



Süleyman Demirel
Üniversitesi
YEKARUM e-DERGİ
(Journal of YEKARUM)
2022/ Volume 7/Issue 2
E - ISSN: 1309-9388



ABS, PLA, TPU(Flex) MALZEMELERDEN FARKLI PARAMETRELER KULLANILARAK ÜRETİLMİŞ NUMUNELERİN ÇEKME DAYANIMI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Selim BACAĞ^a

^aİsparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Batı Yerleşkesi, Çünür/İSPARTA

^aSorumlu yazar e-posta adres: selimbacak@isparta.edu.tr

ABS, PLA, TPU(Flex) MALZEMELERDEN FARKLI PARAMETRELER KULLANILARAK ÜRETİLMİŞ NUMUNELERİN ÇEKME DAYANIMI ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

3B yazıcılar sektörde kullanılan ve tercih edilen bir üretim yöntemi haline gelmiştir. Eklemeli imalat yöntemlerinden olan eriyik yığıma modelleme (FDM) düşük maliyet ve pratik bir yöntemdir. Bu yönteminin yaygınlığı, malzeme çeşitliliğinin artmasına sebep olmuş ve üretim parametrelerindeki verimli değerleri bulma yönünde çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Bu çalışmada %70 ve %30 doluluk oranları ve 200 ve 220⁰C yazma sıcaklıkları ile numunelerin üretimleri yapılarak çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda çekme dayanımları ile kopma uzaması değerleri incelenmiş, doluluk oranı ve yazma sıcaklığı farklılıklarının etkileri kıyaslanmıştır. Numuneler ABS, PLA ve TPU(Flex) malzemelerden üretilmiştir. Deneyler sonucunda en yüksek çekme dayanımı ABS malzeme, en iyi kopma uzaması TPU(Flex) malzemeden elde edilmiştir. %70 doluluk oranına sahip numuneler, her malzemede en iyi sonuçları vermiştir. Yazma sıcaklığının artması ile ABS ve PLA malzemeli numunelerin çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri artarken TPU(Flex) malzemede azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ABS, PLA, TPU(Flex), Çekme dayanımı, Kopma uzaması

INVESTIGATION OF THE TENSILE STRENGTH PROPERTIES OF SAMPLES PRODUCED USING DIFFERENT PARAMETERS FROM ABS, PLA, TPU(Flex) MATERIALS

ABSTRACT

3D printers have become a preferred production method used in the industry. Melt masonry modeling (FDM), one of the additive manufacturing methods, is a low cost and practical method. The prevalence of this method has led to an increase in material diversity and has been

the subject of various studies to find efficient values in production parameters. In this study, samples were produced and subjected to tensile test with 70% and 30% occupancy rates and 200 and 220°C writing temperatures. As a result of the experiments, the tensile strength and elongation at break values were examined and the effects of the filling ratio and writing temperature differences were compared. The samples were produced from ABS, PLA and TPU(Flex) materials. As a result of the experiments, the highest tensile strength was obtained from ABS material, and the best elongation at break was obtained from TPU (Flex). Samples with 70% fill rate gave the best results in any material. With the increase in writing temperature, the tensile strength and elongation at break values of ABS and PLA material samples increased, while a decrease was observed in TPU (Flex) material.

Keywords: ABS, PLA, TPU(Flex), Tensile Strength, Elongation

1. GİRİŞ

İmalat sektörünün teknoloji ile paralel olarak gelişmesi, eklemeli imalat uygulamalarının çeşitli sektörlerde artmasını sağlamıştır. Eriyik yığıma modelleme (FDM) yöntemi, üretim tedarik zincirini, dağıtım kanalını ve iş modelini dönüştürme potansiyeli etkisine sahip olarak da yorumlanmaktadır (Kumar vd.,2017). Eklemeli imalat ile geometrik karmaşıklığa sahip parçaların, ekonomik bir şekilde üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem ile üç boyutlu parçalar katman katman olarak imal edilir. Üretilen ürünlerin kullanımının artması, malzeme çeşitliliği gibi bazı sebepler sayesinde, FDM yöntemi, sektör içerisinde hızlı şekilde gelişmektedir (Aly, 2015).

FDM yöntemi ile elde edilen ürünlerin, plastik kalıpcılığı ile oluşturulan ürünlere nazaran mekanik özelliklerinin daha kötü olması bu yöntem üzerindeki gelişmeleri pozitif yönde etkilemekte, mekanik ve termal yönden iyileştirilmelerin yapılması gerektiği araştırmacılar tarafından irdelenmektedir (Kumar vd.,2018). ABS, termoplastik bir polimerdir. ABS plastiği, yüksek ısı kararlılığı, yüksek mekanik dayanımı ve yüksek direnci ile önemli bir kimyasal reaktif, mühendislik malzemesidir (Tang vd., 2009). ABS malzemesi, hareketli mekanizmaların ve karmaşık parçaların imalatında, model malzemesi olarak da kullanılabilir (Çelik vd., 2013). FDM yönteminde PLA malzeme kullanılarak yapılan çalışmada, baskı parametrelerinin optimizasyonu üzerine çalışmalar yapılmış. Sonuç olarak, çekme dayanımı üzerinde en etkin parametrenin doluluk oranı, tarama açısı ve baskı hızının olduğunu bildirmişlerdir (Günay vd., 2020). Yapılan bir çalışmada %100 doluluk oranında, iki farklı yazdırma hızı ile üç farklı yazdırma sıcaklığında ürettikleri numunelerin çekme dayanımları incelenmiş. Sıcaklık farklılığının, yazdırma hızı parametresine oranla, çekme dayanımına daha çok etki ettiğini belirtmiştir (Dizon vd., 2018). 3D yazıcılarla yapılan bir başka çalışmada ABS ve PLA malzemelerinin bazı mekanik özelliklerini iki malzemenin karışımı ile ürettikleri kompozit malzeme ile kıyaslanmış, farklı parametrelerde ürettikleri numunelerden elde ettikleri değerlere bakıldığında malzeme doluluk oranının %54.26 oranında etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Lee vd., 2017). Termoplastik poliüretanlar (TPU'lar), polar sert segmentler ve kristalin ve amorf alanlara sahip, nispeten de polar olmayan yumuşak segmentler içeren lineer segmentli polimerlerdir. Bu moleküler yapı, mükemmel bir esneklik ve viskoelastiklik davranışı ortaya çıkarmıştır (Harynska vd., 2019).

Uygun şekilde tasarlanmış termoplastik poliüretanlar (TPU'lar), Fused Deposition Modeling (FDM) yöntemiyle 3D baskıda kullanıma uygun malzemelerdir (Xiao vd., 2013). Literatür incelemesi yapıldığında FDM yöntemi ile yapılan üretimlerdeki ürünlerin mekanik özelliklerini

iyileştirmek için çeşitli parametrelerin etkisinin incelendiği ve malzeme çeşitliliğinin kıyaslandığı görülmektedir.

2. MATERYAL METOT

Çalışmada %70 ve %30 doluluk oranına sahip ABS, PLA ve TPU (FLEX) malzemelerden numuneler üretilmiştir. Üretim safhasında 200 ve 220 °C olmak üzere iki farklı yazma sıcaklık değeri kullanılarak FDM yöntemi ile imal edilmiştir. Numunelere çekme testi uygulanarak, doluluk oranı ve yazma sıcaklığı arasında değişimlerin farklı malzemeler üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmektedir. ABS, PLA ve TPU (FLEX) filament malzemelerin temel mekanik özellikleri Tablo 1 de verilmektedir.

Tablo 1. Deney numunesi malzemelerinin mekanik özellikleri

Mekanik Özellikler	ABS	PLA	TPU (FLEX)
Çekme gerilmesi	30.46 MPa	48 MPa	9.94 MPa
Kopma uzaması	%11.08	%29	%3319.12
Eğilme gerilmesi	46.30 MPa	56.30 MPa	3.60 MPa
Eriyik akış hızı	11.75 g/10 dak.	8.14 g/10 dak.	27.98 g/10 dak

Çalışmada kullanılan ABS, PLA ve TPU (FLEX) malzemelerden üretilen deney numunelerin FDM yöntemi ile üretiminde kullanılan işlem parametreleri Tablo 2 de verilmiştir.

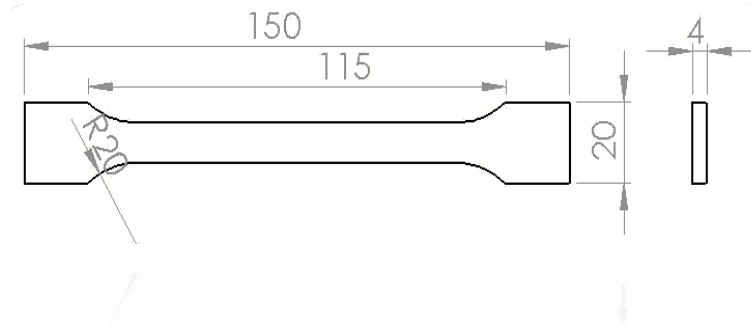
Tablo 2. Deney numunelerinin üretim parametreleri

Parametre	ABS	PLA	TPU (FLEX)
Doluluk oranı	%30	%30	%30
	%70	%70	%70
Yazma sıcaklığı	200	200	200
	220	220	220
Tabaka kalınlığı (mm)	0.2	0.2	0.2
Tabla sıcaklığı (°C)	55	55	55

Ortam Sıcaklığı (°C)	25	25	25
Alt kabuk tabaka sayısı	4	4	4
Üst kabuk tabaka sayısı	4	4	4
Dış duvar sayısı	4	4	4
Destek durumu	Yok	Yok	Yok
Yazma hızı (mm/s)	10	10	10
Fan hızı (%)	100	100	100

3.YÖNTEM

Çekme deneyi için çalışmada kullanılacak olan numunelerin üretimi; CAD programı yardımı ile çizimi yapıp sonrasında 3D yazıcının basımı için gerekli olan G kodları türetilmiştir. Çekme numuneleri ASTM D638-IV standardına göre imal edilmiştir. Şekil 1 de standarda uygun üretilmiş numunelerin boyutları verilmiştir. Numunelerin üretiminde, 0.4 mm nozul çapı, baskı hassasiyeti 90-290 mikron, filament çapı 1.75mm ve nozul sıcaklığı 290 °C olan 3D yazıcıda yapılmıştır.



Şekil 1. ASTM D638-IV standardına göre hazırlanan çekme deney numunesi

Numuneler 20kN MARES marka deney cihazında çekme deneyine tabi tutulmuştur. Deneyler 6 mm/s hızda ve oda sıcaklığında (25°) yapılmıştır.

4. BULGULAR

Deneyisel çalışmada kullanılan numuneler her bir işlem parametresi ve malzeme grubuna göre numaralandırılmıştır. Aynı malzemeden üretilmiş numuneler işlem parametreleri arasındaki farklılıklar açısından değerlendirilirken benzer bir kıyaslama malzeme grupları arasından da yapılmıştır. Malzemelerin üretiminde iki farklı yazma sıcaklığı ve doluluk oranı seçilmiş ve bunların oluşturduğu etkiler incelenmiştir. Tablo 3’te ABS, PLA ve TPU(Flex) malzemelerden üretilmiş numunelerin çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri verilmiştir.

Tablo 3. Deney numunelerinden elde edilen deney sonuçları

Malzeme	Sıcaklık (°c)	Doluluk oranı (%)	Çekme dayanımı (MPa)	Kopma uzaması (%)
ABS	200	70	21.42	9.92
ABS	200	30	14.61	1.70
ABS	220	70	26.90	11.40
ABS	220	30	17.97	2.10
PLA	200	70	16.76	8.10
PLA	200	30	9.68	1.45
PLA	220	70	18.52	9.34
PLA	220	30	10.24	2.60
TPU	200	70	7.66	597
TPU	200	30	5.31	498
TPU	220	70	6.17	569
TPU	220	30	4.17	473

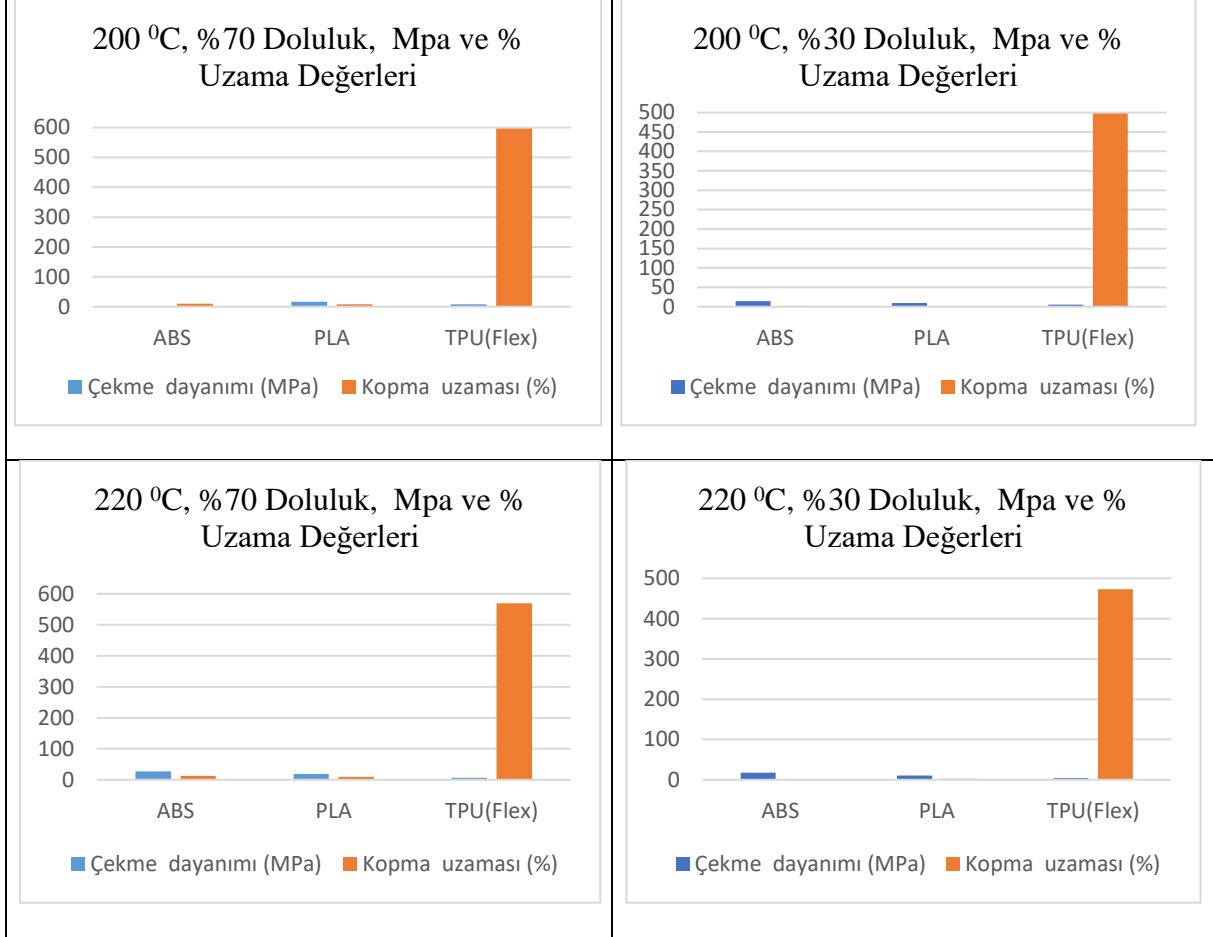
Deney verileri incelendiğinde %70 doluluk oranındaki numunelerin çekme dayanımları %30 doluluk oranındakilere göre daha yüksek elde edilirken benzer bir sonuç kopma uzaması değerlerinde de ortaya çıkmıştır. ABS malzeme için sıcaklık parametresindeki değişiklik çekme dayanımına ve kopma uzamasına pozitif etki sağlamıştır. 220°C yazma sıcaklığında üretilen numunelerden elde edilen değerler 200°C de üretilenlere oranla her iki doluluk oranı için de artış göstermiştir.

PLA malzemedden üretilmiş numuneler incelendiğinde ABS malzemesinden üretilmiş numunelere göre daha düşük çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri elde edilirken, TPU(Flex) malzemeye göre çekme dayanımı daha yüksek çıkmıştır. HIPS malzeme de yazma sıcaklığı artıkça çekme dayanımı ve kopma uzaması değerlerinde de yükseliş elde edilmiştir.

TPU(Flex) malzemedden elde edilen numuneler çekme dayanımı bakımından diğer iki malzemeye göre en düşük değerlere sahip olmuştur. Ayrıca yazma sıcaklığının artışıyla beraber çekme dayanımında ve kopma uzamasında da azalma görülmüştür. Yapısal özelliği bakımında kopma uzaması değeri en yüksek, TPU(Flex) malzemedden elde edilmiştir.

Deneysel çalışma sonucunda 12 adet numuneye çekme testleri yapılmış, çekme dayanımı ve kopma uzaması değerleri; hem malzeme farklılığı hem de doluluk oranı ve yazma sıcaklığı

değerleri bakımından incelenmiştir. En düşük çekme dayanımı 4.17 MPa değerinde olup, %30 doluluk oranına ve 220 °C yazma sıcaklığına sahip TPU(Flex) malzemeden üretilmiş numuneden elde edildi. En yüksek çekme dayanımı 26.90 MPa değerinde %70 dolu malzemeden ve 220 °C yazma sıcaklığından üretilmiş ABS malzemeden elde edilmiştir.



Şekil 2. Deney parametrelerine göre deney numunelerinin incelenmesi

Kopma uzaması bakımından değerlendirildiğinde, en düşük değer PLA malzemeden, %30 doluluk oranında ve 220 °C yazma sıcaklığında üretilmiş numuneden %1.45 elde edilirken, en yüksek değer %597 ile TPU(Flex) malzemeden 200°C yazma sıcaklığından üretilen %70 doluluk oranına sahip numuneden ölçülmüştür.

Yazma sıcaklığının artışı ile ABS ve PLA malzemeden elde edilmiş numunelerin çekme dayanımlarında ve kopma uzamalarında artış görülmüştür. En iyi artış %70 doluluk oranına sahip numunelerde çekme dayanımı için yaklaşık %26, kopma uzaması için de yaklaşık %14 oranında oluşmuştur.

5. SONUÇ

- ABS malzemeden, PLA ve TPU(Flex) malzemelere oranla en yüksek çekme dayanımı elde edilmiştir.
- Yazma sıcaklığı değişimi ile ABS ve PLA malzemede çekme dayanımı ve kopma uzaması değerlerinde artış sağlanırken TPU(Flex) malzemede düşüş görülmüştür.
- Kopma uzaması en yüksek değere sahip malzeme TPU(Flex) olmuştur.
- Deneysel numuneleri doluluk oranı olarak kıyaslandığında, tüm malzemelerin %70 doluluk oranına sahip olan numunelerinden elde edilen deneysel sonuçları %30 doluluk oranına sahip numunelere oranla daha yüksek çıkmıştır.

Çalışma sonucunda literatür taraması ve elde edilen sonuçlar göstermiştir ki, özellikle ABS, PLA ve TPU(Flex) malzemelere ısıl işlem uygulanarak çekme dayanımına ve kopma uzamasına etkilerinin araştırılması, yeni çalışmalara konu olabileceği düşüncesine varılmıştır.

REFERANSLAR

- [1] Kumar, R., Singh, R., Hui, D., Feo, L. and Fraternali, F. (2017), “Graphene as biomedical sensing element: State of art review and potential engineering applications”, *Composites Part B: Engineering*, Vol. 134, pp. 193-206.
- [2] A.A. Aly, Heat treatment of polymers: a review *Int. J. Mater. Chem. Phys.*, 1, 132 (2015).
- [3] Kumar, R. and Ranjan, N. (2018), “Sustainability of recycled ABS and PA6 by banana fiber reinforcement: Thermal, mechanical and morphological properties”, *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*, pp. 1-10, doi: 10.1007/s40032-017-0435-1.+
- [4] Tang, X., Bi, C., Han, C., Zhang, B. 2009. “A New Palladium Free Surface Activation Process for Ni Electroless Plating on ABS Plastic”, *Materials Letters*, 63, 840-842, DOI:10.1016/j.matlet.2009.01.006.
- [5] Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M.C., Duysak, A., “Hızlı Prototipleme Teknolojileri Ve Uygulama Alanları”, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilim Enstitüsü Dergisi*, 2013
- [6] Günay, M., Gündüz, S., Yılmaz, H., Yaşar, N. and Kaçar, R., “PLA esaslı numunelerde çekme dayanımı için 3D baskı işlem parametrelerinin optimizasyonu”, *Politeknik Dergisi*, Cilt 23, Sayı 1, Sayfa 73-79, 2020
- [7] Dizon, J.R.C., Espera, A.H., Chen, Q. and Advincula, R.C., “Mechanical characterization of 3D-printed polymers”, *Addit Manuf.*, Vol. 20, Pages 44-67, 2018.
- [8] Lee, J.Y., An, J. and Chua, C.K., “Fundamentals and applications of 3D printing for novel materials”, *Appl Mater Today.*, Vol. 7, 120-133, 2017.
- [9] Harynska A, Kucinska-Lipka J, Sulowska A, Gubanska I, “Kostrzewa M, Janik H. Medical-Grade PCL based polyurethane system for FDM”, *3D Printing Characterization and Fabrication. Materials* (Basel). 2019 Mar 16;12:887.
- [10] Xiao J, Gao Y. “The manufacture of 3D printing of medical grade TPU”, *Prog Addit Manuf* 2017; 2: 117-123.