

Üç Boyutlu Yazıcılarda Seramik Çamurunun Kobalt Oksit ile Renklendirilmesi ve Uygulama Örnekleri³

Özet

İnsanlar tarih boyunca toprağı şekillendirirken, çamurun kendi rengiyle yetinmeyip, farklı renkler elde etmek için seramik bünyelerde ve yüzeylerde doğadan elde edilen renklendiriciler kullanmışlardır. Bu renklendiriciler, demir, mangan, kobalt gibi oksitler içermektedir ve farklı miktarlarda kullanılarak çeşitli renk tonları elde edilmektedir.

Teknolojinin ilerlemesiyle, yeni şekillendirme imkanları ortaya çıkmış ve bunun sonucunda ifade biçimleri çeşitlenmiştir. Seramik malzemelerin biçimlendirilmesinde üç boyutlu yazıcıların kullanılması, üretim süreçlerine yeni perspektifler sunmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılar, bilgisayar ortamında oluşturulan modellerin STL formatında kaydedilerek, dilimleyici programlar aracılığıyla katmanlara bölünmesi ile elde edilen g-code dosyalarının, SD kart aracılığıyla üç boyutlu yazıcıya aktarılmasıyla yazıcının istenilen formu şekillendirmesi esasına dayanmaktadır.

Oluşturulan g-code dosyası, yazıcının nereye hareket edeceğini, hangi yolu izleyeceğini, ne kadar hızda hareket edeceğini ve formun kaç katmandan oluştuğı gibi komutları içermektedir. Bu komutlar, üç boyutlu yazıcıya aktarılmakta ve tablanın düşey ekseninde her bir hareketini katman katman işleyerek elle şekillendirilmesi zor olan formların şekillendirilmesini sağlamaktadır.

Bu araştırma, yeni bir şekillendirme yöntemi olan üç boyutlu yazıcılarda renkli çamurun form yüzeyindeki etkilerinin görülmesi ve bu yöntemle çalışan sanatçıların yapmış oldukları çalışmaları da irdeleyerek yeni yüzey sonuçları ve yeni veriler elde edilmesini amaçlamaktadır. Yöntem olarak ise, üç boyutlu yazıcılar kullanılmış olup sonuç olarak tankın içerisinde farklı miktarlardaki renkli çamurların renk geçişlerinde istenilen sonuçlar elde edilememiştir.

Anahtar Kelimeler; Üç boyutlu yazıcı, renkli çamur, kobalt oksit

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Seramik ve Cam Tasarımı, aybukebicer34@gmail.com, Orcid:0009-0009-3760-5154

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Seramik ve Cam Tasarımı Bölümü, Dr. Öğr. Üyesi, emrecanseramik@gmail.com, Orcid:0000-0001-8785-2457

³ Makale yazımı yazar etki oranı: 1.yazar: %50, 2. yazar: %50. Bilimsel etik ve kurallara uygun hazırlanmış ve intihal incelemesinden geçirilmiştir. Etik kurul onayı gerektirmemektedir.

Coloring of Ceramic Clay With Cobalt Oxide in Three Dimensional Printers and Application Examples

Abstract

Throughout history, people have not been satisfied with the color of the mud when shaping the soil, and have obtained different colors by using colorants obtained from nature on ceramic bodies and surfaces. These colorants contain oxides such as iron, manganese and cobalt, and various color tones are obtained by using them in different amounts.

With the advancement of technology, new shaping opportunities have emerged and as a result, forms of expression have diversified. The use of three-dimensional printers in shaping ceramic materials offers new perspectives on production processes.

Three-dimensional printers are based on the principle of saving computer-created models in STL format, separating them into layers by slicing programs, and transferring the resulting g-code files to the three-dimensional printer via SD card, and the printer shapes the desired form.

The created g-code file contains commands such as where the printer will move, which path it will follow, how fast it will move and how many layers the form consists of. These commands are transferred to the 3D printer and every movement of the table on the vertical axis is processed layer by layer, allowing the shaping of forms that are difficult to shape manually.

This research aims to see the effects of colored clay on the form surface in three-dimensional printers, which is a new shaping method, and to obtain new surface results and new data by examining the works of artists working with this method. Three-dimensional printers were used as the method, and as a result, the desired results could not be obtained in the color transitions of different amounts of colored mud in the tank.

Key words: 3d printer, colored clay, cobalt oxide

GİRİŞ

Seramik, insanların kültürel gelişimiyle beraber gelişmiş olup ve yaşadıkları kültüre dair tüm izleri üzerinde bulunduran bir malzemedir. Seramiğin tanımını Arcasoy, “Organik olmayan malzemelerin oluşturduğu, farklı yöntemler ile biçim verildikten sonra, sırlanarak veya sırlanmayarak mukavemet kazanmasına kadar pişirilmesi bilimi ve teknolojisidir” diye açıklamaktadır (Arcasoy, 1983, s.1). Seramik formların ve tekniklerin zamanla değişikliğe uğraması seramik sanatında yenilikçi ve estetik değerlerinin geliştirmesine sebep olmuştur. Seramik bünyelerinin renklendirilmesi ile elde edilen renkli çamurlar birçok sanatçının ürettikleri seramiğe yeni boyutlar ve estetik değerler kazandırmışlardır. Seramik sanatında renk kullanımının astar ile başladığı söylenebilir. “Bunun yanı sıra, büyük miktarlarda renklendirici oksit veya pigment boyaların katılması ile hamurların kütle halinde boyanmaları henüz İ.Ö. 2100 yıllarında, Eski Mısır’da bilinen bir yöntemdir” (Ayta, 1976, s.29). Kalkolitik çağda (M.Ö. 5000-5500) Anadolu’daki yerleşim yerlerinde, yarı sıvı seramik çamuruyla seramik formların yüzeyine uygulanmış astar ve çamuru renklendirmek için pigment ya da oksit kullanıldığı bilinmektedir. Eski dönemlerde astar, pigment ve oksitlerin, daha çok tabak ve derin çanaklarda kullanıldığı görülmektedir. Fakat günümüzde üç boyutlu yazıcılarda farklı formlar ve arayışlarla renkli çamur kullanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcı teknolojisinde her bir üretim yöntemi, teknik ve malzeme olarak farklılık göstermektedir. Bu yöntemde PLA, ABS gibi plastik bazlı malzemeler kullanılmasının yanı sıra seramik çamuru da kullanılmaktadır.

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri

Yeni seramik şekillendirme yöntemlerinden biri olan üç boyutlu yazıcılar, yapımı zor ve zaman alıcı tasarımlar için üretim kolaylığı sağladığı gibi formların birebir üretilmesine olanak sağlamaktadır. Dijital ortamlarda tasarlanmış modeller, STL formatında kaydedilip, ara dilimleyici bir program sayesinde g-code dosyalarına dönüştürülmekte ve veri aktarımı yoluyla üç boyutlu yazıcılara taşınmaktadır. Bu yazıcılar, belirli bir düzlemde ve hızda hareket ederek, verilen koordinatlar doğrultusunda modellerin üretimini gerçekleştirmektedir. Kalıp ya da geleneksel şekillendirme yöntemlerinden farklı olarak bilgisayar ortamında modellemesi yapılan tasarımların, üç boyutlu yazıcılar sayesinde katman katman inşa edildiği üretim sürecinden meydana gelmektedir.

Üç boyutlu yazıcı ile seramik bir formun üretimi, tankın içerisine belirli bir sertlik kıvamında doldurulan plastik çamurun, bilgisayar ortamında tasarlanan modelin koordinatları doğrultusunda bir nozul vasıtası ile belirli noktalara, kontrollü bir şekilde üst üste eklenmesiyle oluşturulmaktadır.

Bu araştırmada, seramik çamurunu renklendirmek için farklı oranlarda kobalt oksit kullanımının ve teknik çeşitliliğinin üç boyutlu yazıcılardaki etkileri incelenecektir. Ayrıca, üç boyutlu yazıcılarda renkli seramik çamuru kullanan sanatçı çalışmalarından örnekler incelenerek bir değerlendirme yapılacaktır.

Seramik Çamurunu Renklendirmek için Kullanılan Pigmentler ve Oksitler

Seramik insanların gereksinimleri sonucu ortaya çıkmıştır. İlkçağda insanlar toprağı ihtiyaç halinde şekillendirirken, sadece toprağın kendi rengiyle yetinmemiş, değişen yaşam biçimi ve kültürel değerlerine göre özgünleşip formlara estetik değer katmışlardır. Aynı zamanda farklı renkler elde ederek de görsel olarak formlara çeşitlilik kazandırmışlar ve sanatsal ifadeyi de çeşitlendirmişlerdir (Hatipoğlu, 2015, s.15).

Renkli çamurlar, içerisindeki pigment oranına bağlı olarak birçok renk seçeneğı sunmaktadır. Seramik çamurlarının, pigment veya oksit ilave edilerek renklendirilmesi, gerek sanatsal gerekse endüstriyel alanda kullanılan yöntemlerdendir. Ancak, çamur bünyesinin renklendirilmesi oldukça maliyetlidir. Bu nedenle yüzeylerde astar olarak bilinen renklendirilmiş sıvı çamurlar daha çok tercih edilmektedir. Yaygın olarak kullanılan oksitler, çamur ve pişirim sıcaklığına göre değişiklik gösterip, yeşil renkte olan bakır oksit, mavi tonlarını veren kobalt oksit, çamur ya da astar ile karıştırıldığında toprak tonlarını veren krom oksit, kahverengi ve mor tonlarını veren mangan dioksit ile grimsi yeşil tonlarını veren kalay oksittir (Uzuner, 1998, s.20).

Kobalt Oksit

“Kobalt bileşikleri, günümüzden 5000 yıl öncesinde Antik Mısır seramiklerinde de kullanılmıştır. Bir kobalt silikat bileşiğı olan zaffre ile kobalt mavisi camlar ve seramikler Antik Mısır döneminde üretilmiştir. Mavi ve lacivert renklerin elde edilmesinde sıklıkla çamurların, astarların ve seramik sırlarının renklendirilmesinde kullanılır” (Arcasoy, 1988).

Kobalt, en kuvvetli seramik pigmentlerinden biridir. Seramik çamurlarında yüksek oranlarda kullanıldığında koyu lacivert ve siyah renk tonları elde edilmektedir. Fakat pahalı bir oksit olduğundan siyah renk elde etmek için genellikle mangan oksit tercih edilmektedir. Açık renkteki bünyelerde mavi tonunu veren kobalt oksit, koyu renkli bünyelerde kullanım miktarına bağlı olarak siyah rengini oluşturmaktadır. Pişme derecesi yükseldikçe renk etkisi artmakta ve %10 dan daha yüksek oranlarda 1200°C civarı pişirimlerde metalik etki vermektedir. “En kuvvetli renk veren oksit olan kobalt oksit, kobalt karbonattan daha etkilidir. Seramik çamuru içine %2 kobalt oksit katkısı, %3 kobalt karbonat katkısından daha etkili sonuç verir. Renk daha koyu mavi olur” (Çobanlı, 2003, s.39).

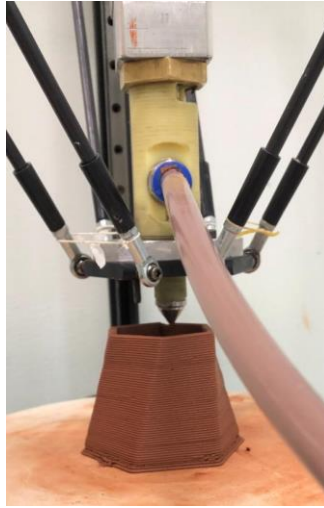
14. Yüzyılın başlangıcından itibaren Osmanlılar dönemine kadar kobalt oksitin kullanımına bakıldığında, Çin etkili mavi-beyaz seramiklerin farklı tekniklerle bir arada kullanıldığı görülmektedir. Birçok dönem porselen ve seramiklerinde yaygın olarak kullanılan kobalt oksit, günümüzde de seramik ve çini bünyelerinin renklendirilmesi ya da dekorlanmasında kullanılmaktadır.

Üç Boyutlu Yazıcı ile Seramik Üretim Süreci

Seramik üretim yöntemlerinden eklemeli üretim olarak tanımlanan üç boyutlu yazıcılarda üretilen modeller, tasarım uygunluğuna göre değiştirilebilmekte ve geliştirilebilmektedir. Elle şekillendirilmesi ve çözümlenmesi zor olan tasarım ve uzun zaman gerektiren modelleri hızlı bir şekilde biçimlendirme imkânı sunmaktadır.

Adile Feyza, üç boyutlu yazıcıları sanatçının hayal gücünü yansıtan bir araç olarak yeni olanakları keşfedebilme ve sınırları genişletme konusundaki önemini vurgulamaktadır. Üç boyutlu yazıcıyla biçimlendirme tekniği, tasarım, üretim ve tüketim felsefesine farklı bir bakış açısı getirme potansiyeline sahiptir (Özgünođdu, 2015, s.14). Bu teknik sanatçıların hayal gücünü daha da genişleterek özgür bir şekillendirme imkânı sunmaktadır. Elle şekillendirilemeyecek kadar karmaşık formların üretimine imkan veren bu teknik farklı seramik şekillendirme yöntemleriyle bir arada kullanıldığında yeni biçimlendirme olanakları sunmaktadır.

Üç boyutlu seramik üretimlerinde, vakumlu seramik ve porselen çamuru kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılar ile formlar üst üste gelen katmanlar halinde şekillendirilmektedir. Çizimi yapılan modeli oluşturabilmek için üç boyutlu çizim programları kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcılarda harç yığıma yöntemi, geleneksel seramik şekillendirme yöntemlerinden olan fitil yönteminde olduğu gibi nozuldaki çıkan çamurun katmanlar halinde üst üste eklenmesi esasına dayanır. “Bu yöntemle şekillendirilen formların yüzeylerinde, katman izleri oluşmaktadır. Contour crafting metodunda bu izlerin ortadan kaldırılması için, malzemenin aktığı başlığa eklenmiş bir aparat bulunmaktadır. Başlıktan çıkan malzemenin yüzey üzerinde oluşturduğu katman çizgileri bu aparat sayesinde düzleştirilerek, yüzeyin pürüzsüz hale gelmesi sağlanmaktadır” (Khoshnevis, 2004, s.6).



Resim 1. Aybüke Çil, “Üç Boyutlu Yazıcı ile Seramik Şekillendirme Aşaması”, 2023.

Üç boyutlu yazıcı ile seramik üretim sürecinde, homojen kıvamda hazırlanan seramik çamuru tanka doldurulur. Tankın içerisindeki çamur, hava kompresörünün sağladığı basınç ile nozul kısmına taşınır ve nozuldaki çıkan çamurun üst üste eklenmesiyle form şekillendirilir. Form şekillendirildikten sonra geleneksel yöntemlerde olduğu gibi kurutulur ve kurutulmuş çamurun pişme sıcaklığına bağlı olarak sırlı veya sırsız olarak pişirimi yapılmaktadır.

Seramik Üretim Sürecinde Üç Boyutlu Yazıcı ile Renkli Çamur Kullanan Sanatçılar

Üç boyutlu yazıcılar, sanatçılara tasarım ve üretime farklı bir bakış açısı yaklaşımı sağlayarak, geleneksel şekillendirme yöntemleriyle yapılması zor ve zaman gerektiren formların üretilmesini kolaylaştırmaktadır. Bu sayede sanatçılar, dijital ortamın sağladığı olanaklar ile renkli çamurlar kullanarak üretime farklı bir anlatım dili getirmekte ve özgün eserler sunmaktadır.

Sanver Özgüven

Sanver Özgüven, modellerini yazıcının desteklediği bilgisayar programlarında tasarlarken, çıkış noktası olarak çokgenler ve parabolik biçimlerden yararlanmış olup vazoların taban kısımları için farklı çokgen biçimler formların çıkış noktasını oluşturmaktadır. Geometrik tasarımlarda bilinçli olarak bazı hatalar yapan sanatçı çalışmalarında, farklı oranlarda pigmentler ile renklendirilen porselen çamuru ve %25 şamot içeren yüksek dereceli çamur kullanmaktadır. Seramik vazoların üretiminde renkli çamurları farklı pişirim aralığında ve farklı derecelerde pişirmektedir (Özgüven, 2019, s.113). Farklı renkteki çamurları tank içerisine art arda yerleştirerek üç boyutlu yazıcılarda form haline getirmektedir.



Resim 2. Sanver Özgüven, “Pink White Poly Vase” - 30x13x13 cm, Üç Boyutlu Seramik Yazıcı ile Şekillendirme, 1230 C°, 2019.

Timea Tihanyi

Timea Tihanyi, çalışmalarında sanat, bilim ve dokunsallık süreçleriyle geleneksel seramik sanatı ve teknolojinin kesişme noktalarını ele alan bir sanatçıdır. “Tihanyi, malzemeleri duyuşal ipuçları olarak kullanıyor. Mekanlarında ve heykellerinde hem kurallar hem tesadüfler, hem tekrarlar hem de zıtlıklar kullanarak karmaşık bir anlatım kurmaktadır” (Tihanyi, t.y).

Orijinal olarak elle şekillendirdiği objelerini, daha fazla miktarda ürün üretebilmek için endüstriyel üretim yöntemlerinden biri olan kalıp ile şekillendirme yöntemiyle oluşturmaktadır. Alçı kalıptan çıkardığı formlarını üç boyutlu tarayıcı ile tarayarak bilgisayar ortamına aktarmakta ve STL formatında kaydederek üç boyutlu yazıcı ile biçimlendirmektedir. Ayrı ayrı renklendirilen porselen çamuru ile baskısı yapılan formları bir araya getirerek bir bütün halinde sanat eserleri üretmektedir. Parçaları geleneksel yöntemlerle şekillendirmek zahmetli ve zaman aldığından, kendisinin oluşturduğu alternatif yöntem özelliklerine göre bir sanat eseri yaratmak için çamuru katman katman üç boyutlu yazıcıda şekillendirmektedir (Tihanyi, 2023). Timea Tihanyi, üç boyutlu yazıcıda modellerini oluştururken bilgisayar destekli Rhino programını kullanmaktadır. Parametrik bir tasarım oluşturmak için “Grasshopper”ın tasarım esnekliğinden faydalanarak, seramik yüzeylere kumaş desenlerini aktarmıştır. Siyah beyaz şablonlar olarak programa tanıtılan her bir desen, seramik yüzeye belirli

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri

uzunlukta bir çıkıntı sağlamaktadır. Böylece bu seçilen desenler yüzeyde bir doku oluşturmaktadır. Sanatçı daha sonra bu kabartmaları ve katman aralıklarını renklendirmiştir” (Özgül, 2022, s.310).



Resim 3. Timea Tihanyi “Cross Roads Serisi (Yes and No)” ,
Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Porselen, 9.5x10’’x10 cm
2018.

Jibbe Van Schie

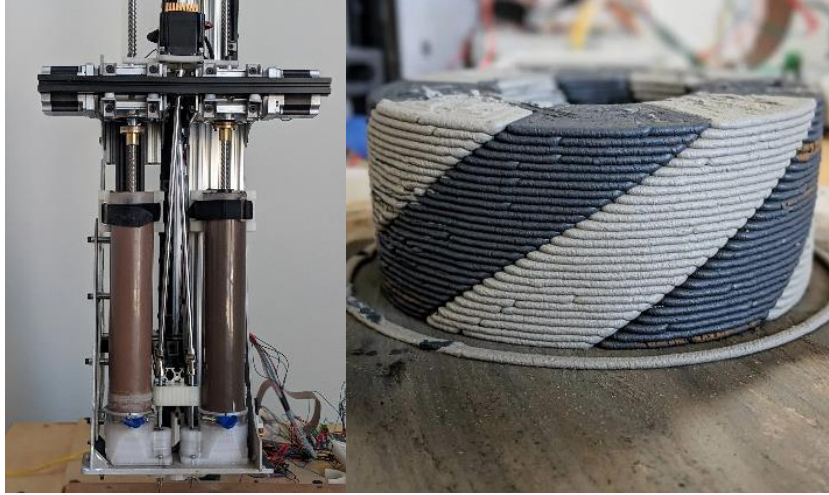
Jibbe Van Schie, kendi tasarladığı üç boyutlu yazıcıyı kullanarak dokumalı kil baskılar oluşturmaktadır. Bu süreçte, tekstil endüstrisinden ve renkli iplik şeritlerinin birleşiminden ilham almaktadır. Seramik malzeme kullanarak çalışan sanatçı, çift başlı nozul sistemiyle çalışmakta ve bu sayede farklı renklerde çamur katmanlarını üst üste getirerek duvar halılarının dokuma yöntemine benzer bir işlem uygulamaktadır. Renklerin her biri, yüzeye uygulanarak görüntü oluşturulmaktadır. Bu sayede, tasarımların, endüstriyel dokuma ve örme makinelerinde olduğu gibi farklı şekillerde ve renklerde üç boyutlu yazıcılarda yapılmasına imkan sağlamaktadır (Schie, t.y.).



Resim 4. Jibbe Van Schie Woven Translations, Eindhoven, Hollanda, 2022.

Tom Lauerman

Tom Laurman, kendi tasarladığı üç boyutlu yazıcıyı kullanarak çalışmalarını heykel, zanaat ve tasarım üçgeninde şekillendirmektedir. “Nesneleri, çizimleri ve enstalasyonları, görsel, dokunsal ve içgüdüsel bir deneyim olarak inşa edilmiş mekanların duygusal kapasitelerini araştırmaktadır” (Lauerman, (t.y). Yaptığı denemeler sonucunda tek nozul kullanıldığında renkli çamurların birbirine karışması nedeniyle iki ekstrüder ve nozul uç kullanmıştır. Bu sayede elde etmek istediği çift renkli baskıya ulaşmıştır.



Resim 5. Tom Lauerman deneysel ikili ekstrüder ile iki renk testi, 2019.

YÖNTEM

Bu araştırmada, üç boyutlu yazıcılarda, harç yığıma yani FDM yöntemi tercih edilmiştir. Renkli çamurların yanı sıra günümüzde yeni şekillendirme yöntemleriyle de renkli çamurların yüzeylerde oluşturduğu etkiler değerlendirilmektedir. Bu etkiler doğrultusunda nasıl sonuçlar elde edilebileceği ve bu yöntem ile çalışan seramik sanatçıların yapmış olduğu çalışma örnekleri göz önünde bulundurularak uygulama çalışmaları yapılmıştır. Renkli çamurların oluşturulması için farklı oranlarda kobalt oksit kullanılmıştır. Kobalt oksit ilavesiyle renklendirilen çamur, seramik baskı yapabilen özel olarak tasarlanmış bir üç boyutlu yazıcı kullanılarak şekillendirilmiştir. Bu aşamada kullanılan üç boyutlu yazıcı üç eksenli delta tipi bir üç boyutlu yazıcıdır. Bu yazıcının baskı alanı yaklaşık 20x20x25cm'dir. Seramik çamurunu hava yardımıyla nozula ulaştırmak ve sonrasında şekillendirmek için basınç dayanıklı bir çamur tankı kullanılmıştır. Kobalt oksit miktarının çamurun rengi üzerindeki etkisini belirlemek için %2, %4 ve %6 kobalt oksit kullanılmıştır.

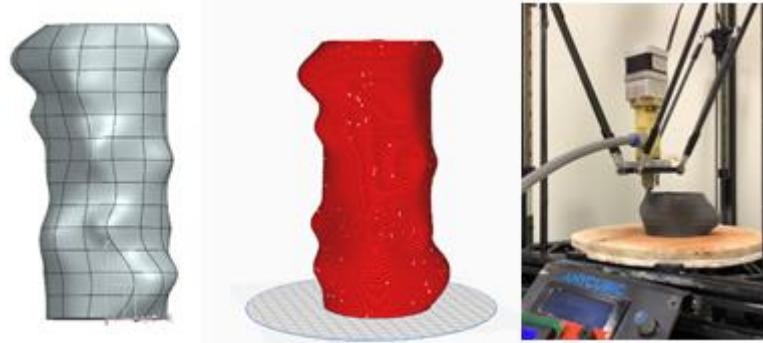
Kobalt oksit ilavesiyle renklendirilen çamur ve ham beyaz çamur tanka belirli aralıklarla yerleştirilmiştir. Ardından tankın içerisine yerleştirilen çamur, basınçlı hava yardımıyla üç boyutlu yazıcının nozuluna taşınmıştır. Nozuldan çıkan çamur daha önceden bilgisayar ortamında tasarımı yapılmış modelin kordinatları doğrultusunda üç boyutlu yazıcı tarafından şekillendirilmiştir.

Renkli kilin üç boyutlu yazıcıda şekillendirilmesi sırasında bazı zorluklarla karşılaşmıştır. Çamur, basıncında etkisiyle tank içerisinden nozula düzensiz bir şekilde taşındığı için istenilen renk geçişi sağlanamamıştır. Çift nozul kullanılarak renkli kilin daha kontrollü bir şekilde uygulanabileceği tespit edilmiştir. Ancak çift nozul ile çalışma imkanı bulunamamıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda daha iyi renk geçişi için çift nozul ve ayrı tanklar kullanılması gerektiği tespit edilmiştir.

UYGULAMA AŞAMASI

“Bilgisayar destekli üretim yöntemlerinin geliştirilmesiyle birlikte bilgisayar ortamında çizilen objelerin, fiziksel olarak üç boyutlu üretilebilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu sayede sanatçılar bilgisayarlı tasarım ve üretim yöntemlerini kullanarak sanat eseri üretmeye başlamışlardır” (Can, 2019, s.42).

Bu çalışmada formlar modellenirken doğal kıvrımların hareketinden yola çıkılmış olup renkli çamurun etkisinin hissedilebileceği formlar oluşturulmaya özen gösterilmiştir. Bilgisayar ortamında NX programında çizimi yapılan modeller, Cura dilimleyici programında katman ayarlarını yapabilmek için STL formatında kaydedilmiştir. Cura dilimleyici programı, hazırlanan modelin kaç katmandan oluştuğu, bu katmanların yüksekliği, et kalınlığının ne kadar olacağı ve baskının ne kadar sürede tamamlanacağı gibi bilgileri hesaplayarak ayarlarını düzenleyebildiğimiz bir ara programdır. Bu dilimleyici programında bilgisayar ortamında oluşturulan model için gerekli katman ayarları yapıldıktan sonra model dosyası üç boyutlu yazıcının algılayabileceği bir format olan g-code dosyasına dönüştürülmüştür. Daha sonrasında bu g-code dosyasının SD kart ile üç boyutlu yazıcıya aktarılmasıyla istenilen form şekillendirilmiştir. Baskı alırken formun kaliteli olması için üç boyutlu yazıcı tablasına basılan ilk katmanın baskı yatağına iyi bir şekilde yapışması baskı sürecinde en önemli noktalardan biridir. Nozul bir ekseninde alçı tablaya çok yakınken diğer ekseninde çok uzak olmaması gerekmektedir. Baskı yatağı ve nozul arasında her noktada eşit mesafede bir boşluk olmalıdır. Bu araştırmada katman yüksekliği 1.0 mm, duvar kalınlığı 2.0 mm, nozul kalınlığı ise 2 mm olarak ayarlanmıştır.



Resim 6. Uygulama aşaması

Seramik baskı işleminde tabla olarak alçı plaka kullanılmaktadır. Bunun nedeni baskı işlemi tamamlandıktan sonra formu tabla üzerinden yapışmadan sorunsuz bir şekilde alabilmek ve baskı sırasında formun tabanı ile gövdesi arasındaki nem miktarını eşit seviyede tutabilmek içindir. “Üç boyutlu seramik baskıda kilin renklendirilmesi ile farklı renkte baskılar alınabilir. Bunun için öncelikle farklı oranlarda pigmentlerin bünye ile karıştırılması gerekmektedir” (Özgüven, 2019, s.120).

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri



Resim 7. Çamur hazırlama aşaması

Çamur hazırlama aşamasında çamurun kıvamı oldukça önemlidir. Kıvamı çok sulu olan çamur, üretim esnasında yığılmalara neden olmaktadır. Bu nedenle homojen ve belirli bir sertlikte olması gerekmektedir. Çamur hazırlanırken ve tank doldurulurken çamur içerisinde hava kalmamalıdır. Çamurun içerisinde veya tank içerisinde kalan hava kabarcığı, üretim sırasında katmanlar üzerinde boşluklara ve formu oluşturma da olumsuz sonuç almamıza neden olmaktadır.



Resim 8. Çamur tankı doldurma süreci

Harç yığma yöntemiyle şekillendirilen bu formlarda, plastik beyaz çamur içerisine % 2 ve % 4 oranlarında kobalt oksit eklenerek seramik çamuru renklendirilmiştir.

Çamur, ahşap düz duralit üzerinde yoğurularak içerisindeki havanın dışarıya atılması sağlanmıştır (Görsel 7). İki farklı oranlarla hazırlanan renkli çamurlar, tankın içerisine üst üste gelecek şekilde doldurulmuştur (Görsel 8). Renkli çamurun etkisinin daha iyi gözlemlenmesi için tank doldurulurken renkli çamur arasına beyaz çamur koyulmuştur.

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri



Resim 9. Üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme aşaması

Her bir seramik formun baskı süresi çalışmanın boyutuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Hazırlanan çamur genellikle 4,5 ve 5 bar arası bir basınçla, yazıcının ekstrüderini çamur ile beslemektedir. Çamurun yumuşak kıvamından kaynaklı oluşabilecek çökmeleri önlemek adına baskı süresince, kurutma makinası yardımı ile kurutma yapılmış olup % 40 hızında yazdırılmıştır.



Resim 10. Fırın yerleştirme aşaması

Çamurun pişme derecesine bağlı olarak pişirimi yapılmıştır. Pişirimler çamurun mukavemet derecesi olan 1200°C'de tek pişirim yapılmıştır.

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri



Resim 11. Şekillendirilen Form, 1200C° Sırsız Pişirim, 10x15 cm



Resim 12. Şekillendirilen Form, 1200C° Sırsız Pişirim, 10x23 cm



Resim 13. Şekillendirilen Form, 1200°C Sırsız Pişirim, 10x18 cm, 8x23 cm, 10x25 cm

SONUÇ

Bu araştırma kapsamında üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ile elde edilen bulgularda şu sonuçlara ulaşılmıştır.

Üç boyutlu yazıcılarda, diğer tekniklere göre modelleme ve şekillendirme aşaması daha titiz bir çalışma gerektirmektedir. Renkli çamur bünyelerinin renk denemeleri hazırlanırken, 1200°C’de plastik beyaz çamura, % 2, % 4 ve % 6 oranlarında kobalt oksit ilave edilerek üç boyutlu yazıcıdan baskısı alınan renkli çamur katkılı formların 1200°C’de pişirimleri yapılmıştır.

Pişirim denemeleri sonucunda % 6 oranında kobalt oksit kullanımında çamurda köpürme ve erime görülmüştür. Bu sebeple % 2 ve % 4 oranlarında kobalt oksit katkılı çamurlar ve beyaz çamur kullanılarak üst üste gelecek şekilde tankın içerisine doldurulmuştur. Renk geçişinin sıra sıra şekillendirilmesi beklenmiştir, fakat basıncın vermiş olduğu etkiyle hortum içerisinde çamur düzenli halde değil de yan yana birbirine karışarak ekstrüdere ulaşmıştır. Bu da istenilen renk geçişini olumsuz yönde etkilemiştir. Çamur bünyesi ile ilgili olumsuz bir sonuca rastlanmamıştır. Ancak kobalt miktarı arttıkça yüzeydeki renk koyulaşmış benekler oluşturmuştur. Beyaz çamur, yüksek derecede pişirildiğinde krem rengi elde edilmiş olup bu da katman geçişlerini olumsuz etkilemiştir.

Seramik baskıların kurutma işlemi sonrasında rötuşleri yapılmış, daha sonra 1200°C’de pişirimleri gerçekleştirilmiştir. Amaçlanan en doğru sonuçlara Resim 11’deki örnekte ulaşılmıştır.

Beyaz çamurda rengin yüzeydeki geçişin net olarak görülmemesinin sebebi beyaz çamurun bünyesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Porselen çamuru ile şekillendirilmelerde yüksek derece pişirim ile renkli çamurun etkisinin daha net bir şekilde elde edilebileceği öngörülmektedir. Bu çalışmada elde edilen deneyim ve araştırmalar sonucunda, renkli çamurun üç boyutlu yazıcılarda kontrol edilebilmesinin çift nozul kullanıldığında mümkün olduğu gözlemlenmiştir. Farklı renkteki aynı tank içerisindeki çamurların tek bir nozuldaki kontrollü bir şekilde çıkmasını sağlamak oldukça zor olmaktadır. Bu araştırma kapsamında üç boyutlu yazıcıda renkli çamur kullanan sanatçıların yaptıkları uygulamalar incelendiğinde, çift başlı nozul ve iki farklı renk için ayrı tankların kullanıldığı durumlarda, farklı renklerdeki çamurların geçişlerinin daha kontrol edilebilir olduğu, tek nozul ile şekillendirilmelerde ise renk geçişlerinin daha rastlantısal

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri

olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca yapılan uygulamalar ile de tek nozul kullanılarak oluşturulan renk geçişlerinin daha rastlantısal olduğu deneyimlenmiştir. Ancak rastlantısal olarak tankın içerisine konulan renkli çamurların şekillendirilen formun genişliğine ve yüksekliğine bağlı olarak yüzeylerde rastlantısal renk geçişlerine neden olduğu, bunun da yüzeyde yeni görsel etkiler elde edilmesine olanak sağladığı, şekillendirilen formun genişliği ve yüksekliği gibi faktörlerinde bu şekillendirme sürecini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKÇA

- Arcasoy, A. (1983). *Seramik teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Yayınları.
- Arcasoy, A. (1988). *Seramik teknolojisi*. Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Seramik Anasanat Dalı Yayınları. No.2.
- Ayta, T. (1976). *Toprak sanatlarında dekoratif uygulama yöntemleri*. Yayınlanmamış doktora tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul
- Can, E. (2019). *Seramik üretim sürecinde üç boyutlu yazıcıların kullanımı ve sanatsal öneriler*. Yayınlanmamış doktora tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- Çobanlı, Z. (2003). *Çağdaş türk seramiğinde 80 yıl*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir
- Hatipoğlu, T. Y. (2015). *Renklendirilmiş seramik çamurlarının günümüz sanatında kullanım olanakları*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul
- Khoshnevis, B. (2004). *Automated construction by contour crafting- related robotics and information technologies*. Journal of Automation in Construction, 13 (1).
- Lauerman, T. (t.y). <https://arts.psu.edu/directory/tom-lauerman>
- Özgüven, S. (2019). 3B baskı ile üretilen seramik vazolar. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, GU J Sci, Part C, 7(1): 112-122*
- Özgündoğdu, A.F.C. (2015). 3D printing as a forming method. *Ceramics-Technical, (40), .8-15*
- Özgüven, S. (2022). Görsel programlama ve grasshopper ile yapılan seramik tasarımlar. *Ulak Bilge Sosyal Bilimler Dergisi, 71 (71), 307-317*.
- Schie, J. V. (t.y). <https://www.studiojibbe.com/woven-translations.html>.
- Tihanyi, T. (t.y). <https://www.timeatihanyi.com/about>
- Tihanyi, T. (2023). <https://jtwc ceramics.com/2023/02/24/timea-tihanyi-artist-profile/>
- Uzuner, O. (1998). *Sanatta yeterlilik tezi, seramik çamurlarının renklendirilmesi ve renkli seramik çamurları ile şekillendirme aşamasında yapılan dekor yöntemleri*. Yayınlanmamış doktora tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir

GÖRSEL KAYNAKÇA

- Çil, A. (2023). *Üç Boyutlu Yazıcı ile Seramik Şekillendirme Aşaması* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.

Üç boyutlu yazıcılarda seramik çamurunun kobalt oksit ile renklendirilmesi ve uygulama örnekleri

- Özgüven, S. (2019) *Pink White Poly Vase - 30x13x13 cm, Üç Boyutlu Seramik Yazıcı ile Şekillendirme, 1230C°* [Fotoğraf]. <https://www.galerisoyut.com.tr/sanver-ozguven-2019/#eser/67076eedf56362232ba9997875d74391/18466>
- Tihanyi, T. (2018) *Cross Roads Serisi (Yes and No, Üç Boyutlu Yazıcı ile Şekillendirme, Porselen, 9.5x10'x10 cm* [Fotoğraf]. <https://www.timeatihanyi.com/textile-traditions/k124wl8600k4jnmi4gu6es3vyaf8ni>
- Schie, J. V. (2022). *Woven Translations, Eindhoven, Hollanda,* [Fotoğraf]. 2022. <https://isola.design/Designer-Projects-Woven-Translations-2022>
- Lauerma, T. (2019). *Deneyisel ikili ekstruder ile İki renk testi,* [Fotoğraf]. <https://medium.com/@tomlauerma/dual-color-clay-printing-experiences-spring-2019-840b04ddee9>
- Çil, A. (2023). *Uygulama Aşaması* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Çamur hazırlama aşaması* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Çamur tankı doldurma süreci* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Üç boyutlu yazıcı ile şekillendirme aşaması* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Fırın yerleştirme aşaması* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Şekillendirilen Form, 1200C° Sırsız Pişirim, 10x15 cm* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Şekillendirilen Form, 1200C° Sırsız Pişirim, 10x23 cm* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.
- Çil, A. (2023). *Şekillendirilen Form, 1200C° Sırsız Pişirim, 10x18 cm, 8x23 cm, 10x25 cm* [Fotoğraf]. Aybüke Çil kişisel arşivi.

EXTENDED ABSTRACT

Aim:

The main aim of this study is to investigate in detail the effects of coloring ceramic clay with cobalt oxide in 3D printers and to observe the color transitions of different colored clays in the tank during the forming process. In addition, to develop strategies to achieve better results during the shaping phase in the three-dimensional printer with colored sludge.

Method:

Different proportions of cobalt oxide were used for the production of colored ceramic clays. The clays colored with the addition of cobalt oxide were printed using a specially designed three-dimensional printer capable of ceramic printing. The 3D printer used at this stage is a 3-axis delta type 3D printer. The printing area of this printer is approximately 20x20x25cm. A pressure-resistant aluminum mud tank was used to shape the ceramic mud with the help of air. To determine the effect of the amount of cobalt oxide on the color of the clay, 2%, 4% and 6% cobalt oxide was used.

The sludge colored by the addition of cobalt oxide and the raw white sludge were placed at certain intervals in the tank. Then, with the help of compressed air, the sludge was transported to the nozzle of the 3D printer. The desired model was shaped by stacking the sludge coming out of the nozzle with the mortar of the three-dimensional printer by the mortar stacking method.

Some difficulties were encountered during the shaping of colored clay in the 3D printer. Since the sludge mixed irregularly in the nozzle under the effect of pressure, the desired color transition could not be achieved. However, it was determined that the colored clay could be applied in a more controlled manner by using a double nozzle. However, there was no opportunity to work with a double nozzle. Only as a result of the researches, it was determined that double nozzles and separate tanks should be used for better color transitions.

Results:

The amount of cobalt oxide is a critical factor in determining the color shade of ceramic mud. Higher cobalt oxide ratios lead to darker and more saturated colors.

It has been observed that pushing the clay in the tank with air pressure negatively affects the homogeneity of color transitions on the surface during the shaping phase. However, it has been determined that it may be possible to control color transitions with the use of double nozzles in the 3D printer.

Increasing the amount of cobalt oxide causes an increase in color intensity and surface distortion at high temperatures. Therefore, it is important to determine the appropriate cobalt oxide ratio for the desired homogeneous color transitions.

The colored ceramic prints were retouched after drying and then fired at 1200 °C. Color intensity was observed on the surface with increasing cobalt oxide content. Also, the high firing of the white clay resulted in a cream color, which reduced the contrast in the layer transitions. However, it was observed that the desired color tones could be obtained with the use of cobalt oxide in the right proportions. Especially when 4% cobalt oxide was used, more stable and homogeneous color transitions were obtained. However, it is thought that the use of a whiter clay, such as porcelain clay, would increase the contrast and make the colors more distinct.

Conclusion:

This study investigated in detail the effects of coloring ceramic clay with cobalt oxide in 3D printers. The findings showed that the amount of cobalt oxide can determine the color tone and transitions in ceramic prints. As a result of examining the works of artists using double nozzles, it was found that the use of double nozzles plays an important role in controlling color transitions. It was observed that with the use of cobalt oxide in the right proportions, the desired color tones can be obtained and more stable color transitions are achieved. The results of this study may lead to the development of better strategies for coloring ceramic prints on 3D printers.