

METAL MATRİKSLİ KOMPOZİTLERİN İŞLENMESİNDE KESİCİ TAKIM KAPLAMASININ AŞINMAYA ETKİSİNİN DENEYSEL İNCELENMESİ

Adem ACIR^{1,*}, M. Serdar KARAKAŞ², Mustafa ÜBEYLİ³, Ömer ASAL¹

^{1,*}Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi, 06500, Teknikokullar, ANKARA

²Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, ANKARA

³TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Makine Mühendisliği, Söğütözü, ANKARA

^{1,*}E-posta: adema@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Al-4Cu/B₄C_p kompozit malzemenin işlenmesinde, kesici takım kaplamasının, takım aşınmasına etkilerini incelemek amacıyla soğutma sıvısı kullanılmadan frezeleme yöntemiyle işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür ve kaplanmamış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Deneyler beş farklı kesme hızında (100,130, 169, 220, 286 m/min) ve sabit ilerleme hızı (0.20 mm/z) ile sabit talaş derinliğinde (1.5 mm) yapılmıştır. Kesici takım yanak aşınması sınır değeri $V_B = 0.3$ mm olarak belirlenmiştir. Frezeleme işleminden sonra kaplamalı ve kaplamasız takımlarda oluşan yanak aşınması incelenmiştir. Deneysel bulgulara göre kaplamalı kesici takımın daha az bir yanak aşınmasına uğradığı belirlenmiştir. Kesme hızının takım aşınmasına önemli derecede etkiye bulunduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, artan kesme hızı ile kaplamasız kesici takımın, kaplamalı kesici takıma göre daha fazla aşınmaya uğradığı tespit edilmiştir.

Abstract

In this study, machinability tests were carried out to investigate the effect of cutting tool coating on tool wear in milling of Al-4Cu/ B₄C_p composites. No liquid coolant was used in the operation. Multi-coated (TiN/TiAlN) and uncoated cementide carbide tools were used. Experiments were performed by using five different cutting speeds (100,130, 169, 220, 286 m/min) with constant feed rate (0.20 mm/z) and depth of cut (1.5 mm). A limit of flank wear, $V_B = 0.3$ mm was considered. After milling operation, flank wear on coated and uncoated tools was analyzed. According to experimental results, lower tool wear was found on coated tools. It was observed that cutting speed affected the tool wear remarkably. Furthermore, it was pointed out that wear of uncoated tool was more than that of uncoated tool with increased cutting speed.

1. GİRİŞ

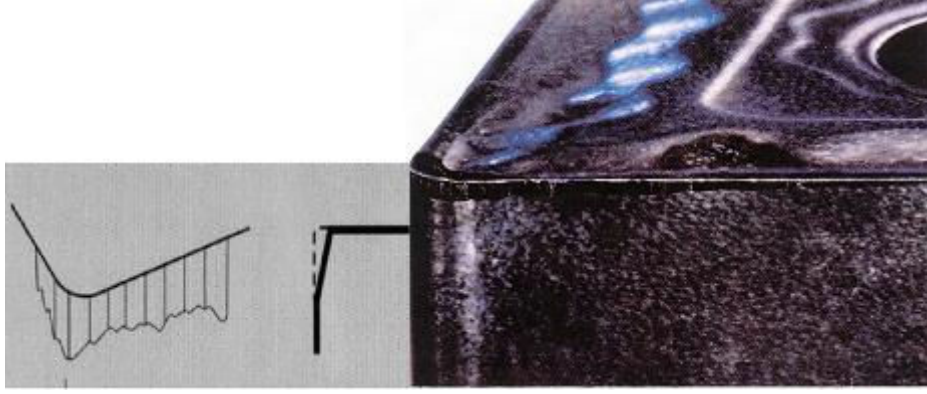
Metal esaslı kompozitler, üstün özelliklere sahip olmalarından dolayı günümüzde özellikle havacılık, denizcilik, uzay, demiryolu taşımacılığı, otomotiv gibi endüstriyel alanların bir çoğunda kullanılmaktadır. Bu kullanımın başlıca sebepleri, kompozit malzemelerin, düşük özgül ağırlıklarına karşı sergiledikleri mükemmel dayanım özellikleri, istenilen dayanım özelliklerinde farklı biçimlerde üretilebilmeleri, yorulma, tokluk ve yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları

dayanım özellikleri ile oksidasyon ve aşınma dayanımlarının yüksek olması şeklinde sıralanabilir[1]. Bugüne kadar genel olarak araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla, kompozit malzemelerin üretim, mekanik özellikler ve talaşlı imalatla üretim ve şekillendirilmelerinde karşılaşılan problemleri azaltarak, ekonomik bir malzeme grubunun endüstriyel uygulamalarda kullanımının yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. Dolayısıyla, talaş kaldırma işlemlerinde parça üretim maliyetinin en aza indirilmesi ve daha süre için kesici takımların kullanılabilmesi amacıyla; kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve talaş açısı gibi faktörlerin kesme kuvvetine etkisinin ve takımda oluşabilecek aşınma tiplerinin bilinmesi gereklidir. Günümüz teknolojisinde, genel olarak farklı yapıya sahip kompozit malzemeler ve geleneksel malzemelerin işlenebilirliğinin tespiti amacıyla yeni tip kesici takımlar farklı firmalar tarafından üretilerek talaşlı imalat sektöründe kullanılmak üzere piyasaya sürülmektedir. Bu kesici takımların yüzeyleri aşınmaya dirençli, sert ve işleme esnasında iş parçası ve kesici takımın etkileşimini engellemek ve dayanımı artırmak amacıyla çok katlı CVD ve PVD kaplamalı olarak üretilmektedir. Son yıllarda, kesici takımların kaplanması kesici takım teknolojisinde önemli bir gelişme olarak kabul edilmiş ve sementit karbür kesici takımlar geliştirilmiştir. Kaplanmış sementit karbür kesici takımlar, esas olarak sementit karbür bir kesici takımın bir veya daha fazla, aşınmaya dirençli ince katmanla kaplanması ile elde edilen kesici takımlardır. Günümüzde, titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN) ve/veya alüminyum oksit (Al_2O_3) yaygın olarak kullanılan kaplama malzemeleridir [2,3]. İnce ve sert kaplama tabakalarının takım aşınmasını azalttığı ve verimliliği arttırdığı bilinmektedir [3-5]. Bu nedenle, kaplama işlemi ilave bir maliyet getirirse de, talaşlı imalat sektöründe kullanılan sementit karbür kesici takımların çoğunluğu kaplanmış sementit karbürlerdir. Günümüzde, çeşitli kaplamalarla kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kesici takımda sürtünme katsayısını azaltarak, kesici takım talaş yüzeyinde yapışma eğilimi azalmak amacıyla talaşlı imalat sektöründe farklı malzemeler için kullanılmaktadır. Literatürde kompozit malzemelerin işlenebilirliği üzerine farklı çalışmalar yapılmıştır. Genel olarak yapılan çalışmalarda farklı kesme parametrelerin SiC alaşımlı kompozit malzemelerin işlenebilirliği üzerindeki etkileri incelenmiş ve takım aşınmalarına etkileri araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda SiC takviyeli kompozit malzemelerde kesme hızı arttıkça aşınma oranının arttığı gözlenmiş olup, ayrıca geleneksel malzemelere oranla takım aşınmalarının daha kısa sürede gerçekleştiği tespit edilmiştir [3-10].

Bu çalışmada, Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzeme, seçilen işleme parametrelerine bağlı olarak kuru şartlarda kaplamasız ve kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla frezeleme yöntemiyle işlenerek kesici takım kaplamasının, takım aşınmasına etkileri araştırılmıştır. Yan yüzey aşınması optik mikroskopla incelenmiştir.

2. YAN KENAR (YANAK) AŞINMASI

Takım aşınma tipleri, verimliliği optimize etmek ve işleme operasyonunu değerlendirmek için en önemli unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Temel işleme ölçütleri; talaş kaldırma miktarı, ekonomik hassasiyet, yüzey dokusu ve talaş kontrolü, takım aşınmasının oluşup gelişmesine bağlıdır. Kesici kenarın optik mikroskop yardımıyla büyütülerek incelenmesi ve aşınma biçiminin verdiği ipuçları doğrultusunda hareket etmek suretiyle kesici kenar için uygun bir takım ömrü kontrol edilebilir, artırılabilir. Takım aşınma tiplerinden birisi olan, yan kenar aşınması kesici kenarın yan yüzeylerinde meydana gelen bir aşınma tipidir.



Şekil 1. Kesici takımında oluşan yan yüzey (yanak) aşınması [11]

Bu aşınma tipi genel olarak iş parçası ile kesici takım yan yüzeyinin birbiri ile temas ederek talaş oluşumu sırasında sürtünmeye maruz kalacak ve takım ara yüzeyinde yüksek sıcaklıklar meydana gelecektir. Bu durum takım aşınması sürecini artıracaktır. Bu aşınma tipi Şekil 1'de gösterilmiştir [11]. Artan bu aşınma sürecine bağlı olarak işlenen malzemenin yüzey pürüzlülüğünü de etkileyecek temel unsurlar arasındadır [12]. Dolayısıyla, takım aşınması ve buna bağlı olarak iş parçasının işlenebilirlik kalitesini etkileyen en önemli faktörler kesme parametreleridir. Kesme parametrelerine bağlı olarak aşınma oranları yapılan deneysel incelemeler aracılığıyla belirlenebilecek ve aşınmanın en aza indirgenebilmesi için optimum kesme parametreleri tespit edilebilecektir.

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.1. Kompozit Malzemesinin Üretimi

%20 B₄C - %80 Al-4Cu içeren kompozit numunelerin üretiminde üç farklı toz kullanılmıştır: alüminyum, bakır ve B₄C tozları. Alüminyum, bakır ve boron karbürün ortalama toz boyutları sırasıyla 37 µm, 33 µm ve 16 µm olarak tespit edilmiştir. Kompozitler sıvı-faz sinterlemesi yoluyla üretilmişlerdir. Tozlar önce 50 MPa basınçta soğuk olarak sıkıştırılmışlardır. Daha sonra sinterleme işlemi 25 MPa basınçta ve 10 dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Sinterleme sıcaklığı ise 585 °C olarak alınmıştır. Kompozitler 50 x 50 x 10 mm boyutunda üretilmiştir.

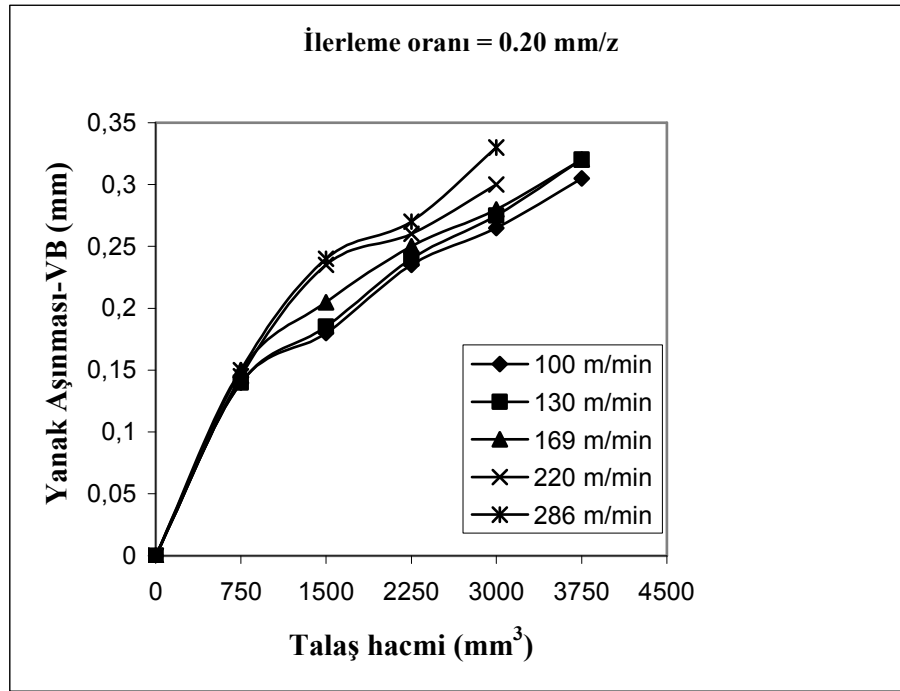
3.2. Kesici Takımlar ve Kesme Şartları

İşlenebilirlik deneyleri, Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzemenin işlenmesi frezeleme yöntemi ile yapılmıştır. İşlenebilirlik deneyleri için farklı kesme koşullarında bilgisayar sayısal kontrollü ve fanuc işletim sistemli (Johnford VMC-550 Fanuc Series O-M) CNC freze tezgahı kullanılmıştır. Johnford VMC-550 freze tezgahı 15 kW gücünde ve sürekli değişen iş mili hızı 3500 rev/min'e kadar yükselmektedir. İş parçası malzemesinin boyutları 50 x 50 x10 mm şeklindedir. İşlenebilirlik deneyinin gerçekleştirilmesinde kullanılan takım tutucuda, iki takma uç bölgesi bulunmasına rağmen, bu çalışmada belirlenen parametrelere bağlı olarak tek bir kısmı kullanılmıştır. Deneylerde, K10 kalitesinde TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür ve kaplanmamış sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım, ticari kalite CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış kesici takım olup Mitsubishi firması tarafından TPMN160308 formunda imal edilmiştir. CVD yöntemiyle üretilmiş TiN/TiAlN kesici takımı, TiN alt katman, TiAlN üst katmanından oluşmaktadır. Deney parametreleri, ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Deneyler beş farklı kesme hızında (100,130, 169, 220, 286 m/min) ve sabit ilerleme hızı (0.20 mm/z) ve talaş derinliğinde (1.5 mm) yapılmıştır. Kesici takım yanak aşınması sınır değeri V_B = 0.3 mm olarak belirlenmiştir.

Ayrıca; yapılan işlenebilirlik deneyleri sonucunda, kesici takımlarda oluşan yanak aşınmaları (V_B) belirlenmesinde (5/1000) 0.005 mm ölçü hassasiyetindeki Mitutoyo'nun verniyer bölüntülü TM-20X büyütme optik mikroskobu ile incelenmiş ve ölçülmüştür.

4. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

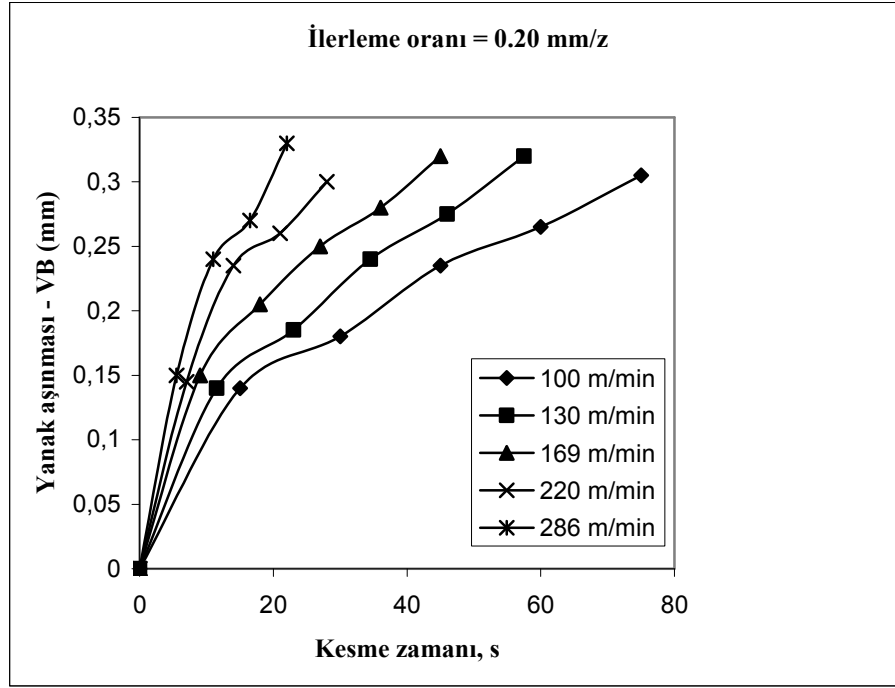
Yapılan bu çalışmada; Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzemenin işlenmesi esnasında kaplamasız sementit karbür ve TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlarında oluşan yan kenar aşınması sınır değeri $V_B=0.3$ alınmıştır. Farklı kesme hızlarında bu sınır değere kadar iş parçası işlenerek, kesici takım aşınma oranı kaldırılan talaş hacmine göre kıyaslanmıştır.



Şekil 2. Kaplanmış sementit karbür kesici takımında oluşan yanak aşınmasının talaş hacmine bağlı olarak değişimi

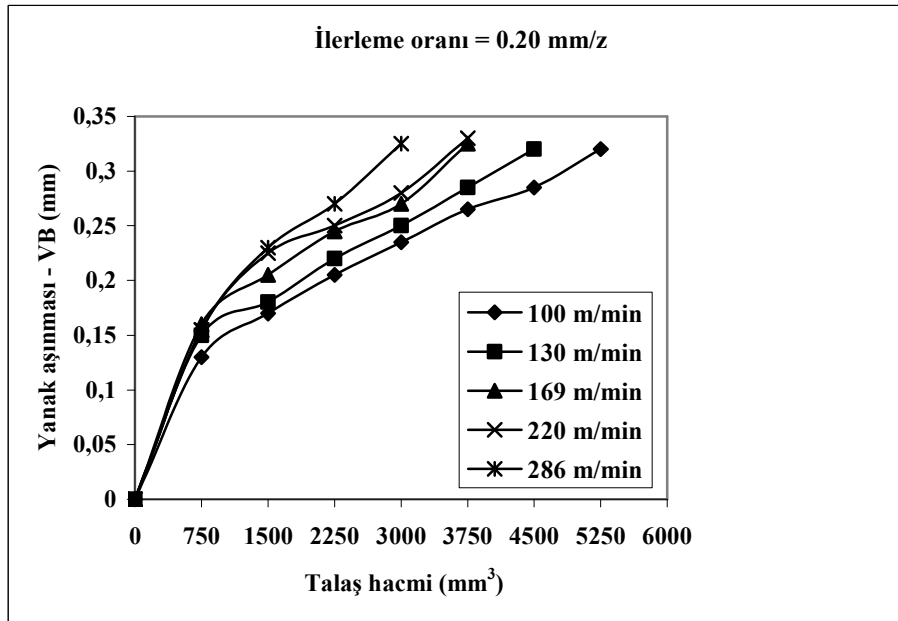
Şekil 2'de sabit ilerleme ve sabit talaş derinliğinde Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzemenin işlenmesi esnasında farklı kesme hızlarına göre değişim gösteren V_B oranları verilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi, kesme hızı arttıkça takım yanak aşınmasının arttığı görülmektedir. V_B yanak aşınması sınır değerine göre kaldırılan talaş hacmi oranları kıyaslandığında $V=100$ m/dak kesme hızında 0.305 mm yanak aşınmasında 3750 mm³ talaş kaldırılırken $V=286$ m/min kesme hızında ise $V_B = 0.330$ mm'ye karşılık 3000 mm³ talaş kaldırılmıştır. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda kesme hızı arttıkça yanak aşınmasının arttığı ve kaldırılan talaş hacminin azaldığı belirlenmiştir.

Ayrıca, kaplamasız sementit karbür kesici takım ile kompozit malzemelerin işlenebilirliğinde zamana bağlı olarak elde edilen yanak aşınma oranları değerlendirildiğinde Şekil 3'de görüldüğü gibi düşük kesme hızında takım aşınma oranının daha fazla bir zamanda gerçekleştiği görülürken, yüksek kesme hızında ise aşınma oranının daha kısa sürede gerçekleştiği görülmektedir. Bu zamana bağlı olarak değişimin kaldırılan talaş ile orantılı olduğu görülmektedir.



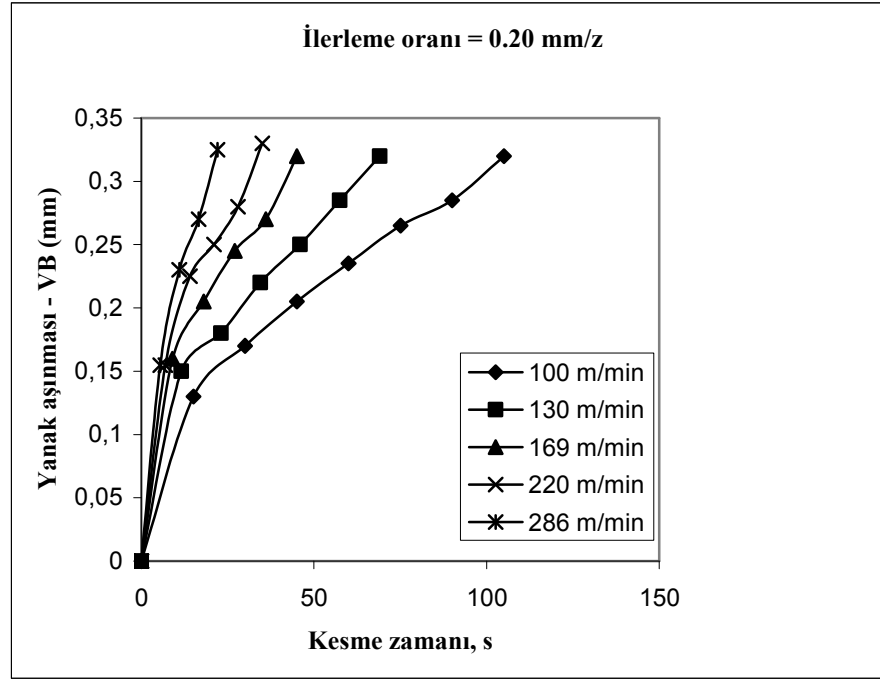
Şekil 3. Kaplanmış sementit karbür kesici takımında oluşan yanak aşınmasının zamana bağlı olarak değişimi

Şekil 4’de verilen TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım ile işleme sonucunda elde edilen aşınma oranları kesme hızı açısından incelendiğinde Şekil 2’ye benzer yapılar sergilemiştir. Şekil 4’de de gösterildiği gibi kesme hızı arttıkça V_B yanak aşınma oranı artmıştır. $V=100$ m/min kesme hızında 0.320 mm yanak aşınmasına karşılık 5250 mm³ talaş kaldırılırken, $V=286$ m/min’de 0.325 mm yanak aşınmasına karşılık 3000 mm³ talaş kaldırılmıştır. Bu sonuçlardan da görülebileceği gibi kesme hızı arttıkça kaldırılan talaş hacmi azalmaktadır.



Şekil 4. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımında oluşan yanak aşınmasının talaş hacmine bağlı olarak değişimi

Şekil 5'te ise TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım ile işleme sonucunda elde edilen aşınma oranları zaman bağı olarak değişimi verilmiştir. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım, kaplamasız sementit karbür kesici takıma oranla kesme hızlarına göre daha fazla işleme süresine sahip olmuştur. Bu şekilde görüldüğü gibi kesme hızı arttıkça V_B yanak aşınmasının arttığı gözlenmiştir.



Şekil 5. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımda oluşan yanak aşınmasının zamana bağı olarak değişimi

Sonuç olarak, Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzemenin işlenmesi esnasında kaplamasız sementit karbür ve TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlarındaki meydana gelen yanak aşınma oranları kaldırılan talaş hacmi ve zaman göre değişimi kıyaslanmıştır. Kaplamasız sementit karbür kesici takımın, TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takıma oranla daha az hacimde talaş kaldırdığı ve daha sürede aşınmaya uğradığı tespit edilmiştir. V_B sınır değerinde TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımın, kaplamasız sementit karbür kesici takıma oranla kaldırdığı talaş hacmi açısından farklı kesme hızlarına bağı olarak sırasıyla $V=100, 130, 169, 220$ ve 286 m/min için yüzdelik olarak kıyaslandığında sırasıyla; % 34; % 24 ;%10 ;% 13 ;% 2 elde edilmiştir. TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım bu oranlarda kaplamasız sementit kesici takıma oranla daha fazla hacimde talaş kaldırmıştır.

5. SONUÇLAR

Kaplamalı ve kaplamasız kesici takım kullanılarak, Al-4Cu/B₄C_p yapılı kompozit malzemeler üzerinde frezeleme ile yapılan işlenebilirlik deney sonuçlarından:

- TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım ile elde edilen yanak aşınması kaplamasız sementit karbür kesici takım ile oranla daha düşük olduğu gözlenmiştir ve TiN/TiAlN çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takım ile kaldırılan talaş miktarının kaplamasız sementit karbür kesici takıma oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir.
- Kesme hızı arttıkça takımın yanak aşınmasında arttığı gözlenmiştir, literatürde belirtildiği gibi kesme hızının takım aşınmasında en önemli faktör olduğu görülmüş ve deneysel çalışmanın literatürle benzer özellik gösterdiği tespit edilmiştir,

- Ayrıca takım aşınmasında kompozit malzemelerin işlenebilirliğinin geleneksel malzemelere göre daha kısa sürede gerçekleştiği ve daha fazla olduğu, ayrıca kaplamalı kesici takımların kaplamasızla oranla daha az aşındığı tespit edilmiş olup ekonomiklik açısından kaplamalı kesici takımların bu tür malzemelerin işlenebilirliğinde kullanılmasının daha faydalı olacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Koczak MJ., Khatri SC., Allison JE., Bader MG., Metal-Matrix composites for ground vehicle, aerospace and industrial applications, in Fundamentals of Metal-Matrix Composites, (Editors:S.Suresh, A. Mortensen, A.Needleman), 1993.
- [2] Groover, M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing – Materials, Processes and Systems, Prentice-Hall Inc., New Jersey, A.B.D., 1996.
- [3] Çiftçi İ., Türker M., Şeker U., Evaluation of tool wear when machining SiC_p-reinforced Al-2014 alloy matrix composites, Materials&Design, 2004, 25,251-255.
- [4] Li, X., Seah, W.K.H., Tool Wear Acceleration in Relation to Workpiece Reinforcement Percentage in Cutting of Metal Matrix Composites, Wear, 2001, 247, 2, 161-171.
- [5] Ezugwu, E.O.ve Okeke, C.I., "Tool Life and Wear Mechanisms of TiN Coated Tools in an Intermittent Cutting Operation, 116, 10- 15, 2001.
- [6] G. Sur, M.Sc.Thesis, Machinability and production of aluminium alloy composites, Institute of Science and Technology of Gazi University, January 2002, Ankara,Turkey.
- [7] Şahin, Y., Sur G.,The effect of Al₂O₃ , TiN and Ti (C,N) based CVD coatings on tool wear in machining metal matrix composites, Surface and Coatings Technology 179 (2004) 349–355.
- [8] Davim, JP., Diamond tool performance in machining metal–matrix composites, Journal of Materials Processing Technology, 128(1-3),100-105.
- [9] Yanming Q., Zehua, Z., Tool wear and its mechanism for cutting SiC particle-reinforced aluminium matrix composites, Journal of Materials Processing Technology, 100(1-3), 194-199.
- [10] Çiftçi, İ., Turker, M., Şeker, U., "CBN cutting tool wear during machining of particulate reinforced MMCs", Wear, 257 (9-10), 2004, 1041-1046.
- [11] Modern Metal Cutting, A Practical Handbook, Sandvik Coroman, Sweden, (1994).
- [12] Acır A., Talaş Kaldırma İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi" II. Makina Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, 209-215, 2003.