

Karbon elyaf takviyeli plastik kompozitlerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etki eden parametrelerin araştırılması

Erol KILIÇKAP^{*1}, Yahya Hışman ÇELİK², Ahmet YARDIMEDEN¹

¹ Dicle Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır

² Batman Üniversitesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Batman

Makale Gönderme Tarihi: 28.06.2016

Makale Kabul Tarihi: 30.09.2016

Öz

Karbon elyaf takviyeli plastik (KETP) kompozitler özellikle uzay ve havacılık başta olmak üzere birçok mühendislik uygulamalarında yaygın olarak kullanılan malzemelere alternatif olarak geniş ölçüde kullanım alanı bulmaktadır. Bu kompozit malzemelerin çeşitli amaçlarla kullanımından dolayı tornalama, frezeleme, delik delme gibi ikincil işlemlere de ihtiyaç duyulmaktadır. KETP kompozitlerin tornalanmasında oluşan yüzey pürüzlülüğü kesici takım malzemesi ve geometrisinden, işleme parametrelerinden, tezgâhın rijitliğinden, oluşan titreşimden, elyaf hasarı ve elyaf kopmasından etkilenmektedir. Ayrıca, takım aşınması da talaşlı işlemede çok önemli konulardandır. Takım aşınması takım ömrü, yüzey kalitesi ve üretim maliyetini doğrudan etkilemektedir. Takım aşınması iş parçası yüzey kalitesi ve iş parçasının toleranslar içerisinde üretilmesini de etkilemektedir. Bu çalışmada, KETP kompozitlerin TiAlN PVD kaplı takımla kuru tornalanmasında dönme devri ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerine etkileri araştırılmıştır. Dönme devrindeki artış yüzey pürüzlülük değerinin iyileşmesine neden olurken ilerlemenin artması ile kötü bir yüzey elde edilmiştir. Kesici takım, tornalama zamanına bağlı olarak ilk başlarda hızlı aşınırken belirli bir aşınma değerinden sonra aşınma daha yavaş olmuştur.

Anahtar Kelimeler: KETP; Tornalama; Takım Aşınması; Yüzey Pürüzlülüğü;

Giriş

Uzay, havacılık ve otomotiv uygulamalarında kullanılan malzemeler son zamanlarda önemli ölçüde değişmektedir. Bu malzemeler arasında başta cam elyaf ve karbon elyaf takviyeli plastik kompozitler olmak üzere kompozit malzemelerin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Metallerle göre daha hafif olmaları ve aynı zamanda yüksek özgül dayanım, yüksek tokluk, kırılma dayanımı ve iyi boyutsal özellikleri koruması vb. gibi özelliklerinden dolayı karbon elyaf takviyeli plastik (KETP) kompozitlerin kullanımı tercih sebebi olmaktadır. Uzay havacılık ve yüksek hız gerektiren uygulamalarda bu özellikler sistemin çok verimli ve yüksek performanslı olmasına olanak sağlar. Örneğin KETP kompozitler makine konstrüksiyonlarında aynı performans için çelikten beş kat daha hafiftirler. Buna ek olarak ısıl genleşme katsayılarının sıfıra yakın olmasından dolayı, KETP kompozitlerin son derece hassas optik tezgâh ve boyutsal olarak kararlı anten tasarımında kullanılmasına olanak tanımaktadır (Rajasekaran vd., 2012; Walsh, 2001; Kılıçkap vd., 2013; Palanikumar vd., 2008).

Mühendislik malzemeleri içinde hızla önemi artmakta olan KETP kompozitler basınç altında kalıplama, vakum altında kalıplama, elle yatırma, reçine transfer yöntemi gibi yöntemler kullanılarak tek işlemden istenilen nihai form elde edilecek şekilde üretilebilirler. Günümüzde kompozit malzemelerin çeşitli amaçlarla kullanımından dolayı tornalama, frezeleme, delik delme gibi ikincil işlemlere de ihtiyaç duyulmaktadır (Park ve Cho, 2007).

Tornalama çoğu endüstriyel üretim işlemlerinde birincil işleme operasyonu olarak düşünülmektedir. Tornalama işleminde, kesici takım ve iş parçası arasındaki etkileşimden dolayı takım aşınması ve yüzey pürüzlüğü gibi bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Takım aşınması doğrudan takım ömrünü ve işlenen parçanın yüzey kalitesini, yüzey pürüzlüğü ise

makine parçalarının aşınma direnci, yorulma davranışı, yağlama özelliği, aşınma oranı ve korozyona karşı direnci etkilemektedir. İş parçasının istenen tolerans ve yüzey kalitesinin sınırları içerisinde tutulabilmesi için işleme parametrelerinin uygun bir şekilde tespit edilmesi önem arz etmektedir (Davim, 2008; Wang ve Feng, 2002).

Elyaf takviyeli kompozitler mükemmel performans özelliklere sahip olmalarına rağmen, bu malzemeler anizotropik ve homojen olmamalarından dolayı talaşlı işlenmesi karmaşıktır ve bazı problemlerle karşılaşmaktadır. Bu malzemelerin işlenmesinde deformasyonun sebep olduğu yüzey hasarları, yüzey çatlakları, elyaf kopmasından dolayı iş parçasının boyutsal hataların olması, düşük ısı iletim katsayısının kesici takım sıcaklığını hızlı bir şekilde artmasına sebep olması, aşındırıcı ve sert takviye elemanının varlığından dolayı hızlı takım aşınması gibi büyük zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu sebeple, kompozit malzemelerin işlenmesinde kesici takım ve kesme parametrelerinin seçimi oldukça önemlidir (Koplev vd., 1983; Malhotra, 1990; Arola vd., 1996).

Yardımeden (2016) cam fiber takviyeli kompozit malzemenin tornalanması isimli çalışmada kesme parametrelerinin ve takım uç yarıçapının kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada ilerleme oranının artması ile kesme kuvvetlerinin arttığını kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin düştüğünü bildirmiştir. Yüzey pürüzlüğünün artan ilerleme ile kötüleştiğini artan kesme kuvveti ile de iyileştiğini tespit etmiştir. Yine bu çalışmada takım uç yarıçapının artması ile kesme kuvvetlerinin ve yüzey pürüzlüğünün düştüğü belirtilmiştir.

Rajasekaran vd. (2013) yaptıkları çalışmada CFRP kompozitlerin tornalanmasında yüzey pürüzlüğü üzerine etki eden kesme hızı, ilerleme

ve kesme derinliği gibi kesme parametrelerinin etkilerini CBN kesici takım kullanarak araştırılmışlardır. Onlar Taguchi metodunu kullanarak yüzey pürüzlülüğüne etki eden parametrelerin değerlerini tespit etmişlerdir. En düşük yüzey pürüzlülüğü değerlerini düşük ilerleme ve yüksek kesme hızında elde etmişlerdir.

Talaşlı işlemede elyaf takviyeli kompozit malzemenin davranışı fiber ve matris özelliğine, fiber oryantasyonuna ve matris ve fiber oranına bağlıdır (Bhatnagar vd., 1995). SakumaandSeto (1983). Onlar cam fiber takviyeli plastik kompozitin işlenebilirliğini takım aşınması, kompozit malzemenin kesme direnci ve yüzey pürüzlülüğünü ölçerek belirlemeye çalışmışlardır. Elyaf sarım açısının hem yüzey pürüzlülüğünü hem de takım aşınmasını etkilediklerini belirlemişlerdir.

Bu çalışmada, KETP kompozitlerin tormalanmasında kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametrelerinin farklı kombinasyonlarının takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri araştırılmıştır.

Deneyel Çalışma

Deneylerde Kullanılan Malzeme

Deney malzemesi olarak uzay ve havacılık uygulamalarında yaygın olarak kullanılan KETP kompozit çubuklar seçildi. KETP kompozit çubuğun çapı 16 mm boyu ise 1000 mm dir. Bu kompozit çubuklar hacimsel olarak % 65 karbon elyaf (tenax 40 24k 1600 tex) ve %25 reçine (vinylepoxy) kullanılarak üretilmiştir. Karbon elyaf ve KETP kompozit malzemenin bazı özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Karbon elyaf ve KETP kompozitin bazı özellikleri

Parametreler	Karbon Elyaf	KETP
Çekme dayanımı, Mpa	4000	2080
Basma dayanımı, Mpa	-	1450
Elastisite Modülü, Gpa	240	145
Yoğunluk, g/cm ³	1.75	1,51

Deneylerde Kullanılan Tezgâh ve Cihazlar

Talaş kaldırma deneyleri Batman Üniversitesi mühendislik- Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümünde bulunan Jetco marka JML-3010Y model torna tezgâhı kullanılarak yapılmıştır. Deneylerde yüzey pürüzlük değerlerini ölçmek için Time brand TR 200 model yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılmıştır. Ölçümlerde örnekleme uzunluğu (cut-off) 1.25 mm olarak seçilmiştir. Ölçme işlemi KETP kompozit çubuğun eksenine paralel olarak yapılmış olup, işlenmiş yüzeylerden 4 adet yüzey pürüzlük değeri (Ra) ölçülerek ortalaması alınmıştır. KETP kompozitin tormalanması sırasında kesici takımında oluşan serbest yüzey aşınması NADE marka NMM-800TRF model optik mikroskop kullanılarak ISO 3685 standardına göre belirlenmiştir.

Deneylerde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

KETP kompozitin tormalanmasında kesici takım olarak, ZCC.CT kesici takım firmasından temin edilmiş TiAlN PVD kaplamalı sert karbür takımlar ve yaklaşık açısı 93° olan MBC marka MTJNR 20x20 K16 takım tutucu kullanılmıştır. Keme parametreleri olarak Tablo 2.'de verilen değerler seçilmiştir.

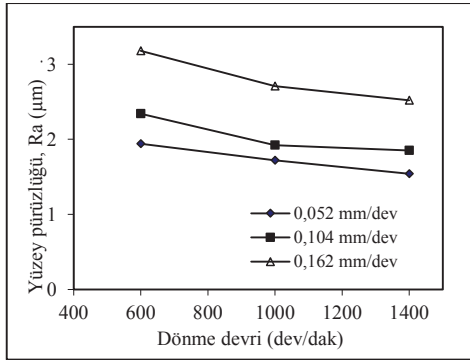
Tablo 2. Kesme parametreleri ve değerleri

Parametreler	Değerleri
Dönme devri (dev/dak)	600, 1000 ve 1400
İlerleme (mm/dev)	0.052, 0.104 ve 0.162

Deneyel Sonuçlar ve Tartışma

Kompozitler büyük ölçüde nihai form elde edilecek şekilde üretilmesine rağmen, yine de montaj amaçlı nihai boyuta getirmek için bazı ikincil işleme ihtiyaç duyulmaktadır. Kompozit malzemeler çeşitli kullanım amaçlarından dolayı tormalama gibi talaşlı bir işleme tabi tutulmaktadır. Kompozit malzemelerin talaşlı işlenmesi farklı yüzey hasarlarına neden olabilmektedir. İşlenmiş yüzeyde boşluklar, kırılmış alanlar, makro çatlaklar ve işleme

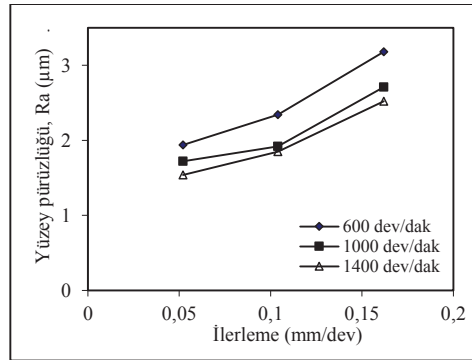
yönüne paralel kısa ve uzun oluklar oluşmaktadır. Bu hasarlar iş parçasının özelliklerinde bir kötüleşmeye yol açmaktadırlar. Kesme ve beraberindeki farklı hasar mekanizmaları birçok yönden yüzey kalitesini etkiler. KETP kompozitlerin tormalanmasında oluşan yüzey pürüzlülüğü kesici takım malzemesi ve geometrisinden, işleme parametrelerinden, tezgâhın rijitliğinden, oluşan titreşimden, elyaf hasarı ve kopmasından etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü yorulma ve korozyon direnci bakımından hayati bir öneme sahiptir. Bu nedenle, iş parçalarının ölçü tamlığını sağlamak bakımından daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip yüzeyler elde etmek oldukça önemlidir. Tormalama işleminde en iyi performansın elde edilmesi amaçlandığında, kesme parametrelerinin dikkatli bir şekilde seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, talaş derinliği sabit tutularak kesme hızı ve ilerlemenin yüzey pürüzlülüğü üzerine etkilerini araştırmak üzere bir dizi deney yapıldı. Bu çalışmada, yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmesi kesme parametrelerine bağlı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin birbiri ile mukayesesi yoluyla yapılmıştır. Şekil 1 dönme devri ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 1. Yüzey pürüzlülüğü üzerine dönme devrinin etkisi

Şekil 1'de dönme devrinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu

görülmektedir. Sabit ilerleme değerinde, dönme devri arttığında yüzey pürüzlülüğünde bir azalma oluğu görülmüştür. 0,162 mm/dev sabit ilerleme değerinde, dönme devrinin 600 dev/dak'dan 1400 dev/dak'ya artması ile yüzey pürüzlülüğü 3,18 µm'den 2,52µm'ye düşmüştür. Bu durumu, Sarma vd. (2009) yüksek kesme hızlarında fiber çıkıntılarının düzgün bir şekilde kesilmesi sonucu daha iyi bir yüzey elde edilmesi olarak açıklamaktadırlar. Bir dereceye kadar, dönme devri artırılarak yüzey pürüzlülüğü düşürülebilir. Bununla birlikte, takım ve iş parçası arasındaki yüzey sürtünmesi sonucu ortaya çıkan ısı, matris malzemesinin yumuşamasına sebep olmakta ve bu da deformasyonun artmasına ve yüzey pürüzlülüğünün kötüleşmesine neden olmaktadır (Palanikumar, 2006). Şekil 2 ilerleme ve yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi göstermektedir. İlerleme yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli kesme parametresidir. İlerlemenin artması yüzey pürüzlülüğünün kötüleşmesine neden olmuştur. İlerlemedeki artış ısı üretimini artırır bu da takımın aşınmasının artmasına ve dolayısıyla işlenen yüzeyin kalitesinin kötüleşmesine neden olur.

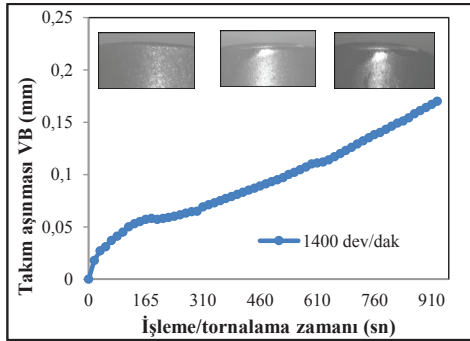


Şekil 2. Yüzey pürüzlülüğü üzerine ilerlemenin etkisi

Takım aşınması talaşlı işlemede çok önemli konulardan biridir. Takım aşınması takım ömrü,

Karbon elyaf takviyeli plastik kompozitlerin tornalanmasında yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasına etki eden parametrelerin araştırılması

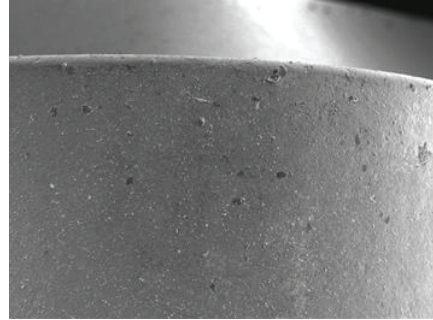
yüzey kalitesi ve üretim maliyetini doğrudan etkilemektedir. Takım aşınması iş parçası yüzey kalitesi ve iş parçasının toleranslar içerisinde üretilmesini de etkilemektedir. Elyaf takviyeli plastik kompozitlerin talaşlı işlenmesi plastik deformasyon, kesme ve eğme gibi kesme mekanizmalarından oluşmaktadır. Bu mekanizmaların varlığı liflerin dayanımı, oryantasyon açısı ve tokluğuna bağlıdır (Palanikumar, 2006). Polimer matrisi içinde karbon elyaf, kompozit malzemenin sertlik ve mukavemetini artırır. KETP kompozit malzemelerin işlenmesinde oluşan takım aşınması KETP kompoziti oluşturan matris malzemesi emdirilmiş sert karbon elyaf ile kesici takım arasındaki sürtünmeden dolayı oluşmaktadır. Bu malzemelerin işlenmesinde oluşan aşınma tipi serbest yüzey aşınmasıdır. KETP kompozitin 1400 dev/dak dönme hızı ve 0.162 mm/dev ilerleme değerinde tornalanması sonucu kesici takımda oluşan aşınmanın zamana bağlı değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



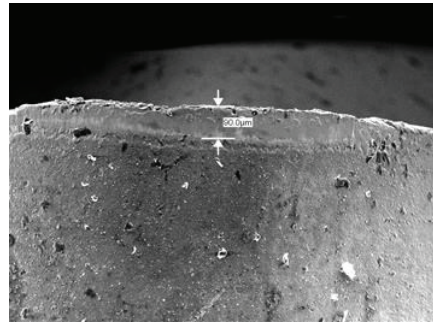
Şekil 2. Takım aşınmasının işleme zamanına bağlı değişim grafiği (ilerleme:0.162 mm/dev)

Malzemelerin talaşlı işlenmesinde kesici takımlarda oluşan aşınma başlangıç, kararlı aşınma ve aşırı aşınma bölgesi olarak üç bölgeden oluştuğu bilinmektedir. Şekil 2’den 0.065 mm aşınmaya karşılık gelen kısımda kesici takım aşırı hızlı aşınarak başlangıç aşınma bölgesini (~180 sn) geriye kalan kısımda ise daha yavaş bir şekilde aşınarak kararlı

aşınma bölgesini oluşturduğu görülmektedir. Şekil 3 bu çalışmada kullanılan TiAlN PVD kaplamalı sert karbür takımın SEM görüntülerini gösterir. Şekil 3-a kullanılmamış kesici takıma ait SEM görüntüsü Şekil 3 b’de ise aşınmış takıma ait SEM görüntüleri görülmektedir. Şekil 3 b’de kesici takım üzerine yapışmış fiber parçacıkları da görülebilmektedir.



a) Kullanılmamış takım



b) Aşınmış takım

Şekil 3. Kesici takıma ait SEM görüntüleri

Sonuçlar

Bu çalışmada, TiAlN PVD kaplamalı sert karbür takım kullanılarak KETP kompozitlerin tornalanmasında dönme devri ve ilerleme gibi kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

-Kesme parametrelerinin değişmesi yüzey pürüzlülüğünün değişmesine neden olmuştur. Dönme devrindeki artış sonucunda yüzey pürüzlülük değerinde bir azalma olmuştur. İlerlemenin artması yüzey pürüzlülüğünün kötüleşmesine neden olmuştur.

Kesici takım tormalama zamanına bağlı olarak ilk başlarda hızlı aşınarak başlangıç aşınma bölgesini oluşturmuş, daha sonra aşınma kararlı hale gelmiştir.

Sonuç olarak, KETP kompozitlerin tormalanmasında iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için dönme devrinin büyük ilerleme değerinin düşük seçilmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Arola D., Ramulu M., Wang D. H., (1996). Chip formation in orthogonal trimming of graphite/epoxy composite, *Composites-A*, 27, 121-33.
- Bhatnagar N., Ramakrishnan N., Naik N.K., Komanduri R., (1995). On the machining of fiber reinforced plastic (FRP) composite laminates, *Int. J. Mach. Tools Manuf.* 35, 701-716.
- Davim J.P., Gaitonde V.N., Karnik S.R., (2008). Investigations into the effect of cutting conditions on surface roughness in turning of free machining steel by ANN models, *J. Mater.Process. Technol.*, 205, 16 – 23.
- Kılıçkap E., Yardımeden A., Çelik Y.H., (2015). Investigation of experimental study of end milling of CFRP composite, *Science and Engineering Composite Materials*; 22(1): 89-95.
- Koplev K., Lystrup A., Vorm T., (1983). The cutting process, chip, and cutting force in machining CFRP, *Composites*, 14, 371-6.
- Malhotra S.K., (1990). Some studies on drilling of fibrous composites, *J. Mater. Process. Technol.*, 24, 291-300.
- Palanikumar K., Karunamoorthy L., Karthikeyan R., (2006). Assessment of Factors Influencing Surface Roughness on the Machining of Glass Fiber-Reinforced Polymers Composites, *Materials and Design*, 27(10), 862-871.
- Palanikumar K., Mata F., Davim J. P., (2008). Analysis of surface roughness parameters in turning of FRP tubes by PCD tool, *J. Mater. Process. Technol.*, 204, 469-474.
- Park J.N., Cho G.J., (2007). A Study on the Cutting Characteristics of the Glass Fiber Reinforced Plastics by Drill Tools, *I. J. Precision Eng. And Manuf.*, Vol: 8, pp: 11-15.
- Rajasekaran T., Palanikumar K., Vinayagam B.K., (2012). Experimental investigation and analysis in turning of CFRP Composites, *Journal of Composite Materials*, 46(7) 809-821.
- Rajasekaran T., Palanikumar K., Arunachalam, S., (2013) Investigation on the Turning Parameters for Surface Roughness using Taguchi Analysis, *Procedia Engineering*, 51, 781-790.
- Sakuma K., Seto M., (1983). Tool wear in cutting glass-fiber-reinforced plastics. The relation between fiber orientation and tool wear, *Bull. JSME* 26, 1420-1427.
- Sarma P.M.M.S., Karunamoorthy L., Palanikumar K., (2009). Surface roughness parameters evaluation in machining GFRP composites by PCD tool using digital image processing, *J. Reinforced Plast.Compos.*, 28 (13), 1567-1585.
- Walsh P.J., 2001, Carbon fibers, in: Brown J. (Eds), *ASM Handbook Volume 21 Composites*, ASM International, OH, pp 35-40.
- Wang X., Feng C.X., (2002). Development of Empirical Models for Surface Roughness Prediction in Finish Turning, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, 20, 348 – 356.
- Yardımeden A., (2016). Investigation of optimum cutting parameters and tool radius in turning glass-fiber-reinforced composite material, *Science and Engineering Composite Materials*; 23 (1), 85-91.