

KAPLAMALI VE KAPLAMASIZ SEMENTİT KARBÜR TAKIMLAR İÇİN TAKIM ÖMRÜ MODELİ'NDEKİ "n" ÜSTEL DEĞERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI

Derya ULUĞ^{a,*}, Hakan DİLİPAK^b

^{a,*} Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Bölümü
Tel: 0-312-2028686 deryaulug@mynet.com Ankara/TÜRKİYE

^{b,*} Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü
Tel: 0-312-2028686 hdilipak@gazi.edu.tr Ankara/TÜRKİYE

Özet

Bu çalışmada, AISI 1050 malzemesinin tornalanması esnasında, SNMG formundaki kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımların ömürleri araştırılmıştır. Yapılan deneylerle Taylor takım ömrü modelindeki "n" üstel değeri belirlenmiştir. Deneyler, dört farklı kesme hızı (315, 350, 390 ve 450 m/dak), 0.25 mm/dev sabit ilerleme hızı ve 2.5 mm sabit kesme derinliğinde kuru kesme şartlarında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, Taylor takım ömrü modelindeki "n" üstel değeri, "C" sabiti, yan kenar aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri araştırılmıştır. Taylor takım ömrü modeline göre "n" üstel değerinin hesaplanması için grafik yöntemi ile Kesme hızı – Takım ömrü (Log V - Log T) grafiği çizilerek matematiksel hesaplamalar yapılmıştır. Deneylerde, TS 10329 referans alınmıştır. Sonuç olarak, kaplamalı ve kaplamasız takımlar için "n" üstel ve "C" sabiti hesaplanmıştır.

Anahtar Kelime: Taylor takım ömrü modeli, n üstel değeri, Yan kenar aşınması.

Giriş

Takım ömrü, üretim maliyetini, iş önemiyetini ve hassasiyetini önemli derecede etkilemektedir. Talaş kaldırma işlemi iki metalin birbiriyle teması esasına göre gerçekleştiği dikkate alındığında, takım aşınması kaçınılmaz bir durumdur. Kesme işlemi, sert olan takımın daha az sert olan takımı aşındırması şeklinde olduğundan, aşınmış bir takım özelliğini kaybedecektir. Kesici takım belirli bir aşınma değerine ulaştıktan sonra, kesme işlemi kötü şartlarda gerçekleşecek ve dolayısıyla üründe beklenmeyen durumlar ortaya çıkacaktır. Bu bağlamda, kesici takım ömrünün bilinmesi ve aşınma işleminin gerçekleştiği anda yeni bir kesici takımla talaş kaldırma işlemine devam edilmesi son derece önemlidir.

Takım aşınmasının en aza indirilmesi için uygun kesme parametrelerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Kesme parametrelerinin ve işleme koşullarının doğru seçilmesi takım ömrünü arttıracığından işleme verimliliğini de arttıracaktır. Bu sebeple, takım ömrüne bağlı olarak uygun kesme hızı için, takım ömrüne ait grafik ve eşitliklerden yararlanılmaktadır. Takım ömrünü tayin etmede en yaygın kullanılan modellerin başında Taylor modeli gelmektedir. Eşitlik 1'de gösterilen Taylor'un takım ömrü modelinde, "n" üstel değerinin bilinmesi gerekmektedir.

$$C=V \times T^n \quad (1)$$

Takım ömrü ve takım aşınmasının incelenmesi amacıyla birçok araştırma yapılmıştır. Er tarafından, PVD kaplamalı alimünyum oksit ve titanyum karbo-nitrür tabakalı seramik, PCBN, CVD TiN-TiCN-Al₂O₃ kaplamalı sert metal, PVD kaplamalı sermet, PVD TiN kaplamalı sert metal, kaplamasız sert metal, kaplamasız sermet takımlarla, sertleştirilmiş çelikler işlenerek "n" üstel değeri hesaplanmıştır [1]. Özdemir ve Çakır, kesici takım geometrisinin ve kesme parametrelerinin başlangıç aşınmasına olan etkilerini incelemiştirler [2]. Sayit tarafından küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi gerçekleştirilmiştir [3]. Benzer bir çalışmada ise Şan, orta karbonlu vanadyum mikroalaşım (38MnVS5) çeliğini kullanmış ve takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir [4]. Diğer bir çalışma da ise Ashby ve arkadaşları, tornalama işleminde

seramik takımlarla östemperlenmiş dökme demirleri işleyerek takım aşınması ve takım ömrünü belirlemeye çalışmışlardır [5]. Yine torna tezgâhında, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrünün belirlenerek matematiksel bir modelin oluşturduğu bir çalışma İşbilir tarafında yapılmıştır [6]. Motorcu, Ç1050 ve Ç4140 çeliklerinin kaplamasız ve kaplamalı seramik kesici takımlarla işlenmesinde, kesme parametreleri ile iş parçası ve takım sertliklerinin, takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini araştırmıştır [7]. Yalçinkaya, PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelemiştir [8]. Kesici takım ömrünü attırmak için yeni bir yaklaşım sunan Choudhury ve Appa Rao, uygun kesme parametrelerini belirleyerek takım ömrünü arttırmaya yönelik bir çalışma yapmışlardır [9]. Tomac ve Tonnessen, yaptıkları çalışmada, SiC takviyeli Al esaslı kompozit malzemenin tornalama metoduyla işlenmesinde takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğünü incelemiştir. Çalışmalarında çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kaba işlemede ve PCD kesici takımlar ise bitirme işleminde kullanarak iki takımın takım ömürlerini karşılaştırmışlardır [10]. Koçak tarafından GGG 90 küresel grafitli dökme demir malzemesi ile K10/20 kalitede kaplamasız sementit karbür, K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış sementit karbür, K05/10 kalite PVD yöntemiyle kaplanmış sermet ve K10/20 kalite CVD yöntemiyle kaplanmış seramik takımlar kullanılmışlardır. Çalışmasında, takım aşınması, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü açısından işlenebilirliği incelenmiştir [11]. Parlak tarafından, çelik talaş takviyeli dökme demir kompozitleri kullanılarak takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü için matematiksel modeller oluşturulmuştur [12]. Franc ve arkadaşları, AISI 8620 çeliği ile TiN kesici ucun krater aşınmasını deneysel olarak incelemiştir. TiN kaplı kesici ucun krater aşınmasına karşı daha dayanıklı olduğu ve takım ömrünün uzadığı görülmüştür [13]. Nouari ve arkadaşları, alüminyum bakır alaşımının (2024) kaplamasız sementit karbür kesici takımla işlenmesinde takım aşınma davranışlarını incelemiştir [14]. Genel olarak takım ömrü ve takım aşınması, öneminden dolayı bir çok araştırmaya konu olmuş ve olmaya da devam edecektir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, “n” üstel değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, AISI 1050 iş parçası malzemesinden, kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlarla, sabit talaş derinliği ve sabit ilerleme oranı ve 4 farklı kesme hızı kullanılarak talaş kaldırılmıştır. Talaş kaldırma işlemi kesici takımların yan kenar aşınması (V_B) 0.3 mm'ye ulaşıncaya kadar gerçekleştirilmiştir. Kesici takım bu aşınma miktarına ulaşması ile elde edilen veriler modellenmiş ve neticede “n” üstel değeri hesaplanmıştır.

Deneyel Çalışmalar

Bu çalışmada, Taylor takım ömrü modelindeki “n” üstel değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, AISI 1050 kalite orta karbonlu silindirik iş parçası malzemesi üzerindeki takım ömrü deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneylerde, Johnford TC35 marka CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. Tezgâh gücü 10 KW, devir sayısı maksimum 3500 dev/dak olup kademesiz olarak devir kontrolü yapılmaktadır.

Deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 1050 kullanılmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimleri Çizelge 1’de verilmiştir. İş parçası malzemesi 530 mm uzunluğunda ve 100 mm çapındadır. Deneyler esnasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır.

Çizelge 1. AISI 1050 çeliği kimyasal bileşimleri, % Ağırlık

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	MO	Fe
% Ağırlık	0.46	0.176	0.68	0.144	0.0053	0.054	0.10	0.13	0.013	+ Kalan

Kesici takım olarak SANDVIK firmasına ait takım uç burun yuvarlatma yarıçapı (r) 0,8 olan SNMG formundaki karbür kaplamalı (4225 grade) QM talaş kırıcı geometrisine sahip ve kaplamasız (H13A) QM talaş kırıcı geometrisine sahip kesici takımlar kullanılmıştır. Bu kesici takımlara uygun bir takım tutucuya yanaşma açısı 75° olacak şekilde rijit bir şekilde bağlanmıştır. Kesme parametreleri olarak, 315-350-390-450 m/dak kesme hızı, 0.25 mm/dev ilerleme ve 2.5 mm talaş derinliği kullanılmıştır. Deney parametreleri, TS 10329 standardına uygun olarak belirlenmiştir.

Takım aşınması deneyleri esnasında oluşan yan kenar aşınmayı ölçmek için, takım mikroskobu kullanılmıştır.

Kaplamasız ve kaplamalı sementit karbür takımlar için her bir kesme hızı değeri için takımın 0.3 mm yan kenar aşınma süresi verileri alınarak Excel ofis programı yardımıyla bir tablo oluşturulmuştur. Kesme hızı ve takımın aşınma süreleri logaritmik on tabanında hesaplanarak tablodaki sütunlarının karşılığına yazılmıştır. Excel ofis programında Log V / Log T grafiği oluşturulmuş ve bu grafiğe bağlı olarak doğrusal bir formül elde edilmiştir.

Grafikten elde edilen formülde Log V (x)' e karşılık gelen iki ayrı değer alınmış ve Log T (y) değeri elde edilmiş ve bu değerler Eşitlik 2'deki Taylor teoreminde yerlerine yazılmıştır ve "n" üstel değeri hesaplanmıştır.

$$n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2} \quad (2)$$

DeneySEL Sonuçlar Ve Tartışma

Takım Ömrü Deneyleri

Çizelge 2'de takım ömrü için gerçekleştirilen deneylerden elde edilen veri sunulmuştur. Takım ömrünü belirlemek için $V_B=0.3$ mm yan kenar aşınması kriteri esas alınmış ve kesici takım yan yüzeyinde oluşan aşınma takımcı mikroskobu ile ölçülmüştür.

Çizelge 2. Kaplamalı ve kaplamasız takımlar için elde edilen deney verileri

Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V_B , (dak)	
	Kaplamasız Takım	Kaplamalı Takım
315	46.326	47.341
350	17.520	36.787
390	11.416	16.067
450	5.171	7.965

Burada, kesme hızının artmasıyla birlikte takım ömründe azalmanın olduğu görülmektedir.

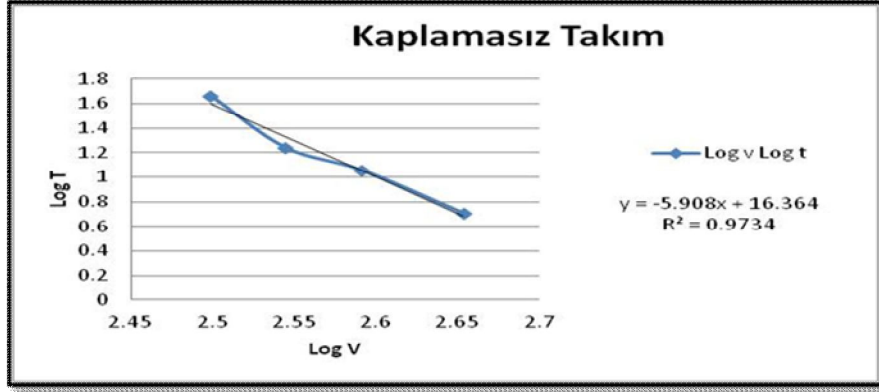
"n" Üstel Değerinin Hesaplanması

Kaplamasız sementit karbür takımın için "n" üstel değerinin hesaplanması

Çizelge 2'de gösterilen deney sonuçlarının onluk tabana göre logaritmaları alınarak, Log V – Log T grafiği hazırlanmıştır. Deney sonuçlarına bağlı olarak hesaplanan logaritmik veriler Çizelge 3'te ve bu verilerden elde edilen grafik ise Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. Kaplamasız takım için Log V - Log T verileri

Kaplamasız Takım				
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V_B , (dak)	Log V	Log T
1	315	46.326	2.498	1.665
2	350	17.520	2.544	1.243
3	390	11.416	2.591	1.057
4	450	5.171	2.653	0.713



Şekil 6. Kaplamasız sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği

Excel programında elde edilen ve Şekil 1'de gösterilen grafiğin eğim çizgisi ve bu eğim çizgisine göre doğrusal denklem ile matematiksel bir modeli oluşturulmuştur. Kaplamasız takımlar için elde edilen denklem Eşitlik 3'de verilmiştir.

$$y = -5.908x + 16.364 \quad (3)$$

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0.9734 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenilirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek için $n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_2 - \log T_1}$ eşitliği kullanılmıştır. Bu formülde $\log V_2$, $\log V_1$, $\log T_2$, $\log T_1$ değerleri, Eşitlik 3'den yararlanılmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kaplamasız takımın LogV-LogT grafiğinde elde edilen değerler

LogV (x)	LogT (y)	LogV (x)	LogT (y)
2.400	2.184	2.554	1.274
2.450	1.889	2.555	1.269
2.500	1.594	2.556	1.263
2.551	1.292	2.557	1.257
2.552	1.286	2.558	1.251
2.553	1.280	2.559	1.245

Çizelge 3'den rastgele alınan 2 Log V değeri ve bu değerlere karşılık gelen Log T değerleri;

$n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_2 - \log T_1}$ formülünde yerine konulduğunda n üstel değeri aşağıda belirtilen şekilde hesaplanmıştır.

$$n = \frac{2.5 - 2.4}{2.184 - 1.594} = 0.169262$$

Taylor takım ömrü teoreminde bir dakikalık takım ömrü için kesme hızına karşılık gelen "C" sabiti aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur.

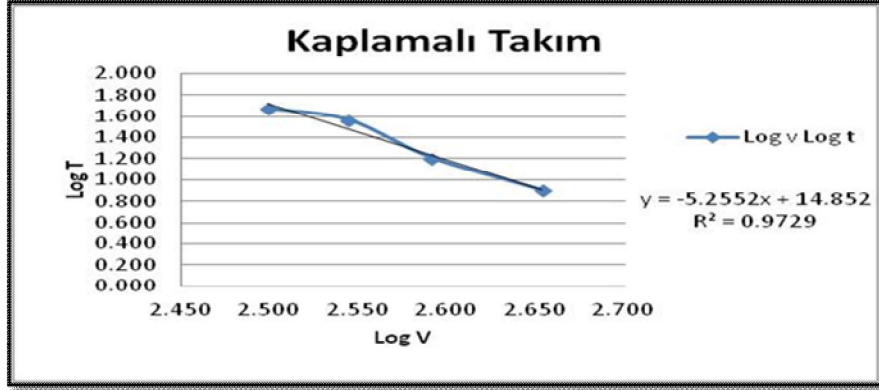
$$\log C = \bar{x} - \frac{V}{h} = 2.571 - \frac{1.170}{5.908} = 2.7697 = 588.463$$

Kaplamalı sementit karbür takım için "n" üstel değerinin hesaplanması

Microsoft Excel programı kullanılarak kesme hızı ve 0.3 mm yan kenar aşınma süresini gösteren bir tablo oluşturulmuştur. Deney sonuçları onluk tabanda logaritmaları alınarak Log V – Log T grafiğine dönüştürülmüştür. Hesaplanan logaritmik veriler Çizelge 4' de, grafik ise Şekil 2' de gösterilmiştir.

Çizelge 4. Kaplamalı takım için Log V - Log T verileri

Kaplamalı Takım				
Deney No	Kesme Hızı V, m/dak	Aşınma Süresi V _B , (dak)	Log V	Log T
1	315	47.341	2.498	1.675
2	350	36.787	2.544	1.566
3	390	16.067	2.591	1.206
4	450	7.965	2.653	0.901



Şekil 2. Kaplamalı sementit karbür takım için Log V – Log T grafiği

Excel programında elde edilen ve Şekil 2'de gösterilen grafiğin eğim çizgisi ve bu eğim çizgisine göre doğrusal denklem ile matematiksel model oluşturulmuştur. Kaplamasız takımlar için elde edilen denklem Eşitlik 4'de verilmiştir.

$$y = -5.2552x + 14.852 \quad (4)$$

Aynı zamanda elde edilen bu grafiğin R^2 değeri 0.9729 çıkmıştır. R^2 değeri sonuçların güvenilirliğini ifade etmektedir.

n katsayısını hesaplayabilmek $n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$ eşitliği kullanılmıştır. Bu formülde $\log V_2$, $\log V_1$, $\log T_2$, $\log T_1$ değerleri, Eşitlik 4' den hesaplanmıştır. Bunun için, belirlenen x değerleri için y değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Kaplamalı takımın LogV - LogT grafiğinde elde edilen değerler

LogV (x)	LogT (y)	LogV (x)	LogT (y)
2.45	1.976	2.6	1.188
2.5	1.714	2.62	1.083
2.55	1.451	2.64	0.978
2.551	1.445	2.66	0.873
2.552	1.440	2.68	0.768
2.553	1.435	2.7	0.662

Kaplamalı sementit karbür takımların, takım ömrünün hesaplanabilmesi için elde edilen Çizelge 5'den 2 tane LogV değeri ve bu değerlere karşılık gelen LogT değerler alınarak, $n = \frac{\log V_2 - \log V_1}{\log T_1 - \log T_2}$ eşitliğinde yerine konulmuştur. Böylelikle kaplamalı sementit karbür takımların dört farklı kesme hızı, sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğine bağlı olarak "n" üstel değeri hesaplanmıştır.

$$n = \frac{2.55 - 2.5}{1.714 - 1.45134} = 0.190288$$

Taylor takım ömrü, C sabiti 1 dakikalık takım ömrü için kesme hızı olup grafik üzerindeki doğrudan okunabilir veya alternatif olarak, $\log C = \bar{x} - \frac{V}{k}$ eşitliğiyle bulunabilir. Bu eşitlikte kaplamasız takım için belirlenmek istenen “ C “sabiti aşağıda verilen eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\log C = \bar{x} - \frac{V}{k} = 2.57166 - \frac{1.8370}{5.25517} = 2.8260 = 670.011$$

Sonuç

Literatürde, kaplanmış karbür metal (sert metal) uçlar için n değeri 0.20 – 0.50 arası önerilmektedir [15-17]. Ancak, deneyler sonunda, kaplamasız takımlar için n değeri 0.169262 ve kaplamalı takımlar için 0.190288 olarak bulunmuştur.

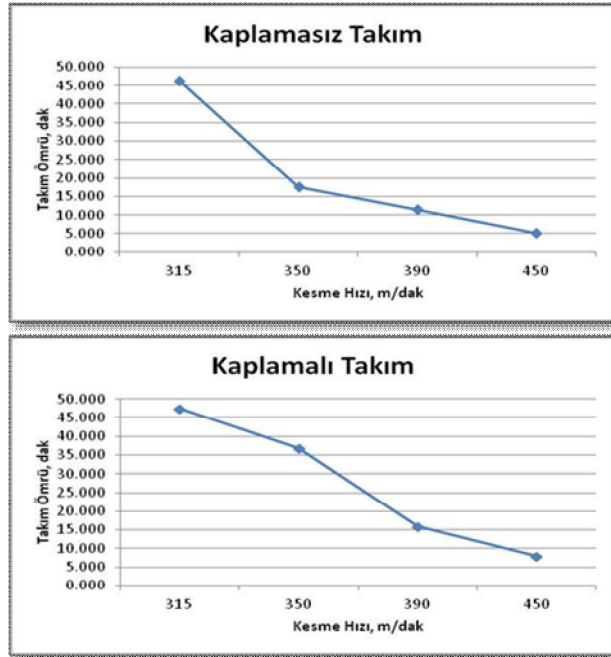
Deney sonuçlarına bağlı olarak elde edilen ve Şekil 3’de gösterilen kesme hızı takım ömrü grafiği incelendiğinde, kesme hızının artmasıyla takım ömründe azalmanın olduğu görülmektedir.

Farklı kesme hızlarında, kaplamalı takım için, yan kenar aşınması 0.3 mm aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 350 m/dak kesme hızıyla 8056.58 mm³ talaş kaldırılarak elde edilmiştir. Literatürde de benzer sonuca ulaşılmıştır [18].

Kaplamasız takım için, farklı kesme hızlarında takım aşınıncaya kadar kaldırılan talaş hacimleri açısından en iyi sonuç ise 315 m/dak kesme hızıyla 86989.58 mm³ talaş kaldırılarak elde edilmiştir. Bunun sebebi olarak kesme hızının artmasıyla sürtünme artmakta buna bağlı olarak da kesici yan yüzeyinde oluşan aşınma miktarının arttığı düşünülmektedir [3, 4, 11].

Yüksek kesme hızlarında uygun bir yöntemle takım yüzeyindeki sıcaklığın giderilmesi gerektiği, sıcaklığın yüksek olmasından dolayı aşınmanın hızlanacağı ve takım malzeme taneciklerinin arasındaki kopmaların bu sebepten hızlanacağı düşünülmektedir [19].

Takımın n üstel değeri arttıkça, takımın talaş kaldırma işlemine karşı daha dirençli olduğunu göstermektedir. C sabiti büyüdükçe kesme direncinin daha etkili olduğu gözlenmiştir. Kaplamalı takımın n katsayısı 0.190288, kaplamasız takımın ise 0.169262 bulunması takımın talaş kaldırma işlemine daha dirençli olduğunu göstermiştir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takım V – T grafiği

Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, imalatta büyük kullanım alanı olan kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür kesici uçlar kullanılmıştır. Verimlilik ve ekonomiklik bakımından büyük öneme sahip kesici uçun takım ömrü hesabı, yan kenar aşınma, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti değerlendirilmiştir. Malzeme olarak TS 10329’ da referans gösterilen AISI 1050 çeliği seçilmiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

“n” üstel değeri, kaplamasız takımlar için n değeri 0.169262 ve kaplamalı takımlar için 0.190288 olarak bulunmuştur.

Kesme hızının takım ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Kesme hızı arttıkça takım aşınması artmıştır.

En yüksek takım ömrü 315 m/dak kesme hızında, kaplamalı takımda 47.341 dak ve kaplamasız takımda ise 46.326 dak’ da olarak bulunmuştur. En düşük takım ömrü ise 450 m/dak’ lık kesme hızında kaplamasız takımda 5.171 dak ve kaplamalı takımda 7.965 dak olarak gözlemlenmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre kesme hızının artması ile birlikte yanak aşınmasının daha fazla arttığı görülmektedir. Kesme hızının artması ile iş parçası-takım ara yüzeyinde daha fazla ısı açığa çıkaracaktır ki buda takım aşınma oranını artıracaktır. Benzer bir sonuç literatürde de gözlemlenmiştir [18].

Kaplamalı takımın yüksek kesme hızlarında (390 – 450 m/dak) çok kısa zamanda körleşmiş veya kırılmış olduğu gözlemlenmiştir. Daha verimli talaş kaldırma işlemi için bilhassa (SNMG 120408 QM4225) kaplamalı sementit karbür takım için 315 – 350 m/dak kesme hızı aralığında seçilmesi daha iyi olacağı düşünülmektedir. Kaplamalı takımda 390 – 450 m/dak kesme hızlarında takım kırılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde katkılarından dolayı Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

Er A. Osman “İşlenmesi güç malzemelerin talaşlı üretimde kesici performanslarının araştırılması”, Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 1-171, (2008).

Özdemir K. Ve Çakır M. Cemal “Kesme parametrelerinin başlangıç aşınma etkisinin deneysel olarak incelenmesi” Uludağ Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 13, Bursa (2008).

Sayit I. “ Küresel grafitli dökme demir malzemeler için sürekli olmayan kesme şartlarında takım ömrü analizi” Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon, 1-72 ,(2007).

Şan S., “Mikroalaşımli çeliklerin işlenebilirliğinin takım ömrü ve yüzey pürüzlülüğü açısından değerlendirmişlerdir” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara , 1-133 (2007).

Ashby I.R., Wallbank J., Boud F., “Ceramic tool wear when machining austempered ductile Iron” University of Warwick, Warwick Manufacturing Group, Department of Engineering, Coventry CV4 7AL, UK (2003).

İşbilir F., “Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü etkili faktörlerin analizi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara , 1-73 (2006).

Motorcu R. A., “Ç1050 Ve Ç4140 Çeliklerinin Seramik Takımlarla İşlenmesinde Optimum Takım Ömrünü Sağlayan Parametrelerin Taguchi Yöntemiyle Belirlenmesi Ve Takım Aşınmalarının İncelenmesi” Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 24, No 4, 699-708, (2009).

Yalçinkaya Arslan A., “ PVD metodunu kullanarak tornadaki takma uçlarda çeşitli kaplama kalınlıkları ve malzemeleri için takım ömür testlerini incelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü , 1-124 ,(2009).

- S.K. Choundhury, I.V.K. Appa Rao” Optimization of cutting parameters for maximizing tool life” Department of Mechanical Engineering, Indian Institute Of Technology, India -208016, International Journal of Machine Tools & Macufacture 39, Kanpur, 343-353 (1999).
- Tomac, N. ve Tonnessen, K., “Machinability of particulate aluminium matrix composites”, Annals of the CIRP, 41 (1): 55-58 (1992).
- Koçak H., “GGG 90 küresel grafitli dökme demirin işlenebilirliğinin kesme kuvvetleri yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması açısından değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (1-87), (2011).
- Parlak Ş., “Çelik Talaşları İle Takviyeli Dökme Demir Kompozitlerinin İşlenebilirliklerin Deneysel Olarak İncelenmesi” Yüksek Lisans Tez, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 1-173, (2006).
- Franc R., Oso de A’vila, Abrao A.M., Cristina G., Dur aes de Godoy, “The Performance of TiN coated carbide tools when turning AISI 8620 steel”, Journal of Materials Processing Technology, 179 161-164, (2006).
- Nouari M., Gehin D., Gomez S., Manaud J. P., “Wear behaviour of cemented carbide tools in dry machining of aluminium alloy”, International Journal Of Machine Tools And Manufacture, Cilt:259 1117-1189 (2005).
- Şeker, U., “Takım tasarımı ders notları”, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Ankara, 1–30 (1997).
- <http://www.slideshare.net/AlienLifeForm/talal-imalat>
- http://www.scribd.com/opensearch?language=78&limit=10&num_pages=&page=2&query=taylor
- Şeker, U., Hasırcı, H., “Evaluation of Machinability of Austempered Ductile Irons in terms of Cutting Forces and Surface Quality”, Journal of Materials Processing Technology, Vol.173, .260-268 (2005).
- İşbilir Ö., “Talaş kaldırmada değişken yüklemenin takım ömrüne etkisinin belirlenmesini”, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir (2008).