

Karbon Fiber Filament Kullanılan Eklemeli İmalat İşleminde Yüzey Pürüzlülüğü Optimizasyonu

Ömer SEÇGİN^{*1}, Hüseyin KAHRAMAN¹, İdris CESUR¹

¹Makina Mühendisliği Bölümü / Teknoloji Fakültesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

*omersecgin@subu.edu.tr

Özet – Günümüzde, 3D yazıcı teknolojisi, endüstriyel üretimden kişisel kullanıma kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Bu teknolojinin kullanımı hızla artmaktadır ve bu durum, farklı malzemelerin kullanımıyla birlikte, yazdırma parametrelerinin belirlenmesi ve optimize edilmesi gerekliliğini de beraberinde getirmiştir. Bu çalışmada, eklemeli imalatta (3D yazıcıda) karbon filament kullanımı ile ilgili olarak, yazdırma parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. Yapılan Sinyal/Gürültü analizine göre Nozul sıcaklığı için optimum seviye 240°'dir; Katman kalınlığı için optimum seviye 0,1 mm'dir; Dolgu oranı için ise optimum seviye %20'dir.

Anahtar Kelimeler – Taguchi, Eklemeli İmalat, Karbon Fiber, Yüzey Pürüzlülüğü

I. GİRİŞ

Karbon fiber, yüksek mukavemetli, hafif ve dayanıklı bir malzeme olduğu için, birçok uygulamada kullanılmaktadır. Ancak, bu filamentin kullanımı, doğru yazdırma parametrelerinin belirlenmesini gerektirir [1], [2]. Karbon filamentin üç boyutlu yazıcılarla kullanımı konusunda henüz sınırlı sayıda araştırma yapılmıştır, ancak benzer malzemelerin kullanımıyla ilgili bazı çalışmalar mevcuttur.

Örneğin, kompozit filamentlerin kullanımı üzerine yapılan bir çalışmada, filamentin içindeki liflerin oryantasyonunun, baskı kalitesi ve mukavemet özellikleri üzerinde büyük bir etkisi olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, liflerin oryantasyonunu değiştirmek için farklı yazdırma parametreleri kullanılmıştır [3].

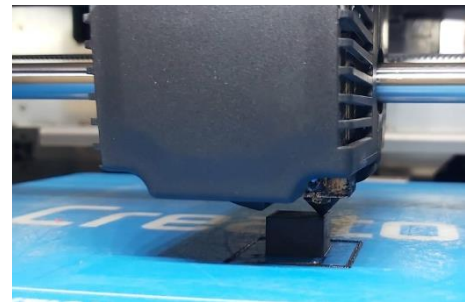
Benzer şekilde, bir başka çalışmada polimer matrisli karbon fiber kompozit filament kullanılarak üretilen parçaların mekanik özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada, farklı baskı parametrelerinin mukavemet özellikleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır [4].

Karbon filamentin kullanımı üzerine daha spesifik bir çalışma olarak, bir araştırmada karbon fiber filamentlerinin havacılık endüstrisinde kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu çalışmada, uçak

kanadının eklemeli imalat yöntemi ile üretilebilirliği araştırılmıştır [5].

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Wanhao marka PLA matrisli Karbon Fiber filament kullanılmıştır. Filament çapı 1,75mm'dir. Şekil 1'de karbon fiber filament ile yazdırma işlemi esnasından bir görünüm verilmiştir.



Şekil 1. Karbon fiber filament ile yazdırma işlemi esnasından bir görünüm

Yüzey pürüzlülükleri üçer kez ölçülmüştür (Tablo 1). Daha sonra bu üç ölçümün ortalamaları alınarak parçanın yüzey pürüzlülüğü belirlenmiştir. Ölçümlerin standart sapmaları da belirlenmiş olup olası ölçme hatalarının önüne geçilmiştir.

Tablo 1. Ölçüm sonuçları ve standart sapmalar

Deney No	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	Standart Sapma	3 Ölçüm Ortalaması
1	8,239	8,44	8,746	0,255	8,475
2	14,65	15,39	14,95	0,372	14,997
3	14,02	14,43	13,99	0,246	14,147
4	8,629	8,141	8,584	0,270	8,451
5	13,48	13,26	13,29	0,119	13,343
6	14,97	15,92	15,45	0,475	15,447
7	12,52	12,48	12,93	0,249	12,643
8	14,56	14,07	15,53	0,743	14,720
9	18,22	18,16	17,08	0,642	17,820

Taguchi yöntemi, kalite kontrol ve iyileştirme sürecinde kullanılan bir istatistiksel tasarım yöntemidir. Bu yöntem, üretim sürecindeki değişkenlikleri minimum seviyeye indirmeyi ve süreç kapasitesini artırmayı hedefler. Sinyal/Gürültü (S/G) oranı analizi, Taguchi yönteminin en önemli özelliklerinden biridir [6], [7]. Bu analiz, bir ürünün performansı ve istenmeyen varyasyonlar arasındaki ilişkiyi inceler.

S/G oranı, bir işlem veya ürünün ölçülebilir performans özelliklerine göre tanımlanan bir orandır. İstenen performans özellikleri sinyal olarak kabul edilirken, istenmeyen varyasyonlar gürültü olarak kabul edilir. S/G oranı analizi, istenilen performans özelliklerini artıran ve gürültüyü azaltan parametre kombinasyonlarını belirleyerek, ürün veya işlemin optimize edilmesine yardımcı olur [8], [9].

Taguchi yöntemi ile S/G oranı analizi ve varyans analizi, birbirleriyle ilişkili istatistiksel tekniklerdir. Taguchi yöntemi, S/G oranı analizi ile bir sürecin optimize edilmesine ve varyans analizi ile sürecin istikrarlı hale getirilmesine yardımcı olur. Bu yöntemler bir arada kullanılarak, üretim sürecindeki performans özellikleri ile ilgili problemlerin tespit edilmesi ve çözülmesi için etkili bir yöntem sağlar [10].

Literatürde, Taguchi yöntemi ve S/G oranı analizi, kalite kontrol ve üretim süreci iyileştirme için sıklıkla kullanılan yöntemler olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, bu yöntemlerin uygulanması ile elde edilen sonuçların işletmelerin karlılığına önemli katkılar sağladığı da belirtilmektedir [11]–[13].

III. BULGULAR

Çalışma kapsamında üretilen parçaların yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Daha sonra bu ölçümleri için “daha küçük daha iyi” formülasyonuna göre Sinyal/Gürültü analizi yapılmıştır. Analiz sonucu elde edilen Sinyal/Gürültü oranları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deney sonuçları ve Sinyal/Gürültü oranları

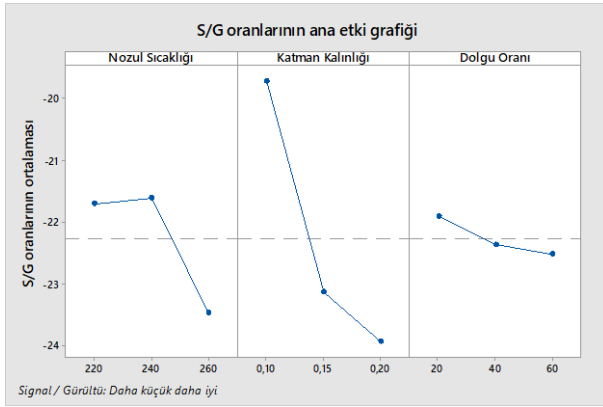
Dene y No	Parametreler			Ra (µm)	S/G Oranı
	Nozul Sıcaklığı (°C)	Katman Kalınlığı (mm)	Dolgu Oranı (%)		
1	220	0,1	20	8,475	-
2	220	0,15	40	14,997	-
3	220	0,2	60	14,147	-
4	240	0,1	40	8,451	-
5	240	0,15	60	13,343	-
6	240	0,2	20	15,447	-
7	260	0,1	60	12,643	-
8	260	0,15	20	14,720	-
9	260	0,2	40	17,820	-25,018

Tablo 3’de ise Sinyal/Gürültü oranlarının cevap tablosu verilmiştir. Tabloya göre yüzey pürüzlülüğü üzerindeki en önemli parametre katman kalınlığıdır. İkinci sıradaki önemli parametre ise nozul sıcaklığıdır. Dolgu oranının ise (diğer parametrelerle karşılaştırıldığında) anlamlı bir etkisi yoktur.

Tablo 3. Sinyal/Gürültü oranlarının cevap tablosu

Seviye	Nozul Sıcaklığı	Katman Kalınlığı	Dolgu Oranı
1	-21,70	-19,71	-21,90
2	-21,61	-23,13	-22,36
3	-23,47	-23,94	-22,52
Delta	1,86	4,22	0,62
Sıra	2	1	3

Şekil 2’de Sinyal/Gürültü oranları grafiği verilmiştir. Bu grafikte maksimum ve minimum Sinyal/Gürültü oranları arasındaki fark en büyük olan parametre en önemli parametredir. Buna göre yüzey pürüzlülüğü için katman kalınlığı en önemli parametredir. En büyük Sinyal/Gürültü oranı optimum parametre seviyesini vermektedir. Buna göre Nozul sıcaklığı için optimum seviye 240°’dir; Katman kalınlığı için optimum seviye 0,1 mm’dir; Dolgu oranı için ise optimum seviye %20’dir.



Şekil 2. Sinyal/Gürültü oranları grafiği

IV. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında karbon fiber filament kullanılarak üretilen parçaların yüzey pürüzlülüğü optimizasyonu yapılmıştır. Yapılan Sinyal/Gürültü analizine göre Nozul sıcaklığı için optimum seviye 240°’dir; Katman kalınlığı için optimum seviye 0,1 mm’dir; Dolgu oranı için ise optimum seviye %20’dir.

Karbon fiber filamentin üç boyutlu yazıcılarla kullanımı konusunda henüz yeterli sayıda araştırma yapılmamış olsa da, bu çalışmada olduğu gibi, benzer malzemelerin kullanımı üzerine yapılan çalışmalar, baskı parametrelerinin son ürünün yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, karbon filament kullanımı için uygun baskı parametrelerinin belirlenmesi önemlidir ve bu konuda daha fazla araştırmanın yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] N. Top, İ. Şahin, ve H. Gökçe, “3B Yazıcı Teknolojisi için Topoloji Optimizasyonu: Otomotivde Salıncak Kolu Üzerine bir Çalışma”, *ISIDE 2018*, sayı November, 2018.
- [2] M. Yıldırım, “The Desing And Production By 3d

Printings In The Fashion Industry”, *ART-E J.*, c. 17, ss. 155–172, 2016.

- [3] X. Tian, T. Liu, C. Yang, Q. Wang, ve D. Li, “Interface and performance of 3D printed continuous carbon fiber reinforced PLA composites”, *Compos. Part A Appl. Sci. Manuf.*, c. 88, ss. 198–205, 2016, doi: 10.1016/j.compositesa.2016.05.032.
- [4] C. Ferro, R. Grassi, C. Secli, ve P. Maggiore, “Additive Manufacturing Offers New Opportunities in UAV Research”, *Procedia CIRP*, c. 41, ss. 1004–1010, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2015.12.104.
- [5] U. Fasel, D. Keidel, L. Baumann, G. Cavolina, M. Eichenhofer, ve P. Ermanni, “Composite additive manufacturing of morphing aerospace structures”, *Manuf. Lett.*, c. 23, ss. 85–88, 2020, doi: 10.1016/j.mfglet.2019.12.004.
- [6] Ö. Seçgin ve M. Z. Sogut, “Surface roughness optimization in milling operation for aluminum alloy (Al 6061-T6) in aviation manufacturing elements”, *Aircr. Eng. Aerosp. Technol.*, c. 93, sayı 8, ss. 1367–1374, 2021, doi: 10.1108/AEAT-05-2021-0146.
- [7] Ö. Seçgin, “Effect of operational parameters on incremental forming of low-alloy sheet metals and its optimisation”, *Adv. Mater. Process. Technol.*, c. 7, sayı 1, ss. 71–84, 2021, doi: 10.1080/2374068X.2020.1753449.
- [8] M. Ö. Öteyaka, K. Aybar, ve H. C. Öteyaka, “Effect of Infill Ratio on the Tensile and Flexural Properties of Unreinforced and Carbon Fiber-Reinforced Polylactic Acid Manufactured by Fused Deposition Modeling”, *J. Mater. Eng. Perform.*, c. 30, sayı 7, ss. 5203–5215, 2021, doi: 10.1007/s11665-021-05694-4.
- [9] Ö. Seçgin, E. Arda, E. Ata, ve H. A. Çelik, “Dimensional Optimization of Additive Manufacturing Process”, *J. Chinese Soc. Mech. Eng. Trans. Chinese Inst. Eng. Ser. C/Chung-Kuo Chi Hsueh K. Ch’eng Hsuebo Pao*, c. 43, sayı 1, ss. 75–78, 2022, doi: 10.29979/JCSME.
- [10] V. Erdem, M. Belevi, ve C. Koçhan, “Taguchi Metodu ile Plastik Enjeksiyon Parçalarda Çarpılmanın En Aza İndirilmesi”, *Deü Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Derg.*, c. 12, sayı 2, ss. 17–29, 2010.
- [11] G. Basmacı, İ. Kırbaş, M. Ay, ve M. Peker, “Karma Taguchi ve yüzey yanıt yöntemi kullanılarak astm b574 (hastelloy c-22)’in tornalanması esnasındaki işleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisinin incelenmesi ve kesme parametrelerinin optimizasyonu”, *Sak. Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, c. 22, sayı 2, s. 761–771, 2018, doi: 10.16984/saufenbilder.353379.
- [12] M. Yurdakul, S. Güneş, ve Y. T. İç, “Improvement of the Surface Quality in The Honing Process Using Taguchi Method”, c. 31, sayı 2, ss. 347–360, 2016.
- [13] F. Kahraman, G. Başar, Z. Koçoğlu, ve E. Yeniyl, “Optimization of cutting parameters in hole machining process by using multi-objective Taguchi approach”, *Politeknik*, c. 21, sayı 2, ss. 283–290, 2018, doi: 10.2339/politeknik.385921.