

## İNCONEL 718 SÜPER ALAŞIMININ CVD KAPLAMALI KESİCİ TAKIM İLE YÜZEY FREZELEMESİNDE, KESME PARAMETRELERİNİN YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNE ETKİSİ

Ümit YALÇIN<sup>a</sup>, İhsan KORKUT<sup>b\*</sup> ve Abdil KUŞ<sup>c</sup>

<sup>a</sup>. Balıkesir Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü  
Çağış Kampüsü, Balıkesir/TÜRKİYE

<sup>b,\*</sup> Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İmalat Mühendisliği Bölümü  
Tel: 0-312-2028685 [ikorkut@gazi.edu.tr](mailto:ikorkut@gazi.edu.tr) Ankara/TÜRKİYE

<sup>c</sup>, Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü,  
Görükle Kampüsü, Bursa/TÜRKİYE

### Özet

İnconel 718, yüksek sıcaklıklarda iyi dayanımından dolayı yaygın kullanım alanı bulunan, işlenmesi zor nikel esaslı bir süperalaşımdır. Inconel 718 'in işlenmesindeki üretim maliyetleri, ürün kalitesi ve verimliliği arttırabilmek için, işleme güçlüğü'nün arkasındaki gerçek sebepleri ve uzantılarını anlamaya hala ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Inconel 718 malzemesinin yüzey frezelemesinde, CVD kaplama teknolojisi ile geliştirilmiş, iki farklı geometriye sahip kesici takım kullanılarak, kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenmiştir. Üç farklı kesme hızı, üç farklı ilerleme ve iki farklı geometriye sahip kesici takım ile 18 adet deney gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar beklenildiği gibi yuvarlak uç geometrisine sahip kesici takıma ait yüzey pürüzlülük değerlerinin belirgin olarak düşük olduğunu göstermektedir. Yuvarlak geometrili kesici takımlar özellikle yüksek kesme hızlarında ortalama 1.76 kez daha iyi sonuç vermektedir. Düşük ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülük değerleri, tüm kesme hızları için düşük olarak gerçekleşmiştir. Artan ilerleme miktarıyla yüzey pürüzlülüğünde kötüleşme meydana geldiği, ancak yüksek kesme hızlarında artan ilerleme miktarında bile yüzey pürüzlülüğünün sabit kaldığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Inconel 718, Talaşlı İmalat, Yüzey Pürüzlülüğü

### 1. Giriş

Süper alaşımlar, çok yüksek sıcaklıklarda yüksek dayanımlarını koruyabilen ve yüksek sıcaklık direncine sahip alaşımlardır. Süper alaşımların ana yapısı demir, nikel yada kobalt olan, yüksek miktarlarda krom, az miktarda da yüksek sıcaklıkta ergiyen molibden, wofram, alüminyum ve titanyum içeren alaşım olarak tanımlanabilir. Bu kompleks alaşımlar, yüksek sıcaklıklarda iyi korozyon ve oksidasyon direncine, üstün sürtünme ve kopma dayanımına sahiptirler [1].

Süper alaşımlar özellikle uçak, gemi, lokomotif, enerji santrali ve gaz türbinlerinde, roketlerde tahrik sistemlerinde, petrol ve kimya tesislerinin değişik yerlerinde kullanılırlar. Gaz türbinlerinin kanatları ve yanma odaları gibi uygulamaları sık görülmektedir [1]. Günümüzde süper alaşımlara olan talep, otomasyon, sağlık, biyoteknoloji, elektronik gibi alanlarda her geçen gün belirgin bir şekilde artmaktadır[2].

Nikel, Demir ve Kobalt esaslı süperalaşımın yüksek sıcaklıklara dayanım kapasitesi işlenebilirlik zorluklarını da beraberinde getirmektedir. Bu malzemelerin işlenmesinde yüksek sıcaklık ve yüksek kesme kuvvetleri bileşimi, kesici kenar aşınmalarını ve takım deformasyonuna yol açmaktadır. Ayrıca bu metallerin birçoğu için hızlı bir şekilde sertleşme meydana gelmektedir. Talaş kaldırma esnasında oluşan bu yüzey sertleşmesi, takım kesici kenarında aşınmalara, yorulma dayanımında azalmaya ve parçanın geometrik hassasiyetlerinde bozulmaya sebep olmaktadır [3].

Inconel 718, özellikle havacılık sektöründe geniş kullanım alanı olan, nikel esaslı bir süperalaşımdır. Niobium (columbium) age-hardening ilavesi ile yumuşaklığı düşürmeden (without decrease in ductility) mukavemet ve aşınma direnci sağlanmıştır. Alaşım 700 °C sıcaklığa kadar mükemmel sürünme kopma mukavemetine sahiptir. Bu nedenle gaz türbinlerinde, uçak sanayiinde, roket motorlarında, uzay sanayiinde, nükleer reaktörlerde vb. geniş uygulama alanı bulmuştur [4]. Bu özellikleri tasarım ihtiyaçları açısından uygunluk gösterse de talaş kaldırma esnasında oluşan yüksek sıcaklıklar ve gerilmeler nedeniyle işleme zorluklarını da beraberinde getirmektedir. Inconel 718'in işleme zorlukları değişik yayınlarda ele alınmıştır [3-5]. Süperalaşım Inconel 718 'in işlenmesinde iki temel problem şunlardır;

Yüzey sertleşmesi ve malzemenin yorulma özelliklerinden dolayı kısa takım ömrü,

Çok yüksek kesme kuvvetleri nedeniyle iş parçasında oluşan metalürjik hasarlar [6].

Araştırmaların birçoğunda Inconel 718'in işlenmesi, genel talaş kaldırma karakteristikleri dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu nedenle Inconel 718 'in işlenmesindeki üretim maliyetleri, ürün kalitesi ve verimliliği arttırabilmek için, işleme güçlüğünün arkasındaki gerçek sebepleri ve uzantılarını anlamaya hala ihtiyaç duyulmaktadır [7]. Kesici takım uçlarının kaplama malzemeleri ve kaplama metotlarındaki gelişmeler de birçok iyileşmeyi beraberinde getirmektedir.

Bu çalışmada CVD kaplama teknolojisi ile geliştirilmiş yeni bir kesici takım [8] kullanılarak, Inconel 718 malzemenin kesme parametreleri karşısındaki yüzey pürüzlülüğü ve bu parametrelerin kesici takım aşınması üzerindeki etkileri ele alınmıştır.

## 2. Deneysel Çalışma

### 2.1. İş Parçası

Bu çalışmada nikel esaslı bir süperalaşım olan Inconel 718 (ALTEMP 718 ASTM B670 02-AMS 5596 - NACE MR0175 S400E S1000E - EN10204:2004 3.1 - DFARS 252.225.7014) kullanılmıştır. İş parçası boyutları 100x100x200 mm'dir. Inconel 718 Tablo 1'de gösterildiği gibi, büyük oranda nikel, demir, krom ve kısmen de niobyum, molibden, titanium ve alüminyum içerir. Sertliği C029, direnci 100 KSI, Gerilme Direnci 152 KSI ve %uzaması 36.0 'dır [8].

**Tablo 1.** Inconel 718'in Kimyasal Bileşimi- % Hacim[18].

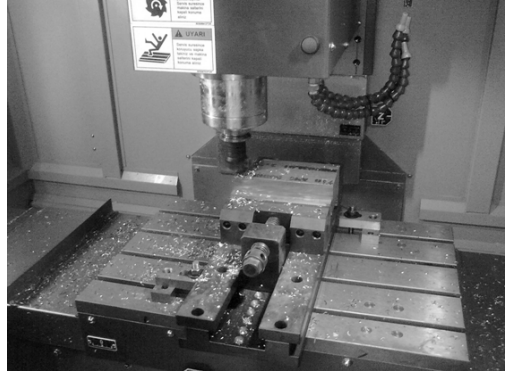
| C     | Mn    | P    | S      | Si    | Ni    | Cr    | Mo    |
|-------|-------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| 0.051 | 0.071 | 0.08 | 0.0002 | 0.093 | 51.92 | 18.36 | 2.91  |
| Co    | Cu    | Ti   | Cb     | Al    | B     | Fe    | Ta    |
| 0.16  | 0.040 | 1.00 | 5.03   | 0.54  | 0.003 | 19.78 | 0.008 |

### 2.2. Kesici Takım

Bu çalışmada kodlaması ISO 1832 ye göre yapılmış, ADMT 160608 R-F56 ve RDMT 1204M0-D57 kodlu, CVD (Chemical Vapor Depositon) kaplamalı takımlar kullanılmıştır. Takım Tutucu olarak B.040.Z04.15 ve B.040.Z04.06 kodlu, 40 mm çapında ve çevresinde 4 adet kesici ucu bulunan tutucular kullanılmıştır.

### 2.3. Takım Tezgâhı

Bu çalışmada Şekil 2'de gösterilen, 7.5. KW motor gücü ve 8000 dev/dk. fener mili dönme hızına sahip bir CNC Dik İşlem Merkezi (AWEA AV-610) kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneyde Kullanılan Takım Tezgâhı

### 2.4. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı

Kesme parametrelerine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün değişimlerini de incelemeyi amaçlayan bu çalışmada, yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümü için Advanced Model TR200 Portatif Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm aleti kullanılmıştır. Ölçümler güvenilirliği arttırmak ve ölçüm farklılıklarını en az indirmek için üç tekrarlamalı olarak yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Cut-off (kesme uzunluğu) uzunluğu 0.8 mm ve örnekleme uzunluğu 5.6 mm olarak alınmıştır.

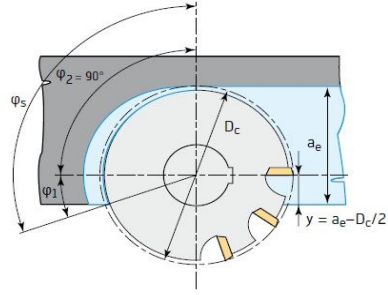
### 3. Deney Tasarımı

Kesme parametrelerinin belirlenmesinde, Inkonel 718 malzeme için kesici takım üretici firma önerileri dikkate alınmıştır. Yuvarlak uçlu ve baklava olmak üzere iki farklı geometride kesici takım, üç farklı Kesme Hızı ve üç farklı diş başına ilerleme değerleri kullanılmıştır. Bu değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Seçilen Kesme Parametreleri

| Kesici Takım No | Kesici Takım    | Kesme Hızı | İlerleme (fz/mm) | Talaş Derinliği (mm) |
|-----------------|-----------------|------------|------------------|----------------------|
| 1               | ADTM160612R-F56 | 45         | 0,05             | 1                    |
|                 |                 | 90         | 0,10             |                      |
|                 |                 | 180        | 0,20             |                      |
| 2               | RDTM1204M0-D56  | 45         | 0,05             | 1                    |
|                 |                 | 90         | 0,10             |                      |
|                 |                 | 180        | 0,20             |                      |

Kesici takımın iş parçasına yaklaşma şekli Şekil 1 'de verilmiştir. Mesafesi  $a_e = 30$  mm alınmıştır. İş parçası üzerinden 100+100 mm olmak üzere, toplam 200 mm talaş kaldırılmıştır.



Şekil 2. Kesici Takımın İş Parçasına Yaklaşma Konumu

Tablo 3 'de verilen parametrelere bağlı olarak 18 adet deney gerçekleştirilmiş ve yüzey pürüzlülükleri incelenmiştir.

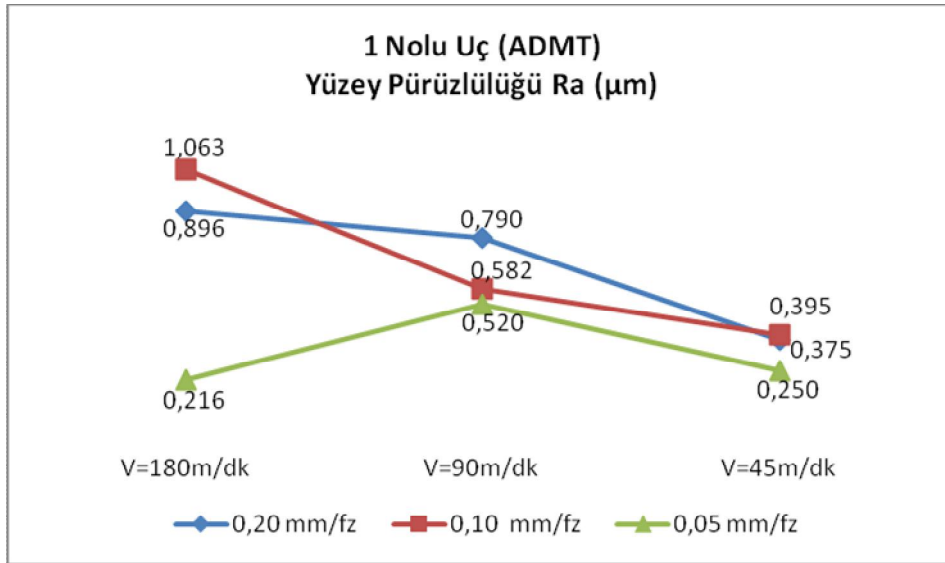
Tablo 3. Deney Tasarımı

| Deney No | Kesici Takım    | V (m/dk) | fz (mm/diş) | a (mm) |
|----------|-----------------|----------|-------------|--------|
| 1        | RDMT1204M0-D57  | 180      | 0,20        | 1      |
| 2        |                 | 180      | 0,10        | 1      |
| 3        |                 | 180      | 0,05        | 1      |
| 4        |                 | 90       | 0,20        | 1      |
| 5        |                 | 90       | 0,10        | 1      |
| 6        |                 | 90       | 0,05        | 1      |
| 7        |                 | 45       | 0,20        | 1      |
| 8        |                 | 45       | 0,10        | 1      |
| 9        |                 | 45       | 0,05        | 1      |
| 10       | ADTM160612R-F56 | 180      | 0,20        | 1      |
| 11       |                 | 180      | 0,10        | 1      |
| 12       |                 | 180      | 0,05        | 1      |
| 13       |                 | 90       | 0,20        | 1      |
| 14       |                 | 90       | 0,10        | 1      |
| 15       |                 | 90       | 0,05        | 1      |
| 16       |                 | 45       | 0,20        | 1      |
| 17       |                 | 45       | 0,10        | 1      |
| 18       |                 | 45       | 0,05        | 1      |

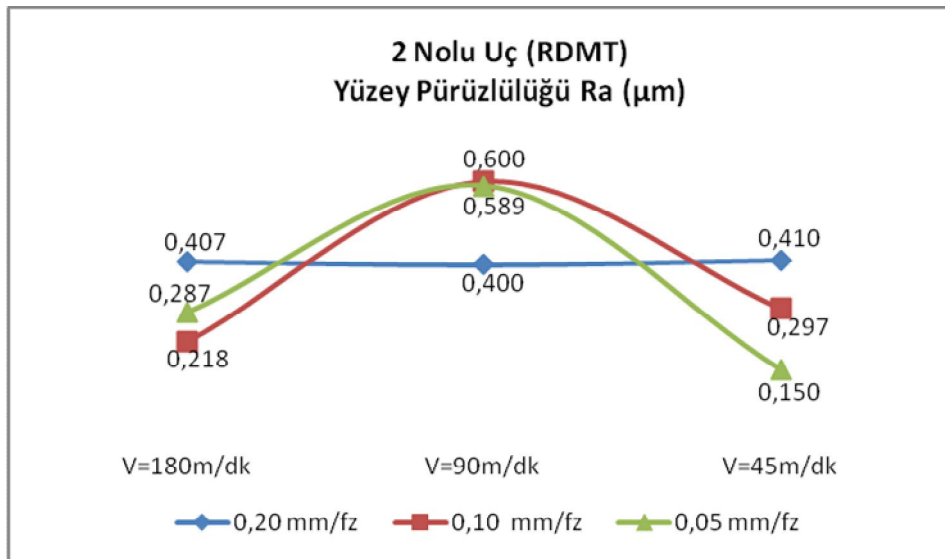
#### 4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada Inconel süper alaşımının yüzey frezeleme işlemi, CVD kaplamalı, iki ayrı tipte kesici uç geometrisine sahip kesici takım ile işlenmesindeki performansları incelenmiştir. Üç farklı kesme hızı, ilerleme ve sabit talaş derinliği ile yapılan deneysel çalışmada, kesici takım uç geometrisinin ve kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülük değerleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Şekil 3 ve 4 'den görüleceği üzere; yuvarlak uç geometrisine sahip kesici takıma ait yüzey pürüzlülük değerleri belirgin şekilde düşük olarak gerçekleşmiştir. İlerlemeye göre Yüzey Pürüzlülük ortalamaları dikkate alındığında her iki uç geometrisi için yüzey pürüzlülüğündeki değişme oranı, 0.10 mm/fz ilerleme için 1.83, 0.20 mm/fz ilerleme için 1.69, 0.05 mm/fz ilerleme için 0.96 oranında olduğu görülmektedir. Bu değerler de göstermektedir ki yuvarlak geometri kesici takımlar özellikle yüksek kesme hızlarında ortalama 1.76 kez daha iyi sonuç vermektedir.

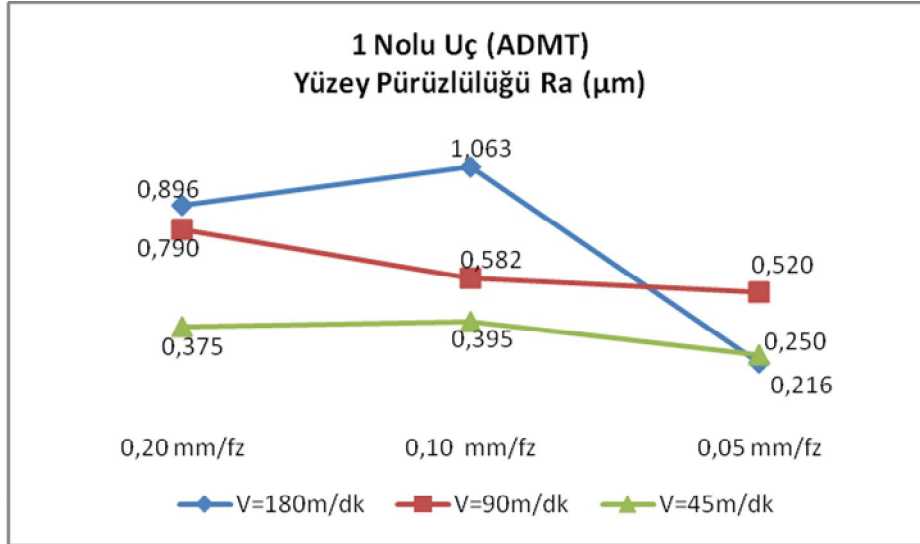


Şekil 3. 1 Nolu Uç ile Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri, İlerlemeye Bağlı.

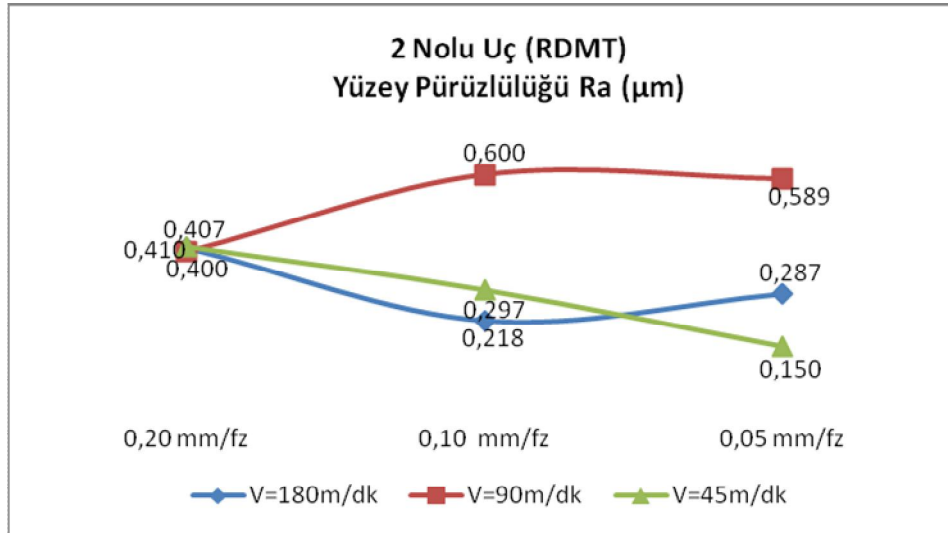


Şekil 4. 2 Nolu Uç ile Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri, İlerlemeye Bağlı.

Şekil 5 ve 6 'de aynı yüzey pürüzlülük değerleri Kesme Hızına bağlı grafik olarak gösterilmiştir. Düşük ilerleme hızlarında yüzey pürüzlülük değerleri, tüm kesme hızları için düşük olarak gerçekleşmiştir. Artan ilerleme miktarıyla yüzey pürüzlülüğünde kötüleşme meydana geldiği, ancak 2 nolu kesici takımla yapılan talaş kaldırma işlemlerinde (Şekil 6) kesme hızı düşük olsa bile artan ilerleme miktarında bile yüzey pürüzlülüğünün sabit kaldığı görülmüştür. Inconel 718 süper alaşımının işlenebilirlik açısından zor bir malzeme olduğu düşünüldüğünde, yüksek kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünde iyi sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 6).



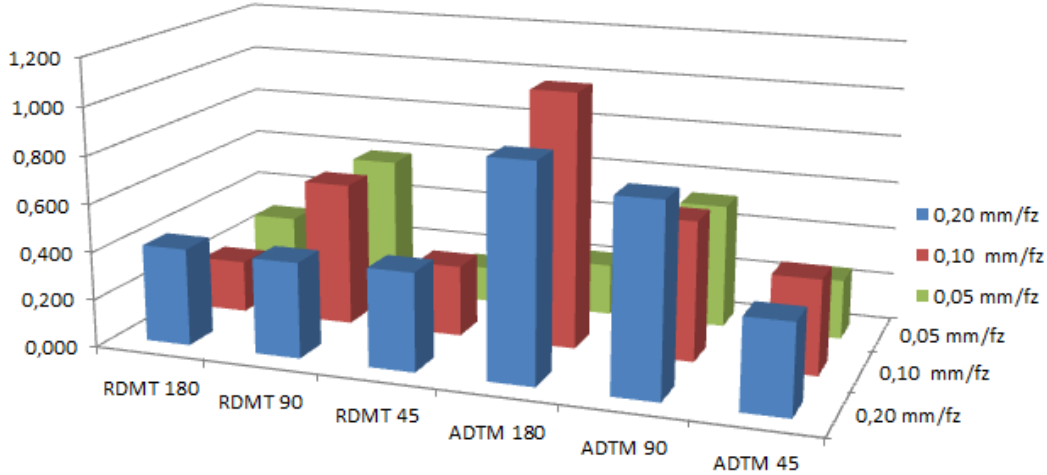
Şekil 5. 1 Nolu Uç ile Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri, Kesme Hızına Bağlı.



Şekil 6. 2 Nolu Uç ile Elde Edilen Yüzey Pürüzlülük Değerleri, Kesme Hızına Bağlı.

Her iki uç geometrisine sahip kesici takımlar arasında bir kıyaslama yapıldığında en iyi sonucun, 0.10 mm/fz ilerleme ve V=180 m/dk kesme hızı için elde edildiği görülebilir. 1 nolu kesici takımın (Sivri uçlu, ADMT) azalan ilerleme hızı ve azalan kesme hızı değerleri için iyileşen yüzey pürüzlülük

değerlerine sahip olduğu görülmüştür. 2 nolu kesici takımın (Yuvarlak uçlu, RDMT) yüksek kesme hızlarında bile iyi sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. 1 ve 2 Nolu Kesici Uçlar için Yüzey Pürüzlülükleri Kıyaslaması (Ra-µm)

## Kaynaklar

- [1] 25.12.2008 Prof.Dr.Ayşegül AKDOĞAN EKER ([http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme2/Super\\_Alasimler.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/malzeme2/Super_Alasimler.pdf))
- [2] Workshop on Titanium Machining for Aeronautic Sector, April, 2011. Organized by Mondragón Unibersitatea, is held at Polo GARAIA Innovation, Mondragón (Guipúzcoa).
- [3] Turning difficult-to-machine alloys: the special properties of superalloys and titanium alloys call for special machining considerations, Don Graham, Modern Machine Shop, July, 2002.
- [4] H.Z. Li \*, H. Zeng, X.Q. Chen, An experimental study of tool wear and cutting force variation in the end milling of Inconel 718 with coated carbide inserts, Journal of Materials Processing Technology 180 (2006) 296–304.
- [5] Alauddin, M., Mazid, M. A., El-Baradi, M. A., and Hashmi, M. S. J., 1998, Cutting Forces in the End Milling of Inconel 718, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 77, No. 2, pp. 53-159.
- [6] Rahman M, Seah WKH, Teo TT (1997) The machinability of Inconel 718. J Mater Process Technol 63:199–204. doi:10.1016/S0924-0136(96)02624-6.

- [7] Thakur D. G., Ramamoorthy B., Vijayaraghavan L. Machinability investigation of Inconel 718 in high-speed turning, Int Journal of Advanced Manufacturing Technology (2009) 45:421–429.
- [8] Ezentaş, R. (2010). The investigation of the machinability of inconel 718 and waspally superalloys in CNC milling machines. Uludağ University Scientific Research Projects, Project Number: 2008/74.
- [9] UCUN,İ., ASLANTAŞ, K., BEDİR, F.(2010) İconel 718 Süper Alaşımının İşlenmesinde Kaplanmış Mikro Takımların Aşınma Davranışları ve Performans Analizi, Teknolojik Araştırmalar Vol: 7, No: 4, 2010 (47-55).