



SÜREKLİ FİBER TAKVİYELİ KOMPOZİT FİLAMENT ÜRETİMİ VE YAZDIRILMASI

Fatih Huzeyfe ÖZTÜRK, Özkan ÖZ, Murat AYDIN, Emre KILIÇ, Salih Ogün İSAK, Uğur BEKTAŞ

Karabük Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Endüstriyel Tasarım Mühendisliği, Karabük/Türkiye

* Sorumlu Yazar: fhozturk@karabuk.edu.tr

ÖZET

Karmaşık parçaların üretiminde 3 Boyutlu (3B) yazıcı teknolojisi, geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha düşük maliyet, daha hızlı ve kolay üretim avantajlarına sahiptir. Ancak, 3 boyutlu yazıcı teknolojisi ile üretilen parçalar, düşük mukavemet özelliklerinden dolayı son ürün olarak kullanılamamaktadır. Son ürün olarak kullanılacak parçaların üretiminde kullanılan malzemenin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, ekstruder cihazı kullanılarak yüksek dayanımlı sürekli fiber takviyeli kompozit filament üretimi amaçlanmıştır. Sürekli fiberin termoplastik malzeme ile kaplanması amacıyla kalıp tasarlanmış ve imal edilmiştir. Karbon fiber iplik ve PLA (Polilaktik Asit) sırasıyla takviye ve kaplama elemanı olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak, EYM (Eriyik Yığma Modelleme) yöntemi ile 3 boyutlu yazıcılarda kullanıma uygun sürekli fiber takviyeli kompozit filament üretimi yapılmış ve belirlenen ölçülerde parça yazdırılması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit Malzeme, Extruder, Filament, 3B Yazıcı.

ABSTRACT

In the production of complex parts, 3D printer technology has the advantages of lower cost, faster and easier production compared to traditional methods. However, parts produced by 3D printer technology cannot be used as the final product due to their low strength properties. The material used in the production of the parts to be used as the final product needs to be improved.

In this study, it is aimed to produce high strength continuous fiber reinforced composite filament using extruder. The mold is designed and manufactured to cover the continuous fiber with thermoplastic material. Carbon fiber and PLA (Polylactic Acid) were used as reinforcement and coating element respectively. As a result, continuous fiber reinforced composite filament was produced for the use in 3D printers by FDM (Fused Deposition Modeling) method.

Keywords: Composite Material, Extruder, Filament, 3D Printer

1. GİRİŞ

Eklemlerli imalat (Eİ), geleneksel üretim yöntemlerinin aksine, doğrudan malzeme katmanından tabaka oluşturmaya dayalı bir üretim işlemidir. Katmanlı üretim sebebiyle Eİ, minimum çizikle karmaşık şekilli parçalar üretilmesine olanak sağlar. Literatürde Tabakalı Obje Üretimi (LOM), Stereolitografi (SLA), Seçici Lazer Sinterleme (SLS) ve Eriyik Yığma Modelleme (EYM) dahil olmak üzere farklı eklemlerli imalat teknikleri geliştirilmiştir. Bununla birlikte, FDM cihazlarının sadeliği ve malzemelerin geniş bulunabilirliği nedeniyle FDM en belirgin ve yaygın olanıdır [1].

Günümüzde Akrilonitril Butadien Stiren (ABS), Polikarbonat (PC), Polilaktik Asit (PLA), Poliamid (PA) ve farklı termoplastik türlerinin karışımları EYM tekniğinde kullanılan en yaygın hammedelerdir

[2]. Bununla birlikte, bu hammaddeler ile üretilen filamentler kullanılarak imal edilecek parçalar, polimer malzemelerin doğası gereği, mekanik yükleme için yeterli mekanik dayanım ve sağlamlıktan yoksundur. Bu eksiklik EYM teknolojisini uygulanmasını önemli ölçüde kısıtlamaktadır ve endüstriyel uygulamalara uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Bu nedenle, mekanik bileşenlerin üretimi için gelişmiş mekanik özelliklere sahip yeni malzemelerin geliştirilmesine acil ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Polimer nano-kompozitler, bu sınırlamanın üstesinden gelmek için potansiyel bir çözüm olarak göze çarpmaktadır. Boyut ölçeğinin mikrometreden nanometreye geçişiyle belirli bir hacim üzerinde daha geniş bir yüzey alanına sahip olması nedeniyle nanometre ölçekli partiküller, polimer malzemelerin mekanik ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmektedir [4-6].

Literatürdeki çalışmalarda güçlendirme işlemi için genellikle iplik ya da toz halde bulunan takviye elemanları kullanılmıştır. Bu çalışmada sürekli karbon iplik takviyeli PLA matrisli kompozit filament üretimi ve 3B yazıcıda baskısının uygulanabilirliği araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kompozit filament elde etmek için PLA matris malzeme, karbon iplik takviye elemanı olarak kullanılmıştır. Takviye elemanının PLA ile kaplanması extruder ile yapılmıştır. İlk olarak granül halde olan PLA 80°C’de 8 saat bekletilerek malzemenin nemi alınmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Fırınlanan granül PLA

Karbon ipliği sürekli besleme işlemi için extruder kafasına delik açılmış ve takviye malzemesinin sürekli akışının sağlanması için bakır boru kullanılmıştır. Extruder, polimer malzemenin ergime sıcaklığına geldiği zaman, malzemeyi eriyik bir şekilde iç kısmında bulunan vidalı mil yardımıyla istenilen bir çapta filament olarak üretimini yapmaktadır. Şekil 2’de extruder makinesine takviye işlemi için eklenmiş bakır boru gösterilmiştir.



Şekil 2. Extruder kafasına eklenen bakır boru

Eriyik halde akan PLA malzeme, başlık kısmında karbon ipliğe yapışarak, uç kısımda karbon iplik kaplı PLA filament üretimi yapılmıştır. Çıkan filamentin istenilen çaplara ayarlanabilmesi için sarım makinesi kullanılmış ve optimum ayar yapılmıştır. Şekil 3’de üretilen kompozit filament gösterilmektedir.



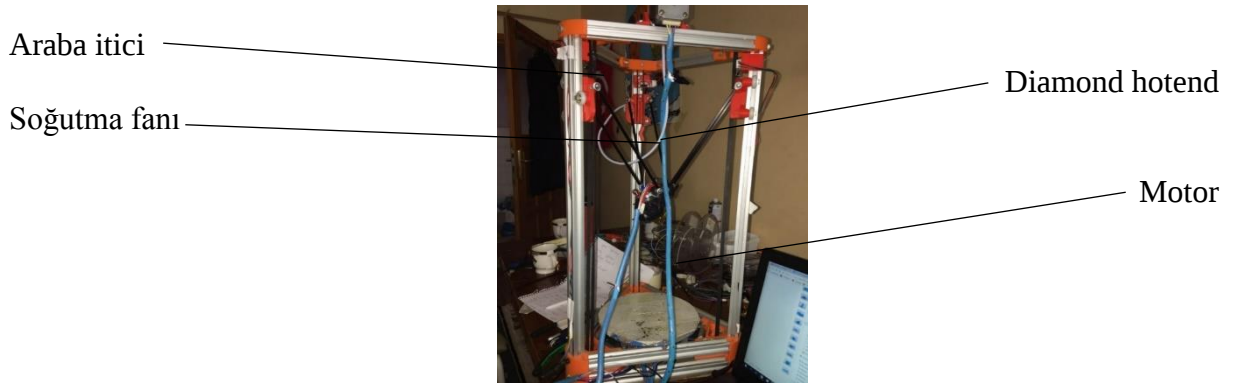
Şekil 3. Üretilen kompozit filament

Sarım hızı arttıkça filament çapında incelmeler ve kırılganlık olduğu, sarım hızı azaldıkça daha kalın ve baskısı mümkün olmayan filament üretildiği gözlemlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. İncelen ve kırılan filament (sağda), kalın ve baskısı olmayan filament (solda)

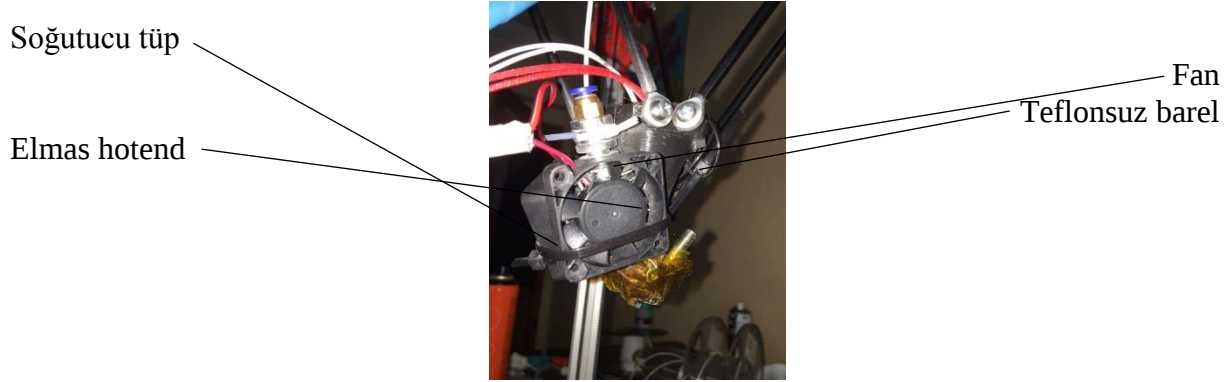
Üretimi yapılan filamentler için maliyeti düşük, ağırlıkça hafif ve ihtiyaçları karşılayacak düzeyde 3 boyutlu yazıcı tasarımı ve prototip imalatı yapılmıştır. Delta tipte olan yazıcı tasarımı Şekil 5’te gösterilmiştir. Yazdırma tablası 20 cm çapında olup pleksi malzeme kullanılmıştır. Genel boyutları 30*30*60 cm’dir.



Şekil 5. Prototipi yapılan yazıcı

Hazne tasarımı için üç girişli tek çıkışlı elmas hotend uç kullanılmıştır. Bu uç, 3 barel ve 3 tüp içermektedir. Tüpün bir tanesi sökülüp barel ve elmas ucun çapı 1.75 olacak şekilde delik açılmıştır. Diğer 2 tüp için plastik baskı alınmış olup dengede tutunması için bağlantı yapılmıştır. Genişletilen uçtan karbon iplik gelmektedir. İplik, tüpün içerisinden gelen PLA ile itilmektedir. Tüp ve tüpte bulunan barel çapı ile herhangi bir şekilde oynama yapılmamıştır. Filament elmas uçtan dolayı tüpün

içinde ısınarak eridiğinden, bu durumu önlemek amaçlı iki adet fan takılmıştır. Şekil 6’da hazne gösterilmiştir.



Şekil 6. Hazne genel görünüş

Yapılan çalışmalar sonucunda 1.75 çapında PLA kaplı karbon fiber iplik delta tipi yazıcıda başarılı olarak yazdırılmıştır (Şekil 7). Elmas otetin fişek tarafından en az 220°C dereceye kadar ısıtılması gerekmektedir. Kalın uçtan önce iplik çıkartılıp sonra flement mk8 tarafından itilmektedir. Üretilen numuneler Şekil 8’de gösterilmiştir. Numara sırasına göre baskı işlemi işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7. Yazdırma işleminin gerçekleştirilmesi



Şekil 8. Sırası ile malzeme denemeleri

3. SONUÇ

Bu çalışmada sürekli karbon fiber takviyeli filament üretimi yapılmış ve üretilen filamentin 3B yazıcıda baskı işlemi gerçekleştirilmiştir. Karbon fiber takviyeli filament üretiminde matris malzeme olarak granül halde bulunan PLA kullanılmıştır. Filamentin üretim esnasında karşılaşılan bazı olası hatalar görsel olarak incelenmiştir. Üretilen kompozit filament FDM yöntemiyle, 3B yazıcıda ticari olarak kullanılamamaktadır. Karbon fiber takviyenin PLA malzemede kırılganlığı arttırdığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Ning, F., Cong, W., Qiu, J., Wei, J., & Wang, S., “Additive Manufacturing of Carbon Fiber Reinforced Thermoplastic Composites Using Fused Deposition Modeling”, *Composites Part B: Engineering*, 80: 369- 378, (2015).
2. Hill, N., & Haghi, M., “Deposition Direction-Dependent Failure Criteria For Fused Deposition Modeling Polycarbonate”, *Rapid Prototyping Journal*, 20(3):221- 227, (2014).
3. Chatterjee, A., & Deopura, B. L., “High modulus and high strength PP nanocomposite filament”, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37(5): 813-817, (2006).
4. Nawani, P., Burger, C., Rong, L., Hsiao, B. S., & Tsou, A. H., “Structure and Permeability Relationships in Polymer Nanocomposites Containing Carbon Black and Organoclay”, *Polymer*, 64: 19-28, (2015).
5. Weng, Z., Wang, J., Senthil, T., & Wu, L., “Mechanical and Thermal Properties of ABS/Montmorillonite Nanocomposites for Fused Deposition Modeling 3D Printing”, *Materials & Design*, 102: 276-283, (2016).
6. Ciprari, D., Jacob, K., & Tannenbaum, R., “Characterization of Polymer Nanocomposite Interphase and Its Impact on Mechanical Properties”, *Macromolecules*, 39(19): 6565-6573, (2006)