

AN INVESTIGATION OF WEAR BEHAVIORS OF DIFFERENT CUTTING TOOLS IN MACHINING BY MEANS OF TURNING Al-MgO COMPOSITES PRODUCED BY VACUUM INFILTRATION METHOD

Muharrem PUL*¹, Ulvi ŞEKER²

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, ANKARA

Received/Geliş: 30.03.2010 Revised/Düzeltilme: 23.06.2010 Accepted/Kabul: 05.07.2010

ABSTRACT

In recent years, the investigations related with metal cutting and machinability are accelerated in parallel with increasing composite materials application areas. In this study, Al matrix and /MgO reinforcement composites having 5 %, 10 %, 15 % volume fraction of reinforcement are produced and machining experiments are made by using of Cementite Carbide (C), Cubic Boron Nitrides (CBN) and Covered Cubic Boron Nitrides (CBN-C) cutting tools. After machining experiments, abrasion behaviours are examined by taking of Scanning Electron Microscope (SEM) images of cutting tools. Machining experiments are made at the four different cutting speed (150, 200, 250 and 300 m/min), three different feed (0,075-0,15 and 0,225 mm/rev) and constant cutting depth (1 mm). The findings of 150 m/min cutting speed and 0,225 mm/rev feed values which are derived from the most unstable results are discussed in the evaluation of tool abrasion behaviour. In the evaluation of SEM views of cutting tools; it is resulted that the deposit machining (BUE) are arised at the head of tools and abrasion mechanism are effected to the all cutting tools and generally, the most stable results are derived from C tools.

Keywords: Composites, infiltration, MgO, machining, tool wear.

VAKUMLU İNFİLTASYON YÖNTEMİYLE ÜRETİLEN AL-MgO KOMPOZİTLERİN TORNALANMAK SURETİYLE İŞLENMESİNDE FARKLI KESİCİ TAKIMLARIN AŞINMA DAVRANIŞLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Son yıllarda, kompozit malzemelerin kullanım alanlarındaki artışa paralel olarak talaşlı imalatları ve işlenebilirlikleri konusundaki araştırmalarda hız kazanmıştır. Bu çalışmada, vakumlu infiltrasyon yöntemi kullanılarak Al matrisli ve MgO takviyeli kompozit malzemeler % 5, % 10 ve % 15 takviye-hacim oranlarında üretilmiş ve Sementit Karbür (SK), Kübik Bor Nitrid (KBN) ve Kaplamalı Kübik Bor Nitrid (KBN K) kesici takımlar kullanılarak işleme deneyleri yapılmıştır. İşleme deneylerinden sonra, kesici takımların Tarama Elektron Mikroskobu (SEM) görüntüleri alınarak aşınma davranışları incelenmiştir. İşleme deneyleri dört farklı kesme hızı (150, 200, 250 ve 300 m/dak), üç farklı ilerleme (0,075 - 0,15 ve 0,225 mm/dev) ve sabit kesme derinliğinde (1mm) yapılmıştır. Takım aşınma davranışlarının değerlendirilmesinde en kararsız sonuçların elde edildiği 150 m/min kesme hızı ve 0,225 mm/dev ilerleme değerinde elde edilen bulgular tartışılmıştır. Kesici takımların SEM görüntüleri değerlendirildiğinde, takımların uç kısmında yığıntı talaş (BUE) oluştuğu, bütün kesici takımlarda abrasiv aşınma mekanizmasının etkili olduğu sonucuna varılmış olup genel olarak en kararlı sonuçlar SK takımlarla elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Kompozit, infiltrasyon, MgO, işleme, takım aşınması.

*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: mpul61@hotmail.com, tel: (535) 304 80 15

1. GİRİŞ

Günümüzde kompozit malzemelerin üretiminde, hemen hemen bütün mühendislik malzemeleri kullanılmaktadır. Kompozitlerin, mükemmel mekanik özellikleri, farklı birleşim ve şekillerde üretilmeleri, yorulma, tokluk, yüksek sıcaklık, oksitlenme ve aşınma dayanımlarının yüksek olması nedeniyle bütün endüstriyel alanlarda gün geçtikçe kullanımları artmaktadır [1]. Metal matrisli kompozitler (MMK) bu alanlarda kullanılan kompozit çeşitlerinden biridir. MMK'ler ana yapıyı metal veya alaşımlarının oluşturduğu kompozit türüdür. Bu kompozitlerde takviye elemanı olarak, genellikle seramik esaslı; SiC, Al₂O₃, SiO₂ ve MgO gibi malzemeler kullanılmaktadır. MMK'lerin üretiminde katı hal, sıvı hal ve in-situ olmak üzere üç farklı yöntem kullanılır [2]. Vakumlu infiltrasyon yöntemi, oldukça sade, ileri teknoloji ve pahalı gereçlere ihtiyaç duymayan ekonomik bir yöntem olduğundan son zamanlarda sıklıkla tercih edilmektedir [3]. MMK'lerde özellikle alüminyum matrisli kompozitlerin üretilmesinde sıvı hal işlemlerinden infiltrasyon yöntemi birçok uygulamada kullanılmaktadır [4, 5].

Günümüzde kullanılan kesici takım malzemelerinin çok az bir kısmı, kompozit malzemelerin içerisindeki seramik elemanları işleme yeteneğine sahiptir. Literatür araştırmalarında genellikle, kübik bor nitrür (KBN) ve çok kristalli elmas (ÇKE) kesici takımların kullanıldığı belirtilmektedir. MMK malzemelerin işlenebilirliğinin değerlendirilmesinde daha çok kesici takımın performansı ve ömrü araştırılmıştır. İşleme deneylerinde; kesme kuvvetleri, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği, takım aşınması, takım ısınması, takım geometrisi, işlenen malzemenin yüzey kalitesi gibi parametreler üzerinde çalışılmıştır. MMK malzemenin üretim yöntemlerinin, işlenebilirlik üzerinde önemli etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır [6-10]. Talaşlı işlemler sırasında meydana gelen takım aşınmalarının en önemli sebebi olarak takviye elemanlarının sertliği gösterilmiştir [8, 9].

Takviye elemanlarının genellikle koparak matris malzemesinden ayrıldığı ve takım ucunda yığılmalara neden olduğu birçok araştırmada ifade edilmiştir [11-13]. Ayrıca kopan takviye parçacıklarının işlenen yüzeye yapışması veya boşluklar oluşturmasının da yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir [6, 11].

Kesici takımların SEM incelemeleri sonucunda abrasiv aşınma mekanizmasının etkili olduğu, kesme hızının artmasıyla takım aşınmasının da arttığı ve kesici takım ucunda yığıntı talaş (BUE) oluştuğu ifade edilmektedir [8, 9, 13-15]. Yapılan işlenebilirlik çalışmalarından genel olarak bir sonuç çıkartıldığında, kesici takım performansı açısından en iyi takımın ÇKE, daha sonra KBN olduğu söylenebilir [16-18]. Ayrıca, düşük kesme hızlarında ve kaba talaş işlerinde SK kesici takımların kullanılabilmesi ve daha ekonomik olacağı da ifade edilmektedir [12, 16].

Bu çalışmada, Al matrisli MgO takviyeli kompozitler vakumlu infiltrasyon yöntemiyle; % 5, % 10 ve % 15 Takviye-Hacim (T-H) oranlarında üretilerek, elde edilen numuneler bir dizi işleme deneyine tabi tutulmuştur. İşleme deneylerinde, SK, KBN ve KBN K olmak üzere üç ayrı kesici takım kullanılmıştır. Bu deneyler, kuru kesme şartlarında, dört ayrı kesme hızında, üç farklı ilerlemede ve sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. İşleme deneylerinde kullanılan, her üç kesici takımdan örnekler alınarak, Tarama Elektron Mikroskopunda (SEM) takım aşınma davranışları incelenmek üzere görüntüler alınmıştır. İşleme deneylerine ve SEM görüntülerine ait sonuçlar, üretimi yapılmış olan üç farklı T-H oranındaki MMK malzemeye göre, kesici takım aşınması yönünden değerlendirilmiştir.

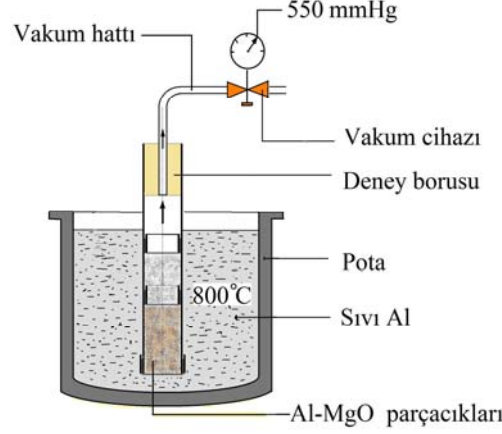
2. MALZEME VE YÖNTEM

2.1. MMK Numunelerin Üretimi

Kompozit malzemelerin üretiminde; matris malzemesi olarak % 99,7 saflığında alüminyum, takviye elemanı olarak ise magnezya (MgO) kullanılmıştır. Vakumlu infiltrasyonda, istenilen T-H oranlarını sağlayacak şekilde, 149 µm - 210 µm tane büyüklüğünde Al ve MgO parçacıkları

karıştırılarak, bu deneyler için tasarılan paslanmaz çelik deney borusu içerisine doldurulmuştur.

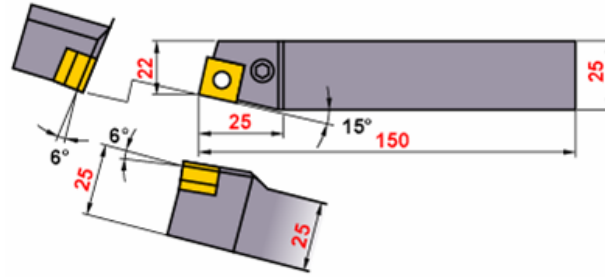
Vakumlu infiltrasyon deneyleri, daha önceden hazırlanan ve matris elemanının ergitildiği pota içerisine, deney borusunun daldırılarak, 5 dakika süre ile, 550 mmHg vakum uygulaması suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneyler sırasında pota içerisindeki sıvı Al'un sıcaklığı yaklaşık 800 °C'da tutulmuştur. Bu süre içerisinde, deney borusu içerisindeki Al-MgO parçacıkları içerisine sıvı Al başarıyla infiltre olarak istenilen boyutta kompozit numuneler üretilmiştir. Şekil 1'de infiltrasyon işlemine hazır deney tertibatı gösterilmektedir [12].



Şekil 1. Deney tertibatı ve vakumlu infiltrasyon işlemi [12]

2.1. MMK Numunelerin İşleme Deneyleri

Talaşlı işleme deneylerinde, ISO 3685 standardında [19] belirtilen özelliklere ve deneylerin yapılacağı şartlara uygun olarak, Şekil 2'de gösterilen Mitsubishi Carbide marka PSBNR 2525 M12 kodlu takım tutucu kullanılmıştır.




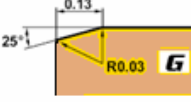
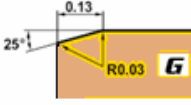
Şekil 2. Mitsubishi Carbide PSBNR 2525 M12 kodlu takım tutucu [19]

Günümüzde talaşlı imalatta kullanılan kesici takım malzemelerinin birçoğu (HSS, karbür, seramik ve KBN) kompozit yapı içerisinde yer alan takviye elemanlarından (SiC, Al₂O₃, B₄C gibi) ya daha düşük sertliktedirler ya da sadece bir miktar fazla sertliğe sahiptirler. Bu sebeple de çalışmanın eksenine daha sert olan KBN takımlar üzerine oturtulmuş olup alternatif

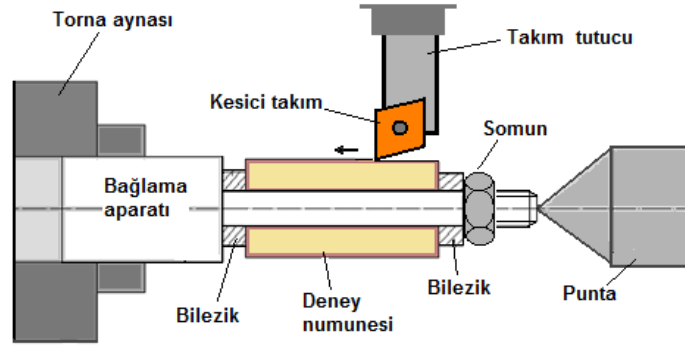
olarakta fiyat/performans ilişkisi açısından ekonomik bir takım olan karbür (SK) takımlar seçilmiştir.

İşlenebilirlik deneyleri, üç takviye-hacim oranına ait numuneler üzerinde, Sandvik marka, Sementit Karbür SK, (C) Mitsubishi Carbide marka, Kübik Bor Nitrür, KBN, (CBN) Mitsubishi Carbide marka, Kaplamalı Kübik Bor Nitrür, KBN K, (CBN C) olmak üzere, üç ayrı kalitede seçilen kesici takımlar ile gerçekleştirilmiştir [20, 21]. Kesici takımların ISO kodları, yapı ve geometrik özellikleri ile teknik bilgileri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan kesici takımların özellikleri [20, 21]

Kesici Takım Kodu	Kalite Üretici Kodu	Ana karbür yapısı	ISO geometri Tanımlama kodu	Kesici takım geometrisi
SK (C)	Sandvik 432 H1P	WC-TiCTaC Bağlayıcı: Co	SNMA120408	0° 
KBN (CBN)	Mitsubishi MB8025	KBN Bağlayıcı: TiN, Al ₂ O ₃	SNGA120408G2	25° 0.13 R0.03 G Honlanmış 
KBN K (CBN C)	Mitsubishi MBC010	KBN Bağlayıcı: TiN, Al ₂ O ₃	SNGA120408GS2	25° 0.13 R0.03 G Honlanmış 

Şekil 3’te üretilen kompozit numunenin bağlama aparatıyla işlenmesi gösterilmiştir [12].



Şekil 3. MMK numunenin BSD torna tezgahında işlenmesi

İşleme deneyleri, Bilgisayar Sayısal Denetimli (BSD) torna tezgahında, kuru kesme şartlarında, dört farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme ve sabit kesme derinliğinde gerçekleştirilmiştir. Kesme hızları, kesici takım üreticilerinin önerileri ve literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir. Kesme derinliği ve ilerleme hızları ise ISO 3685’te belirtildiği gibi kesici takım uç yarı çapına bağlı olarak, gereken değer aralığında olacak şekilde seçilmiştir [19]. Kesme parametrelerinin gösterildiği tablo, Çizelge 2’de verilmiştir.

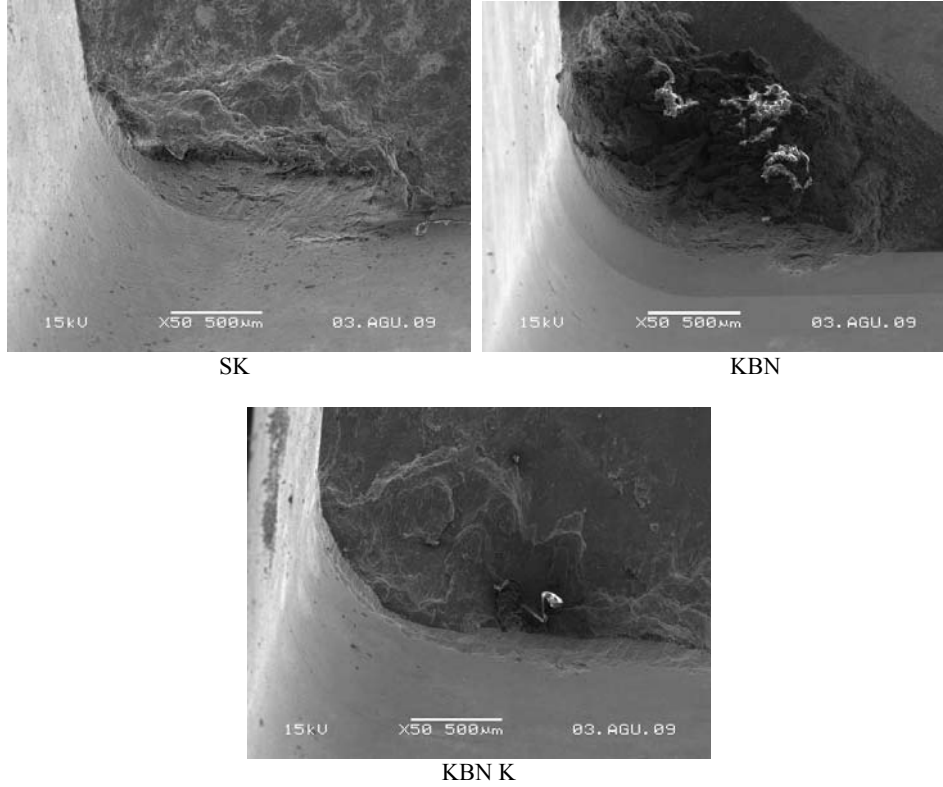
Çizelge 2. İşleme deneylerde kullanılan kesme parametreleri ve seviyeleri

Kesme hızı (V), m/dak	İlerleme (f), mm/dev	Kesme derinliği (a), mm
150 - 200 - 250 - 300	0,075 - 0,15 - 0,225	1

3. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRMESİ

İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan kesici takımlarla yapılan işleme deneylerinden sonra kesici takımlardaki aşınma davranışını incelemek üzere SEM görüntüleri alınmıştır. Bu amaçla, en kararsız sonuçların gözlemlendiği 150 m/dak kesme hızında, % 5 MgO, % 10 MgO ve % 15 MgO takviyeli numunelerin işlenmesinde SK, KBN ve KBN K kesici takımların, 0,225 mm/dev ilerleme miktarı için aşınma davranışları incelenmiştir.

% 5 MgO takviyeli numunelerin işlenmesinde kullanılan kesici takımların SEM görüntüleri Şekil 4'de verilmiştir.

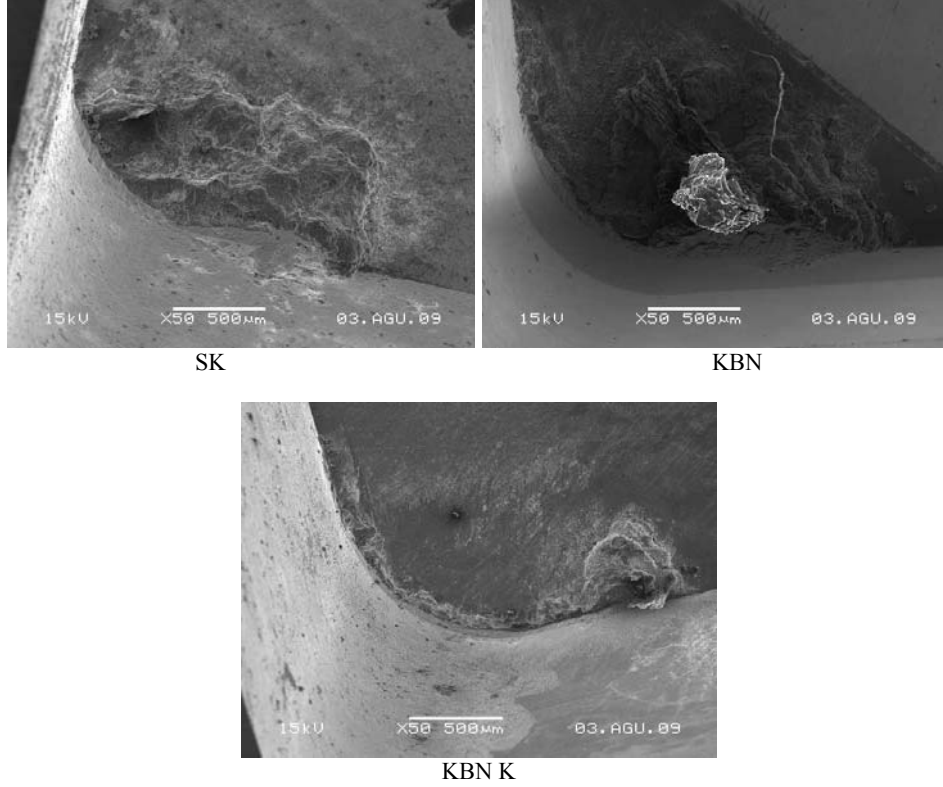


Şekil 4. %5 MgO takviyeli numunenin SK, KBN ve KBN K takım ile işlenmesinde oluşan SEM görüntüleri

Şekil 4'deki SEM görüntüleri incelendiğinde; % 5 MgO takviyeli numunenin işlenmesinde, üç kesici takımın uç kısmında, talaş yüzeyinde talaş yığılması (BUE) olduğu ancak en fazla yığılmanın KBN kesici takımında olduğu görülmektedir. Kesici uçlardaki aşınma

davranışına bakıldığında, yan yüzey aşınmasının çok az olduğu, en fazla aşınmanın SK kesici takımda görüldüğü tespit edilmiştir. Bu durum, kesici takım malzemesi olarak SK'nın KBN ve KBN K'ya göre daha düşük aşınma direncine atfedilebilir.

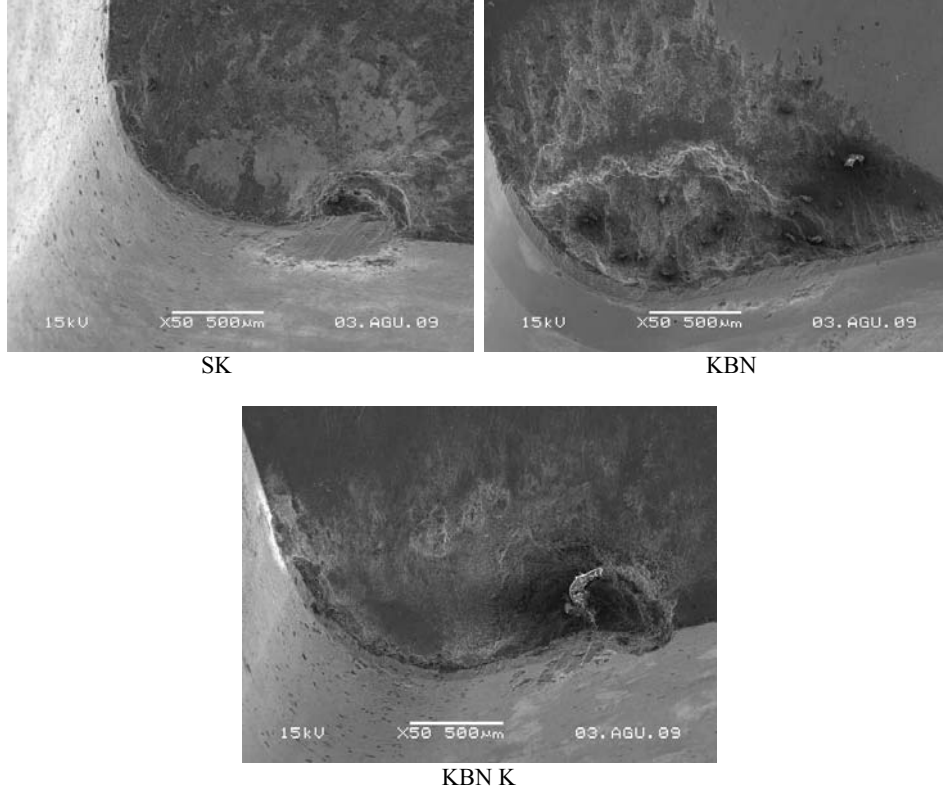
% 10 MgO takviyeli MMK numunelerin işlenmesinde kullanılan kesici takımların SEM görüntüleri Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. % 10 MgO takviyeli numunenin SK, KBN ve KBN K takım ile işlenmesinde oluşan SEM görüntüleri

Şekil 5 incelendiğinde; % 10 MgO takviyeli numunenin işlenmesinde, kesici takımların üçünün talaş yüzeyinde de bir miktar BUE olduğu görülmektedir. KBN takım ucuna kompozit malzemedeki takviye elemanı olan MgO parçacığının yapıştığı tespit edilmiştir. Kesici takımlarda yan yüzey aşınmasının oldukça düşük olduğu, buna karşılık krater tipi aşınma mevcut olduğu görülmüştür. En fazla aşınmanın, % 5 MgO takviyeli numunede olduğu gibi, SK kesici takımda olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde, SK kesici takımında oluşan bu aşınma davranışı, SK'nın KBN ve KBN K'dan daha düşük aşınma direncine atfedilebilir. % 10 MgO takviyeli numunenin işlenmesinde kullanılan kesici takımların hepsindeki aşınmaların % 5 MgO takviyeli numunedekilerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Buna sebep olarak, % 10 MgO takviyeli numunenin içerisindeki seramik esaslı takviye elemanı MgO'nin % 5 MgO takviyeli numunedekinden iki kat daha fazla olması gösterilebilir.

Şekil 6'da % 15 MgO takviyeli kompozit numunelerin işlenmesinde kullanılan kesici takımların SEM görüntüleri verilmiştir.



Şekil 6. % 15 MgO takviyeli numunenin SK, KBN ve KBN K takım ile işlenmesinde oluşan SEM görüntüleri

Şekil 6'daki görüntüler incelendiğinde; % 15 MgO takviyeli numunenin işlenmesinde, kesici takım uçlarındaki aşınmaların diğer numunelere göre fazla değişiklik göstermediği ancak kesici uçlardaki yan yüzey aşınmalarının biraz daha fazla olduğu söylenebilir. Bu durum özellikle SK uçta daha belirgin görülmektedir. Krater tipi aşınmanın daha baskın olduğu, talaş yığılmaları ve yapışmalarının da aynı şekilde mevcut olduğu görülmektedir. % 15 MgO takviyeli numunedeki takviye elemanının en fazla olması, takım aşınmasının da en yüksek olması gerektiğini akla getirirse de durumun tam böyle olmadığı söylenebilir. Bu durum, artan T-H oranı ile birlikte gözenek miktarının da artmasına, dolayısıyla işleme sırasında malzemenin daha kolay kopma davranışı göstermesine atfedilebilir. Çiftçi ve ark. yaptığı işlenebilirlik çalışmalarının sonuçlarına paralel olarak, bütün kesici takımlarda abrasiv aşınma mekanizmasının etkili olduğu gözlenmiştir [9, 10].

4. SONUÇLAR

- Takım aşınma davranışları açısından genel bir değerlendirme yapılacak olursa, en olumlu sonuçlar % 10 T-H oranında elde edilmiştir. Bu tür kompozit malzemelerin işlenmesinde KBN ve KBN K takımların daha yüksek kesme hızlarında daha düşük ilerleme ve talaş derinliklerinde kullanılması düşünülmelidir. Çünkü, bu çalışmada belirlenen kesme parametreleri dikkate alındığında, fiyat/performans ilişkisi daha avantajlı olan SK takımlarla daha iyi sonuçlar elde

edilmiştir. SK takımlardaki aşınma değerleri daha yüksek görünmekle beraber, fiyat/performans ilişkisi açısından SK takımlar ile KBN takımlar arasındaki 1/30 ila 1/40'a varan farklar dikkate alındığında, SK takımların alternatif bir takım olarak kullanılabilmesi görülmektedir.

- Kesici takımlar üzerinde yapılan SEM incelemelerinde, yığıntı talaş (BUE) oluşumu görülmüştür. Takım aşınmalarına bakıldığında, bütün kesici takımlarda abrasiv aşınma mekanizmasının etkili olduğu gözlenmiştir.
- Özellikle, 150 m/dak kesme hızındaki takımların aşınma davranışları değerlendirildiğinde, bu hızda gözlenen aşırı BUE oluşturma eğilimi, yüzey kalitesini de olumsuz etkilemiştir. Dolayısı ile 150 m/dak kesme hızının, üretilen bu kompozit malzemelerin işlenmesinde kullanılması tavsiye edilmez.
- Yüksek T-H oranı % 15 ve daha yüksek ilerleme değerlerinde, genel olarak önerilen SK kesici takımlar, daha fazla aşınma eğilimi sergilediğinden, aşınmayı kontrol altında tutmak için, daha düşük ilerleme ve talaş derinliği (düşük talaş yükü) şartlarında çalışılması faydalı olacaktır.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Chan, R.W., Haasen, P., Kramer, E.J., "Structure and properties of composites", *Materials Science and Technology*, No13, 1-339, 1993.
- [2] Şahin, Y., Kompozit Malzemelere Giriş, *Gazi Kitabevi*, Ankara, 91-134, 2000.
- [3] Lai, S. W., and Chung, D. D. L., "Fabrication of particulate aluminium-matrix composites by liquid metal infiltration", *J. Of Mat. Sci.*, Chapman & Hall, 3128, 1994.
- [4] Göller, G., "Basınçlı infiltrasyon yöntemiyle üretilmiş Cu-C kompozitlerin tribolojik davranışının karakterizasyonu", *9. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi*, 11-15 Haziran, 1305-1309, 1997.
- [5] Dhandapani, S. P., Jayaram, V., and Surappa, M. K., "Growth and microstructure of Al₂O₃-SiC-Si(Al) composites prepared by reactive infiltration of silicon carbide preforms", *Acta Met. Ma.*, No42, 649-656, 1994.
- [6] Manna, A., Bhattacharyya, B., "A study on machinability of Al/SiC-MMC", *Journal of Materials Processing Technology*, 140: 711-716 (2003).
- [7] Krishnamurthy, L., Sridhara, B.K., Budan, D.A., "Comparative study on the machinability aspects of aluminium silicon carbide and aluminium graphite composites", *Materials and Manufacturing Processes*, 22: 903-908 (2007).
- [8] Kannan, S. Kishawy, H.A., "Tribological aspects of machining aluminium metal matrix composites", *Journal of Material Processing Technology*, 198: 399-406 (2008).
- [9] Çiftçi, İ., Türker, M., Şeker, U., "Evaluation of tool wear when machining SiCp reinforced Al-2014 alloy matrix composites", *Materials and Design*, 25: 251-255 (2004).
- [10] Çiftçi, İ., Türker, M., Şeker, U., "CBN cutting tool wear during machining of particulate reinforced MMCs", *Wear*, 257: 1041-1046 (2004).
- [11] Ding, X., Liew, W.Y.H., Liu, X.D., "Evaluation of machining performance of MMC with PCBN and PCD tools", *Wear*, 259: 1225-1234 (2005).
- [12] Pul, M., "Al matrisli MgO takviyeli kompozitlerin infiltrasyon yöntemi ile üretilmesi ve işlenebilirliğinin değerlendirilmesi", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2010.
- [13] Özçatalbas, Y., "Investigation of the machinability behaviour of Al4C3 reinforced Al-based composite produced by mechanical alloying technique", *Composites Science and Technology*, 63: 53-61 (2003).
- [14] Kılıçkap, E., Çakır, O., Aksoy, M., İnan, A., "Study of tool wear and surface roughness in machining of homogenised SiC-p reinforced aluminium metal matrix composite", *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165: 862-867 (2005).
- [15] Pedersen, W., Ramulu, M., "Facing SiCp/Mg metal matrix composites with carbide tools", *Journal of Materials Processing Technology*, 172: 417-423 (2006).

- [16] Günay, M., “ Toz metalurjisi yöntemi ile üretilmiş Al-Si/SiCp kompozitlerin mekanik ve işlenebilirlik özelliklerinin araştırılması” Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2009).
- [17] Davim, P.J., “Diamond tool performance in machining metal–matrix composites”, *Journal of Materials Processing Technology*, 128: 100-105 (2002).
- [18] Andrewes, C.J.E., Feng, H.Y., Lau, W.M., “Machining of an aluminum/SiC composite using diamond inserts”, *Journal of Materials Processing Technology*, 102: 25-29 (2000).
- [19] *ISO 3685*, “Tool-life testing with single-point turning tools”, 1-12, 1993.
- [20] Mitsubishi, “Turning Tools Catalog”, *Mitsubishi Materials Corporation*, Japan, 1-400, 2008.
- [21] Sandvik Coromant, “Modern metal cutting–A practical handbook”, English Edition, *Sandvik Coromant*, Sweden, I-III, 1994.