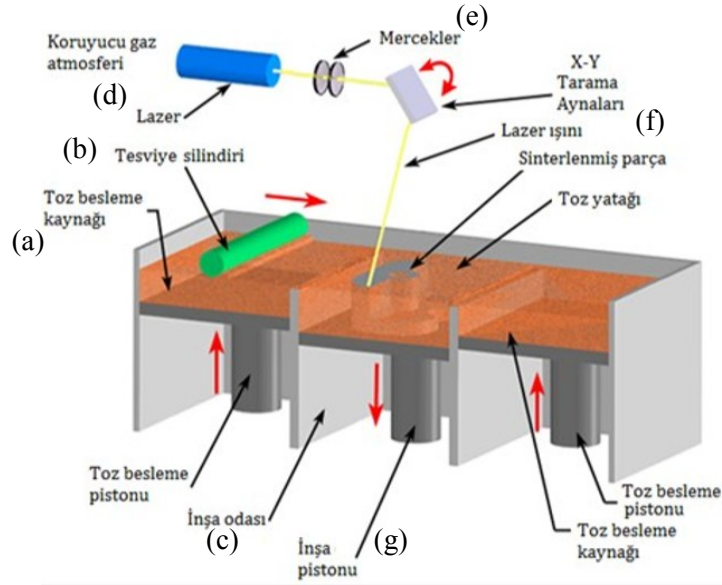
Şekil 6. Kuyumculukta FDM yöntemi ile takı üretimi aşamaları

FDM ile üretimde destek malzeme kullanımı olduğu için, mum modellerin üretimi yapıldıktan sonra temizleme işlemine gereksinim vardır. Dolayısıyla bu durum diğer hızlı prototipleme yöntemleri arasında zamandan kayba sebep olmaktadır.

3.3. SLS/SLM (Selective Laser Sintering/ Selective Laser Modeling)

SLS ve SLM tekniği temelde, toz malzemelerin, CAD model verisinden yararlanarak lazer ile katmanlar halinde katılaştırılarak oluşturulması şeklinde gerçekleştirilen bir yöntemdir. İnşa hammadde olarak kullanılan toz tanecekleri, ince bir katman halinde düzlemsel olarak yayılır. CAD modellemesinde seçimi önceden yapılmış bölgeler lazer ışını ile taranır. Işının yüzeye çarptığı noktalarda oluşan sıcaklıkla toz malzeme kısmen eriyerek veya sinterlenerek temas halinde olduğu diğer toz taneleri ile kaynaşır [10]. SLS/SLM yöntemlerinde parçaların kumlama, boyama gibi son işlemlere ihtiyaç duyması dezavantaj olarak sayılabilmektedir. Buna karşılık, işlem alanının dışındaki kullanılmış toz malzemenin yüksek oranda tekrar kullanılmasıyla malzemeden tasarruf yapması avantajları arasında ön sırada gelmektedir. Kullanılabilecek malzemeler arasında; mum, naylon, polikarbonatlar, plastik, metal veya seramik tozları ve bunların karışımlarından oluşan kompozit tozların bulunmasıyla geniş bir hammadde

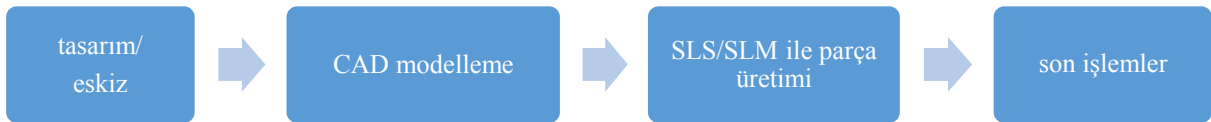
yelpazesini bulunmaktadır [17]. SLS/SLM yöntemleri ile nihai kullanıcıya ulaşacak son ürünün direkt üretimine olanak sağlanmaktadır.



Şekil 7. SLS/SLM prosesi [10]; Isıtıldığında kaynaşabilen toz malzeme toz besleme kaynağından (a) tesviye silindiri (b) yardımıyla bir katman halinde inşa odasına (c) yayılır. Lazer kaynağından (d) gelen ışın mercekle (e) ile odaklanıp aynadan (f) yansıtılarak inşa odasındaki toz katmanının seçilen yüzeylerde erimesi/sinternemesi gerçekleşir. İnşa pistonunun (g) aşağı inmesiyle kademeli olarak inşa edilir.

Kuyumculuk sektöründe kullanılmak üzere, altın veya gümüş tozları gibi değerli metallerin kullanımı için özel olarak tasarlanmış makineler bulunmaktadır. İşlem sonrası artık malzemenin yeniden kullanımı verimlilik açısından büyük öneme sahip olduğu için, bu özelleşmiş makinalarda atık hazneleri bulunmaktadır. Kuyumculukta bu yöntem direkt son ürün üretiminde kullanılmaktadır. Yine CAD modellemesi yapılan tasarım, direkt olarak üretilir ve son işlemlerin ardından kullanıma hazır hale gelir. Bu yöntem sayesinde, kilitlenen, iç içe geçmiş, örgülü ve benzeri karmaşık yapılarla sahip, tek parçadan oluşan ürünler bile yüksek kalitede üretilebilir. Bu sayede hem tek parçalar hem özel seri üretimlerde ekonomik bir yöntem olur [18].

Kuyumculukta SLS teknolojisinin kullanılmasıyla, geleneksel takı üretim proseslerinin tamamen ortadan kaldırarak, istenilen karmaşıklıkta formun direk üretimi sağlanabilmektedir (şekil8). Kalıp üretimine gerek duymadan, zamandan tasarruf, yüksek kalite, düşük işçilik maliyetiyle verimli bir yöntem olmaktadır.

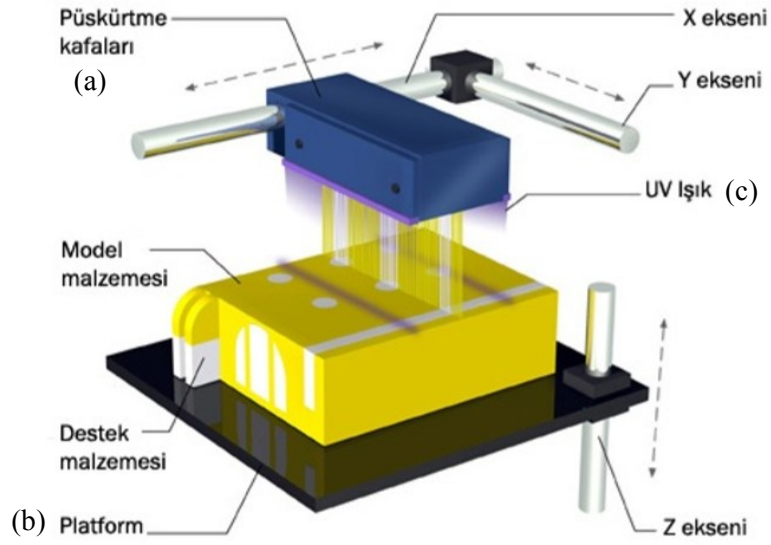


Şekil 8. Kuyumculukta SLS/SLM yöntemleri ile takı üretim aşamaları

3.4. MJM (Multi Jet Modeling)

MJM yöntemi temelde mürekkep püskürtmeli yazıcılara benzeyerek, yüzlerce nozula sahip baskı kafasından malzemenin püskürtülüp UV ışığı ile kürlenme işlemine dayanmaktadır. Çok jetli modelleme tekniğinde, oda sıcaklığında sıvı halde bulunan fotopolimer reçine 2 ekseninde hareket eden enjeksiyon bloğuna aktarılır. Blok üzerinde cihazlara göre değişen adetlerde nozul bulunmaktadır. Her bir nozul malzeme püskürtülerek boş bir tablanın üzerine bir katman oluşturulur. Püskürtülen hammadde tahliye edildiği anda morötesi (ultraviyole) lambalar vasıtasıyla dondurularak veya soğuma ile katılaştırılır. İlk katman tamamlandıktan sonra platform Z ekseninde aşağıya iner ve diğer katman inşa edilir. Bu işlem

model bitene kadar tekrarlanır [17],[10]. MJM yönteminin çalışma prensibi görsel olarak Şekil9'da gösterilmiştir.

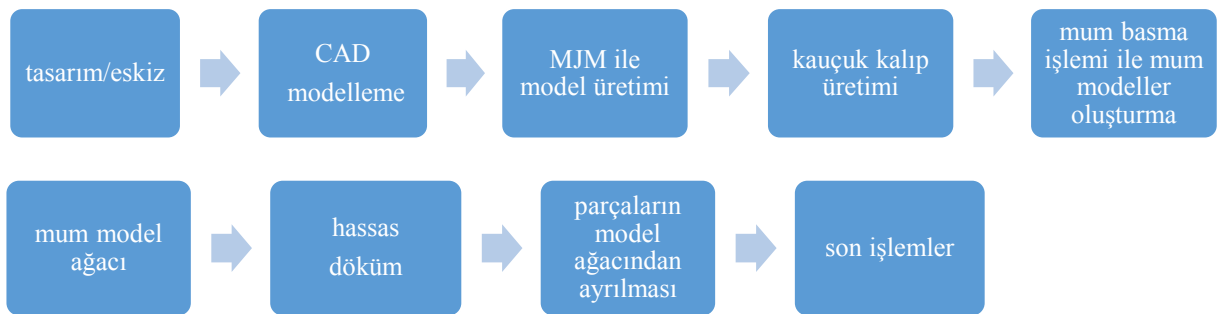


Şekil 9. MJM prosesi [17]; sıvı halde bulunan fotopolimer reçine, iki eksende (x, y) hareket eden enjeksiyon bloğuna (a) yürütülür. Bu bloktaki çok sayıda nozuldaki malzeme püskürtülerek platform (b) üzerinde bir katman oluşturulur. Malzeme tahliye edildiği anda UV ışık (c) ile katılaştırılır. Platform z ekseninde aşağı inerek katmanlar halinde inşa gerçekleştirilir.



Şekil 10. MJM ile üretilmiş yüzük örneği

Kuyumculukta bu yöntem dolaylı olarak üretimde kullanılmaktadır. SLA yönteminde olduğu gibi, MJM ile ilk model üretim kaliteli bir şekilde gerçekleştirilir. Daha sonra bu model ile kauçuk kalıp oluşturulur ve devam eden işlemler diğer yöntemlerde olduğu gibi aynen tekrar edilir (şekil 11). Mum model üretimindeki kalite ve zamandan tasarruf ile geleneksel yöntemlerden üstündür. Bu metotla telkari gibi yüksek detaylı parçalar, konsept modeller ve tasarım prototipi üretmek mümkündür. MJM ile üretilmiş bir yüzük örneği Şekil10'da gösterilmektedir.



Şekil 11. MJM ile takı üretim aşamaları

4. TARTIŞMA

Gelişen malzeme ve üretim teknolojileri, geleneksel yöntemlerin dışında hızlı prototipleme teknolojilerinin kullanım eğilimini artırdı. Bu teknolojilerin kullanım alanlarından birisi de kuyumculuk sektörü olarak karşımıza çıkmaktadır. El işçiliğinin ön planda olduğu kuyumculuk sektöründe, müşteri beklentilerinin farklılaşması ve değişmesi, kişiselleşme arzusu, firmalar arasındaki artan rekabet, üretim yöntemlerinde yeniliğe gidilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Bu yenilik de günümüzde eklemeli imalat yöntemleri kullanılarak sağlanmaktadır.

Sektörde artan rekabet, tasarımcıları orijinal ürün tasarlamaya, taklit edilebilirliği düşürme eğilimine zorlamaktadır. Bu koşullarda ürün gerçekleştirme geleneksel yöntemlerle eksik kalmaktadır. El işçiliğiyle ulaşılması zor olan kalite ve formlar, hızlı prototipleme teknolojileriyle kolay aşılabilir hale gelmiştir.

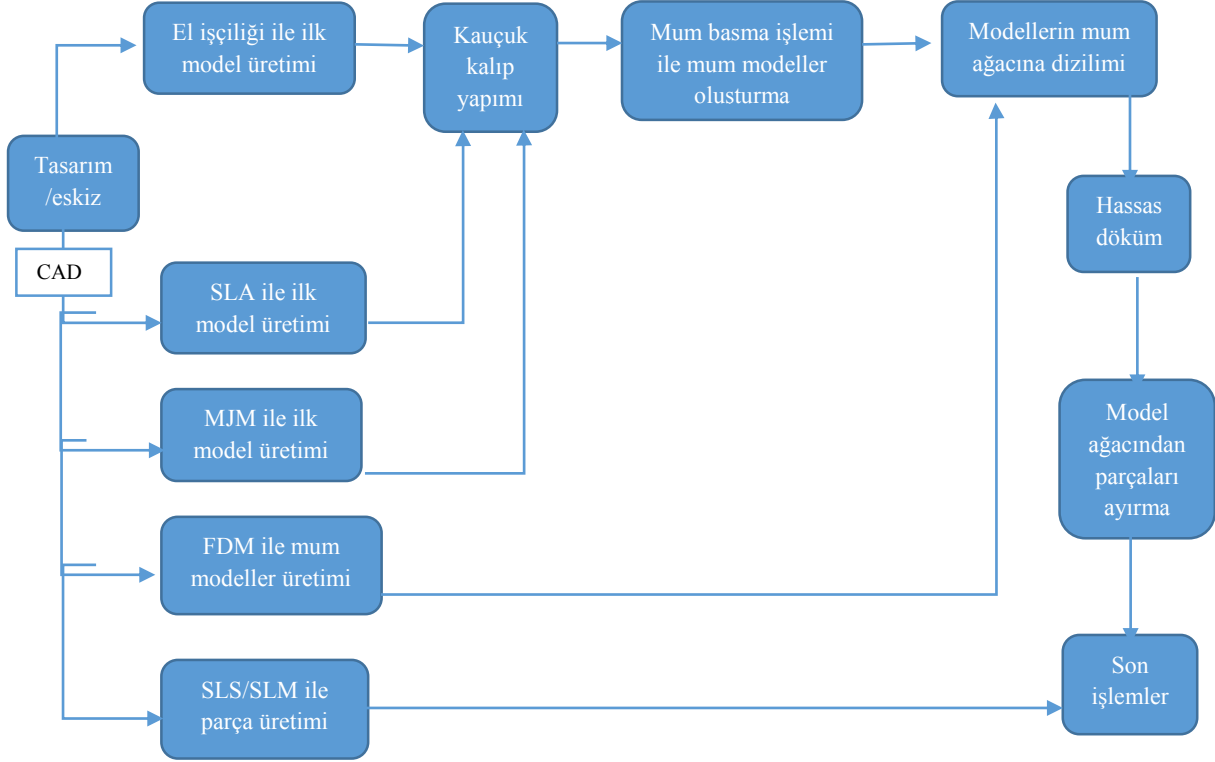
Tablo 2. Hızlı prototipleme yöntemlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Çalışma Prensibi	Malzeme	Kuyumculukta Dahil Olduğu Üretim Aşaması	Avantajlar	Dezavantajlar
SLS/SLM	Toz malzemenin lazer ile katmanlar halinde sinterlenmesi/eritilmesi ile inşa edilir.	Metal, plastik ve seramik tozları ve bunların alaşımları	CAD verisinden yararlanarak direk üretim aşaması	El işçiliğini tamamen ortadan kaldırır, diğer yöntemlere kıyasla daha kısa sürede son ürüne ulaşmayı sağlar.	Maliyeti yüksek ve değerli metaller için özelleşmiş makine kullanımı gerektirmektedir.
FDM	Termoplastik malzeme eritilerek bir nozuldun aktarılır katmanlar halinde inşa edilir.	ABS, PLA, mum malzeme	Kauçuk kalıp yapımında kullanılacak model yapımı ya da mum modellerin yapımı aşaması	Maliyeti düşük, hızlı, el işçiliğine oranla doğruluk oranı yüksek	Yüzey kalitesi diğer yöntemlere göre daha düşüktür, uygulama sonrası işlem gerektirir.
SLA	Fotopolimer reçine lazer ışını ile katmanlar halinde kürlenir.	Epoksi ve akrilik	Kauçuk kalıp yapımında kullanılacak olan model yapımı aşaması	Yüzey kalitesi diğer yöntemler içinde en yüksektir, el işçiliğine kıyasla hızlıdır.	İşlem aşamalarını kısaltmadığı için diğer yöntemlere kıyasla hızlı yavaştır.
MJM	Fotopolimer malzeme nozullardan aktarılır, hemen ardından lazer ile kürlenerek katmanlar halinde inşa edilir.	Fotopolimer malzeme	Kauçuk kalıp yapımında kullanılacak olan model yapımı aşaması	Yüzey kalitesi SLA dan sonra en iyi olanıdır.	İşlem aşamalarını kısaltmadığı için yavaştır, maliyeti yüksektir.

Çalışma kapsamında incelenen hızlı prototipleme tekniklerinin karşılaştırması tablo2 de gösterilmiştir. Genel olarak bakıldığında, bu teknolojiler direk veya dolaylı olarak model yapım aşamasında devreye girdiği gözlemlenmiştir. SLA, FDM ve MJM yöntemleri, üretim aşamasının mum model yapımına

katkıda bulunurken; SLS yöntemi direk ürün üretimi sayesinde geleneksel süreci ortadan kaldırmaktadır.

Bunların yanı sıra süreç hızlandırılmış ve maliyet düşürülmüştür. Geleneksel yöntemlere kıyasla hızlı prototipleme teknolojilerinin kuyumculukta üretime katıldığı aşamalar şekil 5.' de gösterilmiştir. Bunların içinde süreç bakımından en kısa olanı, diğer bütün aşamaları ortadan kaldırıp direk son ürün üretimiyle karşımıza çıkan SLS/SLM yöntemleri olmaktadır. En uzun zaman alan yöntem ise, el işçiliği gerektirdiği için süreci uzatan geleneksel yöntemlerdir.



Şekil 12. Geleneksel yöntemler ile hızlı prototipleme yöntemlerinin takı üretimine katıldığı aşamalar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında değerli takı tasarımı ve üretiminin geleneksel olarak nasıl üretildiği ve günümüzde geleneksel yöntemlerin yerini alan yeni teknoloji olarak tanımladığımız eklemeli imalat yöntemlerinin kuyumculuk sektöründe üretime nasıl dahil olduğu incelenmiştir. Bu incelemede prototip yapımı ön plana çıkmış olmakla birlikte hızlı prototipleme yöntemlerinden SLA, FDM, SLS/SLM ve MJM üretimi hakkında bilgi paylaşımı yapılarak kuyumculukta kullanımları irdelenmiştir. Bu yöntemler verimlilik açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak çalışma, hızlı prototipleme yöntemlerinin, geleneksel üretim yöntemlerinde karşılaşılan, işçilikte kalite, harcanan uzun zaman, verimlilik, orijinallik, kolay taklit edilebilirlik ve kişiselleştirme eksikliği gibi takı tasarımı ve üretimi problemlerini çözebileceğini göstermektedir.

Kuyumculuk sektörü ile ilgili yapılan çalışmalar yeterli olmamakla birlikte, gelecek çalışmalarda hızlı prototipleme teknolojilerinin kuyumculuğa katkılarının daha detaylı incelenmesi, bir case study çalışmasıyla verimliliklerinin karşılaştırılması ve yeni yöntemlerin kuyumculuk sektörüne nasıl adapte edilebileceğinin tartışılması önerilmektedir.

6. KAYNAKLAR

- [1] <http://www.turkcadcam.net/rapor/kuyumculukta-cadcam-3dp/>, 06.02.2018 'de erişildi.
- [2] Yanar H. Afyon İli Halk Eğitim Merkezindeki Takı Tasarımı Dersinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü El Sanatları Eğitimi Bölümü Dekoratif Sanatlar Anabilim Dalı. 2011
- [3] Başlangıç A. B. Kuyumculuk Sektörünün Vizyonu. Araştırma ve Meslekleri Geliştirme Müdürlüğü. A&G Bülten, Mart.
- [4] Çukur B. Kuyumculuk Sanatında Mum Kalıba Alma Ve Döküm Tekniği (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [5] Şaman N., Duru M.N. Yirminci Yüzyıldan Günümüze Takı. ABMYO Dergisi. 2015; Sayı 40: 95-112.
- [6] Kuyumculuk Teknolojisi Takı Tasarımı 1. MEGEP. Ankara. 2007.
- [7] Karoğlu A., Kara S. Estetik Bir Objeye Olarak Takı. İDİL dergisi. 2014; Cilt 3. Sayı 13: 69-79
- [8] <https://www.astm.org/industry/additive-manufacturing-overview.html> 04.03.2018 tarihinde erişildi.
- [9] Yıldırım M. Moda Giyim Sektöründe Üç Boyutlu Yazıcılarla Tasarım ve Üretim. Süleyman Demirel Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Hakemli Dergisi. ART-E. Mayıs-Haziran'16 Sayı:17: 155-172.
- [10] Özsoy K., Duman B., Eklemeli İmalat (3 Boyutlu Baskı) Teknolojilerinin Eğitimde Kullanılabilirliği. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2017; 1(1) 36-48.
- [11] Kılıç S., Eski Türklerde Kuyumculuk Geleneği ve Metal Süsleme Teknikleri. Akademik Bakış Dergisi. Kasım - Aralık 2016. Sayı: 58: 23-55.
- [12] Hohkraut U., Rapid Prototyping and Jewelry Design, Annals of DAAAM for 2010 & Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium. Volume 21, No. 1.
- [13] Yaşar O. Türkiye'de Kuyumculuk ve Benzeri Üretim Sanayinin Sanayi Coğrafyası Prensipleri Çerçevesinde İncelenmesi. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi. Eylül 2016, 4(30): 1-19.
- [14] Ferreira T., Almeida H.A., Bártolo B.J., Campbell I. Additive Manufacturing In Jewellery Design, Proceedings of the ASME 2012. 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis ESDA2012. 2012 July 2-4, Nantes. France.
- [15] Yap, Y. L., Yeong, W.Y. Additive Manufacture of Fashion and Jewellery Products: A Mini Review, Virtual and Physical Prototyping, 2014, 9(3): 195-201
- [16] Ağar H. Prototipleme Teknolojilerinin Ürün Tasarımına Etkileri (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilim Dalı Endüstri Ürünleri Tasarımı. Ocak 2008
- [17] Çelik İ., Karakoç F., Çakır M. Cemal, Duysak A. Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. Ağustos 2013. Sayı 31: 53-70
- [18] <http://www.3ddt.com.tr/tr/uygulamalar/yasam-tarzi-urunleri/mucevher-ve-saat/3d-yazici-ile-mucevher-ve-saat-uretimi> , 09.02.2018'de erişildi.
- [19] Apak S. Farklı Hızlı Prototipleme Cihazlarında Üretilen Parçaların Üretim Zamanı ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Şubat 2010
- [20] <https://tr.pinterest.com/pin/739505201286908250/> ,26.02.2018 tarihinde erişildi.
- [21] <http://bassilcreations.com.au/why-go-with-custom-handmade-rings/> ,26.02.2018 tarihinde erişildi.
- [22] <http://www.turkcadcam.net/rapor/autofab/appl-jewelry.html> ,03.03.2018 tarihinde erişildi.
- [23] <https://hist-materialer-og-energi.wikispaces.com/Stereolitografi> ,02.03.2018 tarihinde erişildi.
- [24] <http://3d-labs.de/mjm/?lang=en> , 13.02.2018'de erişildi.