



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Al 2024 Matrisli Farklı Boyutlarda MgO Takviyeli Kompozitlerin Farklı Kesici Takımlarla Tornalanmasında Yüzey Pürüzlülüğü Takım Aşınması ve Talaş Formunun İncelenmesi

 Muharrem PUL^{a,*}

^a Elektrik ve Enerji Bölümü, Kırıkkale Meslek Yüksekokulu, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, TÜRKİYE

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: mpul@kku.edu.tr

DOI: 10.29130/dubited.1037886

Öz

Bu çalışmada alüminyum matrisli kompozitlere takviye edilen seramik parçacık boyutunun işlenebilirliğe etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ilk etapta üç farklı boyuttaki MgO parçacıkları, %10 ağırlık oranında sıvı Al 2024 içerisine takviye edilerek karıştırılmalı döküm yöntemiyle kompozit malzemeler üretilmiştir. Daha sonra üretilen kompozitler üzerinde tornalama yöntemiyle, iki farklı kesici takım kullanılarak işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Deneylerde 63, 94, 133 ve 196 m/min kesme hızları, 0,03 mm/rev ilerleme değeri ve 1 mm sabit kesme derinliği uygulanmıştır. İşlenen yüzeylerin pürüzlülük ölçümleri yapılmış, çıkan talaş şekillerine bakılmış ve kullanılan kesici takımların aşınma davranışları incelenmiştir. Sonuç olarak alüminyum matris içerisindeki MgO takviye parçacık boyutunun ve farklı kesici takımların, yüzey pürüzlülüğü, talaş şekli ve takım aşınmaları üzerinde çok önemli etkisi olmadığı görülmüştür. Yüzey pürüzlülüğünde en önemli etkiyi kesme hızındaki değişimler yapmıştır. Aynı şekilde kesme hızındaki değişimler, talaş şekilleri ve kesici takım aşınma davranışlarında da en etkili parametre olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Metal matrisli kompozit, Al 2024, MgO tane boyutu, Kesici takım cinsi, Yüzey pürüzlülüğü, Talaş şekli, Takım aşınması

The Effect of MgO Particle Size and Cutting Tool Geometry on Machinability in Turning Al 2024/MgO Composite

ABSTRACT

In this study, the effect of ceramic particle size reinforced on aluminum matrix composites on machinability was investigated. For this purpose, in the first stage, composite materials were produced by mixing MgO particles in three different sizes by reinforcing 10% by weight into liquid Al 2024. Then, machinability tests were carried out on the produced composites by turning method, using two different cutting tools. In the experiments, 63, 94, 133 and 196 m/min cutting speeds, 0.03 mm/rev feed rate and 1 mm fixed cutting depth were applied. The roughness measurements of the machined surfaces were made, the chip shapes were examined and the wear behavior of the cutting tools used was examined. As a result, it was seen that the MgO reinforcement particle size in the aluminum matrix and different cutting tools did not have a significant effect on the surface roughness, chip shape and tool wear. Changes in cutting speed had the most important effect on surface roughness. Likewise, changes in cutting speed were the most effective parameters in chip shapes and cutting tool wear behavior.

Keywords: Metal matrix composite, Al 2024, MgO grain size, Cutting tool type, Surface roughness, Chip shape, Tool wear

I. GİRİŞ

Günümüzde imalat sektörünün çok hızlı gelişmesine bağlı olarak daha üstün özelliklerdeki malzemelere olan ihtiyaçta artmaktadır. Özellikle kompozit malzemeler bu anlamda ön plana çıkmakta ve pek çok sanayi dalında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kompozit malzemelerin bir çeşidi olan metal matrisli kompozitler (MMK) ise pek çok sektörde giderek daha fazla oranda tercih edilmektedirler. Alüminyum, magnezyum ve alaşımları, hafif ve sünek yapıları nedeniyle MMK'lerin üretiminde yaygın olarak kullanılan matris malzemeleridir. Alüminyum matrisli kompozitler, hafifliği, yüksek mukavemet/ağırlık oranı, aşınmaya ve korozyona karşı mükemmel direnci nedeniyle otomotiv, havacılık, savunma ve denizcilik uygulamalarında yapısal eleman olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel ihtiyaçlara göre alüminyum matris içerisine elyaf, lif ve partikül formundaki takviyeler eklenir. Bu takviye, alüminyum alaşımının mekanik ve tribolojik özelliklerini iyileştirir [1]. Partikül şeklindeki takviye elemanı olarak genellikle SiC, SiO₂, Al₂O₃ ve MgO gibi malzemeler tercih edilmektedir [2]. MMK malzemeler sıvı faz veya katı faz üretim yöntemleriyle üretilmektedirler. Parçacık takviyeli MMK üretim yöntemlerinden biri olan eriyik karıştırma yöntemi, düşük maliyetli nedeniyle genel amaçlı uygulamalarda iyi bir potansiyele sahiptir [3]. Alüminyum matrisli ve seramik özellikli parçacık takviyeli kompozitler için üstün mekanik ve termal özelliklerinden dolayı genellikle, Al 7075, Al 2024, Al 6061 vb. kalitedeki alüminyum alaşımları tercih edilmektedir. Takviye malzemesi olarak diğer seramikler kadar yaygın kullanımı olmayan MgO (Magnezya) ise, üstün mekanik ve ısıl özellikleri nedeniyle son zamanlarda tercih edilen güçlendirici elemanlardan birisidir. Üretilen bu MMK kompozitler, bir takım imalat işlemlerinden geçerek mamul parça haline getirilmektedir. Bu işlemlerden biriside talaşlı imalat ile şekillendirilmiştir. Talaşlı kaldırmak suretiyle işlenebilirlik özellikleri, MMK malzemelerin ticari olarak kullanılmalarının belirlenmesinde en önemli kriterlerden birisidir [4]. MMK malzemeler içerisine katılan sert fazda ve farklı fiziksel özellikteki takviye elemanları nedeniyle talaşlı işleme zor olan kompozit malzemelerdir. Literatürde MMK malzemelerin işlenebilirliği konusunda farklı çalışmalar mevcuttur [5-8]. Bu çalışmalarda genellikle malzemenin işlenmesinde takım aşınması, ilerleme ve kesme hızının etkisi vb. özellikler araştırılmıştır. Bu deneysel çalışmada ise, literatürden farklı olarak daha spesifik bir konunun araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla karıştırılmalı dökün (vortex) yöntemi uygulanarak, Al 2024 kalite sıvı matris malzemesi içerisine farklı boyuttaki MgO parçacıkları takviye edilerek kompozit numuneler üretilmiştir. Tornalama suretiyle yapılan işleme deneyleriyle, MgO parçacık boyutunun bazı işlenebilirlik kriterleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İşleme deneylerinde talaş kırıcılığı ve talaş kırıcısız olmak üzere iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Deneyler sonucunda işlenmiş yüzey pürüzlülükleri, talaş formu ve kesici takım aşınmaları değerlendirilmiştir.

II. MALZEME VE YÖNTEM

Deneysel çalışmada matris malzemesi olarak kullanılan 2024 kalite alüminyum alaşımı ve takviye elemanı olarak kullanılan MgO (magnezya)'nın teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kompozitlerin üretiminde kullanılan matris malzemesi ve takviye elemanının özellikleri


	%Fe	%Si	%Cu	%Cr	%Mn	%Mg	%Zn	%Zi+Ti	%Diğer	%Al
Al 2024	0,5	0,5	3,8-4,9	0,1	0,3-0,9	1,2-1,8	0,25	0,15	0,15	Kalan
	Yoğunluk (g/cm ³)	Erime der. (°C)		Sertlik (HB)		Çekme day. (MPa)		Isıl İlet. (W/mK)		
	2,78	638		120		310-395		121		
MgO	% MgO		% FeO		% SiO ₂		% CaO			
	98		0,6		1		0,4			
	Yoğunluk (g/cm ³)	Erime der. (°C)		Sertlik (HB)		Çekme day. (MPa)		Isıl İlet. (W/mK)		
	3,58		2852		5,8		83-166		45-60	

Kompozit malzemelerin üretim işlemi karıştırılmalı döküm (vortex) yöntemiyle yapılmıştır. İlk olarak elektrikli eritme ocağı içerisindeki potaya matris malzemesi külçe Al 2024 koyularak ocak sıcaklığı 750 °C'ye çıkıncaya kadar beklenmiştir. Bu sırada pota içerisinde tamamen sıvılaştıran Al 2024 içerisine %10 ağırlık oranındaki takviye elemanı MgO parçacıkları ilave edilmiştir. Eritme işlemi sırasında pota içerisine ayrıca % 0,05 ağırlık oranında saf Mg (magnezyum) ilave edilmiştir. Mg ilavesi, sıvı alüminyum matrisin MgO takviye parçacıklarını daha kolay ıslatması amacıyla yapılmıştır. Karıştırma işlemi, 750 rpm hızda ve 10 dakika süre boyunca devam ettirilmiştir. Bu süre sonunda karıştırma işlemi durdurularak sıvı haldeki kompozit karışım, yaklaşık 300°C'ye ısıtılarak hazırlanan 30 mm çapındaki çelik kalıplara dökülüp numune üretim süreci tamamlanmıştır. Bu işlemler üç farklı takviye boyutu için ve şahit numune olması amacıyla MgO ilavesiz saf Al 2024 malzeme için ayrı ayrı tekrar edilmiştir. Döküm işlemi sonrasında 30 mm çapında 150 mm boyunda Al 2024/MgO kompozit numuneler üretilmiştir. Bundan sonra deneysel çalışmanın ikinci aşaması olan tornada işlenebilirlik deneyleri başlatılmıştır. İşlenebilirlik deneyleri, özellikleri Tablo 2'de verilen universal torna tezgahında yapılmıştır.

Tablo 2. Tornalama deneylerinde kullanılan torna tezgahına ait özellikler

Marka/Model	Max. çap	Ayna-punta mesafesi	Ayna devir aralığı	Motor gücü	Motor devri	Ağırlık
Harrison /M300	480 mm	1000 mm	40-2500 rpm	2,2 kW	1500 rpm	585 kg

Deneylerde talaş kırıcı ve talaş kırıcısız olmak üzere iki farklı kesici takım kullanılmıştır. Şekil 1'de kesici takımlar ve takım tutucuya ait teknik özellikler verilmektedir.



ISO kalite kodu	SNMA 12 04 08-KR 3210	ISO kalite kodu	SNMG 12 04 08-QM H13A
Kaplama	CVD TiCN+AL2O3+TiN	Kaplama	-
LE	11,9	LE	11,9
RE	0,7938	RE	0,7938
IC	12,7	IC	12,7
S	4,7625	S	4,7625



Şekil 1. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan kesici takımlar ve takım tutucu

Deneylerde kullanılan kesici takımlar için PSBNR 2020K 12 takım tutucusu kullanılmıştır. Takım tutucunun yanaşma açısı 75°, talaş açısı 6°'dir. Tornada işleme deneylerinde 196 m/min, 133 m/min, 94 m/min, 63 m/min olmak üzere 4 farklı kesme hızı, 0,03 mm/dev ilerleme ve 1 mm sabit kesme derinliği uygulanmıştır. Kesme hızlarının seçiminde, literatürde yer alan bir çalışmanın sonuçlarında tavsiye edilen kesme hızı aralıklarının kullanılması kararlaştırılmıştır [9]. Ayrıca kesici takım üreticilerinin önerdiği kesme hızı aralıkları da dikkate alınmıştır. Tornalama deneylerinde kullanılan kesme hızları ve deney planı Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. İşlenebilirlik deney planı

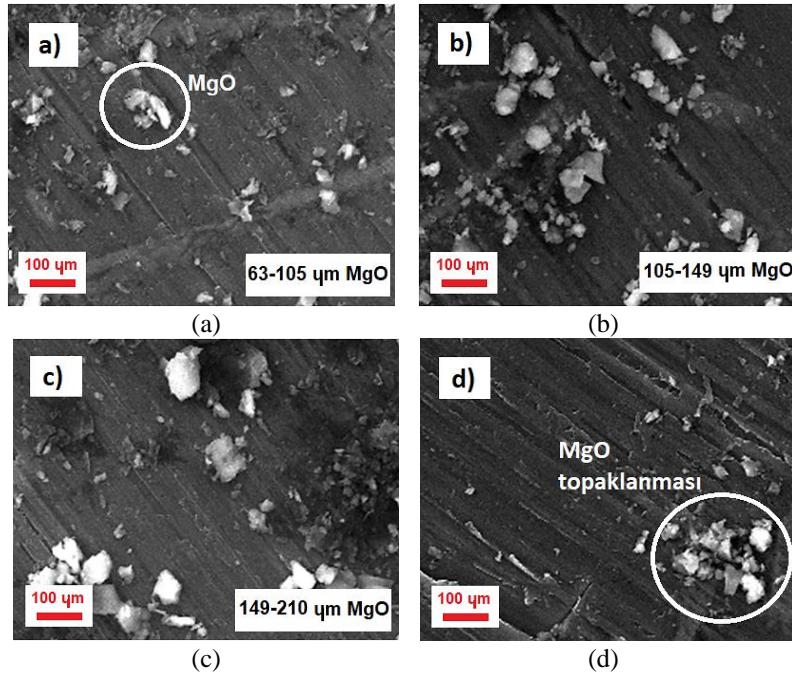
MgO takviye boyutu	SNMA 12 04 08-KR 3210				SNMG 12 04 08 – QM H13A			
	Kesme Hızı, m/dak				Kesme Hızı, m/dak			
	196	133	94	63	196	133	94	63
63-105 μm	D1	D2	D3	D4	D17	D18	D19	D20
105-149 μm	D5	D6	D7	D8	D21	D22	D23	D24
149-210 μm	D9	D10	D11	D12	D25	D26	D27	D28
MgO yok	D13	D14	D15	D16	D29	D30	D31	D32

İşlenmesi biten yüzeylerin pürüzlülük ölçümleri yapılmıştır. Yüzey pürüzlülük ölçümlerinde *MarSurf PSI* marka portatif pürüzlülük ölçme cihazıyla yapılmıştır. Her yüzeyin en az 5 farklı bölgesinden yapılan ölçmelerden elde edilen değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak ortalama yüzey pürüzlülük değeri *Ra* belirlenmiştir. Ayrıca, incelenmesi amacıyla, tornalama deneyleri sırasında çıkan talaşlardan örnekler alınmıştır.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. MİKROYAPI DEĞERLENDİRMESİ

Karıştırmalı döküm yöntemiyle üretilen MgO parçacık takviyeli kompozit malzemelerin mikroyapılarını incelemek amacıyla SEM mikroskobunda çekilen görüntüler Şekil 2’de verilmiştir.



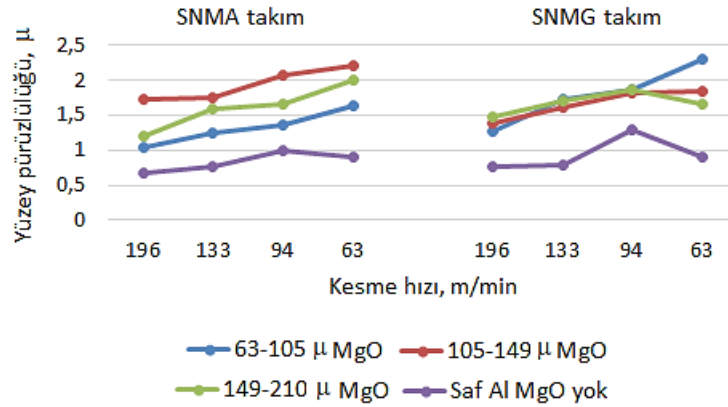
Şekil 2. MgO takviyeli kompozit numunelere ait SEM görüntüleri (a-d)

Şekil 2’deki mikroskop görüntülerine bakıldığında MgO tanecik boyutunun giderek büyüdüğü görülmektedir. Ancak takviye elemanı MgO’ın Al 2024 matris malzemesi içerisindeki dağılımının çok homojen olmadığı ifade edilebilir. Bu tür parçacık takviyeli metal matrisli kompozit yapılarda iyi bir homojenitenin olmaması sıklıkla karşılaşılan ve literatürde yer alan bir durumdur [10]. Karıştırmalı döküm yönteminde kullanılan takviye elemanı yoğunluğu (özgül ağırlığı), genellikle matris malzemesi sıvı metalden daha yüksek olmaktadır. Bu durumda karıştırma sırasında veya sonrasında takviye tanecikleri dibe çökmeye çalışırlar. Ayrıca karıştırma sırasında oluşan vorteksin etkisiyle MgO parçacıkları belli bir yöne doğru hareket edebilirler. Her iki durumda da homojen bir takviye dağılımı elde etmek zorlaşır. Ancak takviye tanecik boyutun küçük seçilmesi ile homojen dağılım bir miktar

iyileştirilebilmektedir. Literatürdeki bir çalışmada alüminyum matrisi içerisine takviye edilen SiC partikül boyutunun küçültülmesiyle daha iyi homojen dağılım elde edildiği ifade edilmektedir [11]. Bu tür parçacık takviyeli kompozitlerin üretiminde karşılaşılan diğer olumsuzluk ise takviye elemanın matris içerisinde belli bölgelerde birikerek topaklaşmasıdır (Şekil 2 d). Topaklaşmanın farklı sebepleri olmakla birlikte, takviye oranının artmasıyla toplaklaşma eğiliminin de arttığı bilinmektedir. Literatürdeki yer alan ve %1,5-%2,5 ve %5 MgO takviye edilmiş alüminyum kompozitlerin üretildiği bir çalışmada, MgO oranının artmasıyla takviye topaklaşmasının meydana geldiğinden bahsedilmektedir [12]. Başka bir çalışmada ise alüminyum matris içerisindeki MgO ve SiC partikül ağırlık oranının artmasıyla gözenekliliğin de artmakta olduğu rapor edilmiştir [13]. Dolayısıyla karıştırmalı döküm yönteminin kullanılacağı kompozit üretimlerinde, takviye elemanı yoğunluk değeri ile matris malzemesi yoğunluk değerinin birbirine mümkün olduğunca yakın olması ve çok yüksek takviye oranlarının tercih edilmemesi önerilmektedir.

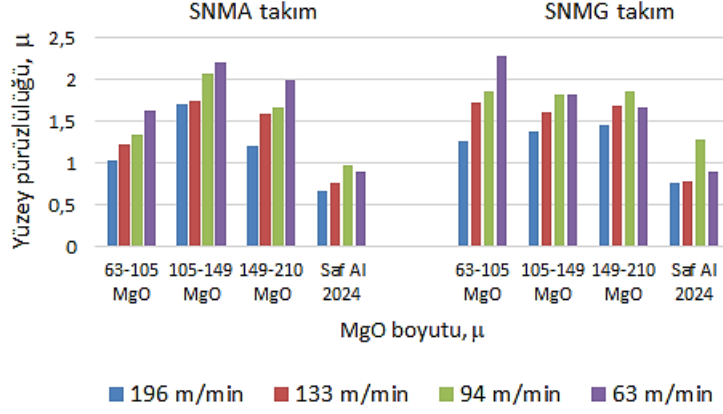
B. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Tornalama işlemi biten yüzeylerin pürüzlülük ölçümlerinden elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerine göre Şekil 3 ve Şekil 4'teki grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 3. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlar ile 196 m/min, 133 m/min, 94 m/min, 63 m/min kesme hızlarında, 63-105 µ, 105-149 µ, 149-210 µ boyutunda MgO parçacık takviyeli ve MgO takviyesiz Al 2024 kompozitlerin işlenmesinden elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

Şekil 3'teki grafikler incelendiğinde ilk göze çarpan husus, üç farklı MgO parçacık boyutunda da kesme hızının artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde azalma olduğudur. Dolayısıyla, kesme hızındaki artışların yüzey pürüzlülük değerleri üzerinde olumlu etki yaptığı anlaşılmaktadır. Ancak 149-210 µ MgO parçacık takviyeli numunenin SNMG kodlu takım ile işlenmesinde sıra dışı bir durum ortaya çıkmıştır. Kesme hızının 94 m/min'dan 63 m/min'ya düşmesiyle yüzey pürüzlülük değerinde beklenen artışın tersine azalma meydana gelmiştir. Bu tür parçacık takviyeli metalik kompozitlerde takviye elemanın çok homojen dağılmaması sonucunda, işleme sırasında bazı kararsız davranışlar meydana gelebilmektedir. Muhtemelen kompozit numune üzerinde bu deneyin yapıldığı bölgedeki MgO takviye miktarı çok düşük seviyede kaldığı düşünülmektedir. Bu durumda kompozit malzemenin saf Al 2024 malzemeye yakın bir yüzey pürüzlülük değeri gösterdiği kanaati oluşmuştur. Ayrıca MgO takviyesiz saf Al 2024 malzemenin SNMG takım ile işlenmesinde de benzer bir durum ortaya çıkmıştır. 94 m/min kesme hızından 133 ve 196 m/min kesme hızlarına çıkıldığında yüzey pürüzlülük değerleri azalırken, 63 m/min kesme hızına düşüldüğünde de aynı şekilde azalma meydana gelmiştir. Bu sıra dışı davranışın SNMG takımındaki kaplama ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Saf Al 2024 malzeme içerisinde sert fazdaki MgO takviye parçacıklarının olmaması takım kaplamasının daha uzun süre takım yüzeyinde kalmasına neden olmuştur. Dolayısıyla takım kaplamasının, 63 m/min gibi düşük kesme hızlarında beklenen yüksek yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumlu etki yaparak, pürüzlülük değerini azalttığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlar ile 63-105 µ, 105-149 µ, 149-210 µ boyutunda MgO parçacık takviyeli ve MgO takviyesiz Al 2024 kompozitlerin 196 m/min, 133 m/min, 94 m/min, 63 m/min kesme hızlarında işlenmesinden elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri

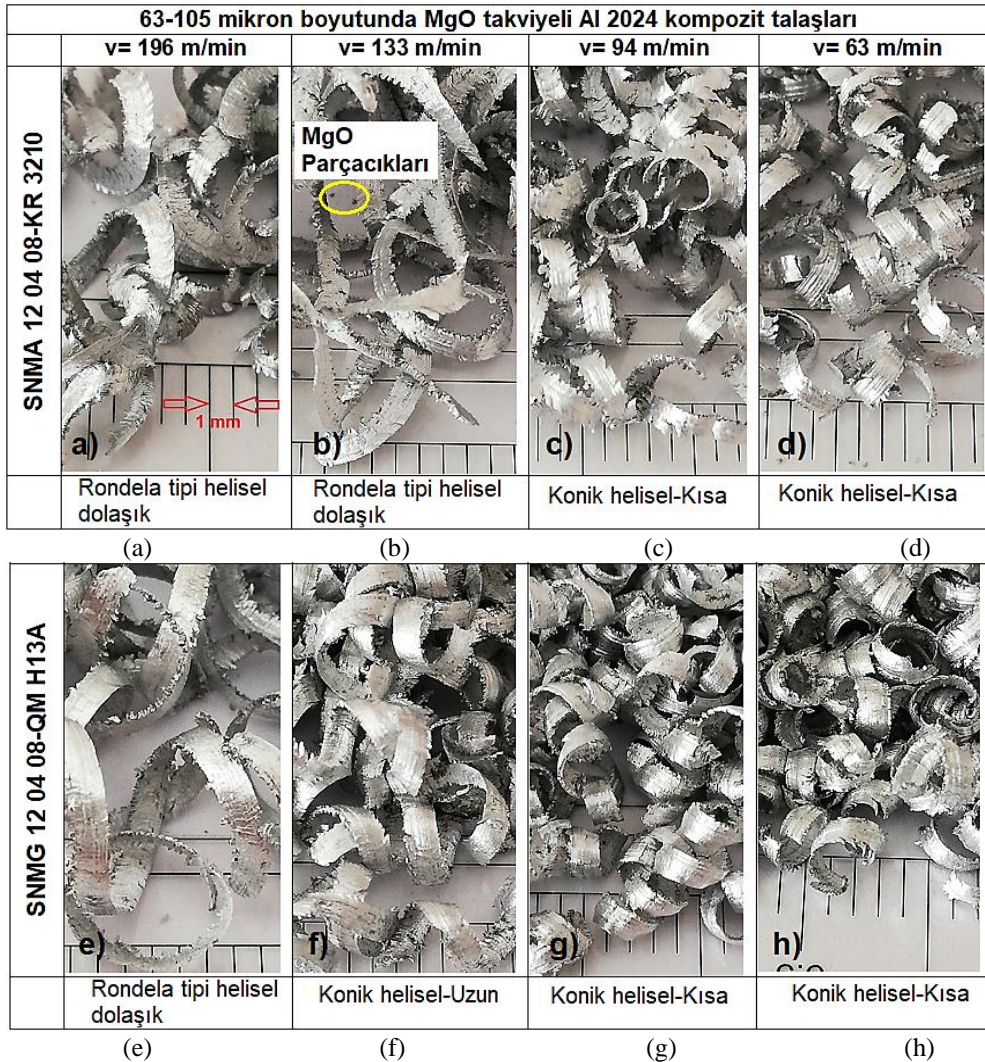
Şekil 4'teki genel grafik incelendiğinde, kesme hızındaki artışla beraber yüzey pürüzlülük değerlerinin azaldığı görülmektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değerlerinin MgO takviyesiz saf Al 2024 malzemenin işlenmesinden elde edildiği göze çarpmaktadır. Bu beklenen normal bir sonuçtur. Zira matris malzemesi Al 2024 içerisine ilave edilen MgO parçacıklarının sert ve düzgün olmayan şekli sebebiyle kompozit yapı içerisinde kararsız bir durum oluşturacağı bilinmektedir. SNMA kodlu takım ile işlenen kompozitlerde en yüksek pürüzlülük değerleri 105-149 µ boyutunda MgO takviyeli numunelerde elde edilmiştir. MgO parçacık boyutu 63-105 mikron'dan 105-149 mikron'a çıktığında yüzey pürüzlülük değerleri yükselmiştir. Ancak 105-149 mikron'dan 149-210 mikron'a çıktığında ise tekrar azalmaya başlamıştır. Fakat yine de 63-105 mikron MgO takviyeli numuneden bir miktar yüksek kalmıştır. Kesme hızı yönünden bakıldığında, kesme hızı değerlerinin azalmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin yükselmekte olduğu görülmektedir. MgO parçacık boyutunun yaklaşık iki katına çıkmasına rağmen pürüzlülük değerlerinde bu oranda bir değişim meydana gelmemiştir. Bu kısa değerlendirme sonucunda MgO takviye boyutunun işlenen yüzeylerin pürüzlülük değeri üzerinde çok fazla etkili olmadığı ifade edilebilir. Deneylerde kullanılan iki farklı kesici takımdan elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinde de çok önemli farklılıklar ortaya çıkmadığı söylenebilir. Bu tür parçacık takviyeli alüminyum kompozitler için talaş kırıcı formdaki kesici takımların kullanılmasının yüzey kalitesi üzerinde kayda değer etki yapmadığı görülmüştür. Şekil 4'teki grafikte görülen başka bir husus, diğer parametrelerden bağımsız olarak artan kesme hızıyla beraber, ortalama yüzey pürüzlülüğündeki azalma eğilimidir. Takım-iş parçası ve takım-talaş etkileşimi dikkate alındığında; kesme hızının artmasına bağlı olarak kesme bölgesindeki sıcaklığın artmasıyla beraber 1. deformasyon bölgesinde plastik deformasyon kolaylaşırken aynı şekilde 2. deformasyon bölgesinde talaş akışı ve talaşın biçimlenmesi kolaylaşmaktadır. Bu durum, beklenen şekilde yüzey kalitesini olumlu etkileyerek yüzey pürüzlülüğünün azalmasına sebep olmaktadır. Ancak kesme hızındaki aşırı artışlar, takımın aşınma sürecine daha erken girmesine sebep olacağından kesme hızının belli bir sınıra kadar artırılması yüzey kalitesi açısından olumlu olurken, daha fazla artırılması yüzey kalitesinde tekrar kötüleşmeye sebep olabilmektedir [14].

Şekil 3'teki grafiklerin tamamında görünen artan kesme hızıyla yüzey kalitesinin iyileşme eğilimi seçilen kesme hızı değerlerinin uygun olduğunu göstermektedir. Metallerde ve alaşımlarından farklı olarak bu tür parçacık takviyeli kompozitlerdeki sert fazların oranı, dağılımı ve biçimi ile birlikte kompozit yapıdaki gözenek miktarı yüzey kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Genel bir kanaat olarak, işlenen yüzeylerin pürüzlülüğünde artan kesme hızıyla birlikte iyileşme gözlenirken, artan ilerleme miktarıyla yüzey pürüzlülüğü değerleri de artarak yüzeylerin pürüzlülük miktarlarında artış meydana geldiği kabul edilmektedir. Yüzey pürüzlülük değerlerinde en etkili parametrenin ilerleme olduğu literatürde daha çok yer almaktadır [9, 15-18]. Bu sonuçlar literatürdeki çok fazla araştırmada yer aldığından, yapılan bu çalışmada ilerleme değeri sabit tutulmuş ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisinin incelenmesi düşünülmemiştir. Ancak bu çalışma ile kesme hızındaki değişimlerinde yüzey

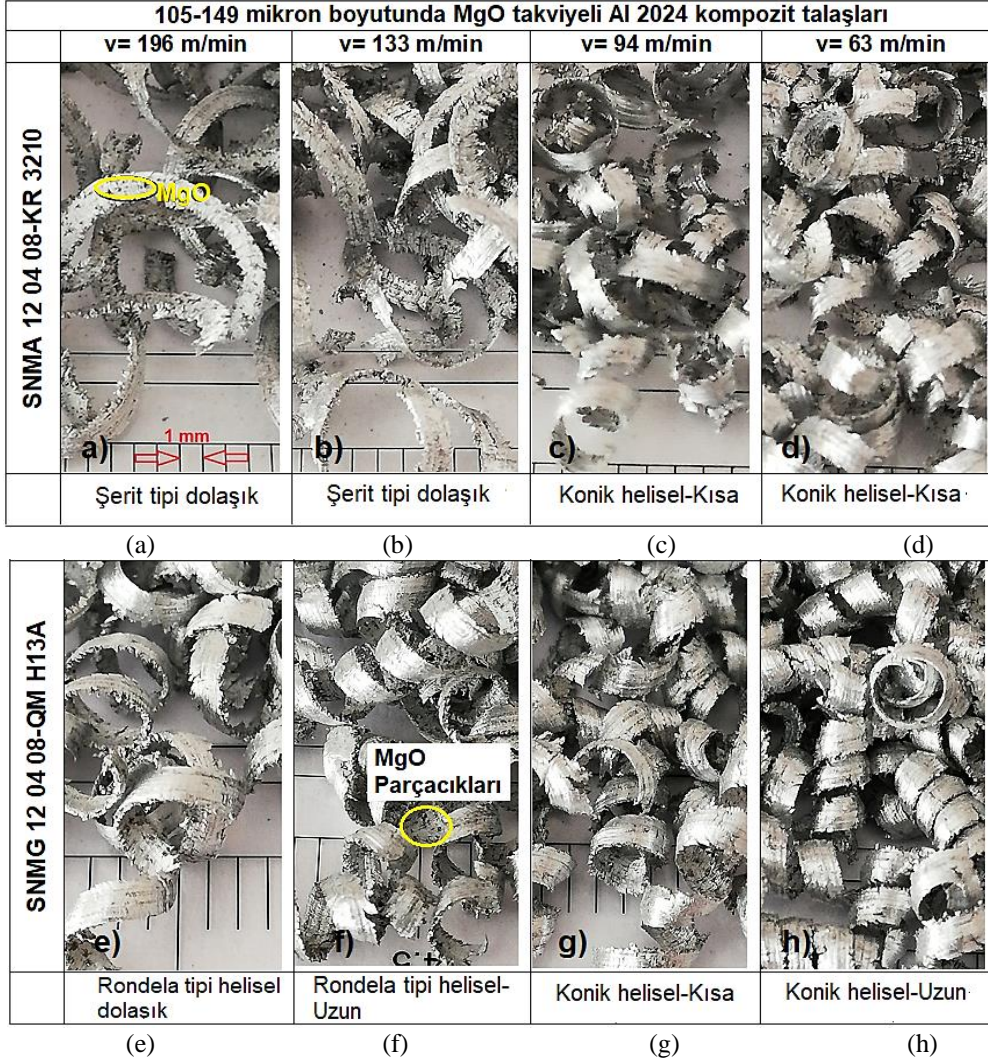
pürüzlülük değerleri üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Seçilen kesme hızı değerlerinin nispeten düşük olmasının bu sonuç üzerinde etkili olduğu ifade edilebilir. Alüminyum gibi sünek malzemelerin talaşlı imalatında seçilen düşük kesme hızlarında talaş kesme bölgesinden çok hızlı ayrılmamaktadır. Bu durumda talaş yığılmalar (BUE) ve/veya talaş katmanı (BUL) oluşabilmektedir. Ayrıca çıkan talaşların düzensiz formunun, işlenen yüzeylerin pürüzlülük değerlerini arttırdığı söylenebilir. Tornalama işleminde çıkan talaşların, takım ucu ile işlenen malzeme yüzeyi arasına sıkışarak kazıma veya çizme etkisi yapabileceği varsayılmaktadır. Benzer bir çalışmada, kesici takım ucunda oluşan BUE'nin işlenen yüzeylerin pürüzlülüğü üzerinde önemli etkisi olduğu ifade edilmiştir [19].

C. TALAŞ ŞEKLİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Karıştırmalı döküm yöntemiyle üretilen %10 MgO takviyeli Al 2024 kompozitlerin 0,03 mm/rev ilerlemede, 1 mm sabit kesme derinliğinde, 196 m/min, 133 m/min, 94 m/min ve 63 m/min kesme hızlarında SNMA ve SNMG takımlar ile yapılan talaşlı işleme deneylerinde çıkan talaşlardan alınan numunelerin görüntüleri Şekil 5, 6, ve 8'de MgO tanecik boyutuna göre ayrı ayrı verilmiştir. Metalik malzemelerin işlenebilirliğinin incelendiği çalışmalarda, genellikle ISO 3685 standardında belirtilen talaş tipleri dikkate alınmaktadır.

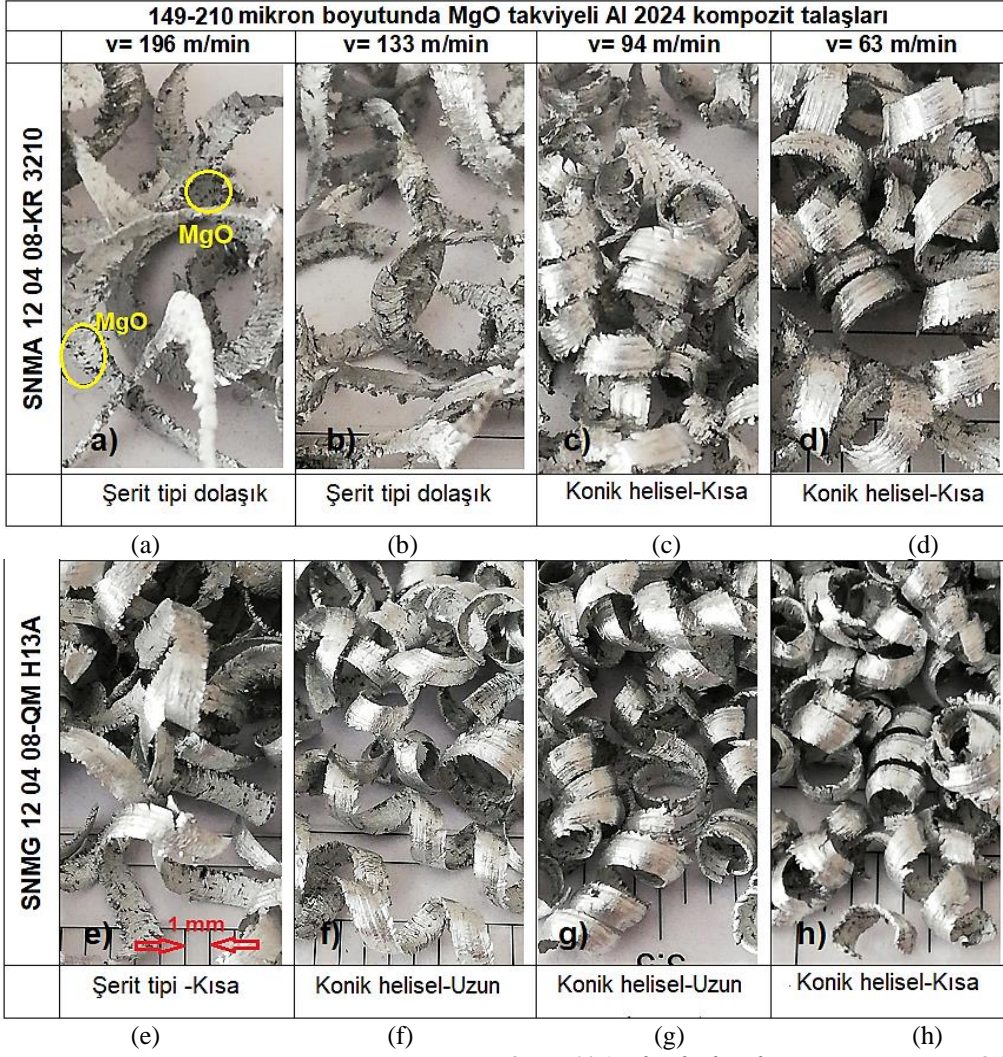


Şekil 5. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlarla işlenen 63-105 μ MgO katkı Al 2024 kompozit numune talaşları (a-h)

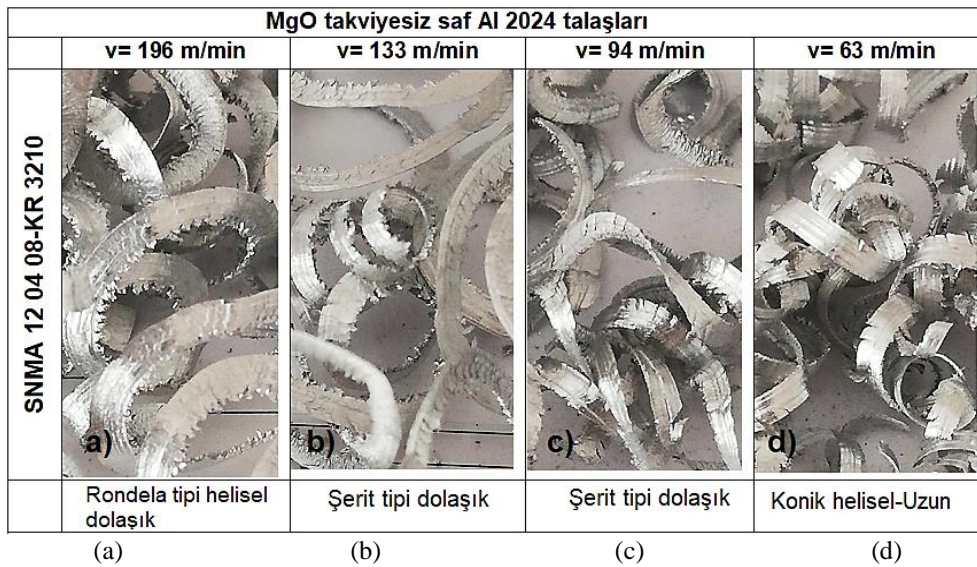


Şekil 6. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlarla işlenen 105-149 μ MgO katkılı Al 2024 kompozit numune talaşları (a-h)

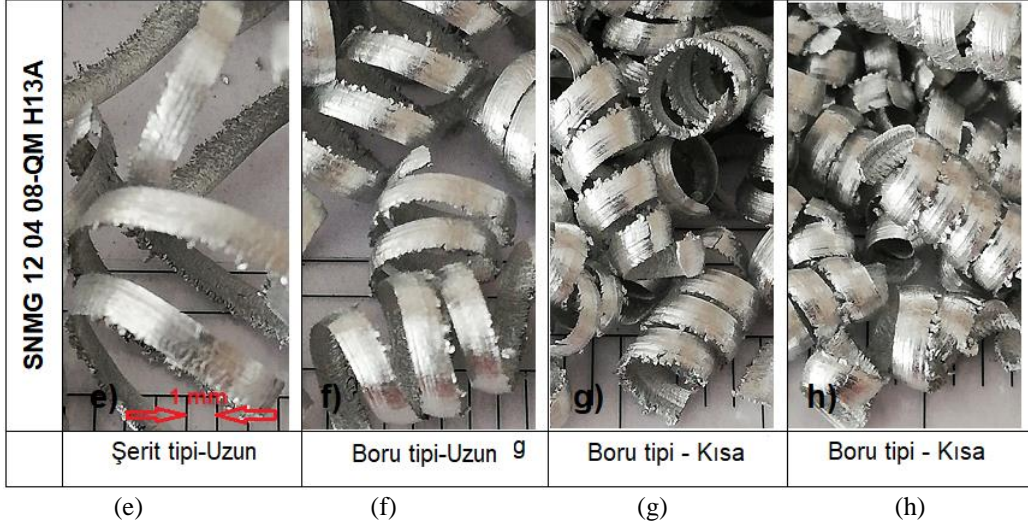
Şekil 5 ve Şekil 6'daki talaş görüntülerine topluca bakıldığında, kesme hızındaki azalmaya bağlı olarak talaş şekillerinin değiştiği anlaşılmaktadır. 196 m/min ve 133 m/min kesme hızlarında oluşan rondela tipi helisel dolaşık talaş (Washer-type helical-Snarled), 94 m/min ve 63 m/min kesme hızlarında konik helisel kısa tip talaş (Conical helisel chips-Short) biçimine dönüşmüştür. Dikkat çeken diğer husus ise talaş kenarlarındaki yırtıklar ve çatlakların meydana gelmiş olmasıdır. Alüminyum gibi yumuşak ve sünek metallerin işlenmesinde bu tür yırtıklar oluşabilmektedir. Talaş oluşumu ve şekli; iş parçasının malzemesine, kesici takımın geometrisine, kesme hızına, ilerlemeye ve kesme derinliği gibi işleme parametreleriyle ilişkilidir [20]. İki farklı kesici takım arasında kıyaslama yapılacak olursa, kesici takım türünün talaş şekli üzerinde çok önemli bir etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Sadece 133 m/min kesme hızında SNMG takımında konik helisel uzun tip talaş (Conical helisel chips-Long) meydana gelmiştir. Normal şartlarda talaş kırıcı formda olan SNMG takımlardan elde edilen talaşlarda bariz bir farkın olması beklenirdi. Ancak durum böyle olmamıştır. Deneylerde kullanılan kesici takımların ikisi de negatif talaş açısında talaş kaldırma işlemi yapmıştır. Talaş kırıcı formdaki takımların pozitif talaş açısı ile işleme yapmasının talaş üzerinde daha fazla kırma etkisi yaptığı bilinmektedir. Bu durumda SNMA takımlar ile kıyaslandığında, SNMG kodlu takımların negatif talaş açısına sahip olması nedeniyle çıkan talaşlarda beklenen oranda şekil değişikliklerinin oluşmadığı değerlendirilmiştir.



Şekil 7. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlarla işlenen 149-210 μ MgO katkılı Al 2024 kompozit numune talaşları (a-h)

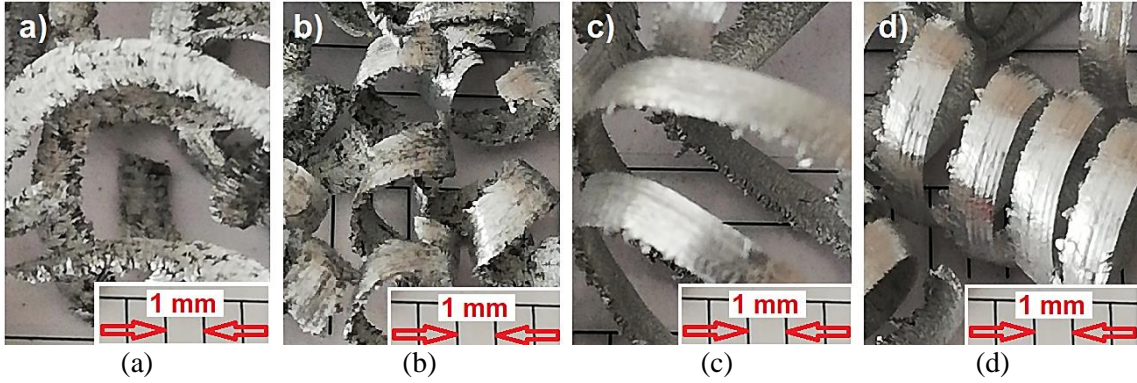


Şekil 8. SNMA 12 04 08-KR 3210 ve SNMG 12 04 08-QM H13A takımlarla işlenen MgO katkısız saf Al 2024 numune talaşları (a-h)



Şekil 8. (devamı)

Şekil 5, 6, 7 ve 8'deki talaş görüntülerine topluca olarak bakıldığında, MgO takviye boyutunun talaş şekli üzerinde önemli farklılıklar oluşturmadığı söylenebilir. Ancak MgO takviyesiz saf Al 2024 numuneden çıkan talaşlarda bariz bir şekil değişimi göze çarpmaktadır. MgO takviyeli numunelerde genel olarak rondela tipi helisel dolaşık talaş (Washer-type helical-Snarled) ve konik helisel kısa tip talaş (Conical helisel chips-Short) meydana gelmiştir. Saf Al 2024 malzemede ise daha çok Şerit Talaş tipleri (Tubular chips) oluşmuştur. Bu durumda, MgO parçacıklarının çıkan talaşın sürekliliğini azalttığı ve talaşların daha kısa sürede ve uzamadan koptuğu değerlendirilmektedir. Kompozit yapı içerisindeki MgO parçacıklarının Al 2024 malzemenin sünekliğini azalttığı söylenebilir. Özellikle MgO parçacıklarının topaklaştığı ve gözenek oluşturduğu bölgelerde çıkan talaşın kesintiye uğradığı ve kararsız bir yapıya dönüştüğü anlaşılmaktadır. İşleme deneyleri sırasında, talaşın içerisinden kopan MgO parçacıklarının boşluklar oluşturduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca bu boşlukların talaş kenarlarında yırtıklar oluşturduğu görülmektedir. Bu amaçla, MgO parçacıklarının talaş üzerindeki etkisinin daha net anlaşıldığı görüntüler Şekil 9'da verilmiştir.



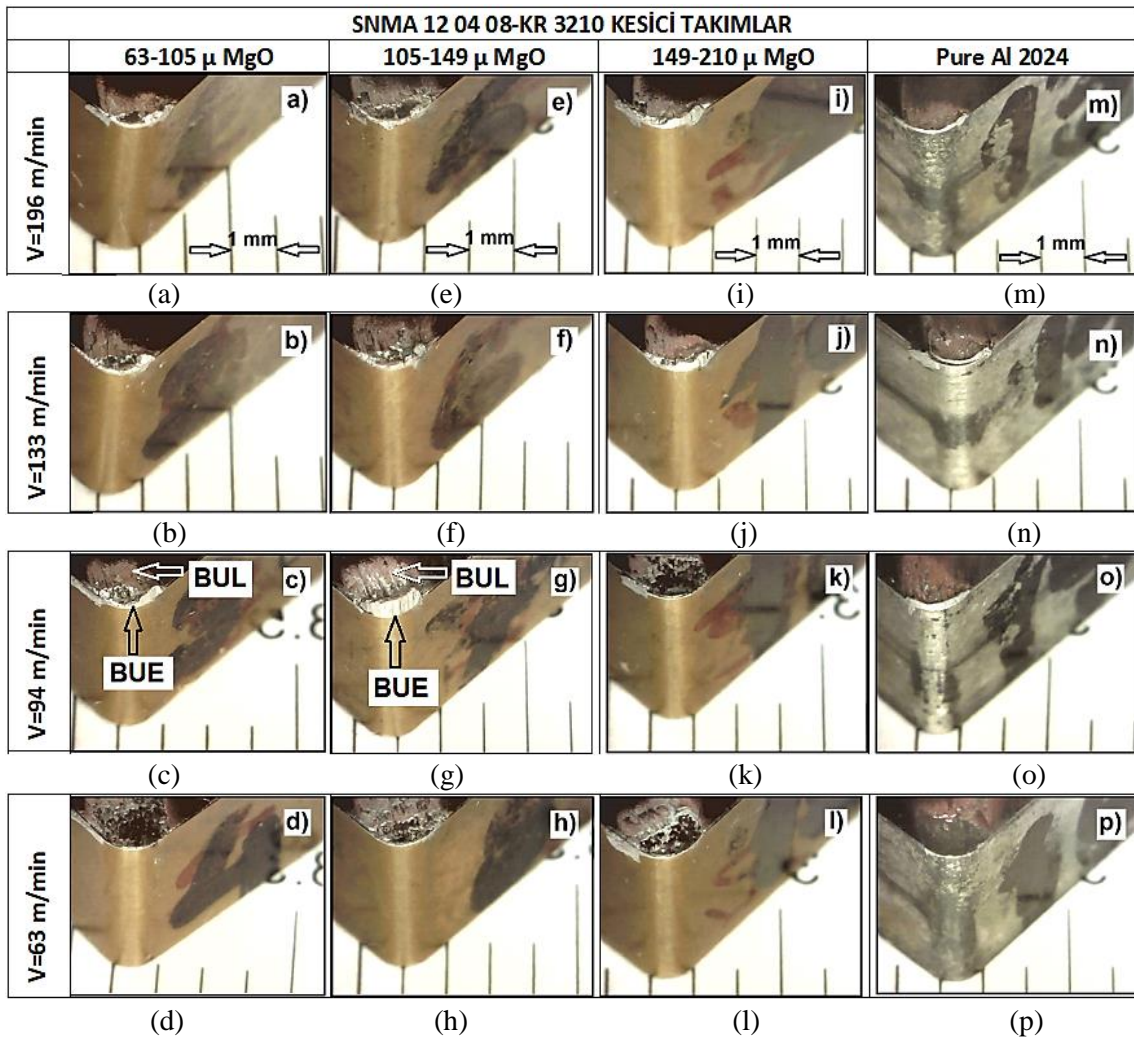
Şekil 9. MgO takviye parçacıklarının talaşın yapısına etkisi (a-d)

Şekil 9 a) ve b)'deki talaş görüntüleri incelendiğinde, talaşların üzerinde gömülü haldeki MgO parçacıkları ve MgO parçacıklarının koparak uzaklaşması sonucunda ortaya çıkan gözenekler görülebilmektedir. Talaşlar üzerindeki koyu/siyah renkli noktalar gözenekleri ifade etmektedir. Aynı zamanda bu gözenekler içerisinde gömülü halde MgO parçacıkları yer almaktadır. Ayrıca MgO takviyeli talaş yüzeylerindeki çatlak ve yırtık bölgelerde dikkat çekmektedir. Bu kararsız ve bozuk talaş yapısının en önemli nedeninin takviye elemanı MgO parçacıkları olduğu anlaşılmaktadır. Benzer sonuçlar literatürde yer almaktadır [9, 21]. Talaş yüzeyinden koparak ayrılan MgO parçacıklarının kesici takım ile, işlenen yüzeylerin arasında sürtünerek pürüzlülük değerlerini yükselttiği düşünülmektedir. Aynı zamanda işleme sırasında MgO takviye parçacıklarının kompozit yapı içerisinde ayrılarak küçük boşluklar oluşturduğu Şekil 9 a) ve b)'deki görüntüden anlaşılmaktadır. Benzer sonuçlar literatürdeki

bir çalışmada rapor edilmiştir [22]. Bu talaş formunun yüzey pürüzlülüğü üzerinde olumsuz etki yaptığı da ayrıca söylenebilir. Özellikle 63 m/min ve 94 m/min kesme hızlarındaki yüksek pürüzlülük değerlerinin oluşmasında, MgO parçacıklarının tesiri yanında, konik helisel şeklindeki talaş formunun da etkili olduğu söylenebilir. Zira bu tip talaşların yüzeyi terk ederken kıvrılması sırasında iş parçası yüzeyine devamlı sürtünmekte olduğundan, yüzeyin pürüzlülüğü üzerinde olumsuz etki yapabilmektedir.

D. TAKIM AŞINMA DAVRANIŞLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

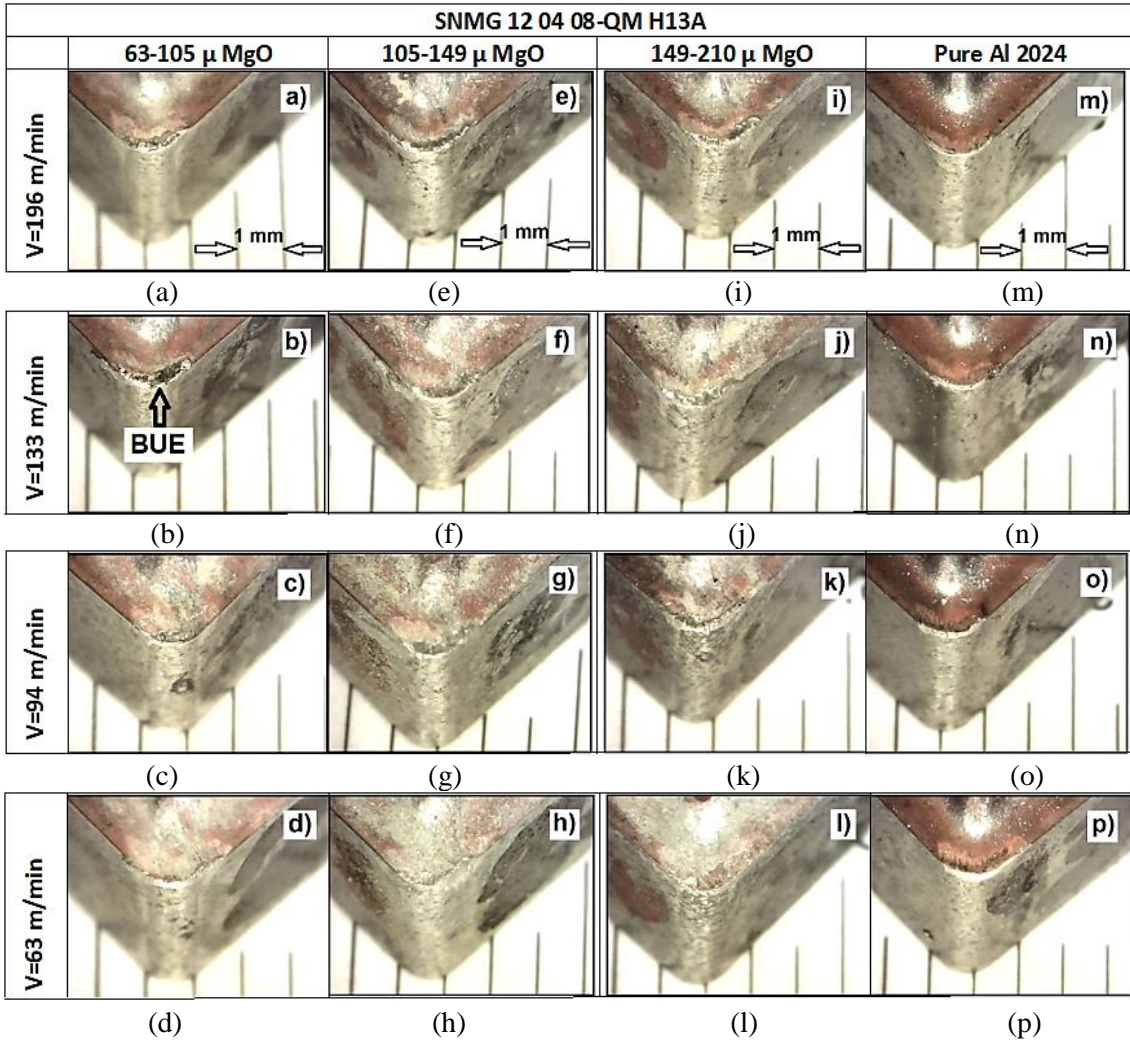
Karıştırmalı döküm yöntemiyle üretilen 63-105 μ , 63-105 μ ve 63-105 μ olmak üzere 3 farklı parçacık boyutunda % 10 oranında MgO takviyeli kompozitler ile saf Al 2024 numunelerin tornalandığı kesici takımlara ait dijital mikroskop görüntüleri Şekil 10 ve 11’de verilmektedir. Tornalama deneyleri her numune için, 196 m/min, 133 m/min, 94 m/min ve 63 m/min kesme hızlarında, 0,03 mm/rev ilerleme değerlerinde ve 1 mm sabit kesme derinliğinde kuru işleme şartlarında yapılmıştır.



Şekil 10. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan SNMA 12 04 08-KR 3210 kodlu kesici takımlar (a-p)

Şekil 10’deki kesici takım görüntülerine topluca bakıldığında, kesici takımların çoğunda bir miktar yığıntı talaş (BUE) oluştuğu görülmektedir. Talaşlı imalat işleminde, iş parçası malzemesi kesici takım üzerine iki şekilde yapışmaktadır. Birincisi, kesici kenar üzerine iş parçası malzemesinin yapışmasıdır. Bu durum BUE oluşumu olarak adlandırılmaktadır. İkincisi, iş parçası malzemesi kesici takım talaş yüzeyinde geniş bir alana yayılarak yığıntı katmanı (BUL) yapışma mekanizması oluşturmasıdır. İşleme sırasında talaşın takım yüzeyine sürtünmesiyle oluşan yüksek sıcaklık, talaşın kesici takımın üst yüzeyine yapışmasını kolaylaştırmakta ve BUE/BUL meydana gelmektedir [20]. Alüminyumun ve

alüminyum alaşımlarının talaşlı imalatı sırasında kesici takım ucunda BUE ve BUL oluşumu literatürdeki farklı çalışmalarda yer almaktadır [9,19, 23,24]. Şekil 10'daki kesici takım uçları incelendiğinde BUE'nin BUL'dan daha fazla etkili olduğu ifade edilebilir. Özellikle 196 m/min, 133 m/min ve 94 m/min kesme hızlarında işlenen MgO takviyeli kompozit malzemelerin tamamında BUE'nin etkisi oldukça fazla olmuştur (Şekil 10 a), b), c), e), f), g), i), j). Aynı şekilde MgO takviyeli kompozit numunelerin tamamında az miktarda BUL meydana gelmiştir. MgO takviyesiz saf Al 2024 malzemede ise BUE ve BUL miktarları yok denecek kadar az miktardadır (Şekil 10 m), n), o), p). Ayrıca bazı takımlarda çok az miktarda yan yüzey (yanak) aşınma mekanizmasının oluştuğu söylenebilir. Yanak aşınması daha çok 196 m/min ve 133 m/min kesme hızında ve 149-210 mikron MgO takviyeli numunelerin işlendiği kesici takımlarda meydana gelmiştir (Şekil 10 i), j). Bu sonuç normal karşılanabilir. Çünkü kesme hızı arttıkça sürtünmeye bağlı olarak takım kenarındaki deformasyon artacaktır. Ayrıca kompozit yapı içerisinde yer alan sert fazdaki MgO parçacıklarının boyutunun büyümesiyle (149-210 μ) takım kenarında daha geniş bir alanda sürtünme etkisi oluşturmuştur. Kesici takımlarda meydana gelen BUE ve BUL oluşumlarında bazı sıra dışı durumların meydana gelmesi ise işlenen malzemenin karasız yapısıyla ilişkilendirilebilir. Kompozit yapı içerisindeki MgO'nun çok homojen olmayan dağılımı, yer yer oluşan MgO topaklanmaları ve/veya gözenekli mikroyapı bu tür takım davranışlarına neden olabilmektedir. Literatürde buna benzer sonuçlara işaret edilmektedir. Şekil 10'daki SNMG kesici takım görüntüleri genel olarak değerlendirilirse, kompozit yapı içerisindeki MgO parçacık boyutundaki farklılığın takım aşınma davranışları üzerinde çok etkisinin olmadığı ifade edilebilir. Diğer taraftan kesme hızındaki değişimlerin, kesici takım aşınma davranışları ve BUE/BUL oluşumu üzerinde daha fazla etkili olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 11. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan SNMG 12 04 08-QM H13A kodlu kesici takımlar (a-p)

Şekil 11'deki kesici takım görüntüleri incelendiğinde, Şekil 10'da yer alan SNMA takım görüntülerindeki takım aşınma davranışlarına benzer durumların meydana geldiği söylenebilir. Özellikle 196 m/min ve 133 m/min kesme hızlarındaki tüm MgO takviyeli kompozit numunelerde BUE oluşumu meydana gelmiştir (Şekil 11 a), b), e), f), i), j). SNMG takımlardaki talaş kırıcı form ve düz olmayan talaş yüzeyi nedeniyle BUL oluşumu çok az miktarda gerçekleşmiştir. Ancak SNMG takımlar üzerindeki BUE ve BUL oluşumları, SNMA takımlardakinden daha az miktarlarda meydana gelmiştir. İlk etapta bu takım davranışına, SNMG takımların talaş kırıcı formunun etki ettiği akla gelmektedir. Çıkan talaşların SNMA takımlardaki düz talaş yüzeyine sürtünme süresinin daha fazla olduğu ifade edilebilir. SNMG takımlarda ise talaş kırıcı formun etkisiyle, çıkan talaş akışının daha kolay olduğu ve daha kısa sürede takım yüzeyini terk ettiği söylenebilir. Böylece takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünmenin daha az olması nedeniyle 2. deformasyon bölgesinde daha az sıcaklık meydana gelecektir. Dolayısıyla SNMG takımlarda ısı ve sürtünmenin etkisiyle meydana gelen takım aşınmaları ve BUE/BUL oluşumu, SNMA takımlara göre daha az gerçekleştiği ifade edilebilir.

Bu çalışmada kullanılan iki tip kesici takımda negatif formlu takımlardır. Negatif talaş açılarında pozitiflere göre daha fazla BUE meydana gelmektedir. Ancak SNMG takımın geometrik yapısı, talaş yüzeyinin belli bir bölgesinde bu negatifliği bir miktar azalttığından, SNMA takımlara göre BUE oluşumu daha az gerçekleşmiştir. Bu tür malzemelerin işlenmesinde BUE'yi engellemek için pozitif talaş açısı, keskin kenar formu, küçük takım ucu yarıçapı ve taşlanmış takım talaş yüzeyi tavsiye edilebilir.

IV. SONUÇ

Farklı boyutlarda %10 MgO takviyeli olarak karıştırılmalı döküm yöntemiyle üretilen Al 2024 kompozitlerin tornada yapılan işlenebilirlik deneylerinden elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- İki farklı kesici takımda da kesme hızının azalmasına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinde artış meydana gelmiştir.
- MgO takviyeli kompozit numunelerin pürüzlülük değerleri MgO takviye edilmemiş Al 2024 malzemeye göre yüksek çıkmıştır. MgO takviyesi alüminyumun yüzey pürüzlülük değerini olumsuz etkilemiştir.
- MgO takviye boyutunun pürüzlülük değerleri üzerindeki etkisinin çok kararlı olmadığı görülmüştür. SNMA takımlarda tüm kesme hızlarında en yüksek pürüzlülük değerleri 105-149 mikron tanecik boyutunda MgO takviyeli numunelerden elde edilirken, SNMG takımda 63-106 mikron MgO takviyeli kompozit numunede elde edilmiştir.
- SNMA ve SNMG takımlar arasında da yüzey pürüzlülük değerleri yönünden kayda değer farklılıklar oluşmamıştır.
- Kesme hızındaki değişimler, çıkan talaşların şekline değiştirmiştir. Kesme hızının azalmasına bağlı olarak karışık şerit talaş tipinden helisel konik uzun veya helisel konik kısa talaş şekline doğru değişim meydana gelmiştir. MgO parçacıkların talaşlar üzerinde oluşturduğu gözenekli bölgeler çıkan talaşların çatlama veya kopmasına neden olmuştur.
- Çıkan talaşların şekli üzerinde, SNMA ve SNMG takımlar arasında kayda değer bir fark meydana gelmemiştir.
- Kesici takımlar üzerinde bir miktar BUE ve BUL meydana gelmiştir. Bu takım aşınma davranışları, özellikle 196 m/min ve 133 m/min kesme hızlarında işlenen MgO takviyeli kompozit numunelerde daha belirgin şekilde gerçekleşmiştir.
- SNMG takımlardaki BUE/BUL oluşumu SNMA takımlara göre bir miktar daha az meydana gelmiştir. Bu durum SNMG takımın talaş kırıcı formunun ve takım kaplamasının olumlu bir etkisi olarak değerlendirilmiştir.

V. KAYNAKLAR

- [1] S. J. S. Chelladurai, S. S. Kumar, N. Venugopal, A. P. Ray, T.C. Manjunath, S. Gnanasekaran, "A review on mechanical properties and wear behaviour of aluminium based metal matrix composites," *Materials Today: Proceedings* vol. 37, pp. 908-916, 2007.
- [2] M. Pul, "The effect of MgO ratio on surface roughness in Al-MgO composites," *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 28, pp. 963-968, 2013.
- [3] G. Sur, Y. Sahin and H. Gokkaya, "Production of aluminum based particulate reinforced composites using molten metal mixing and squeeze casting methods," *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* vol. 20, no. 2, pp. 233-238, 2005.
- [4] M. Pul, U. Şeker, "The effect of cutting tool wear behaviors on feed rates in turning of metal matrix composites," *Journal of Polytechnic*, vol. 17, no. 3 pp. 99-106, 2014.
- [5] E. Kılıçkap, O. Çakır, M. Aksoy, A. İnan, "Study of tool wear and surface roughness in machining of homogenised SiC-p reinforced aluminium metal matrix composite", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 164-165, pp. 862-867, 2005.
- [6] S. Kannan, H.A. Kishawy, "Tribological aspects of machining aluminium metal matrix composites", *Journal of Material Processing Technology*, vol. 198, pp. 399-406, 2008.
- [7] P. J. Davim, "Diamond tool performance in machining metal–matrix composites," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 128, pp.100–105, 2002.
- [8] A. Pramanik, L.C. Zhang, J.A. Arsecularatne, "Prediction of cutting forces in machining of metal matrix composites," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 46, pp. 1795–1803, 2006.
- [9] A. Manna, B. Bhattacharayya, "A study on machinability of Al/SiC-MMC," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 140, pp. 711–716, 2003.
- [10] M. Acilar and F. Gül, "Production and development of Al–10Si/SiCp metal matrix composites by vacuum infiltration," *J. Polytech. Fac. Tech. Educ. Gazi Univ.*, vol. 4, pp. 21–27, 2002.
- [11] B. Subramaniam, V. R. Purusothaman, S. M. Karuppusamy, S. H. Ganesh, R. K. Markandan, et al. "Review On Properties Of Aluminium Metal Matrix Composites," *Journal of Mechanical and Energy Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 57-66, 2020.
- [12] A. A. Yar, M. Montazerianb, H. Abdizadehb, H.R. Baharvandic, "Microstructure and mechanical properties of aluminum alloy matrix composite reinforced with nano-particle MgO," *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 484, pp. 400–404, 2009.
- [13] T. Jayakumar, K. Annamalai, "Investigation of hot tensile behavior of silicon carbide and magnesium oxide reinforced aluminum matrix composites," *Silicon*, vol. 11, pp. 935–945, 2019.
- [14] E.P. De Garmo, J.T. Black, R.A. Kohser, 1997, "*Materials and processes in manufacturing*", New Jersey, USA, Prentice-Hall Inc., 1997, pp. 214-652.
- [15] M. S. Ranganath, Vipin, R. S. Mishra, Prateek, Nikhil "Optimization of Surface Roughness in CNC Turning of Aluminium 6061 Using Taguchi Techniques", *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, vol. 5, no. 5, pp. 42-50, 2015.

- [16] D. Deepak, B. Rajendra, "Investigations on the surface roughness produced in turning of Al 6061 (as-cast) by taguchi method", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, vol. 4, no. 8, pp. 295-298, 2015.
- [17] A. Pridhvijit, C. Y. Binu, "Experimental Study and Parameter Optimization of Turning Operation of Aluminium Alloy-2014", *International Journal of Engineering Research and General Science*, vol. 3, no. 5, pp. 525-530, 2015.
- [18] V. A. Rogov, G. Siamak, "Optimization of Surface Roughness and Vibration in Turning of Aluminum Alloy AA2024 Using Taguchi Technique," *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 7, no. 11, pp. 2330-2339, 2013.
- [19] Y. Ozcatalbas, "Chip and built-up edge formation in themachining of in situ Al4C3–Al composite," *Materials and Design*, vol. 24, pp. 215–221, 2003.
- [20] M. Pul, "Investigation of the tool wear, surface roughness, and chip formation in the machining of ZrO₂-reinforced aluminum composites", *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 42, no. 565, pp. 1-15, 2020.
- [21] S. Basavarajappaa, J. P. Davim, "Influence of Graphite Particles on Surface Roughness and Chip Formation Studies in Turning Metal Matrix Composites," *Materials Research*, vol. 16, no. 5, pp. 990-996, 2013.
- [22] N. Radhika, R. Subramanian and A. Sajith, "Analysis of chipformation in machining aluminium hybrid composites," *E3 Journal of Scientific Research*. vol. 2, no. 1, pp. 009-015, 2014
- [23] M. Sekmen, M. Günay, U. Şeker, "Alüminyum alaşımlarının işlenmesinde kesme hızı ve talaş açısının yüzey pürüzlülüğü, yığıntı talaş ve yığıntı katmanı oluşumu üzerine etkisi," *Politeknik Dergisi*, c. 18, s. 3, ss. 141-148, 2015.
- [24] H. Gökkaya ve M. Nalbant, "Investigating the effects of cutnig speeds over the built-up layer and built-up edge formation with SEM," *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, vol. 22, no. 3, pp. 481-488, 2007.