



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Cam Elyaf Takviyeli Plastik Kompozit Malzemenin Kenar Frezelenmesinde Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkilerinin İstatistiksel Olarak İncelenmesi

Aysun TAKMAZ<sup>a,\*</sup>, Ömer ERKAN<sup>b</sup>, Emre YÜCEL<sup>c</sup>

<sup>a</sup> İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

<sup>b</sup> Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

<sup>c</sup> İmalat Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: aysun\_takmaz@hotmail.com

### ÖZET

Gelişen teknoloji, insan ihtiyaçlarına bağlı olarak malzeme çeşitliliği gereksinimini getirmiştir. Bunlardan biri kompozitlerdir. Cam elyaf takviyeli polimer (CTP) kompozitlerin belirgin özellikleri; yüksek boyutsal stabilite, elastiklik, hafiflik, tasarım esnekliği ve korozyon direncidir. Polimer kompozitler, diğer malzemelere alternatif olarak havacılık, petrol, gaz ve otomotiv endüstrileri gibi farklı uygulamalarda çevre dostu bir malzeme olarak kullanım alanı bulmuştur. Geniş kullanım alanına rağmen bu kompozit malzemeler, anizotropik yapıya sahip olmasından dolayı talaşlı işlenmelerinde zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzeme, farklı kesme parametreleri (ağzı sayısı, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği) altında kenar frezeleme yöntemi ile işlenerek, işlenen yüzeylerin yüzey pürüzlülüğü ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilere, varyans analizi (ANOVA) uygulanarak, yüzey pürüzlülüğüne etki eden kesme parametrelerinin etki oranları istatistiksel olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Cam elyaf takviyeli polimer kompozit, Kenar frezeleme, Yüzey pürüzlülüğü, Varyans analizi.

## Statistical Investigation of The Effects of Cutting Parameters on Surface Roughness During the Edge Milling of Glass Fiber Reinforced Plastic Composite Material

### ABSTRACT

Advances in technology have increased the need for diversity of material due to human needs. One of these is composites. Glass fiber reinforced polymer (GFRP) composites' prominent features are high dimensional stability, elasticity, light weight, and design flexibility and corrosion resistance. Polymer composites, an alternative to other materials has found use as environmentally friendly materials in different applications such as aerospace, oil and gas and automotive industries. Although widely used, these composite materials have encountered processing difficulties due to their anisotropic structure during the machining. In this study, the roughness of the machined surface of the glass fiber reinforced plastic composite material with different cutting parameters (number of teeth, cutting speed, feed and depth of cut) is measured with edge milling method. The

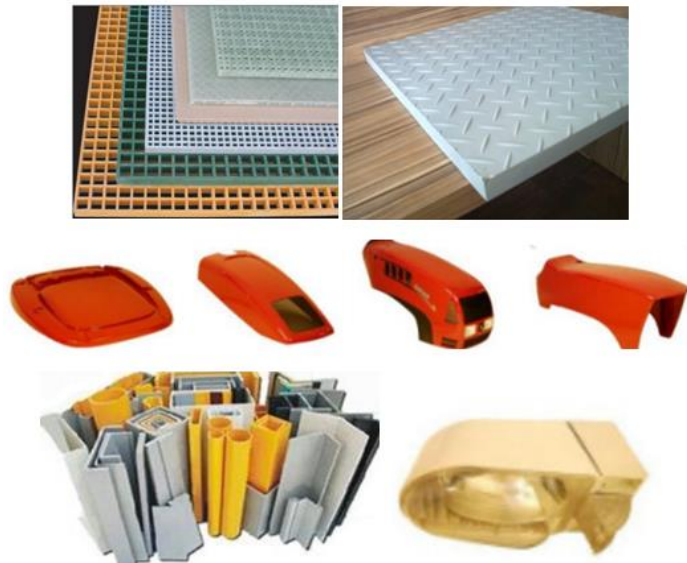
ratio effects of cutting parameters affecting the surface roughness were analyzed statistically with the obtained data by using analysis of variance (ANOVA).

**Keywords:** Glass fiber reinforced polymer composite, Edge milling, Surface roughness, Variance analysis.

## I. GİRİŞ

CAM elyaf takviyeli plastik (CTP) kompozit malzemeler yüksek özgül dayanım, yüksek özgül sertlik ve hafiflik özelliklerinin bileşimine sahiptirler. Bu özellikleri ile uzay, havacılık, otomotiv ve diğer endüstriyel uygulamalarda bu malzemeye olan ilgi artmaktadır [1]. Şekil 1’de farklı kullanım alanlarına sahip CTP kompozit malzemeler görülmektedir. CTP kompozitler sertliklerinden dolayı işlenmesi zor malzemelerdir. Bu yüzden işleme sürecinde kesici takım ve kesme parametrelerinin seçimi önem arz etmektedir [2]. Frezeleme elyaf takviyeli plastik kompozit parçaların imalatında sıklıkla kullanılan bir işlemdir. Kalıplanan CTP kompozit malzeme, kullanılacağı alana göre çeşitli imalat işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle daha önceden belirlenmiş bir ölçü veya tolerans kapsamında malzemeler işleme tabi tutulur. Genel kullanım alana sahip bir işlem olan, iyi ve istenen kalitede yüzey sağlayan frezeleme işlemi, CTP kompozitlerin şekillendirilmesinde önemli rol oynar [3]. Yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığını, parçaların mekanik performansını ve üretim maliyetlerini etkileyen bir özelliktir. Bu sebeplerden dolayı iyi bir yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmesi için yapılan araştırma ve geliştirmeler kesme parametrelerinin ve takım geometrisinin doğru seçilmesini gerektirir [4, 5].

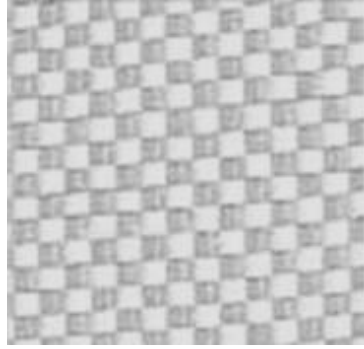
Bu çalışmada; el yatırması yöntemiyle üretilmiş CTP kompozit malzemenin kenar frezelenmesi işlemi ile elde edilen yüzey pürüzlülüğü sonuçları, varyans analizi yöntemi ile değerlendirilerek etkin parametreler belirlenmiştir.



*Şekil 1. Farklı endüstriyel alanlarda kullanılan CTP kompozit malzemeler*

## II. DENEY YÖNTEMİ

Deneylede 10 mm kalınlığında 14 katmanlı plakalar halinde hazırlanan CTP kompozit malzeme kullanılmıştır. Elyafıar arası açısı 90° olan CTP kompozit malzeme anizotropik yapıya sahiptir. Hasır biçiminde örölerek imal edilen CTP kompozit malzeme Şekil 2’de görölmeaktadır.



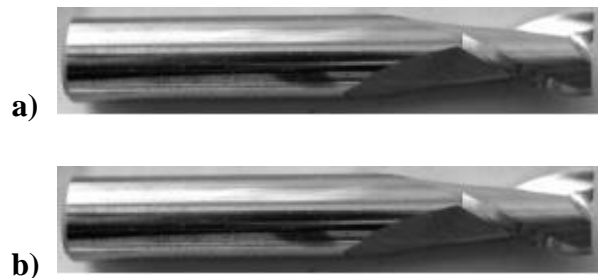
*Şekil 2. Hasır biçiminde örölmiř CTP kompozit plaka*

CTP kompozit malzemenin mekanik özellikleri ise Tablo 1’de verilmiştir.

*Tablo 1. CTP kompozit malzemenin mekanik özellikleri*

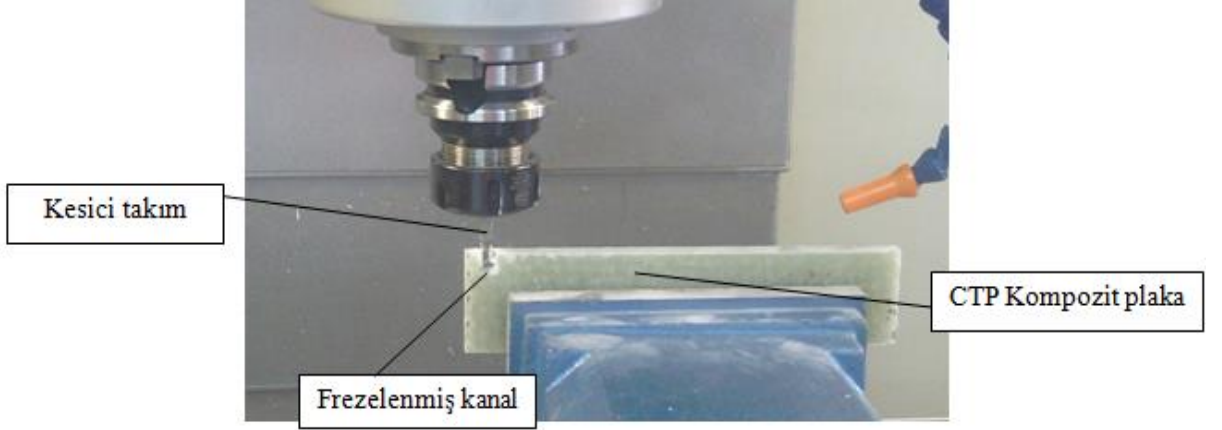
| Mekanik Özellik   | Deęer                    |
|-------------------|--------------------------|
| Eęilme mukavemeti | 480 N/mm <sup>2</sup>    |
| ekme modölü      | 26,470 N/mm <sup>2</sup> |
| ekme dayanımı    | 480 N/mm <sup>2</sup>    |
| Basma mukavemeti  | 196 N/mm <sup>2</sup>    |
| ekme uzaması     | % 1,7                    |
| Darbe dayanımı    | 150 kJ/m <sup>2</sup>    |

Deneylede kullanılan kesici takımlar; SECO kesici takım fırmasının VHM sementit karbürden serisinden seçilmiştir. İki ve dört ağız sayısına sahip kesici takımlar deneylede kullanılmıştır. Şekil 3’te 2 ve 4 ağızlı karbür parmak freze görölmeaktadır. Kesici takımlar düz uçlu olup 30° helis açısına sahiptirler [6,7].



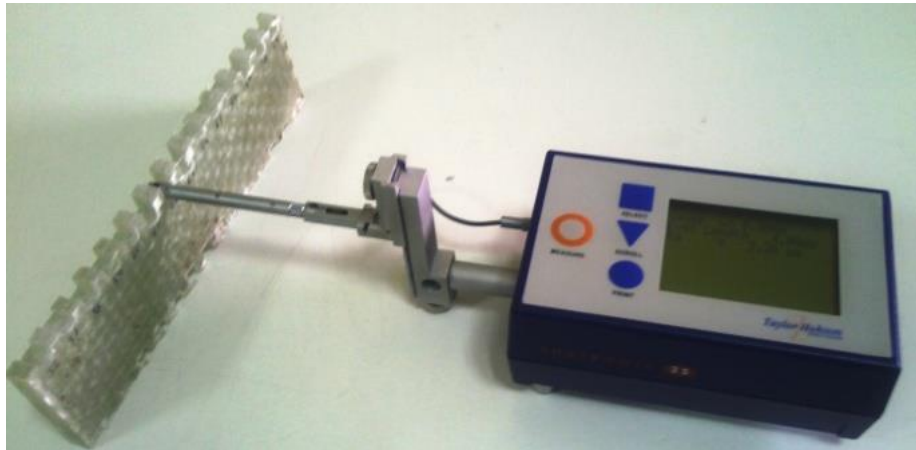
*Şekil 3. Karbür parmak freze a) 2 ağızlı, b) 4 ağızlı*

Deneylerde DELTA SEIKI CNC 1050 A, dik işleme merkezi kullanılmıştır. Deneyler, Şekil 4’te gösterildiği gibi 200x50x10 mm boyutlarında hazırlanan CTP kompozit plakalar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tezgâh mengenesine bağlanan CTP kompozit plakalar, 8 mm çapında 2 ve 4 ağız sayısına sahip olan kesici takımlar ile 3 ve 6 mm kesme derinliğinde kanallar açılmak suretiyle kenar frezelenmiştir. Kullanılan kesme parametreleri; 20 ve 60 m/dak, kesme hızları, 0,08 ve 0,12 mm/dev ilerleme değerleridir.



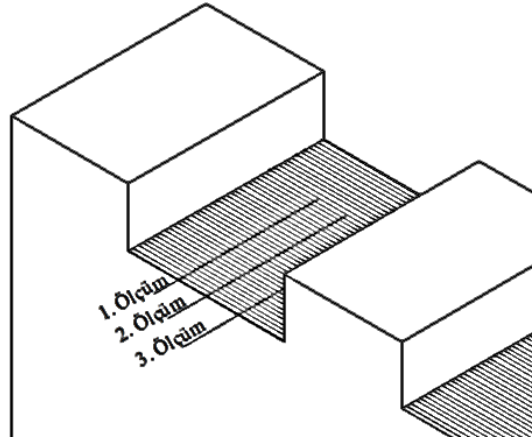
*Şekil 4. Deney düzeneği*

Şekil 5’te gösterilen Taylor Hobson Surtronic 25 markalı profilometre kullanılarak ortalama yüzey pürüzlülük değerleri ( $R_a$ ) elde edilmiştir. Ortalama yüzey pürüzlülük değerinin tespiti için ISO 4287/1 baz alınarak ölçümler yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçüm cihazında her ölçüm için, 0,8 mm ölçüm adımı (cut off) ile altı ölçüm yaptırılarak, toplam 4,8 mm ölçüm boyunda ortalama pürüzlülük değeri ölçülmüştür. Şekil 5’te yüzey pürüzlülüğü ölçümü gösterilmektedir.



*Şekil 5. Yüzey pürüzlülüklerinin ölçülmesi*

Her kanal için Şekil 6’ da görüldüğü gibi kanalın içinde birbirine paralel üç farklı bölgeden ölçüm yapılmıştır ve bulunan sonuçların ortalama pürüzlülük değerleri dikkate alınmıştır.



Şekil 6. Frezelenmiş kanalda yapılan yüzey pürüzlülüğü ölçümleri

### III. DENEY TASARIMI

Deney için işleme parametreleri; kesici takım ağız sayısı (2 ve 4 ağız), kesme hızı (V), ilerleme (f), kesme derinliği (a) olarak belirlenmiştir. CTP kompozit malzemenin freze ile kenar işlenmesinde kullanılan değişkenler ve seviyeleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Değişkenler ve seviyeleri

| Değişkenler        | Birim  | Seviye 1 | Seviye 2 |
|--------------------|--------|----------|----------|
| A- Ağız Sayısı     |        | 2        | 4        |
| B- Kesme Hızı      | m /dak | 20       | 60       |
| C- İlerleme        | mm/dev | 0,08     | 0,12     |
| D- Kesme Derinliği | mm     | 3        | 6        |

Tablo 2’de verilen değişkenler ve seviyeleri için Taguchi deney tasarımının  $L_{12}$  dikey dizinine göre işleme deneyleri yapılmıştır (Tablo 3).

Tablo 3.  $L_{12}$  dikey dizini gösterilmiştir

| Deney No | Değişkenler |   |   |   |
|----------|-------------|---|---|---|
|          | A           | B | C | D |
| 1        | 1           | 1 | 1 | 1 |
| 2        | 1           | 1 | 1 | 1 |
| 3        | 1           | 1 | 2 | 2 |
| 4        | 1           | 2 | 1 | 2 |
| 5        | 1           | 2 | 2 | 1 |
| 6        | 1           | 2 | 2 | 2 |
| 7        | 2           | 1 | 2 | 2 |
| 8        | 2           | 1 | 2 | 1 |
| 9        | 2           | 1 | 1 | 2 |
| 10       | 2           | 2 | 2 | 1 |
| 11       | 2           | 2 | 1 | 2 |
| 12       | 2           | 2 | 1 | 1 |

Deney tasarımı ve profilometre yardımı ile ölçülen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri Tablo 4'te sunulmuştur. Deney tasarımı ve istatistiksel analizler Minitab yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 4.** Deney tasarımı ve Ra değerleri

| <b>Deney No.</b> | <b>(A) Ağız Sayısı</b> | <b>(B) Kesme Hızı<br/>(m/dak)</b> | <b>(C) İlerleme Miktarı<br/>(mm/dev)</b> | <b>(D) Kesme Derinliği<br/>(mm)</b> | <b>Yüzey Pürüzlülüğü<br/>(Ra) (<math>\mu\text{m}</math>)</b> |
|------------------|------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|
| 1                | 2                      | 20                                | 0,08                                     | 3                                   | 3,73   |
| 2                | 2                      | 20                                | 0,08                                     | 3                                   | 3,73   |
| 3                | 2                      | 20                                | 0,12                                     | 6                                   | 3,00   |
| 4                | 2                      | 60                                | 0,08                                     | 6                                   | 3,12   |
| 5                | 2                      | 60                                | 0,12                                     | 3                                   | 3,60   |
| 6                | 2                      | 60                                | 0,12                                     | 6                                   | 3,28   |
| 7                | 4                      | 20                                | 0,12                                     | 6                                   | 2,38   |
| 8                | 4                      | 20                                | 0,12                                     | 3                                   | 2,96   |
| 9                | 4                      | 20                                | 0,08                                     | 6                                   | 3,48   |
| 10               | 4                      | 60                                | 0,12                                     | 3                                   | 2,66   |
| 11               | 4                      | 60                                | 0,08                                     | 6                                   | 2,14   |
| 12               | 4                      | 60                                | 0,08                                     | 3                                   | 2,22   |

#### IV. BULGULAR

Deney olarak elde edilen yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerlerinin istatistiksel analizi yapılmıştır. İşleme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü (Ra) üzerindeki etkilerinin varyans analizi (Analysis of Variance, ANOVA) elde edilmiştir. İstatistiksel analiz çalışmaları % 95 güven aralığı düzeyi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

Deney değişkenlerinin, yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etki seviyelerini belirlemek için yapılan varyans analizi (ANOVA) sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'te her değişkenin önem seviyesini gösteren F değerleri ve yüzde etki oranları (Percentage Contribution Ratio, PCR) sunulmuştur.

**Tablo 5.** Kesme parametrelerinin varyans analizi

| <b>Kaynak</b>      | <b>Serbestlik Derecesi<br/>(SD)</b> | <b>Kareler Toplamı<br/>(KT)</b> | <b>Kareler Ortalaması<br/>(KO)</b> | <b>F Değeri</b> | <b>P Değeri</b> | <b>Yüzde Etki Oranı (%)</b> |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| A- Ağız Sayısı     | 1                                   | 12,6889                         | 14,6796                            | 7,99            | 0,030           | 44,79                       |
| B- Kesme Hızı      | 1                                   | 3,1868                          | 3,6896                             | 2,01            | 0,206           | 11,25                       |
| C- İlerleme        | 1                                   | 0,0119                          | 0,0659                             | 0,04            | 0,856           | 0,04                        |
| D- Kesme Derinliği | 1                                   | 1,4141                          | 1,4141                             | 0,77            | 0,414           | 5,00                        |
| Hata               | 6                                   | 11,0278                         | 1,8380                             |                 |                 | 38,92                       |
| Toplam             | 10                                  | 28,3295                         |                                    |                 |                 | 100,00                      |

Tablo 5 incelendiğinde, yüzey pürüzlülüğü üzerinde en fazla öneme sahip değişken % 44,79 etki oranı ile ağız sayısıdır. Yüzey pürüzlülüğü üzerinde ikinci derece öneme sahip değişken % 11,25 etki oranı ile kesme hızıdır. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etki oranı ise % 5,00 olarak tespit edilmiştir. K. Palanikumar ve ekibinin yapmış oldukları delme işleminin yüzey kalitesi ile ilgili çalışmalarında, dört ağızlı kesici takım kullandıklarında en iyi yüzey kalitesini bulmuşlardır [8]. Yapılan çalışmada elde edilen verilerin daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarıyla uygunluk gösterdiği belirlenmiştir.

## V. SONUÇ

- Yapılan deneysel çalışma sonucu elde edilen veriler % 95 güven seviyesinde istatistiksel olarak incelenmiştir.
- Yüzey pürüzlülüğünü en fazla etkileyen parametre % 44,79 etki oranı ile kesici takım ağız sayısıdır. Onu % 11,25 etki oranı ile kesme hızı ve % 5,00 etki oranı ile kesme derinliği takip etmektedir.
- En düşük yüzey pürüzlülüğü; 4 ağızlı takım ile 60 m/dak kesme hızında, 0,08 mm/dev ilerleme, 6 mm kesme derinliğinde 2,14 µm olarak elde edilmiştir.
- Elyaf polimer kompozit malzemenin, malzemenin anizotropik yapısından ve üretimden kaynaklanan (hava boşluğu, yüzey hasarı vb.) kusurlardan dolayı kenar frezelenen yüzeylerde meydana gelebilen ölçüm hataları, toplam hata miktarını oluşturmaktadır.

## VI. KAYNAKLAR

- [1] W. F. Smith, *Principles of Materials Science and Engineering*, MacGraw-Hill, (1990).
- [2] M. Rahmanh, S. Ramakrishna, J.R.S. Prakash, D.C.G. Tan. *J. Mater. Process Tech.* **89–90** (1999) 292–297.
- [3] S. Jahanmir, M. Ramulu, P. Koshy, *Machining of Ceramics and Composites*, Marcel Dekker Inc. (2000).
- [4] M. Ramulu, C.W. Wern, J.L. Garbini, *Compos. Manuf.* **4(1)** (1993) 39–51.
- [5] E. Eriksen *Int. J. Mach. Tool Manuf.* **39(10)** (1999) 1611–1618.
- [6] M. Vijaya Kini, A.M. Chincholkar *Mater. Design* **31(7)** (2010) 3590–3598.
- [7] U. Heisel, T. Pfeifroth *Procedia CIRP* **1(2012)** 471 – 476.
- [8] K. Palanikumar, S. Prakash, K. Shanmugam *Mater. Manuf. Processes* **23(8)** (2008) 858–864.