

CAM ELYAF TAKVİYELİ PLASTİK KOMPOZİTLERİN FREZELENMESİNDE KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Erol KILIÇKAP^a, Yahya Hışman ÇELİK^b

^aDicle Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır,
E-Posta: ekilickap@dicle.edu.tr

^bBatman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Batman, E-Posta:
yahyahisman.celik@batman.edu.tr

Özet

Kompozit malzemelerin frezelenmesi yapılarının homojen olmamalarından, takviye elemanlarının aşındırıcı olmasından ve işlenmiş yüzeyde hasar oluşumundan dolayı oldukça komplekstir. Bu problemleri azaltmak amacıyla, bu çalışmada kesme parametreleri (kesme hızı ve ilerleme) ve takım malzemesinin cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozit malzemenin frezelenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneyle, kesme sıvısı kullanılmadan 31.4, 62.8 ve 94.2 m/dak kesme hızlarında, 0.05, 0.10 ve 0.15 mm/dev ilerleme değerlerinde ve HSS, TIN kaplı HSS ve Sementit karbür (SK) kesici takımlar kullanılarak gerçekleştirildi. En iyi yüzey kalitesi; yüksek kesme hızlarında, düşük ilerleme değerlerinde ve SK takım kullanılarak elde edildi.

Anahtar Kelimeler: İşlenebilirlik, CETP Kompozitler, Frezeleme, Yüzey pürüzlülüğü.

1. Giriş

Kompozit malzemeler çeşitli endüstrilerde geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Kompozit malzemeler arasında cam elyaf takviyeli plastik (CETP) kompozitler hafif olmaları ve aynı zamanda yüksek özgül dayanım, yüksek tokluk, kırılma dayanımı, iyi bir korozyon direnci ve iyi boyutsal özellikleri koruması gibi üstün özelliklerinden dolayı önemli ölçüde artan bir uygulama alanına sahiptir [1–3]. Bu malzemeler basınç altında kalıplama, vakum altında kalıplama, elle yatırma, reçine transfer yöntemi gibi yöntemler kullanılarak tek işlemde istenilen nihai forma yakın şekilde üretilebilmelerine rağmen tornalama, frezeleme, delik delme gibi ikincil işlemlere de sıklıkla ihtiyaç duyulmaktadır [3, 4]. Ancak, bu malzemeler anizotropik olduklarından talaşlı işleme özellikleri metal ve alaşımlarının talaşlı işlenmesinden oldukça farklıdır [5, 6]. Birincisi, bu malzemeler takviye elemanlarının oryantasyon/düzenlenmesinden dolayı fiberlerin kopması, matriste hasar oluşumu gibi olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmakta ve bu da yüzey kalitesini olumsuz etkilemektedir. İkincisi, kesici takım bu malzemelerin sertliğinden ve aşındırıcılığından dolayı hızlı bir şekilde aşınmaktadır. Aşınmış takımla yapılan talaşlı işlemede kesme kuvvetleri ve kesme bölgesindeki sıcaklık arttığından iyi bir yüzey elde edilememektedir [3, 7, 8].

CETP kompozitlerin talaşlı işlenmesi ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, bu malzemelerin frezelenmesi ilgili az sayıda çalışma olduğu ve ilk çalışmaların Hocheng, Puw ve Huang [9] tarafından yapıldığı görülmektedir. Hocheng ve ark. [9], 0°, 45° ve 90° diziliş açısına sahip % 60 karbon fiber takviyeli kompozit malzemeyi farklı kesme parametrelerinde frezeleme işlemine tabi tutarak çapak oluşumunu, yüzey kalitesini, kesme kuvvetini ve takım aşınmasını araştırmışlardır. Fiber dizilişinin yüzey pürüzlülüğü ve çapak üzerine ciddi bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Davim ve ark. [10], elle yatırma yöntemiyle üretilmiş iki farklı CETP kompozitin frezelenmesini araştırmışlardır. Davim ve ark., yaptıkları bu çalışmada istatistik yöntem kullanarak kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvveti, deformasyon faktörü, yüzey pürüzlülüğü ve ölçü tamlığı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Kesme kuvveti, deformasyon faktörü, yüzey pürüzlülüğü ve ölçü tamlığının kesme parametrelerinden önemli ölçüde etkilendiğini tespit etmişlerdir. Kesme kuvveti, deformasyon faktörü ve yüzey pürüzlülüğünün, ilerlemenin artması ile arttığını ve kesme hızının artması ile azaldığını belirlemişlerdir. Davim ve Reis [11], deney tasarım tekniğini kullanarak 16 tabakadan oluşan karbon fiber takviyeli plastik kompozit malzemeyi frezeleme işlemine tabi tutarak

yüzey pürüzlülüğü, deformasyon faktörü ve ölçü tamliğini araştırmışlardır. Erkan ve Işık [12], CETP kompozitlerin işlenmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Elle yatırma yöntemiyle üretilen ve hasır biçimindeki 14 tabakadan oluşan CETP kompozitin frezelenmesinde oluşan yüzey pürüzlülüğü üzerine farklı kesme hızı, ilerleme ve takım geometrisinin (2, 3 ve 4 ağız) etkilerini araştırmışlardır. König ve arkadaşları [13], fiber takviyeli plastik (FTP) kompozitlerin işlenebilirliğini delme, frezeleme, su jeti ve lazer kesme gibi işlemleri kullanarak araştırmışlardır. FTP kompozitlerin işlenmesinin birçok yönü ile metal işlemeden farklı olduğunu belirtmişlerdir. Azmi ve arkadaşları [3] Taguchi deney tekniğini kullanarak CFTP kompozitin işlenebilirliğini araştırmışlardır. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği gibi kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve kesme kuvveti üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır.

Bu konuda az sayıda araştırma yapıldığından, kesme parametrelerinin CETP kompozitlerin işlenebilirliği üzerine etkileri hala araştırma konusu olabilmektedir. Bu çalışmada, CETP kompozitlerin frezelenmesinde kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametreleri ve takım malzemesinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

2. Malzeme ve Metot

Bu çalışmada, elyaflar arası açısı 90° , örgü yoğunluğu $1,9 \text{ g/cm}^3$ olan hasır biçiminde 18 katmandan oluşan CETP kompozit malzeme (G10 EPGC 201) kullanılmıştır. G10 EPGC 201 cam elyaf takviyeli kompozit malzemenin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Elle yatırma yöntemiyle üretilmiş olan bu malzeme $500 \times 500 \times 10 \text{ mm}$ boyutlarında İzoreel firmasından temin edildi. Deneylerde maksimum devri 8000 d/dak ve iş mili gücü 15 kW olan HUMMER VMC–1000 CNC freze tezgâhı kullanıldı. Kesme derinliğinin yüzey pürüzlülüğünü önemli ölçüde etkilemediği [3] göz önünde bulundurularak kesme derinliği 2mm’de sabit tutulmuştur. Kesici takım ve kesme parametreleri değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneyler 10 mm çaplı, helis açısı 30° , talaş açısı 10° olan HSS (HSS-E DIN 844), TiN kaplı HSS (HSS-E DIN 844 TiN) ve sementit karbür (G9432100-1) takımlar ve DIN 6359 takım tutucu kullanılarak gerçekleştirildi. Deneylerde kullanılan kesme parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

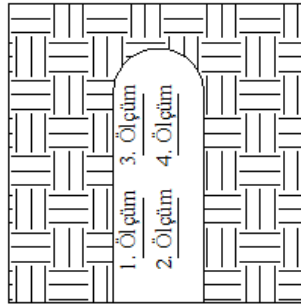
Tablo 1. G10 EPGC 201’in mekanik özellikleri.

<i>Parametreler</i>	<i>Değerleri</i>
Çekme dayanımı (N/mm^2)	300
Basma dayanımı (N/mm^2)	500
Eğilme dayanımı (N/mm^2)	400
Elastiklik modülü (N/mm^2)	20

Tablo 2. Kesme parametreleri ve değerleri.

<i>Parametreler</i>	<i>Değerleri</i>
Kesme hızı (m/dak)	31.4, 62.8 ve 94.2
İlerleme (mm/dev)	0.05, 0.10 ve 0.15

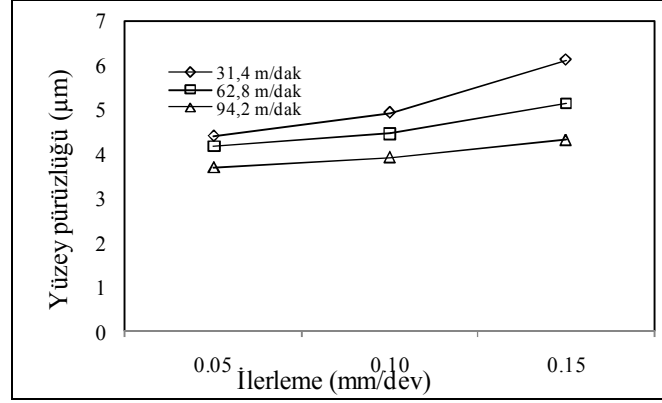
Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, Taylor-Hobson’s Surtronic 3+ yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde örnekleme uzunluğu (cut-off) 0.8 mm ve örnekleme sayısı 5 olarak seçilmiştir. Ölçme işlemi kanal eksenine paralel olarak yapılmış olup, işlenmiş yüzeylerden 4 adet ortalama yüzey pürüzlülük değeri (R_a) ölçülerek ortalaması alınmıştır (Şekil 1).



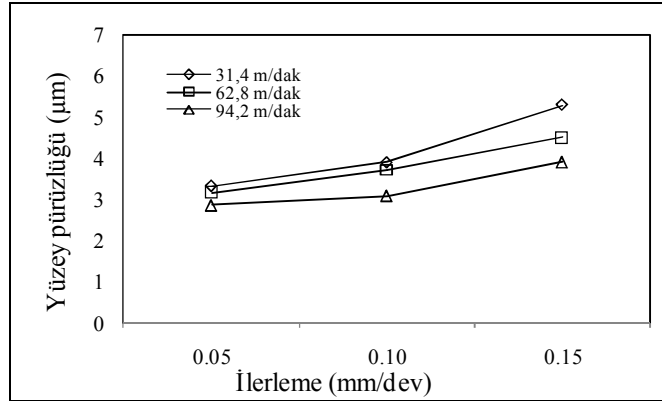
Şekil 1. Frezelenmiş kanalda yüzey pürüzlülük ölçümleri.

3. Sonuçlar ve Tartışma

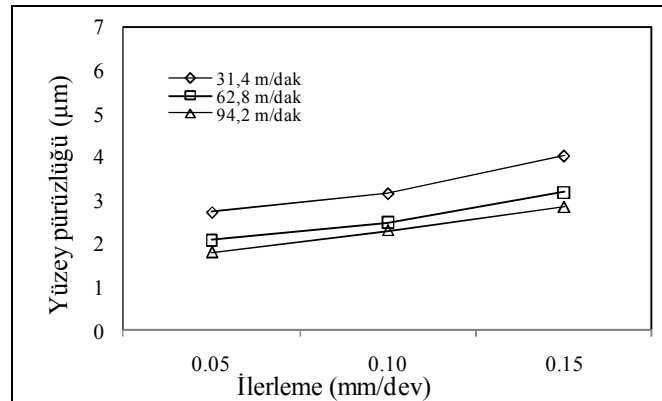
CETP kompozitin frezelenmesi sonucu oluşan yüzey pürüzlülük değeri iş parçası ölçü tamlığı ve yüzey kalitesinin uygun olmamasına neden olmaktadır. Frezeleme işleminde en iyi performansın elde edilmesi amaçlandığında, talaş kaldırmada kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametrelerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, kesme hızı ve ilerlemenin farklı takım malzemeleri kullanılarak yüzey pürüzlüğü üzerine etkilerini araştırmak üzere bir dizi deneyler yapıldı. Bu çalışmada yüzey pürüzlüğü değerlendirilmesi, kesme parametrelerine bağlı olarak kesici takımlardan elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin birbiri ile mukayesesi yoluyla yapılmıştır. Şekil 2 a, b ve c'de farklı kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin birbiri ile mukayesesi görülmektedir.



a) HSS



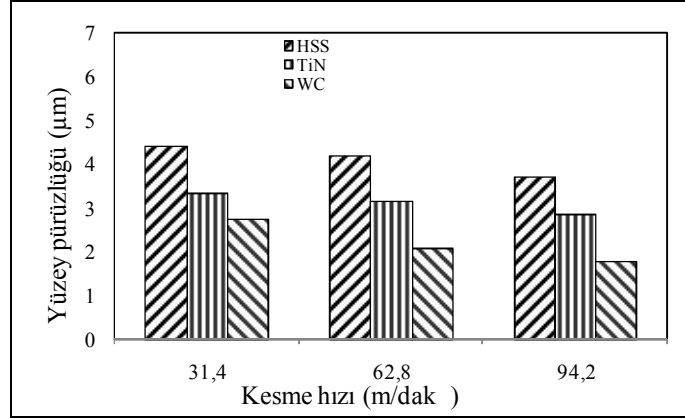
b) TiN kaplı HSS



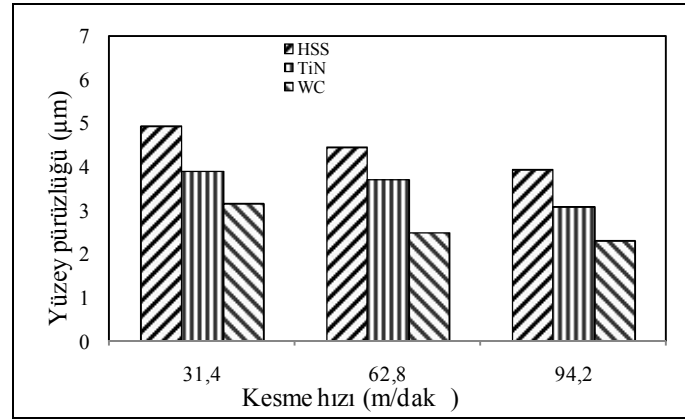
c) Sementit karbür (SK)

Şekil 2. Kesme parametrelerinin yüzey pürüzlüğü üzerine etkileri.

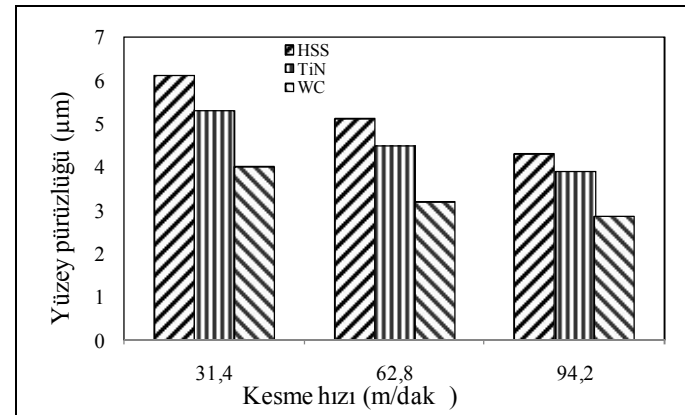
Şekil 2 a, b ve c'deki grafikler incelendiğinde her üç kesici takımında da, elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerleri artan kesme hızı ile azaldığı, artan ilerleme değerlerine bağlı olarak ise arttığı görülmüştür. Kullanılan tüm takımlarda en düşük yüzey pürüzlülük değeri 94.2 m/dak kesme hızı ve 0.05 mm/dev ilerleme değerlerinde 1.78 μ m elde edilirken en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 31.4 m/dak kesme hızı ve 0.15 mm/dev ilerleme değerinde HSS kesici takım ile 6.12 μ m olarak elde edilmiştir. Takım malzemesinin değişen kesme parametreleri ile yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri Şekil 3 a,b ve c'de görülmektedir.



a) İlerleme: 0.05 mm/dev



b) İlerleme: 0.1 mm/dev



c) İlerleme: 0.15 mm/dev

Şekil 3. Takım malzemesinin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi.

Yüzey pürüzlülük değerleri takım malzemesi bakımından incelendiğinde, sementit karbür takımlarla elde edilen sonuçlar HSS ve TiN kaplı HSS takımlarla elde edilen sonuçlardan daha düşük olduğu tespit edildi. En kötü yüzey kalitesi HSS takımlarla yapılan deneylerde olduğu görülmüştür. Bu durum, kompozit malzemenin aşındırıcılığından dolayı HSS takımların daha hızlı aşınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.Sonuç

Yapılan deneysel çalışmadan aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

—Kesme hızlarındaki artış sonucunda yüzey pürüzlülük değerinde bir azalma olmuştur.

—İlerleme değerindeki artış yüzey pürüzlülük değerinin artmasına neden olmuştur.

—Takım malzemesinin sertliğinin yüzey kalitesini önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Sonuç olarak, CETP kompozitlerin frezelenmesinde iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için kesme hızının büyük ilerleme değerinin düşük seçilmesi ve sert takımların kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] ASM Handbook Volume: 21 Composites, Printed in USA, 27-34, 940, 951(2002).

[2] Palanikumar, K., Davim, J.P., Mathematical model to predict tool wear on the machining of glass fiber reinforced plastic Composites, *Materials&Design*, 28(7), 2007, 2008-2014.

[3] Azmi, A.I., Lin, R.J.T., Bhattacharyya, D., Machinability study of glass fibre-reinforced polymer composites during end milling, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2012, DOI 10.1007/s00170-012-4006-6.

[4] Park, J.N., Cho, G.J., A Study on the cutting characteristics of the glass fiber reinforced plastics by drill tools, *Int. J. Precision Eng. And Manuf.*, 8, 2007, 11-15.

[5] Işık, B., Ekici, E., Experimental investigation of damage analysis in drilling of woven glass fiber-reinforced plastic composites. *Int. J. Adv. Manu. Technol.* 49, 2010, 861-869.

[6] Khashab, U.A., Delamination in drilling GFR-thermoset composites, *Composite structures*, 63(3-4), 2004, 313,327.

[7] Bhatnagar, N., Nayak, D., Singh, I., Chouhan, H., Mahajan, P., Determination of machining induced damage characteristics of fiber reinforced plastics composite laminates, *Mater. Manuf. Process*, 19(6), 2004, 1009–1023.

[8] Sheikh-Ahmad, J., Sirdhar, G., Edge trimming of CFRP composites with diamond coated tools: edge wear and surface characteristics. In: *SAE General Aviation Technology Conference and Exhibition*, Wichita, Kansas, 2002.

[9] Hocheng, H., Puw, H.Y., Huang, Y., Preliminary study on milling of unidirectional carbon fibre-reinforced plastics, *Compos. Manuf.*, 4(2), 1993, 103–108.

[10] Davim, J.P., Reis, P., Antonio, C.C., A study on milling of glass fiber reinforced plastics manufactured by hand-lay up using statistical analysis (ANOVA), *Compos. Struct.*, 64(3–4), 2004, 493–500.

[11] Davim, J.P., Reis, P., Damage and dimensional precision on milling carbon fiber-reinforced plastics using design experiments, *J. Mater. Process. Technol.*, 160(2), 2005, 160–167.

[12] Erkan, Ö., Işık, B., Cam elyaf takviyeli plastik kompozit malzemenin işlenmesi esnasında kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Karabük, 13-15 MAYIS 2009, 1414-1419.

[13] König, W., Wulf, Ch., Grab, P., Willerscheid, H., Machining of fibre Reinforced Plastics, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 34(2), 1985, 537–548.