



3B YAZICILAR İLE UZUN GEOMETRİLİ PARÇALARIN ÜRETİLEBİLİRLİĞİ

Ahmet KÖBELOĞLU^{a*}, Kerim ÇETİNKAYA^b

- a. Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Kastamonu/ TÜRKİYE,
b. Karabük Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Karabük/TÜRKİYE,

* Sorumlu Yazar: akobeloglu@kastamonu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada standart 3B yazıcıların baskı alanına göre daha uzun geometriye sahip parçaların 3B yazıcı ile üretilebilirliği araştırılmıştır. Üretilen uzun iş parçasına ait katı model, bilgisayar destekli tasarım programlarında dilimlenerek her bir dilim için ayrı kod üretimi sağlanmış ve bu parçaların üretimleri uç uca gerçekleştirilerek yekpare parça elde edilmiştir. Elde edilen parçanın mukavemetli olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: 3B Baskı, Katmanlı İmalat.

PRODUCTION OF LONG GEOMETRIC PARTS WITH 3D PRINTERS

ABSTRACT

In this study, it is searched that the 3D printer can produce the parts with longer geometry than the printing area of standard 3D printers. The solid model of the long workpiece to be produced is sliced in computer-aided design programs and the production of separate code is provided for each slice, and the production of these pieces is realized end to end and the piece is obtained. It was observed that the obtained piece was resistant.

KeyWords: 3D Print, Additive manufacturing.

1.GİRİŞ

Bilgisayar destekli imalat programlarında oluşturulan katı modeller 3B yazıcılarda katmanlı imalat tekniği ile çıktıya dönüştürülebilmektedirler. 3B yazıcılar ile elde edilen çıktılar, diğer talaşlı imalat yöntemleri ile elde edilenlere göre daha az maliyet ve süre ile elde edilebilmektedirler. 3B yazıcılar günlük hayatın birçok alanında karşımıza çıkmaktadır. Bu alanlar gıda sektörü, biyomalzeme ve doku mühendisliği, mühendislik eğitimi, tersine mühendislik gibi birçok bilgisayar destekli imalat alanlarını kapsamaktadır [1-4].

Uluslararası literatürde de 3B baskı ve eklemeli imalat üzerine birçok akademik çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar 3B gıda üretimi, seramik veya seramik matrisli kompozit malzeme üretimi, kompleks

alümina (alüminyum oksit) malzemelerin üretimi, prototip geliştirme ve bio-medikal gibi bir çok alanı kapsamaktadır[5-12].




Mevcut 3B baskı teknolojilerinde baskı ölçülerini yazıcıların baskı alanı belirlemektedir. Bu sebeple 3B yazıcı boyutu basılacak ürünün boyutundan büyük olmaktadır. Bu çalışmada ise 3B yazıcılar ile uzun parçaların üretilmesine imkan sağlayacak bir yöntem üzerinde durulmuştur.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Mevcut Büyük Hacimli 3B Yazıcıların İncelenmesi

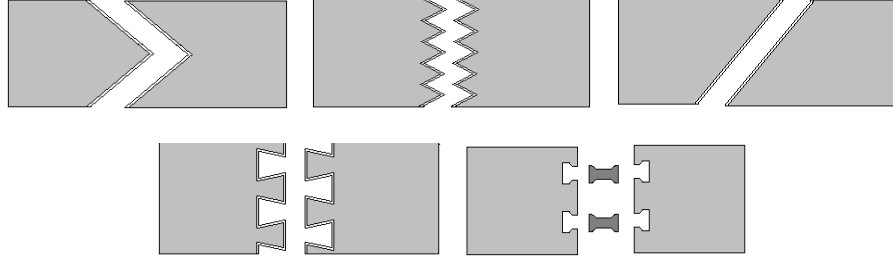
Mevcut 3B baskı teknolojilerinde üretimler baskı alanı ile sınırlıdır. Bu durumda çok büyük parçaların tek parça şeklinde üretilebilmesi için büyük ölçülere sahip 3B yazıcı tezgahlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 1’de bu tezgahlara örnekler verilmiştir. Bu örnekler incelendiğinde büyük boyutlu parçaların 3B yazıcılarda üretilebildiği görülmektedir. Yalnız büyük boyutta baskı yapan 3B yazıcı tezgahlarının dış ölçüleri klasik 3B yazıcılara göre çok büyüktür.

Çizelge 1. : Büyük hacimde üretim yapabilen 3B yazıcı tezgahı örnekleri

Büyük Hacimli 3B Yazıcı Tezgahı	Baskı Kapasiteleri ve Dış Ölçüleri
<p>Voxeljet- VX4000</p>  <p>[13]</p>	<p>Baskı kapasitesi : 4 x 2 x 1 m Dış ölçüleri : 19 x 9,3 x 4,3 m</p>
<p>Sciaky's EBAM 300 System metal 3D printer</p>  <p>[14]</p>	<p>Baskı kapasitesi : 5,791 x 1,219 x 1,219 m Dış ölçüleri : 7,620 x 2,743 mm x 3,353 m</p>
<p>Cincinnati Incorporated- BAAMCI (608)</p>  <p>[15]</p>	<p>Baskı kapasitesi : 3,556 x 1,651 x 1,8288 m Dış ölçüleri : 7,8232 x 3,6576 x 5,0292 m</p>

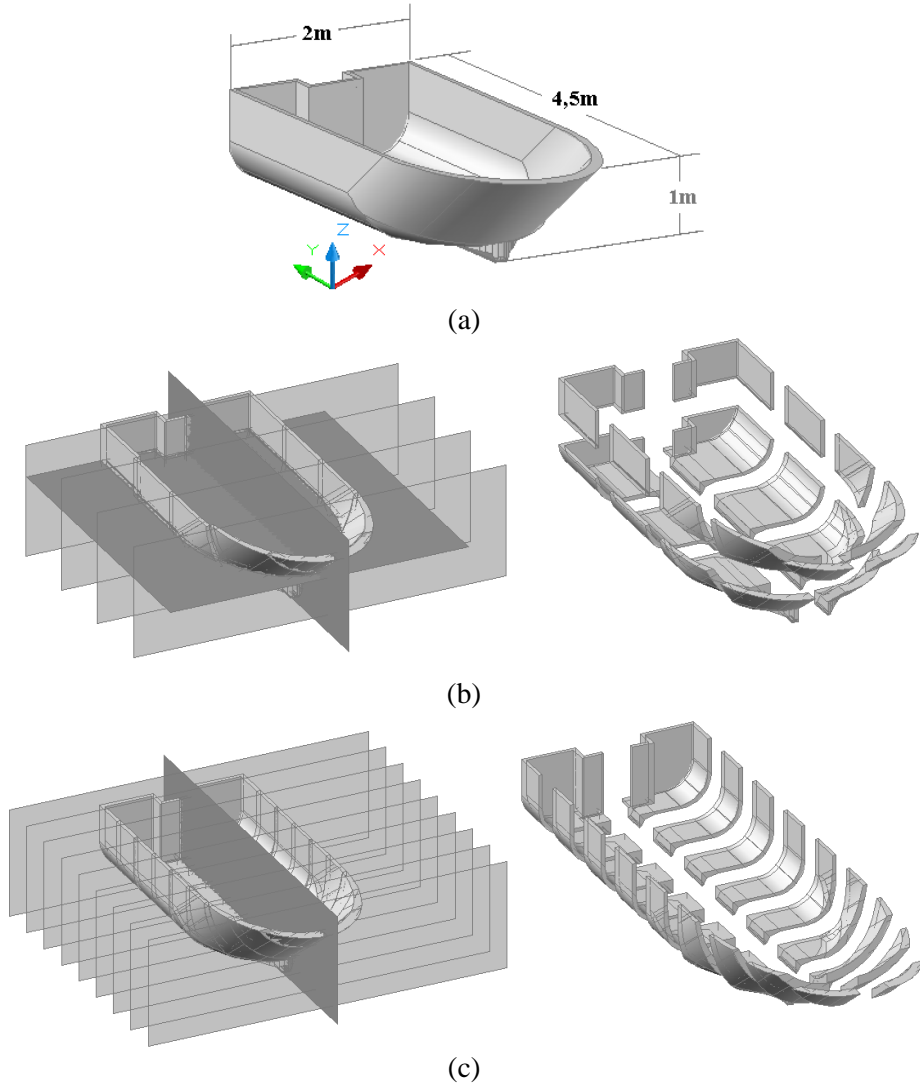
2.2. Metot 1: Küçük Hacimli 3B Yazıcılar İle Büyük Boyutlu Parçaların Üretilmesi

Küçük baskı kapasitesine sahip 3B yazıcılar ile büyük boyutlu parçaların üretilmesi mümkündür. Ref. 16 ‘da yazıcıların baskı kapasitesinden büyük olan parçaların üretimi ile ilgili bir yöntemden bahsedilmiştir. Bu yöntem büyük boyutlu parçaların, küçük parçalar halinde üretilerek birleştirilmesi prensibine dayanmaktadır[16]. Bütünü oluşturacak olan bu küçük parçalar, Şekil 1’de gösterilen yöntemlere benzer biçimde birbirine geçmeli veya ara parçalı(pimli) olarak sabitlenerek birbirlerine yapılandırılmaktadır.



Şekil 1. Küçük parçaları birleştirme yöntemleri[16]

Küçük hacimli 3B yazıcılar ile büyük boyutlu parçaların üretim metodu Şekil2.a 'daki 2x4,5x1 m ölçülerine sahip tekne katı modeli için incelenmiştir. Bu işlem için katı model 1x1x0,5m baskı kapasitesine sahip 3B yazıcı tezgahı için AUTOCAD programı ve SLICE komutu ile küçük parçalara bölünmüştür (Şekil 2.b,c).



Şekil 2. (a) Teknenin bütün haldeki katı modeli
 (b) 1x1x0,5m baskı kapasiteli yazıcıda üretilecek üzere 1m'lik adımlarla dilimlenen tekne katı modeli
 (c) 1x1x0,5m baskı kapasiteli yazıcıda üretilecek üzere 1m'lik adımlarla dilimlenen tekne katı modeli

Şekil 2.b 'de tekne modeli x ve y eksenini boyunca 1m'lik adımlarla, z ekseninde ise 0,5m'lik adımla dilimlenmiştir. Bu dilimleme işlemi sonrasında bütünün 18 adet parçaya ayrıldığı izlenmiştir. Şekil 2.c 'de ise tekne modeli, y eksenini boyunca 0,5m'lik adımlarla, x ekseninde ise 1m'lik adımla

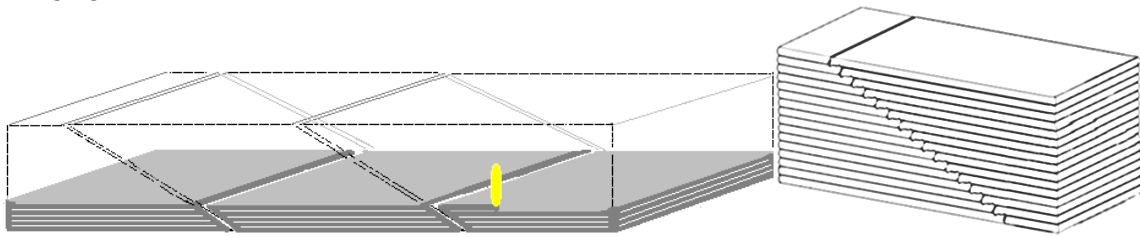
dilimlenmiştir. Bu dilimleme işlemi sonrasında da bütünün 18 adet parçaya ayrıldığı izlenmiştir. Her iki dilimleme işlemi sonrasında eşit parça sayısı elde edildiği için bu işlemlerden herhangi biri kullanılabilir.

Dilimlere ayrılan küçük parça katı modellerine, birbirleri arasındaki bağlantılarını sağlayan Şekil 1'deki geçme ve ara bağlantı için gerekli eklentiler eklenerek ayrı ayrı üretilebilirler. Ayrı ayrı üretilen küçük parçalar birbirine geçme ve yapıştırma işlemi sonrasında bütün oluşturulmaktadır. Yekpare görünüm kazanan bütün parçaya; astar, macun ve zımpara gibi yüzey işlemleri uygulandıktan sonra boyama işlemi gerçekleştirilir.

2.3. Metot 2: 3B yazıcıda yazdırılacak olan uzun geometrili parçaların dilimlenmesi ve yekpare baskısı

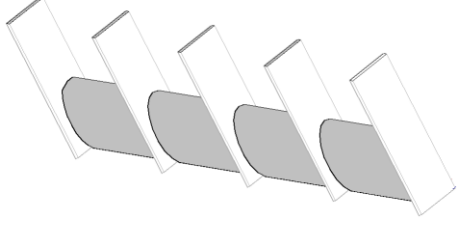

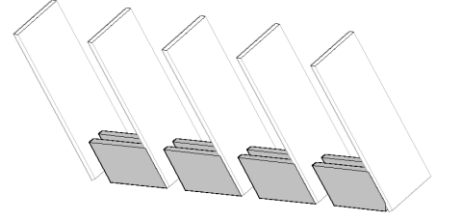

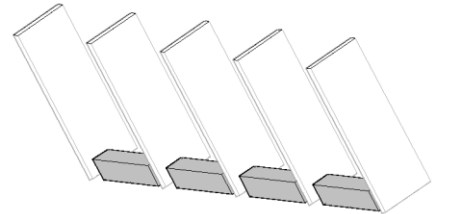

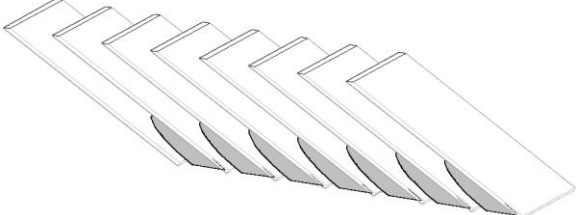

Metot 1 ile üretilen parçaların birbirine eklenerek bir bütün oluşturma işlemi büyük işgücü ve zaman gerektirmektedir. Bu çalışma ile işgücü ve zaman kaybının önüne geçilebilmesi için Metot 2 geliştirilmiştir. Bu metot sayesinde uzun geometrili parçalar, dilimlenerek küçük parçalı adımlar halinde 3B yazıcılarda uç uca eklenerek yekpare bir şekilde üretilebilmektedirler. Dilimleme işlemi Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımlarında gerçekleştirilebilir. Dilimleme belli bir açı ile gerçekleştirilmelidir. Bu açı sayesinde parçaların üst üste basan temas yüzeyleri de genişleyeceğinden mukavemetli yekpare parçalar elde edilebilir. Aynı zamanda bu açı ekleme noktalarında baskı ağızının rahat çalışmasını sağlayacaktır. Örneğin bu açı değeri 30° olarak alınabilir. Bu çalışmada da dilimleme işleminde AUTOCAD programı ve SLICE komutu ile kullanılmıştır [17].

Şekil 3'de dilimli parçaların 3B yazıcıda yekpare olarak üretilebilirliğini test etmek için kullanılan prensipler gösterilmiştir. Baskı esnasında ergiyen filament her katman başlangıcında öncesi dilimin üzerine eklendiği için baskı tamamlandığında yekpare görünüm kazanmaktadır. Bu mantıkla dilimler arasındaki bağı gözlemlemek için Tablo 2 'deki baskılar gerçekleştirilmiştir. Baskılarda baskı kapasitesi 200x200x200mm olan Sigma 3D yazıcı kullanılmıştır. Çalışmadaki bütün baskılarda ekstruder sıcaklığı 210°C, tabla sıcaklığı 50 °C, nozul çapı 0,4mm ve katman yüksekliği 0,2 mm olarak sabit tutulmuştur. Varsayılan baskı hızı 3600 mm/dk olarak belirlenmiştir. Baskılarda siyah renkli 1,75mm PLA+ filament kullanılmıştır. Baskı işlemleri normal laboratuvar koşullarında (20°C) gerçekleştirilmiştir. Baskı sonrasında parçaların yekpare görünüm kazandığı ve oldukça mukavemetli olduğu gözlenmiştir.

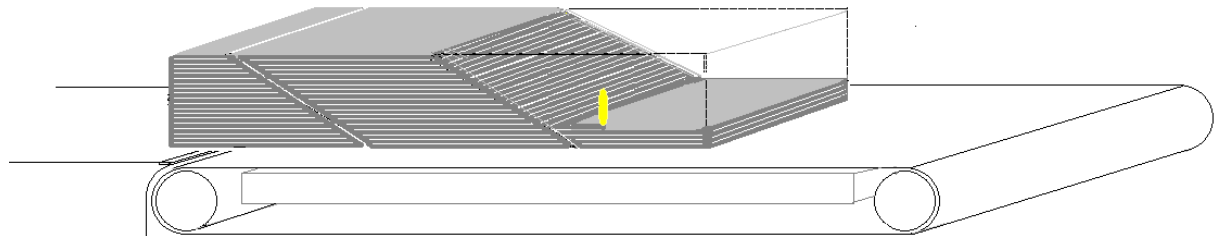


Şekil 3. Dilimli yüzeylerin birbirini arasındaki bağlantısı

Çizelge 2: Dilimli olarak üretilen parçalar

Üretilen Parçaların Dilimlenmiş Katı Modelleri	Üretilen Parçalar
 <p>Dilim açısı : 60° Parça uzunluğu: 120 mm</p>	
 <p>Dilim açısı : 60° Parça uzunluğu: 65mm</p>	
 <p>Dilim açısı : 60° Parça uzunluğu: 65 mm</p>	
 <p>Dilim açısı : 30° Parça uzunluğu: 85 mm</p>	

Tablo 2 'de üretilen parçalardan elde edilen başarılı sonuçlardan sonra uzun geometrili parçaların dilimlenerek 3B yazıcılarda üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Baskısı gerçekleşen dilimlerin baskı alanından uzaklaştırılması ve baskının devamlılığı için Şekil 4'deki gibi bir düzeneğe ihtiyaç duyulmaktadır. Burada baskı bir konveyör bant üzerine yapılmakta ve baskısı tamamlanan kısımlar bir sıyrıcı mekanizma ile konveyörden ayrılmaktadır. Her dilim baskısı tamamlandığında konveyör bir dilim adımı kadar ilerlemektedir.

**Şekil 4.** Dilimli yüzeylerin birbiri arasındaki bağlantısı

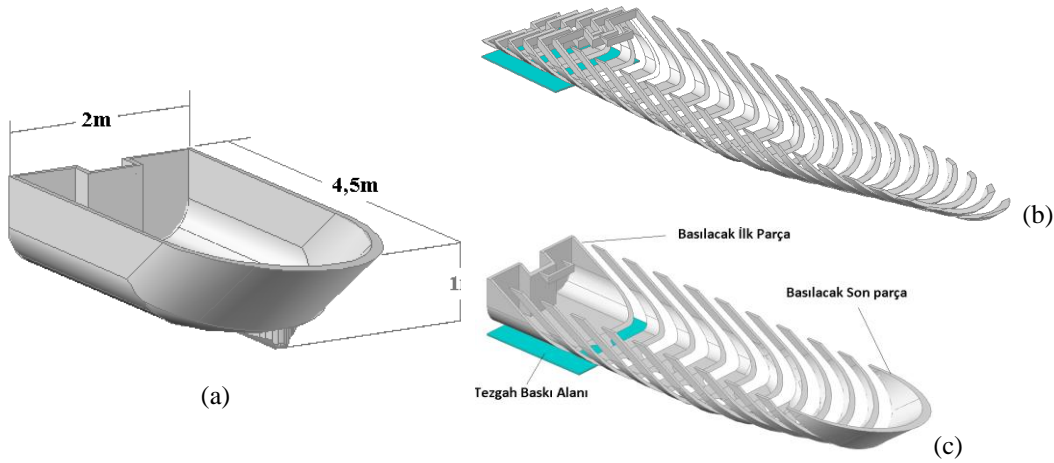
Dilimlere ait g-kod dosyaları 3B yazıcı programlarında oluşturulmakta ve bu dosyalar yazılacak arayüz programı ile birleştirilebilmektedir. (Şekil 5)

G- KOD DOSYALARINI SEÇ				X
SEÇİLEN DOSYALAR		PARÇALAR ARASI MESAFE		0,01 mm
1. DİLİM		TEZGAH Y EKSENİ UZUNLUĞU		2000 mm
2. DİLİM		TEZGAH Z EKSENİ YÜKSEKLİĞİ		500 mm
3. DİLİM		????????		
4. DİLİM		G- KOD DOSYALARINI BİRLEŞTİR VE KAYDET		
5. DİLİM				
6. DİLİM				
7. DİLİM				
8. DİLİM				
9. DİLİM				
10. DİLİM.....				

Şekil 5. Dilimlere ait g-kod dosyalarını birleştiren arayüz ekranı

(Şekil 4 'deki sistem ve Şekil 5 'daki arayüz daha sonraki uygulamalarda imal edilecektir.)

Metot 2 Şekil 6 (a)'da gösterilen tekne katı modeline uygulanırsa Şekil 6 (b ve c)'deki dilimler elde edilir. Bu dilimlerin uç uca imalatı ile de yekpare tekne baskısı gerçekleştirilmiş olur. Bu sayede bilgisayar destekli dilimlenen parçalar beden iççiliği gerektirmeden uç uca üretilerek yekpare tekne baskısı gerçekleştirilebilir. (Bu işlemde kullanılan sistemin baskı kapasitesinin 2x2x1m olduğu kabul edilmiştir.)

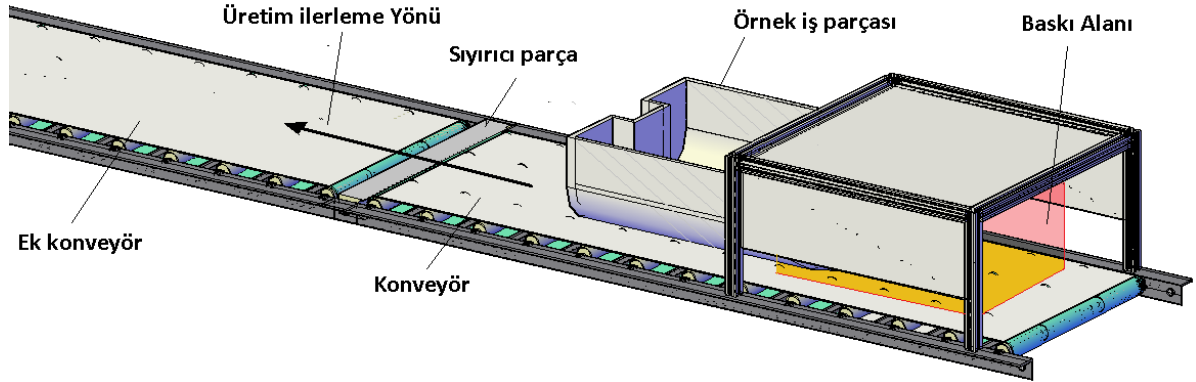


Şekil 6 : a) Metot basılması planlanan tekne katı modeli
b) 30° açılı ve eşit adımlı parça dilimleri
c) Tezgah baskı alanı dikkate alınarak tekrar düzenlenen parça dilimleri

3.BULGULAR VE TARTIŞMA

Mevcut 3B yazıcı sistemlerinde yazıcıların baskı kapasiteleri baskı alanları ile sınırlı kalmaktadır. Üretilen parça boyutları arttıkça, 3B yazıcı boyutlarının da artması gerekmektedir. Bu çalışmada küçük boyutlu yazıcılar ile büyük parçaların baskılarının yapılabirliği araştırılmıştır. Ref 16 'da bahsedilen ve bu çalışmada metot 1 olarak anılan yöntemde üretilmesi düşünülen büyük parçalar, küçük parçalara ayrılarak basılmakta ve elde edilen parçalar birleştirilerek yekpare görünüm elde edilmektedir. Bu işlem için çok fazla işgücü ve zamana ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada ise Metot 1'e alternatif olarak Metot 2 geliştirilmiş olup işlevselliği deneysel olarak test edilmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Metot 2 'de bahsedilen yöntemler izlenerek Şekil 7'de gösterilen baskı tezgahı hazırlanabilir. Bu tezgah ile uzun parçaların yekpare şekilde baskısı mümkündür. Tezgah ek konveyör ihtiyaç olmaması halinde çıkarılabilir veya parça uzunluğuna göre başka ek konveyörlerde eklenebilir. Buradaki konveyörlerinin tamamının baskı alanı olarak kullanılan konveyör ile eş zamanlı bir tahrik sistemi ile çalıştırılması gerekmektedir. Tezgahı oluşturan konveyör sistemleri, baskı işlemi eksenleri (X, Y, Z) ve Ekstruder (E) eksenlerine ilave 5. Eksen olarak sisteme dahil olmuşlardır. Bu sebeple konveyör ekseninin 3B yazıcı kontrolünü gerçekleştiren açık kaynak kodlu mikroişlemci sistemine tanıtılması gerekir.



Şekil 7. Uzun geometrili parçaların yekpare şekilde üretimi için kullanılacak tezgah düzeneği

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Uzun parçalı geometriye sahip olan cisimler bir konveyör bant üzerinde küçük dilimler halinde uç uca eklenerek çok büyük boyutlarda yazıcı kullanılmadan üretilebilirler. Parçanın üretilen kısımları sıyrıcı mekanizmanın ardından avare bir rulo konveyör sistemine veya eş zamanlı çalışan başka bir konveyöre aktararak sürekli bir imalat gerçekleştirilebilir. Yine aynı sistem ile baskısı gerçekleştirilen parçalar arasına belli bir mesafe tanımlanarak parçaların ayrık düzende seri üretimleri de gerçekleştirilebilir. Burada Y eksenini boyunca bir serbestlik söz konusudur. X ve Z eksenlerinde baskı kapasitesi baskı alanı ile sınırlıdır.

Kaynaklar

1. Kaya G., Çetinkaya K., "Vidalı Transfer Sistemlerine Sahip Kartezyen Tipi 3B Yazıcılarda Gıda Malzemesi Yazdırma Parametrelerinin Karşılaştırılması", 3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (3b-Bts2017), (16-24). Antalya, 2017
2. Huri P., (2017), "3D Biyobaskı İle Anatomik Şekilli Kemik Dokusu Üretimi", 3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (3b-Bts2017), (60-62). Antalya, 2017
3. Aydın K., Gök A., Gül F., "Mühendislik Eğitimi İçin Malzeme Kristal Kafes Yapılarının Modellenmesi Ve 3 Boyutlu Baskısı", 3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (3b-Bts2017), (109-118). Antalya, 2017.
4. Şahin A., Şahin T., Gökçe H., Eren O., "Hasarlı Dişlilerin Tersine Mühendislik Yaklaşımıyla Yeniden Oluşturulması", 3B Baskı Teknolojileri Uluslararası Sempozyumu (3b-Bts2017), (126-134), Antalya, 2017.
5. Godoi F.C., Prakash S., Bhandari B.R., "3d printing technologies applied for food design: Status and prospects", Journal of Food Engineering 179 (2016) 44e54
6. Biswas P., Mamatha S., Naskar S., Rao Y.S., Johnson R., Padmanabham G., "3D extrusion printing of magnesium aluminate spinel ceramic parts using thermally induced gelation of methyl cellulose", Journal of Alloys and Compounds 770 (2019) 419e423

7. Chen Z., Li Z. , Li J., Liu C., Lao C., Fu Y., Liu C., Li Y., Wang P., He Y., “3D printing of ceramics: A review”, Journal of the European Ceramic Society 39 (2019) 661–687
8. Maleksaeedi S., Eng H., Wiria F. E., Ha T.M.H., He Z., “Property enhancement of 3D-printed alumina ceramics using vacuum filtration”, Journal of Materials Processing Technology 214 (2014) 1301–1306
9. Mamatha S., Biswas P., Ramavath P., Das D., Johnson R., “3D printing of complex shaped alumina parts”, Ceramics International 44 (2018) 19278–19281
10. Satyanarayana B., Prakash K. J., “Component Replication using 3D Printing Technology”, Procedia Materials Science 10 (2015) 263 – 269
11. Sathish T., Vijayakumar M. D., Ayyangar A. K., “Design and Fabrication of Industrial Components Using 3D Printing”, Materials Today: Proceedings 5 (2018) 14489–14498
12. Awad A., Trenfield S. J., Gaisford S., Basit A.W., “3D printed medicines: A new branch of digital healthcare”, International Journal of Pharmaceutics 548 (2018) 586–596
13. <https://www.voxeljet.com/3d-drucksysteme/vx4000/> (erişim tarihi: 09.04.2019)
14. <http://www.sciaky.com/additive-manufacturing/metal-additive-manufacturing-systems> (erişim tarihi: 09.04.2019)
15. <http://www.sassets.e-ci.com/PDF/Products/baam-fact-sheet.pdf> (erişim tarihi: 09.04.2019)
16. <https://www.matterhackers.com/articles/printing-outside-the-box-exceeding-the-build-volume-of-your-printer> (erişim tarihi: 09.04.2019)
17. Gök A., “AutoCAD 2006” , (191-194), Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2006.