

## Inconel 718 Süper Alaşımının Sementit Karbür Kesici Takımlar ile İşlenmesinde, Kesici Takım Kimyasal Özelliklerinin Takım Performansına Etkileri

Abdullah ALTIN

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van MYO

### Özet

Bu çalışmada, Inconel 718'in işlenmesi esnasında sementit karbür kesici takım kimyasal özelliklerinin takım ömrü üzerindeki etkileri analiz edilerek, grafik ve resimlerle açıklanmıştır. İki farklı geometri (kare ve yuvarlak) ile iki farklı kalitedeki kaplamalı ve kaplamasız sementit karbür takımlar kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında talaş kaldırılmıştır. Kesici takım üzerinde oluşan aşınmalar ölçülmüş ve kesici takım kimyasal özelliklerinin takım performansına olan etkileri incelenmiştir. Kaplamalı sementit karbür takımlarda yapıdaki alüminyum ve nikel oranının yüksek oluşu, krater ve plastik deformasyon oluşumuna olumsuz etkide bulunurken, kaplamasız sementit karbür takımlarda ise yapıdaki oksijen ve krom oranının yüksekliği termal çatlak ve çatlama oluşumunda oldukça etkili görülmüştür. Her iki farklı kalitede ve iki farklı geometride 4 ayrı kesici takım, krater aşınması yönünden denendiğinde 60 m/min. lik kesme hızında mükemmel performans görülürken 15, 30, 45 ve 75 m/min'lik kesme hızlarında KC 9225 SNGN kesici takımın daha zayıf bir performans göstermesi yapıdaki oksijen oranının yüksekliğine atfedilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Süper alaşımlar, takım ömrü, inconel 718, işlenebilirlik, yan kenar aşınması.

## The Effects of A Tool's Chemical Composition on Its Performance When Turning Inconel 718 With Cemented Carbide Tools

### Abstract

In this study, the effects of a cutting tool's chemical composition on wear and tool life are investigated. A series of experiments was carried out using coated and uncoated cemented carbide tools that have two different geometries (square and circular) and two different ISO qualities. For the cemented carbide tools, a high level of aluminum and nickel caused crater and plastic deformation, while thermal fracture and notch wear is considered as a cause of high oxygen and chrome levels in uncoated cemented carbide tools. Four different tools with two qualities showed the best performance at a cutting speed of 60 m/min according to crater wear. The fact that the coated cemented carbide square-type tools are subjected to plastic deformation is attributed to the high oxygen level in the cutting tool's structure. When machining with KC 9225 coated cemented carbide tools at the 15, 30, 45 ve 75 m/min, cutting speed showed lower performance is considered as a cause of high oxygen levels.

**Key words:** Inconel 718, chemical property, super alloys, tool life, ceramic tools.

### Giriş

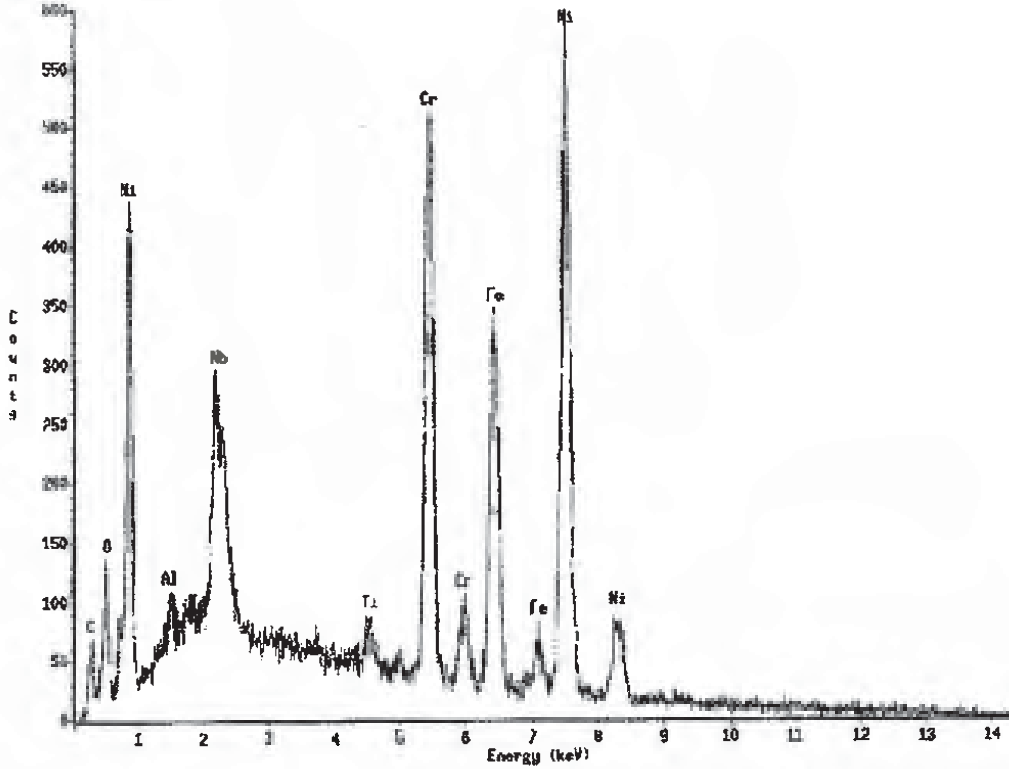
Süper alaşımlar, şiddetli mekanik gerilmelerin ve yüzey dengesinin sıklıkla gerekli olduğu genellikle Grup VIII B elementlerine dayalı yüksek sıcaklıklarda hizmet vermesi için geliştirilmiş ve II. Dünya savaşından kısa bir süre sonra kullanılmıştır (Loria, 1992). Süper alaşımlar; genellikle demir, nikel, kobalt ve daha az miktarlarda tungsten, molibden, tantal, niyobyum, titanyum ve alüminyum alaşımlarla yapılan çeşitli formüllerini içerirler (Bartlay, 1988). Süper alaşımların en önemli özellikleri; 650 °C' nin üstündeki sıcaklıklara uzun süre dayanmaları ve sıcaklığa bağlı korozyon ve erozyona dayanıklılıklarıdır. Nikel ve kobalt esaslı süper alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda (1500-1650 °C) yüksek dayanıma sahiptirler. Nikel esaslı süper alaşımlar, kaliteli bir yüzey elde etmede, işlenebilirliği en zor olarak bilinen malzemelerdendir (Bartlay, 1988, Ezugwu ve ark., 2003). Bu alaşımlar uçak motorlarında, endüstriyel gaz türbinlerinde, uzay araçlarında, roket motorlarında, nükleer reaktörlerde, deniz altlarında, buhar üretme tesislerinde, petrokimyasal cihazlarda ve diğer ısıya dayanıklı uygulamalarda

kullanılmaktadır (Sims, 1972; White, 1986). Inconel 718, uçak ve uzay endüstrisinde, ticari kullanımı olan süper alaşımlar arasında en çok kullanılan malzemedir (Anonymous, 1990). Bugün kullanılan süper alaşımların temeli, % 80 nikel ile % 20 krom alaşım olan ve 50 yıldan beri elektrikte direnç teli olarak kullanılan malzemeden esinlenerek geliştirilmiştir. Süper alaşım, ilk olarak 1940' larda dikkate değer oksidasyon dayanımı ile sürünme ve kırılma geriliminden (creep rupture strength) ötürü (düşük miktarda titanyum ve alüminyum katılarak) kullanılmaya başlanmıştır (Ezugwu ve ark., 1998). İlk üretilen süper alaşım, Nimonic 80' dir. Kısa bir süre sonra bu alaşım geliştirilerek Nimonic 80 A üretildi. Daha sonra bu da geliştirilerek % 20 kobalt ilavesi ile 50 °C' lik bir avantaj sağlayan ve Nimonic 80 A' ya nazaran daha fazla talebi olan ve de türbin motor tasarımcılarının gereksinim duydukları, yüksek sıcaklıklarda hizmet verecek Nimonic 90 üretildi (Field, 1968). Taleplerin artmasıyla titanyum ve alüminyuma ilaveten molibden katılarak Nimonic 105 ve 115' in geliştirilmesiyle katı solüsyon gerilimine sahip alaşımlar elde edildi. 1940' ların sonunda Pratt and Whitney Aircraft ve General Electric Company şirketleri

tarafından, Waspalloy ve M 252 adında 2 önemli dövme süper alaşım geliştirildi (Ezugwu ve Wang, 1996). Nikel esaslı ve demir kapsamlı Inconel 718 süper alaşımı, yüksek ısıl gerilim sağlamakta ve kaynak işlemlerinde çatlamlara iyi dayanım göstermektedir. Nikel esaslı süper alaşımlardaki programlı ilerleme, sadece bileşimdeki kompozisyonun bir fonksiyonu olarak değil, aynı zamanda eritme metodu, sıcak iş durumu ve ısıl işlemlerin optimizasyonu sonucunda elde edildi (Ezugwu ve ark., 1990).

## Materyal ve Metot

**Deney Numuneleri:** Deneysel çalışmalar için, endüstride özel kullanım alanı olan, Inconel 718 süper alaşım malzemeden Ø50x500 mm boyutlarında hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Inconel 718 süper alaşımın EDS analizi Şekil 2.1' de, kimyasal bileşimi ve mekanik özellikleri Çizelge 2.1 ve 2.2'de, verilmiştir.



Şekil 2.1. Deneylerde kullanılan AMS 5663 Inconel 718' in SEM' de çekilmiş elementar (EDS) analizi (Atatürk Ün. Lab. çekildi)

Çizelge 2.1. Inconel 718' in kimyasal bileşimi

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Co	Mo	Nb+Ta	Ti
0.040	0.08	0.08	<0.015	0.002	18.37	53.37	0.23	3.04	5.34	0.98
Al	B	Ta	Cu	Fe	Ca	Mg	Pb	Bi	Se	Nb
0.50	0.004	0.005	0.04	17.80	<0.01	<0.01	0.0001	.00001	<.0001	5.33

Değerler, malzeme satın alma raporundan alınmıştır. (gr %)

Çizelge 2.2. Inconel 718' in mekanik özellikleri

Sıcaklık (°C)	Akma ger. Kg/cm <sup>2</sup>	Çekme ger. (2%) Kg/cm <sup>2</sup>	%Uzama	%Daralma	Sertlik
RT(oda sıcak.)	80,708	67,32	23.3	42.1	HB
648 °C	64,17	55,51	22.2	30.8	388

Değerler, malzeme satın alma raporundan alınmıştır.

### İşleme parametreleri, Kesici Takım ve Takım:

**Tutucu:** ISO 3685'de önerildiği gibi imalatçı firmaların kesici takım kaliteleri için önerdiği kesme hızı aralıkları dikkate alınarak 15, 30, 45, 60 ve 75 m/min olacak şekilde beş farklı kesme hızı belirlenmiştir. ISO 3685'de tavsiye edilen aralıkta 0.20 mm/rev ilerleme hızı ve 2 mm kesme derinliği seçilmiştir.

Inconel 718 süper alaşım malzemesi, Inconel 718 süper alaşımını kesebilen malzemelerden iki farklı grupta (kaplamalı ve kaplamasız karbür) ve iki farklı geometride (kare ve yuvarlak) kesici takım seçildi. Kullanılan kesici takım malzemeleri şunlardır. Kennametal firmasına ait KC935, KC9225 ile SECO firmasına ait SECO 560 ve SECO 883 kodlu RCMM 120400 geometrisine ve M15

kalitesine sahip değiştirilebilir sementit karbür kesici takımlar kullanılmıştır. Kesici takımların ön boşluk açısı 7°, talaş açısı 0° dir. Takım tutucusu olarak ISO 5608'e göre RCMM 120400 formundaki kesici takım için CSRN R 2525 M12-MX7 tipi tutucu kullanılmıştır. Takım tutucunun yanaşma açısı 90°'dir.

**Takım tezgahı ve teknik özellikleri:** Yapılan talaş kaldırma işlemleri için bir CNC (OKUMA LB-45-II) torna tezgahı kullanılmıştır. Tezgahın özellikleri Çizelge 2.1.'de,

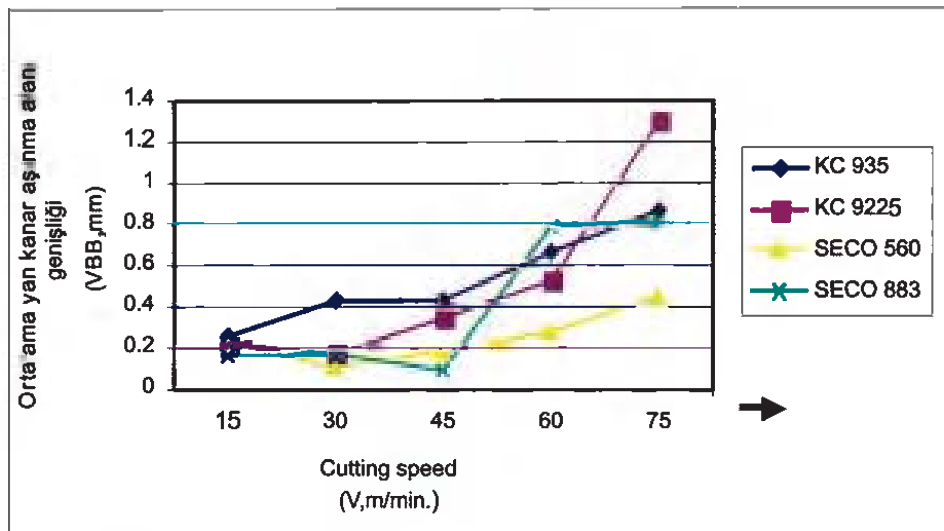
Çizelge 2.4 OKUMA LB-45-II CNC Torna tezgahının özellikleri

Maksimum işleme çapı	500 mm
Çalışma voltajı	380
Faz sayısı	3
Frekansı	50Hz
Yük kapasitesi	60.9 KW
Tam yükte çektiği akım	92.4 A
En yüksek motor akımı	248 A
Normal çalışma kap.	14. KA
Diyagram No:	W6200-031-2
Seri No:	0046
Üretim yeri	Japonya
Ayna	N15A11
Silindir	Y2050 Re
Max. devir sayısı	2800 dev./min.
Max. basınç	30Kg/cm <sup>2</sup>
Şirketi	OKUMA

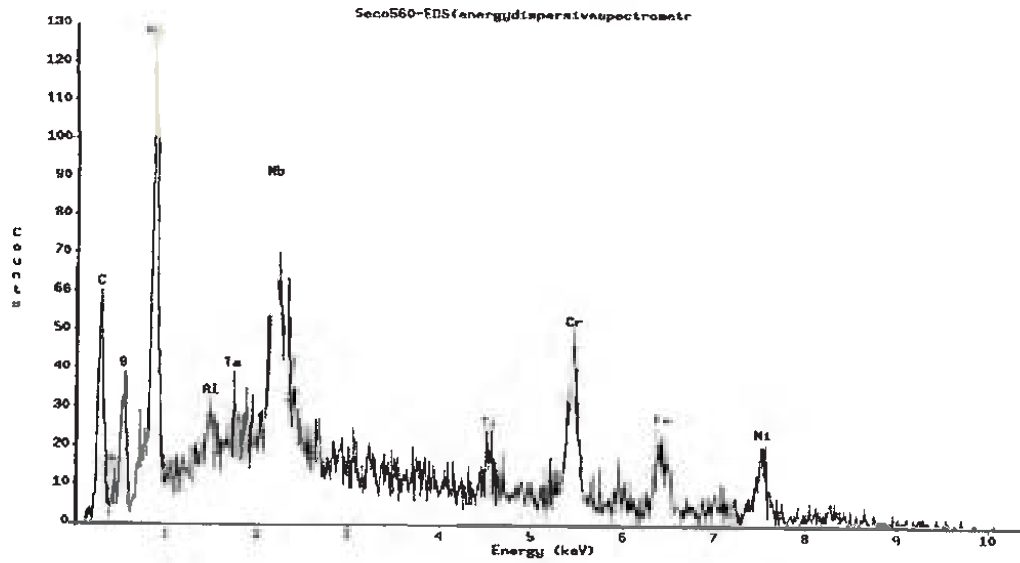
### Bulgular Ve Tartışma

Inconel 718' i tornada işleyerek, kesici takım kimyasal özelliklerinin takım performansına etkilerini belirlemek üzere Inconel 718' i tornada işleyerek, aşınma yönünden test etmek üzere iki farklı kalitede kaplamalı (KC 935, KC 9225, SECO 560) ve kaplamasız sementit karbür (SECO 883) kesici takım kullanılmıştır. Deneylerde ilerleme ( $f=0.20$  mm/rev.) ve talaş derinliği ( $d=2$  mm) sabit, kesme hızı (15, 30, 45, 60 ve 75 m/min) ise değişken tutulmuştur. Her deneyde 273 cm<sup>3</sup> lük talaş hacmi işlenmeye tabi tutulmuş ve aşınan uçların ortalaması ( $V_{BB}$ ) ve maksimum aşınma ( $V_{BBmax}$ ) değerleri grafiğe dönüştürülerek değerlendirilmiştir (Şekil 3.1.). Talaş kaldırma esnasında, ilk 15 m/min.' lik kesme hızında kullanılan dört karbür kesici takımın, iyi performans gösterdiği görülmüştür. Dört

kesici takım, aşınma kriteri olarak kabul edilen, aşınma değeri  $V_{BB}=0,3$  mm' den daha az aşınmışlardır. Kaplamalı karbürlerden KC 935' te düşük oranda çentik ve yanak aşınması, KC 9225' te ise çentik ve krater oluşmuştur. Ancak her iki kesici takımda aşınma miktarı düşük kalmıştır. Kaplamalı karbür SECO 560' ta az miktarda yanak aşınması, kaplamasız karbür SECO 883' te ise düşük miktarda kesici kenarda çentikler oluşmuştur. SEM elektron tarama mikroskobu altında alınan analiz grafikleri (Şekil 3.2) incelendiğinde kaplamalı sementit karbür takımlarda yapıdaki aliminyum ve nikel oranının yüksek oluşu krater ve plastik deformasyon oluşumuna olumsuz etkide bulunurken, kaplamasız sementit karbür takımlarda ise yapıdaki oksijen ve krom oranının yüksek oluşu termal çatlak ve çitlama oluşumunda oldukça etkili görülmüştür.

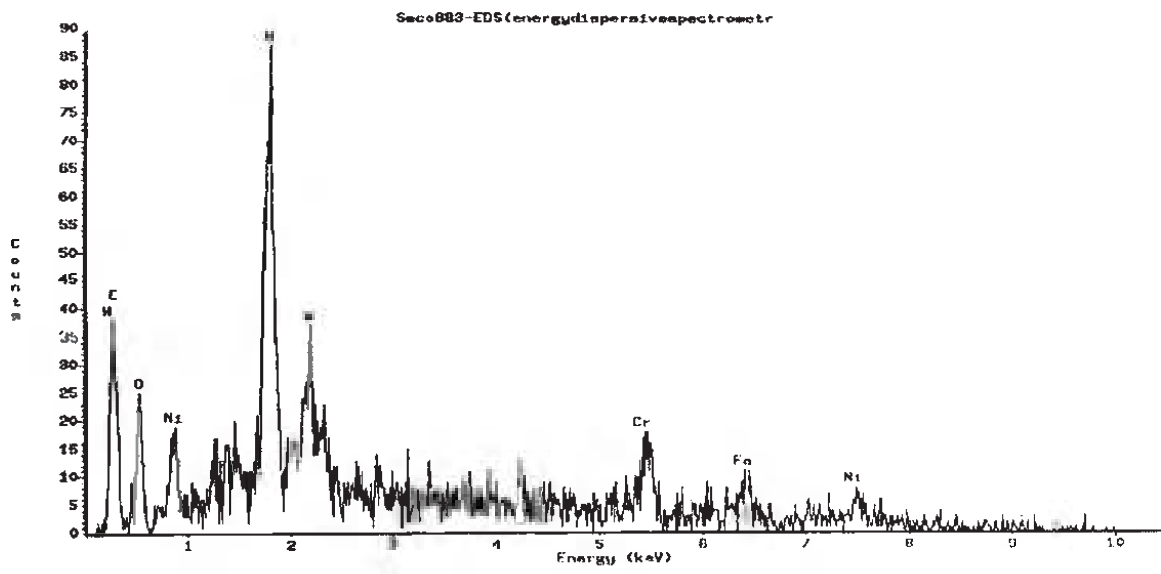


Şekil 3.1. Dört farklı sementit karbür takımla sabit ilerleme ( $f=0.20$  mm/rev.) ve sabit talaş derinliğinde ( $d=2$  mm) Inconel 718' in işlenmesinde kesme hızı ( $V$ ) ile ortalama yanak aşınması ( $V_{BB}$ ) arasındaki ilişki



Element	k-ratio (calc.)	ZAF	Atom %	Element	Mt %	Err. (1-Sigma)
Zr-L	0.0000	1.337	0.06	0.00	0.00	+/- 0.00
Ti-K	0.0217	0.974	2.60	2.11	+/- 0.39	
V-K	0.0007	0.998	6.08	0.07	+/- 0.46	
W-M	0.0027	1.600	6.14	0.43	+/- 0.38	
Cr-K	0.1828	0.666	17.80	15.72	+/- 1.60	
Ni-K	0.5328	0.990	52.80	52.71	+/- 18.29	
Fe-K	0.2101	0.969	21.45	7.39	+/- 6.85	
Nb-L	0.0576	1.284	4.89	0.00	+/- 0.00	
As-L	0.0000	2.101	0.00	0.00	+/- 0.00	
Ta-M	0.0073	1.645	6.39	1.21	+/- 0.39	
Total			100.00	100.00		

(a)



Element	k-ratio (calc.)	ZAF	Atom %	Element	Mt %	Err. (1-Sigma)
Zr-L	0.0024	1.358	0.25	0.38	+/- 1.25	
Ti-K	0.0065	0.827	0.91	0.61	+/- 0.78	
V-K	0.0000	0.960	0.00	0.00	+/- 0.60	
W-M	0.1917	1.415	10.65	27.13	+/- 1.14	
Er-K	0.1975	0.911	24.96	17.99	+/- 3.06	
Ni-K	0.3786	0.897	41.73	33.85	+/- 10.58	
Fe-K	0.1342	0.902	15.65	12.11	+/- 3.36	
Nb-L	0.0489	1.292	4.91	8.32	+/- 1.28	
As-L	0.0030	1.771	0.50	0.52	+/- 6.52	
Ta-M	0.0072	1.446	0.41	1.04	+/- 1.07	
Total			100.00	100.00		

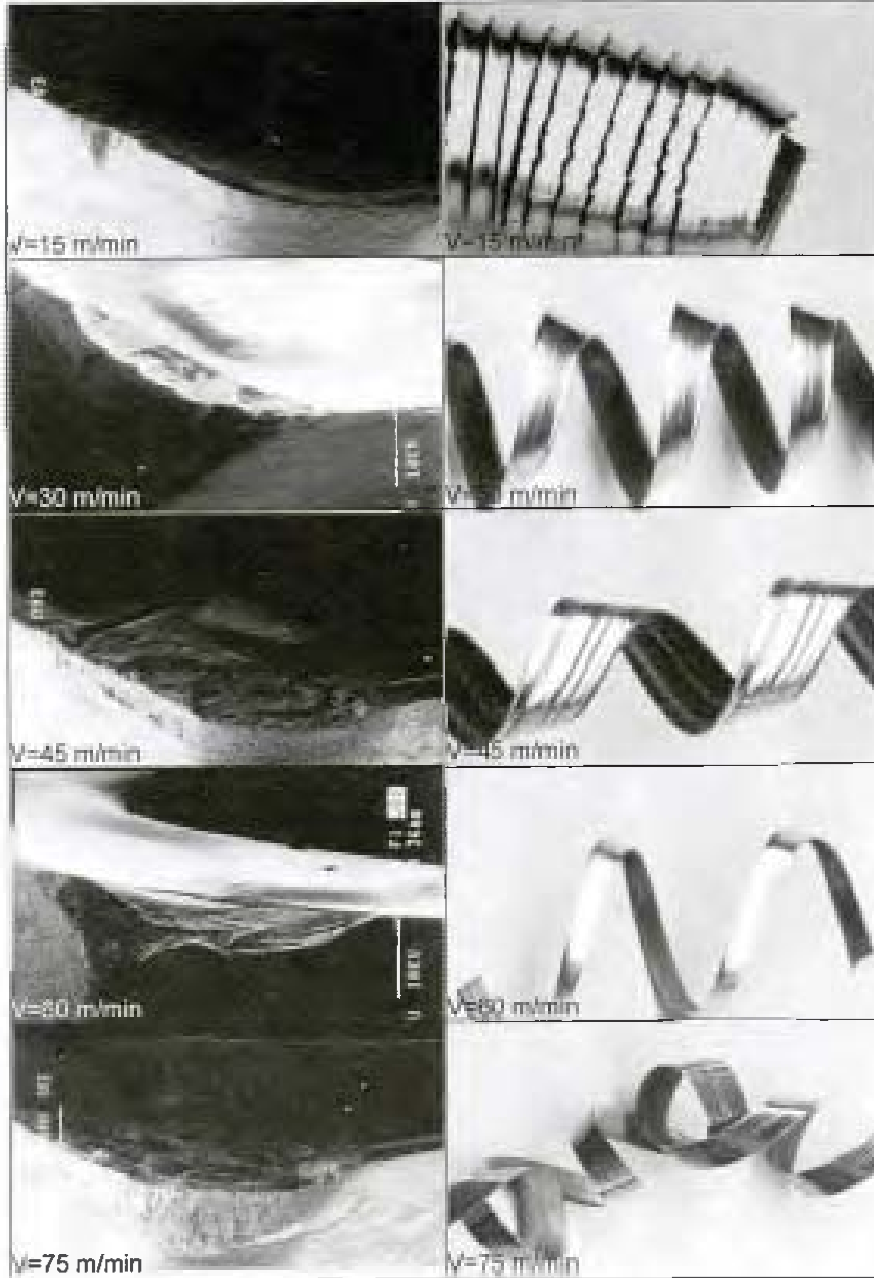
(b)

Şekil 3.2. Sementit karbür kesici takımların SEM’de çekilmiş elementar analizleri (EDS) (a) SECO 560 43 F1- RCMT 12 04 00), (b) SECO 883 RCMM 12 04 00)

## Sonuç

Yapılan 20 adet talaş kaldırma deneyi sonucunda yan kenar aşınması, krater, çentik ve plastik deformasyon inconel 718'in karbür takımlar ile işlenmesinde en çok gözlenen aşınma tipleri olmuştur. Yuvarlak uçlu kesici takımlarda egemen olan aşınma tipi krater olur iken, kare uçlu kesici takımlarda yan kenar ve krater aşınması daha egemen olmuştur. Deneysel verilere dayanarak elde edilen optimum kesme hızı 60 m/min. de SECO 883

kaplamasız sementit karbür takım 2 mm talaş derinliği ve 0.2 mm/rev ilerleme hızı ile takım ömrü bakımından inconel 718'in işlenmesinde en ideal görülmüştür. Kaplamalı sementit karbür takımlarda yapıdaki alimünyum ve nikel oranının yüksek oluşu krater ve plastik deformasyon oluşumuna olumsuz etkide bulunurken, kaplamasız sementit karbür takımlarda ise yapıdaki oksijen ve krom oranının yüksek oluşu termal çatlak ve çatlama oluşumunda oldukça etkili görülmüştür.



Şekil 3.3. Karbür takımlar ile yapılan kesme deneylerinde oluşan aşınma tipleri ve talaş biçimi (KC935 KENNAMETAL)

## Kısaltmalar

- a Kesme derinliği (mm)
- f İlerleme oranı (mm/dev)
- V Kesme hızı (m/dak)

## Teşekkür

Yazar, Kennametal TR. A.Ş. çalışanlarından özellikle satış müdürü İlhan Eryener ve Avrupa ithalat temsilcisi Taner Çınar'a malzeme temini konusunda destek ve yardımlarından dolayı teşekkür etmektedir.

## Kaynaklar

- Anonymous, 1990. Metals Handbook, 10th edition. ASM international, USA p 56.
- Bartlay, E. 1988. Super Alloys a Technical Guide.
- Ezugwu, E. O., Bonney, J., Yamane, Y., 2003. An overview of the machinability of aeroengine alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 134, 233-253.
- Ezugwu, E. O., Machado, A. R., Pashby, I. R., Wallbank J., 1990. The effect of high-pressure coolant supply. *Lub. Eng.*, 47 9, 751-757 (1990).
- Ezugwu, E. O., Wang, Z. M., 1996. Performance of PVD and CVD coated tools when nickel-based machining Inconel 718 alloy\*. IN: N.Narutaki et al. *Progress of Cutting and Grinding 111*, 102-107.
- Ezugwu, E.O., Wanga, Z.M., Machadop A.R., 1998. The machinability of nickel- based alloys: a review. *Journal of materials Processing Technology*, Volume 86, Issues 1-3, pp. 1-16
- Field, M., 1968, Machining aerospace alloys, Iron and Steel Institute. Special Report 94, pp. 151-160.
- Loria, E. A., 1992. Recent development in the progress of super alloy 718. *J. Materyal Science*, 44 (6), 33-36.
- Sims, C.T., Hagel, W.C., 1972. *The Superalloys* Wiley. New York p 25.
- White, C. H., 1986. *Nickel Base Alloys. Wiggin Alloy*.p 12.