

SERAMİK ÜRETİMİNDE ÇAĞDAŞ BİR BİÇİMLENDİRME YÖNTEMİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICILAR 3D PRINTERS AS A CONTEMPORARY SHAPING METHOD IN CERAMICS PRODUCTION

Adile Feyza ÖZGÜNDOĞDU

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik ve Cam Bölümü,
Samsun / TÜRKİYE

ÖZET

70’li yıllarda icat edilen üç boyutlu yazıcılar (*3D printers*) 90’lı yılların ortalarından itibaren ticari amaçla plastik prototip üretmek üzere kullanılmaya başlanmıştır. Üç boyutlu baskı, ya da bir başka ifadeyle üç boyutlu çıktı, birçok farklı prosese sahiptir. Bu yöntem ile metal, plastik ve fotopolimetrik (ışıkla sertleşebilen) materyal basılabilmektedir. Günümüzde üç boyutlu baskı makineleri, seramik hammaddesini diğer seramik ürünlerin sahip olduğu aynı estetik kalitede basabilmektedir. Daha sonraki işlemler geleneksel yöntemlerdeki gibi bisküvi ve sır/dekor pişirimi şeklindedir. Araştırmacılar bu üretimi daha da öteye taşıyarak, bu makinelerle sır ve dekoru porselen bünyeye uygulayıp aynı zamanda 1200C’de pişirme işlemini de gerçekleştiren fonksiyonlar da kazandırmışlardır. Çalışmalar üretim süresini daha da kısaltıp, iş gücü ve enerjiden tasarruf etme yönünde yeni uygulamalar ortaya koymaktadır: Mısır pastası’ndan ilham alınarak üretilen kendinden sırlı kompozisyonu üç boyutlu olarak basarak tek pişirimle sonuç alma yönünde uygulamalar yapılmaktadır. Aynı zamanda bu sayısal çıktı yöntemi CNC üretim yöntemini ileriye taşıyarak inşa edici farklı varyasyonlar da önermektedir. Endüstri tasarımcıları bu yöneme zaman, iş gücü kazancı ve maliyet açısından bakarken, sanatçılar da bu yöntemlerin estetik potansiyel yönüne odaklanmakta olsalar da seramikte üç boyutlu çıktı yönteminin mühendislikte ileri teknoloji parçalarının üretiminde ve biyolojik uyumlu implantların üretilmesinde kullanılıyor olması heyecan verici bir başka yöndür. Bildiride bu biçimlendirme yöntemine dair

tasarım, üretim, sanatsal kullanım ve hedefler açısından panoramik bir bakış açısı sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler:

Eklemeli üretim, üç boyutlu çıktı, üç boyutlu yazıcılar, seramik üretimi

ABSTRACT

3D printers which were invented in 1970's, were started to be used for commercial purposes, namely for producing plastic prototype. 3D press, in other words 3D printout has many different processes. Thanks to this method metal, plastic and photopolymeric material can be printed. Today 3D printing machines can print ceramic raw material with the same aesthetic quality as other ceramic products have. The latter processes are as biscuit and glaze/decor caking. Researchers carried this production further and redounded functions to these machines so as to apply glaze and decor to the porcelain body and perform caking operation at 1200oC. The studies are introducing new applications so as to decrease the production period and save work power and energy: There are applications where self glazed composition which was produced with the influence of corn cake, was printed as 3D and obtain result with single caking. At the same time this numerical printout method carries the CNC production method further and suggests different building variations. While industrial planners consider this method from the work power benefit and cost point of view, artists also focus on the aesthetic potential way of these methods. On the other hand the 3D printout method in ceramic being used in production of advanced technology parts in engineering and implants with biological adaptation is another exciting issue. In the paper a panoramic point of view has been introduced regarding this shaping method in terms of design, production, artistic usage and targets.

Keywords: Additive manufacturing, 3D Printing, 3D Printers, ceramics production

1. GİRİŞ

Üç boyutlu çıktı ya da üç boyutlu baskı (*3D printing*) geleneksel üretim yöntemlerinden farklı olarak son yıllarda üretim teknolojilerinde sıklıkla bahsedilen, prototip üretiminde tercih edilen ve sanayide yer almaya başlayan “eklemeli üretim” (*additive manufacturing*) için kullanılan bir terimdir. Yüzyıllardır kullanılagelen kesme, delme, kalıba dökme, yapıştırma, vidalama vs. gibi ana malzemeden kullanılacak parçaları çıkararak ürün elde etme yöntemine ise bu nedenle “çıkarmalı üretim” (*subtractive manufacturing*) adı verilir. Eklemeli üretimde nihai ürün, sayısal ortamda tasarlanan üç boyutlu modelin yazıcıya gönderilerek hammaddenin katmanlar halinde birbiri üzerine yığılmasıyla ya da toz zerreciklerinin sertleştirilmesiyle somut hale gelir. Plastik ya da toz yapıda olsun ana maddenin çeşitli yöntemlerle birbirine eklenmesi söz konusu olduğundan bu yöntem eklemeli üretim adını alır.

Tasarlanan model, bilgisayar destekli bir tasarım programı ile çizilebileceği gibi aynı zamanda üç boyutlu tarayıcılar vasıtasıyla, yazdırılacak objenin şeklini bilgisayarın okuduğu bir veri türüne dönüştürerek de oluşturulabilir. Ardından bu model, yine bilgisayar ortamında ince “dijital katmanlar” haline dönüştürülür. Sonrasında bir platform üzerine, en alttaki katmandan başlayarak, sıvı, toz, ya da ince yaprak yapısındaki malzemeler üst üste, kesitler halinde yığılarak parçanın ortaya çıkması sağlanır. Son olarak, bilgisayar destekli bir tasarım programındaki modelin dijital kesitlerine denk gelen bu katmanlar birbirlerine eklenerek, ya da yığma esnasında kaynaştırılarak parçanın son haline ulaşılır.

Bu üretim teknolojisinin geliştirilmesi ve ilk örnekleri 70’lerin ortalarına dayanıyor olsa da, ticarileştirilmesi ve patentli üretimi 1984’dedir. Üç boyutlu yazıcılar günümüzde hem prototipleme hem de sanayi üretim amacı ile kullanılmakta, mimari, inşaat, endüstriyel tasarım, otomotiv, havacılık, uzay, savunma, mühendislik, dişçilik, medikal, biyoteknoloji (yapay doku), moda, ayakkabı, mücevher, aksesuar, eğitim, gıda gibi bir çok alanda yer bulmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar ile günümüzde yaygın olarak polimer, seramik ve metal malzemeler üretilebildiği gibi, amaca yönelik gıda ve organik bileşenler ile de üretim yapılabilmekte, tasarımcılar bu üretim teknolojisinin sınırlarını genişletmeye yönelik alternatif malzeme ve ürün arayışına devam etmektedir.

2. ÜÇ BOYUTLU ÇIKTI TÜRLERİ, MALZEMELER VE YAZICILAR

Kırk yılı aşkın bir süredir eklemeli üretim adı altında çok farklı biçimlendirme yöntemleri geliştirilmiştir. Temelde hemen hemen hepsi katmanların inşası şeklinde gerçekleşiyorsa da, tasarıma ve malzemeye bağlı olarak inşa edilecek maddenin katılaştırılması ve katmanların bağlanması açısından farklı pek çok yöntem vardır. Genel olarak üç boyutlu çıktı işlemleri iki ana grup olarak sınıflandırılabilir. Birinci grup (*binding processes*) yazıcı başlığın z ekseninde katman katman serilen tozu her bir defasında x ve y eksenlerine göre sinterleyerek ya da ergiterek sertleştirilmesi esasına dayanır. Malzeme yığılma (*deposition processes*) şeklinde tarif edilebilir diğer üretim sınıfında ise yazıcı başlık ekstruderden çıkan malzemeyi katmanlar halinde birbiri üzerine biriktirerek yığar. Seramik üretiminde her iki gruptaki üretim şekillerinden de kullanılmaktadır.

2.1. Sertleştirme İşlemi İçin Kullanılan Yazıcılar

Birinci gruptaki toz zemini sertleştirme esasına dayanan yöntemlere şunlar örnek verilebilir: Stereolitografi (*Stereolithography, SLA*), Seçici Lazer Sinterleme (*Selective Laser Sintering, SLS*), İnkjet Toz Baskı (*Inkjet Powder Printing, 3DP*), Tabakalı Cisim Üretimi (*Laminated Object Manufacturing, LOM*). İkinci grupta yer alan yöntemler ise; Birleştirmeli Yığılma ile Üretim (*Fused Deposition Modelling, FDM*), Çamur Ekstrüzyon (*Paste Extrusion*), Polyjet olarak sınıflandırılabilir.

Stereolitografi’de kullanılan malzeme, ışığa maruz kaldığında sertleşebilen reçine benzeri bir likid polimer türüdür. Bir havuzda bulunan malzemeye lazer ışınının x ve y ekseninde katmanlar halinde uygulanarak kesitin sertleştirilmesi esasına dayanır. Aynı zamanda hızlı prototipleme olarak da bilinen bu yöntem son derece ince detayların verilebilmesini mümkün kılmaktadır.

Seçici Lazer Sinterleme pudra halindeki malzemenin güçlü lazer ışınına maruz kalarak ısıyla sertleştirilmesi yöntemidir. Bu üretimde pudra haline getirilebilen ve yüksek lazer ışınıyla sertleşebilen her malzeme kullanılabilir: Kompozit materyaller, naylon, metaller, seramik türleri, cam, alçı ve kum gibi. Bu yöntemin ticari olarak endüstride yaygın bir yer buluyor olmasının yanı sıra ileri ufuklu deneysel uygulamalar aynı zamanda dikkat çekicidir: Alman tasarımcı Markus Kayser’in “*Solar Sinter*” adlı projesi çöl kumlarını güneş ışınlarıyla sinterleme uygulamasıdır.

Bir havuz içinde bulunan silika kumu partiküllerini çöl güneşinde özel bir düzenekle 1400 C'nin üzerinde bir ısıya maruz bırakarak ürün elde etme uygulaması ilgi çekicidir. Bundan başka Avrupa Uzay Ajansı'nın da dahil olduğu araştırma grubunun yürüttüğü bir araştırma seçici lazer sinterleme yönteminin üretimi hakkında fikir verir: Yaşanılabilir Ay Yerleşkesi (*Habitable Lunar Settlement*) projesi ile ay toprağı 'regolit'i sertleştirerek yapı elemanları üretme çalışmaları yapılmaktadır. Buna yönelik olarak üç boyutlu yazıcıların üretim süresini kısaltan ve yapıyı hafifleten süngersi dokudaki yapı birimlerinin bu yöntemle çıktıları alınmaktadır.

İnkjet Toz Baskı, Seçici Lazer Sinterleme'ye benzer bir üretim yöntemidir. Ancak pudra formundaki malzemenin lazerle ertitilerek sertleştirilmesi yerine toz baskıda bir tür sertleştirici partikülleri yapıştırmak üzere toz zemin üzerine püskürtülür. Bu işlem kağıt üzerine baskıda kullanılan inkjet yazıcılara çok benzer ve bu yazıcılardaki başlığın aynısı kullanılır. Bu nedenle püskürtülen yapıştırıcıya boya katılarak ürün renklendirilebilir. İnkjet toz baskı diğer ertitmeli ve sinterlemeli üretimlere göre direnci daha düşük bir sonuç verir. Dolayısıyla ürün çeşidi farklıdır: Fotogerçekçi portre ya da figürlerin üretimi için ideal bir üretim şeklidir. Alçı benzeri pudra malzeme istenilen renkte hazırlanan sertleştirici sayesinde dayanıklı hale gelir ve bu şekilde üç boyutlu gerçekçi fotoğraf baskıları alınmaktadır. Diğer taraftan çok yakın bir zamanda seramik ve cam üretimini mümkün kılan inkjet toz baskıya uygun malzeme kompozisyonları da geliştirilmiştir. Bu üretimlerde kil ya da cam bünye kompozisyonu bir tür sertleştirici sayesinde inkjet toz baskıyla mekanik dayanıklılık kazandırılarak biçimlendirilmekte ve ardından fırına girmeye hazır hale gelebilmektedir. Endüstride çeşitli üretimleri mümkün kılan bu baskı türü ileri seramik malzemeler için mühendislik alanında pek çok yeni araştırmayla geliştirilmeye devam etmekte ve bir diğer taraftan bu yöntemin özgün sanatsal sonuçları izleyicileri etkilemektedir. İngiliz tasarımcı Adam Nathaniel Furman'ın *Identity Parade* adlı sergisindeki seramikler bu üretim tekniğı için serbest tasarımlara verilebilecek örneklerdendir.

Bir diğer üretim şekli tabakalı cisim üretiminde (*Laminated Object Manufacturing, LOM*) ise kağıt türü malzeme ısıya ve basınca duyarlı bir yapıştırıcı ile kaplanır. Bir rulodan beslenen malzeme istenilen formda lazerle kesilerek, ısıtılmış bir silindir yardımıyla bir önceki tabakaya yapıştırılır. İşlem parça bitinceye kadar devam eder.

2.2. Malzeme Yığma İşlemi İçin Kullanılan Yazıcılar

Malzeme yığma şeklinde çıktı veren yazıcılar sıvılaştırılmış ya da plastik hale getirilmiş malzemeyi yazıcı başlığındaki bir ekstruder yardımıyla katman katman inşa eder. Sertleştirme (*binding*) esasına dayanan diğer gruptaki yöntemlerde ürünün inşa edilirken pudra formundaki hazneye gömülü olması ve dolayısıyla destek gerektirmemesinin aksine, malzeme yığma üretiminde ürün zemin üzerinde katmanlar halinde oluşurken çökmeden ayakta kalabilmesi için ayrıca destek gerektirir.

Eritilmiş Malzeme Yığma (*Fused Deposition Modelling, FDM*) lif halindeki termoplastik malzemelerin eritilmesiyle oluşturulan tabakanın aniden soğutulup bir önceki tabakaya ile yapıştırılması esasına dayanan bir sistemdir. Deneysel araştırmalar, termoplastik sertleştirici malzemeler karıştırılarak ahşap, metal ve seramik ile kompozit hale getirilebilen modelleme çalışmaları da yürütmektedir.

Macun ekstrüzyon (*Paste extrusion*) olarak da ifade edilebilen bu teknik özellikle atölye tarzı sanatsal ve deneysel seramik uygulamaları çalışan tasarımcılar tarafından en yaygın kullanılan üretimdir. Bu teknikte kullanılan malzeme plastik kıvamdadır. Ürün, eritilmiş malzeme yığma yöntemine benzer olarak enjeksiyon benzeri bir uçtan (*nozzle*) malzemenin basınçla çıkmasıyla kat kat yığılır. Ancak macun ekstrüzyonda malzemenin eritilerek bir önceki katmana yapışmasından farklı olarak, burada kullanılan malzeme tamamen ya da kısmen soğuktur. Bu üretim çeşitli malzemeler ile yapılabilecek deneysel üretimleri araştırabilmek için deneysel ya da açık kaynaklı (*open-source printers*) yazıcılarla yapılır. Teknik gerekliliklerinin çok fazla olmaması nedeniyle, enjeksiyondan çıkarılabilen her türlü malzeme baskı malzemesi olarak kullanılabilir. Bu yazıcılar yaygın olarak büyük boyutlu mimari inşalar için beton ve çimentoyu, özellikle detaylı yapıları olan seramikler için kili, değerli metal kilini, hamur ya da çikolata gibi gıdaları ve canlı dokular için biyomalzemeleri biçimlendirebilmektedirler.

Macun ekstruderle biçimlendirme yapan çoğu üç boyutlu yazıcılar araştırma projeleri ile geliştirilmiştir ve aynı zamanda *Fab@home* projesi örneğindeki gibi ‘herkesin üretim yapabilmesi’ hedefinde olan mühendisler, yatırımcılar, öğrenciler, sanatçıların içinde yer alabildiği geniş gruplar arasında oldukça popülerdir.

Malzeme yığma esasına dayanan yazıcılara verilebilecek son örnek *Polyjet*, steryolitografiye benzer biçimde fotopolimer biçimlendirir. Ancak ilkindeki gibi

reçine dolu bir hazneye gömülü olması ve katman katman sertleştirilmesinin aksine, *poyljet* inkjet yazıcı gibi baskı ucu kullanır. Çok delikli bir ekstrüzyon ucundan polimer reçine püskürtülür ve ultraviyole ışını ile dondurularak ürün oluşur. Aynı anda bir çok farklı materyali kullanan, çok ince katman kalınlığına sahip yüzeyleri kaliteli çıkarabilen bir teknolojidir.

3. ÜÇ BOYUTLU SERAMİK ÇIKTI ÜRÜNLERİ

Seramik, alan itibariyle çok geniş bir malzeme skalası ve ürün çeşidi barındırmaktadır. Bu nedenle geleneksel üretimlerden, ileri teknoloji uygulamalarına kadar pek çok çalışma alanının içinde yer alabilmektedir. Bu perspektiften bakıldığında üç boyutlu yazıcılarla üretilen seramiklerin, atölye tarzı sanatsal ve deneysel ürünlerden, endüstriye ve tıbbi kullanımlar için geliştirilen mühendislik üretimlerine varana dek çok çeşitli amaçlar için tasarlandığı göz önünde tutulmalıdır.

Bu bölümde örneklenecek seramik çıktı ürünleri kapsamında mühendislik alanına giren ileri teknoloji seramikleri çerçeve dışında bırakılarak daha çok deneysel tasarım ve sanatsal araştırma örnekleri incelenecek, fikir verici olması düşüncesiyle endüstriyel üretimlerden de birkaçına yer verilecektir.



Şekil 1-2. L'Artisan Electronique projesi düzeneği

Figure 1-2. L'Artisan Electronique Project

İstanbul Tasarım Bienali kapsamında 2012'de ülkemizde tasarımlarını sergileyen *Unfold* 2002'de kurulan Belçika'lı bir tasarım grubudur. Bu grup tasarımlarının arkasında multidisipliner bir yapı olmasını amaçlamaktadır. Bu anlamda pek çok

tasarımcı ve sanatçıyla birlikte çeşitli projeler gerçekleştirmektedir. Unfold'un Tim Knapen ile birlikte 2010'da çalıştığı *L'Artisan Electronique* projesi bir dijital zanaatçılık denemesidir. "Elektronik zanaatçılık", çömlekçi tezgahının gerektirdiği el ustalığı ile birlikte dijital biçimlendirmenin bir arada nasıl düşünülebileceğine dair deneysel bir uygulamadır. Tasarlanan düzenek amatör ellerin biçimleyebildiği dijital bir çömlekçi tezgahından somut ürün elde etmeyi mümkün kılmaktadır. Projede, karşısındaki ekranda sanal bir silindirin döndüğü bir diskin üzerinde çalışan kişinin el hareketini takip eden bir lazer okuyucu bulunmaktadır. Silindiri kendine göre biçimlendiren kişi sanal görüntüyü karşısındaki ekrandan takip etmekte ve tamamladığına karar verdiği son görüntünün koordinatları bilgisayara gönderilmektedir. Ardından bilgisayar bu bilgiyi üç boyutlu yazıcıyı göndermekte, yazıcı da ekstruderle tasarlanan biçimi çamurdan inşa etmektedir. Proje, biçimlendirici eli dışarıda bırakan makineye ya da torna ustalığına karşı, bir amatörün nasıl etkin olabileceği konusunda etkileşimi sorgulayan bir deneysel tasarım ve üretimdir.



Şekil 3-4. Stratigraphic Manufacturing projesi düzeneği ve ürünleri

Figure 3-4. Stratigraphic Manufacturing Project and productions

Unfold İstanbul Tasarım Bienali için 2012'de sergilediği *Stratigraphic Manufactory* (katmanlı üretim) adlı projeye, geliştirdikleri üç boyutlu çıktı üretim teknikleri ve ürünlerini izleyiciyle buluşturmuştur. Türk seramikçi ve tasarımcılarının da dahil olduğu bu proje küresel anlamda birbirleriyle bağlantılı küçük boyutlu yerel üreticilerin porselenin dijital üretimi ve dağıtımına dair bir model oluşturma amacını taşımaktaydı. Unfold'un tasarladığı ürünlerin dijital dosyaları üç boyutlu çıktı teknolojisini kullanabilen çeşitli üreticilere e-mail yoluyla gönderilmiştir. Dijital

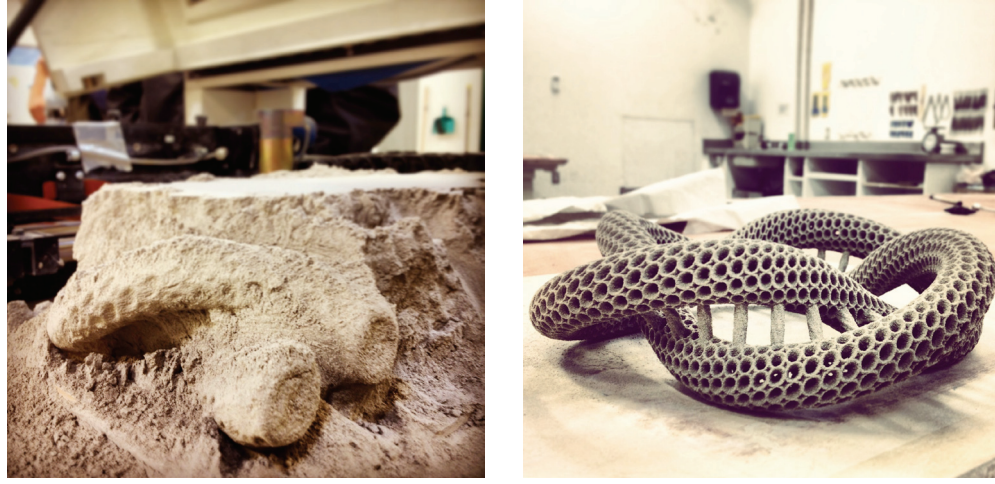
dosyalarda değişiklik yapmamak üzere üretim esnasında kişisel ya da yerel etkilerden faydalanabilecekleri bir seçenekle üreticiler kendi porselen serilerini ortaya koydular ve tüm daha sonra bu porselen ürünler bir arada sergilemiştir. Bu projenin İstanbul ayağını oluşturan stüdyoda Mustafa Canyurt ve Ahmet Gülkökan yer almıştır.



Şekil 5. “Icebergs” 2013, Porselen, Macun Ekstrüzyon ile biçimlendirme

Figure 5. “Icebergs” 2013, Paste Extrusion

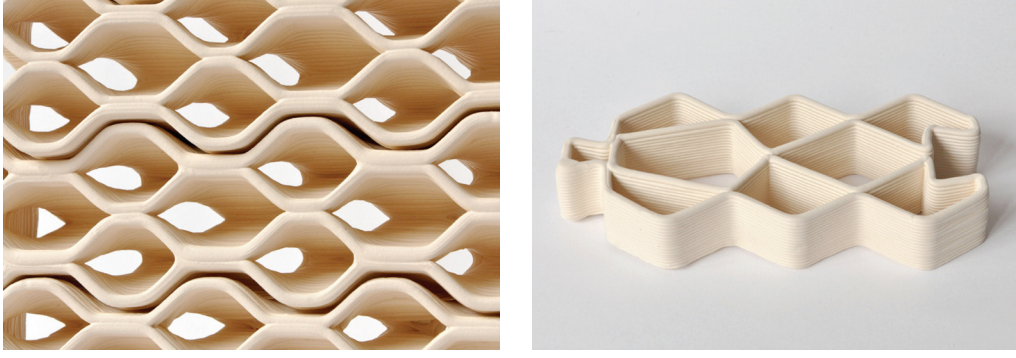
İngiliz seramik sanatçısı Jonathan Keep, ’in kendi geliştirdiği yazıcısıyla ürettiği porselenleri 2014 Tayvan Bienali kapsamında sergilenmektedir. Keep geleneksel yöntemlerle çalıştığı porselenlerinin yanı sıra bu teknolojinin sağladığı avantajları göz önüne alarak elle üretmesinin mümkün olmadığı detayların yer aldığı tasarımlarını geliştirmiş ve bunu uygun yazılımla dosyalamıştır. “Icebergs” serisi buzdağlarının oluşumuna ve değişimine dair üç boyutlu yazıcının üretim biçimine gönderme yapmaktadır. Keep, dokusal ve biçimsel olarak bu jeolojik oluşumların karakterini ortaya koyarken, bu dijital biçimlendirme yönteminin sanatçının kendi özgün yorumunun önüne geçmeyen aksine destekleyen avantajlarını kullandığına işaret etmektedir.



Şekil 6-7. Medalta’da üretilen seramik form örneği, 2013, Seçici Lazer Sinterleme
Figure 6-7. Ceramic Form produced at Medalta, 2013, Selective Laser Sintering

Bu teknolojiyle üretim yapanlara bilgisayar, tasarım ve malzeme yönünden yardımcı olan bir firma olan Tethon’da çalışan seramik sanatçıları Greggh Pugh ve John Ballistreri Kanada’daki seramik merkezi Medalta için bir yazıcı geliştirmişlerdir. Hazne içindeki seramik tozunu sertleştirme esasına dayanan seçici lazer sinterleme yazıcısı ve diğer seramik yazıcı türleri, çalışma prensipleri hakkında bir workshop düzenleyen sanatçılar daha sonra çalışma grubuyla birlikte üretim gerçekleştirmişlerdir. Kil malzeme ile karmaşık konstrüksiyonların inşasını mümkün kılan bu üretim şeklini öğrenme fırsatı veren Medalta örneği günümüzde yaygınlaşmaya başlamıştır. Çeşitli seramik stüdyoları ve sanatçı misafirliği programları bu üretim hakkında atölye çalışmaları düzenlemektedir.

Üç boyutlu çıktı üretim firması Figulo, bu tür üretim yapan çeşitli firmalara bir örnektir. Inkjet toz baskı yazıcılarıyla müşterilerinin taslak ya da dijital tasarımlarını istenilen renkte biçimlendirip, sırlı olarak teslim eden firma el ile üretimi zor olan ya da mümkün olmayan tasarımlara yönelik kendi yazıcısı olmayan ya da bu teknolojiye hakim olmayan pek çok sanatçı ve tasarımcı için olanaklar sunmaktadır.



Şekil 8-9. “*Building Bytes*”, 2012, Macun Ekstrüzyon ile biçimlendirme

Figure 8-9. “*Building Bytes*”, 2012, Paste Extrusion

Amsterdam merkezli Design Lab Workshop un kurucularından Brian Peters’ın Avrupa Seramik Merkezi (EKWC)’deki misafir sanatçılığı programı dahilinde kaldığı süre içinde ürettiği “*Building Bytes*” serisi ileriye dönük mimari konstrüksiyonların geliştirilmesine yönelik bir projedir. *Building Bytes* üç boyutlu yazıcılarla üretilebilir temel mimari birimler – büyük ölçekli seramik tuğlalar- oluşturma olanaklarını araştırmak üzere yapılmış bir uygulamadır. Peters üç boyutlu yazıcılar üzerinde yıllardır çalışmaktadır ve EKWC’deki çalışması kapsamında büyük ölçekli projeler için masaüstü bir üç boyutlu yazıcı kullanmak ister. Elindeki sabit kaynaklarla seramik tuğlalar üretmek için masaüstü 3 boyutlu yazıcı, sınırlı kapasitede materyal saklama sistemi ve kil ile özel bir ekstrüzyon kafası kullanmıştır. Üç boyutlu basılmış seramik tuğlaların büyük ölçekli mimari yapıların inşasında kullanılması amaçlanmıştır.

Peters amacının aynı anda çalışan birçok yazıcıya sahip olmak olduğunu ifade etmektedir: “Şu anda bir tuğlayı basmak 15 dakika sürmektedir, bu yüzden zannetmiyorum ki henüz var olan üretim materyalleriyle yarışabilirim. Fakat yaptığım bu üretimin özel olarak yapılmış bir ev veya yapı tasarlamak ve onun inşasını kurgulamak gibi faydaları olduğunu düşünüyorum”

4. “NE YAPABİLİRİM, NASIL YAPARIM ?”

Bu teknolojiyi öğrenmek, geleceğe dönük bir vizyon oluşturmak üzere teknik olanakları görmek, özgün tasarımlarını üretmek isteyen araştırmacılar, tasarımcılar, öğrenciler ve sanatçılar için online üç boyutlu baskı büroları hizmet vermektedir. Shapeways, iMaterialise, Ponoko, Sculpteo gibi pek çok firma hangi malzeme

istenirse istensin, ilgili programda hazırlanmış tasarım dosyasını online olarak alıp, müşteriye hazır ürün olarak teslim etmektedirler. Aynı zamanda bu firmalar online market olarak da işlev görmektedir, tasarımlarının satılmasını isteyen müşterilerinin ürünlerini web sitelerinde sergileyerek gelecek siparişleri tasarımcısına belli yüzdede ücret ödeyerek üretim yapıp satabilmektedir.

Bu üretim içinde birebir yer almak isteyenlere yönelik Avrupa ve ABD’de yerel kuruluşlar da vardır. Bu stüdyolar ya da küçük ölçekli atölyeler ‘kendin yap’ yaklaşımıyla aynı zamanda müşterisiyle etkileşim içinde olabilmektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nün geliştirdiği bir konsept olan *FabLab* ise katılımcı ya da izleyicilerle birlikte üç boyutlu yazıcılar ve diğer dijital gereçleri kullanarak üretim yapılabilir küçük ölçekli atölyelerdir. Günümüzde Avrupa’da ve ABD’de büyük pek çok şehirde bu tür stüdyolar vardır.

Üç boyutlu çıktı ürünlerinin tüketiciyle yaygın olarak buluşabilmesiyle beraber kişiye özel ürün talepleri de artmıştır. Çeşitli pek çok malzemenin yanı sıra üç boyutlu çıktıyla üretilebilir porselen takı eşyaları, vazolar, lambalar, dekoratif objeler ya da müşterinin kendi figürünü gibi taleplerle birlikte çeşitli firmalar bu tür üretim hizmetleri de vermektedir.

Üçboyutlu çıktı üretimi için önemli bir konu yazılımlardır. Yazılım kullanımı ve tasarımları geliştirilmesi uzmanlık ve deneyim gerektiren önemli bir alandır. Bu konuyla ilgili olarak yazılımlar “*Building-block*”, “*Task like a sculptor*” “*Creation of figurines*” gibi sınıflandırmalar altında toplanabilir pek çok yazılım mevcuttur.

Kişisel girişimlere dair bir başka konu da üç boyutlu çıktı için dosya paylaşımıdır. Basılabilir obje araştırması yapan ya da üzerinde değişiklik yapmak üzere dijital tasarım arayanların kullanımı için ortak kullanıma açık tasarım veri havuzları ve kamusal platformlar kurulmuştur. Bir diğer taraftan kullanıcılar kendi tasarımlarını ortak paylaşıma açabilmektedir. Bu sitelerin içerik kullanımı ticari amaçlı olmamak üzere serbesttir.

Kendi yazıcısını edinmek isteyen kullanıcılar için geniş bir ürün yelpazesi söz konusudur. Üretilmiş belli modellerin yanı sıra yazıcılar artık kullanıcının ihtiyacına göre değiştirilebilir ve geliştirilebilir olmuştur. Bu nedenle yazıcı parçaları aynı zamanda ayrı olarak da müşteriye sunulmaktadır. Endüstriyel amaçlı üretimden uzak, kişisel ve küçük ölçekli üretim için yazıcılarla ilgili bilgi edinmek isteyen araştırmacılara internette ulaşılabilir *MAKE Ultimate Guide to 3D Printing* klavuzu geniş bir seçki sunmaktadır. Aynı zamanda pek çok tasarımcı yazıcılar üzerinde

değişiklik yaparak kendi geliştirdikleri modelleri paylaşmaktadırlar. Seramik sanatçısı Jonathan Keep kendi geliştirdiği model sanatçılara ve hobi amaçlı çalışanlara yönelik bir yazıcıdır. Keep'in gereçler ve yapım aşamalarının tüm detaylarını araştırmacılar ile paylaştığı model ekstrüzyon ile çalışan gelişmiş yazıcılar ile karşılaştırıldığında daha mütevazı bir yazıcıdır. (http://www.keep-art.co.uk/Self_build.html)

Kişisel kullanımlara uygun üç boyutlu yazıcılar ve servis hizmetleri Türkiye'de de kolay temin edilebilir hale gelmiştir. Artık ülkemizde kişisel deneyimlerin paylaşılmasına yönelik pek çok workshop düzenlenmekte, üç boyutlu biçimlendirmeye dair kuramsal ve teknik bilgilerin verildiği kurumsal ve eğitim ortamları sağlanmaktadır.

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Üç boyutlu çıktı teknolojisi yalnızca bir üretim çeşidi olmanın ötesinde bir tasarım, üretim ve tüketim felsefesi önermektedir. Kullanıcının aynı zamanda tasarımcı ve tüketici olması, yeni bir zanaatçılığa doğru gidildiğine işaret etmektedir. Bu teknoloji ile ilgili pek çok tartışma sürmektedir. İnternetin sağladığı bilgi paylaşımı ve üç boyutlu ürün çıktısı alabilmenin üretim gücünün el değiştirmesine yol açabileceği, paylaşımın sınırları ve üretim hakları, yeni endüstrilerin oluşumu henüz tartışılmakta olan konulardır.

Seramik üretimi açısından bakıldığında bu üretim çeşidinin geleneksel üretimlerin yanında sağladığı avantajlar endüstriyel ve sanatsal açıdan değerlendirilebilir. Seramik endüstrisi kuşkusuz düşük maliyetle daha çok talep edilebilir ürün hedefindedir. Bu teknoloji ise prototiplemenin ötesinde çoklu üretim için henüz çok yakın gelecekte bir potansiyel önerememektedir. Ancak hızlı gelişim bu teknolojinin seramik endüstrisi içinde yer almak üzere kendini geliştirmesinin mümkün kılacağını haber vermektedir. Batı İngiltere Üniversitesi Baskı Araştırma Merkezi'nin AHRC (*art and humanities research center*) desteği alarak yürüttüğü proje mısır pastasına benzer bir bünye kompozisyonundan üç boyutlu çıktı alınabilmesi ve dolayısıyla tek pişirimle düşük maliyetli kendinden sırlı ürün elde edilmesi yönündedir. Bir başka uygulama ise dekor baskının seramik ürüne uygulanırken aynı zamanda yüksek ısıyla dekor pişirimimin yapılmasını sağlamaktadır. Dijital tasarımdan direkt ürün almanın bir başka avantajı ise kalıpla

döküm elde etmenin mümkün olmadığı derecede karmaşık yapıların çıktısının alınabilmesidir. Seramik ve diğer malzemelerin tasarımı konularında “kompleks yapı estetiği” şeklinde ifade edilebilir bir başka anlayıştan bahsedilmektedir. Dolayısıyla artık seramik ürün tasarımında yeni bakış açılarının geliştirilmesi konusu gündemdedir.

Geleceğe dönük değerlendirmeler şu iki noktaya dikkat çekmektedir: Yaklaşık otuz yıllık geçmişi olan bu teknolojide artık her türlü malzemeyi basabilen çok düşük maliyetli yazıcılar ve kullanımı çok pratik yazılımlar ya da yazılım hizmetleri mevcuttur. Kişisel üretimler artık çok kolay yapılabilmektedir. Sanatçı / tasarımcı / öğrenci açısından ileriye dönük koyulabilecek hedeflerden biri üç boyutlu üretime özel tasarım ve bu üretime özel malzeme geliştirilmesidir. Diğer alanlar gibi seramik endüstrisinde geleneksel üretim teknolojilerine yönelik ürün tasarlama bilgisi olan ve bu alanda deneyime sahip insanlar mevcuttur. Ancak üç boyutlu baskı ve benzeri katmanlı üretim teknolojilerinin avantajlarını kullanacak tasarımlar ortaya koyabilecek tasarımcı sayısı tüm dünyada oldukça azdır. Dolayısıyla bu durum yakın gelecekte yeni jenerasyon için yepyeni bir tasarım alanı ve fırsatlar anlamına gelmektedir. Bir başka tasarım konusu da hammadde tasarımıdır. Mevcut seramik bünyelerin toz formu ya ekstrüzyona uygun formunun geliştirilmesi ve çeşitlendirilmesi çeşitli ve daha kontrollü üretimi mümkün kılacaktır.

Geleceğe dönük değerlendirmeler, üç boyutlu çıktı üretiminin kendi tasarımcısı ve tüketicisiyle birlikte farklı bir profilin oluşacağı ve kendi felsefesini temellendireceği yönündedir. Seramik alanında zanaat, sanat ve endüstrisi için çok farklı ürün ve üretim metotlarının geliştirileceği beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Warnier, C., Verbruggen D., *Printing Things, Visions and Essentials for 3D Printing*, Gestalten/Germany, 2014.
- [2] http://www.serfed.com/content_files/dergi/28/106-111_bilim_makalesi.pdf
- [3] <http://www.3byazici.com>
- [4] <http://muhendishane.org/uc-boyutlu-yazicilar-ve-sanayideki-kullanim-alanlari/>
- [5] 3ders.org/articles/20140328-print-like-an-egyptian-uwe-bristol-develops-simplified-3d-ceramic-printin

- [6] <http://www.3ders.org/articles/20121101-3d-printed-ceramic-bricks-developed-for-large-scale-construction.html>
- [7] http://rumahlaptop.com/video/_8IMB16lcvo/Ceramic-3D-Printing-Medalta.html
- [8] <http://unfoldfab.blogspot.com.tr/>
- [9] <http://ceramic-lab.com/page/3>
- [10] <http://www.keep-art.co.uk/>
- [11] <http://www.3bfab.com/3bfab>
- [12] <http://www.cadcamsektoru.com/ansiklopedi/Hizli-Prototip-Uretim-Teknolojisi-9612.htm>
- [13] <http://tethon3d.com/>
- [14] <http://3dprinterplans.info/how-to-3d-print-beginners-guide-to-3d-printing/>
- [15] <http://medalta.org/>
- [16] <http://atolyeistanbul.co/blogmain/2013/11/27/3dprinter-workshop-nov13>
- [17] <http://www.3byazici.com/p/3d-printer-teknolojileri-3d-yazclar-ile.html>
- [18] <http://www.youtube.com/watch?v=VxNzo3ckVOo>
- [19] <http://public.ceramics.ntpc.gov.tw/ceramics/index.php?lang=en>
- [20] <http://www.ahrc.ac.uk/News-and-Events/Watch-and-Listen/Pages/3D-Printing-in-Ceramics.aspx>
- [21] <http://buildingbytes.info/>

(İnternet adreslerine erişim, 05 Ağustos, 2014)