

INCONEL 718 SÜPER ALAŞIMLARIN İŞLENMESİNDE TALAŞ KIRILMA PROBLEMLERİ VE TALAŞ KIRICI TASARIMI

Abdulkadir GÜLLÜ, Şener KARABULUT* ve Abdulmecit GÜLDAŞ

Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06500, Teknikokullar, Ankara

* Kızılcahamam Endüstri Meslek Lisesi, 06890, Kızılcahamam, Ankara

gullu@gazi.edu.tr, karabulut06@hotmail.com, guldass@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 16.03.2007; Kabul/Accepted: 27.11.2007)

ÖZET

Bu çalışmada, Inconel 718 malzemeden tornalama ile talaş kaldırılırken çıkan talaşın kırılması için talaş kırıcı tasarımı üzerine odaklanılmıştır. Bu amaçla pozitif ve negatif takım tutucularla birlikte kullanılabilen bir dinamik talaş kırıcı mekanizması tasarlanmıştır. Bu işlem için kesme hızı, kesme derinliği ve ilerleme oranı parametreleri değişkenler olarak seçilmiştir. Kesici uç olarak iki katmanlı PVD kaplamalı (TiAlN-TiN) sementit karbür takım seçilerek; numuneler $f=0.10, 0.15, 0.20, 0.30$ mm/dev ilerlemelerde, $a=0.5, 1, 1.5, 2$ mm kesme derinliklerinde ve 30, 45, 60, 75 m/dak kesme hızlarında işlenmiştir. Çıkan talaşlar resimlenmiş ve elde edilen yüzeylerin pürüzlülük değerleri (R_a) ölçülmüştür. Inconel 718'in işlenmesi esnasında talaşın kırılabilirliğinin; DC motorun hızından ve kesici takım üzerindeki talaş kırıcının konumundan etkilendiği belirlenmiştir. Deneyler sonucunda, tasarlanan talaş kırıcının test edilen işleme şartlarında Inconel 718 malzemeden çıkan talaşı kırabildiği görülmüştür. Ayrıca dinamik talaş kırıcı kullanımının yüzey kalitesi bakımından bir sorun oluşturmadığı tespit edilmiştir. Buna ek olarak dinamik talaş kırıcı kullanımının kesici uç üzerinde, işleme şartlarına göre %1 ile %44 arasında soğutma etkisi yaptığı ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Inconel 718, talaş kırıcı, dinamik talaş kırıcı, yüzey pürüzlülüğü, kesici uç sıcaklığı.

CHIP BREAKING PROBLEMS IN MACHINING OF INCONEL 718 SUPER ALLOY AND CHIP BREAKER DESIGN

ABSTRACT

This study has focused on chip-breaker design to break chips when machining inconel 718. For this purpose a dynamic chip breaker mechanism has been designed which can be used with positive and negative tool holders. Cutting speed, depth of cut and feed rate were selected as variables. A cemented carbide tool coated by PVD technique with two different layers (TiAlN-TiN) was selected as a cutting insert. Inconel 718 specimens were machined at $f=0.10, 0.15, 0.20, 0.30$ mm/dev feed rates, $a=0.5, 1, 1.5, 2$ mm dept of cuts and 30, 45, 60, 75 m/dak cutting speeds. Chip photographs were taken and surface roughness (R_a) values were measured. The results showed that chip breakability when machining inconel 718 was dependent on DC motor speed and chip breaker position on the cutting tool. The experimental results indicate that the designed chip breaker can break long chips when machining inconel 718 using the cutting parameters employed in this study. Also acceptable surface quality was achieved when machining Inconel 718 with dynamic chip breaker. In addition to this, depending on the cutting conditions, use of dynamic chip breaker on the surface of cutting insert exhibited cooling effect between 1 % to 44 %.

Keywords: Inconel 718, chip breaker, dynamic chip breaker, surface roughness, cutting tool temperature.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Inconel 718 süper alaşımlı çeliğin işlenmesi esnasında çıkan talaşın sürekli ve sünek olması ve kırılmaması gibi ciddi bir problem vardır. Tornalama işlemleri için

uzun talaşlar verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Günümüz imalat işlemlerinde kesme şartlarını değiştirerek, kesici takımlar üzerinde farklı geometrilerdeki talaş kırıcıları kullanarak veya özel takım tutucu tasarımları yapılarak talaş kırma işlemi yapılmaktadır.

Kesme şartlarını değiştirerek talaşı kırmak için ilerleme oranı ve kesme derinliği artırılırken kesme hızının düşürülmesi gerekmektedir. Ancak kesme şartlarını değiştirmek birçok malzemenin işlenmesi sırasında takım ömrü bakımından iyi sonuç vermemektedir. Ayrıca işlenen malzeme için uygun olmayan ilerleme oranı ve kesme derinliği de yüzey kalitesinin bozuk çıkmasına neden olmaktadır. Yüksek ilerleme oranı ve büyük kesme derinliği kullanarak talaşın kırılması sağlansa bile, son yüzey işlemlerinde iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için ilerleme oranını düşürmek kesme derinliğini ise 1 mm'nin altında ayarlamak gerekmektedir. İmalat endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sünek çeliklerde, kesici takımların üzerindeki mevcut talaş kırıcılarla talaşın kırılmadığı bilinmektedir. İmalat işlemlerinde talaşı verimli bir şekilde kırmak için kesici uç firmaları tarafından sürekli araştırmalar yapılmakta farklı talaş kırma geometrisine sahip kesici uçlar piyasaya sürülmektedir. Kesici uç firmalarının ürettiği bu kesiciler, çoğu malzemelerde talaşı kırmada yetersiz kaldığı için araştırmacılar tarafından özel talaş kırıcı ve takım tutucu tasarımları ile talaşı kırma çalışmaları yapılmaktadır. İmalat esnasında çeşitli uzunluk ve şekillerde oluşan talaşların kısa ve kırılan talaşlar şeklinde çıkması istenir. Bununla amaçlanan;

- Operatörün güvenliği
- Takım tezgâhının ve kesici takımların güvenliği
- İşlenmiş yüzeylerde iyi bir yüzey kalitesi elde edilmesi
- Talaşın kolaylıkla iş ve çalışma ortamından uzaklaştırılması
- Kesici ısısının azaltılması
- Takım ömrünün artırılması ve gereken gücün azaltılmasıdır.

Bundan dolayı, imalatta talaş kırıcı üzerine çalışma yapmak, imalat işleminin optimizasyonu için çok önemlidir. Bu önem, yapışkan düşük karbonlu, dayanıklı çelikler veya yeniden sülfürlenmiş çelikler ve diğer yumuşak malzemeler ile süper alaşımlar gibi sünek malzemelerde daha da artmaktadır [1]. Grzesik and Kwiatkowska kesici uçlarla işleme yaparken talaşı kırmak için bir enerji yaklaşımı teklifi sunmuşlardır. Bu araştırmacılar, talaş şekillerinin farklı tipleri ile işleme esnasında oluşan özel kesme enerjisi arasında karşılıklı ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Kayma-çizgi alan teorisini kullanarak talaş kırıcıların performansını belirlemek için teorik olarak Shi ve Ramalingam [2], yivli tip talaş kırıcılar için Fang ve Jawahir [3], eğimli tip talaş kırıcılar için Dewhurst [4] ve kademeli-tip talaş kırıcılar için Maithy ve Das [5,6] çalışmalar yapmıştır. J.D. Kim ve O.D. Kweun [7], 1 mm'nin altında sünek çeliklerde talaşı kırmak için takım tutucunun üzerine özel bir talaş kırıcı tasarımı yapmış ve kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada, düşük kesme hızlarında daha başarılı bir talaş kırma sağlandığını, ilerleme oranı artırılır ve kesme açısı azaltılırsa talaş kırılabilirliğinin daha da kolaylaşacağını belirtmişlerdir

Çizelge 1. Inconel 718 bir numunenin kimyasal bileşimi (Ağırlık %) (Chemical composition of Inconel 718 (wt.%))

C	Mn	Si	Cr	Ni	Co
0.040	0.08	0.08	18.37	53.37	0.23
Mo	Nb+ Ta	Ti	Al	Fe	
3.04	5.34	0.98	0.50	17.80	

[7]. M. Nakamura, Y. Mitani ve arkadaşları [8] yaptıkları bir çalışmada sınımlı ilerleme ile kesme yaparak talaş kırmak için özel bir takım tutucu tasarlamışlardır. Yaptıkları bu tasarım ile test ettikleri her işleme şartında talaş kırılmış ve 480 rev/min devir, 0.1 mm/dev ilerleme ve 0.5 mm kesme derinliğinde en iyi yüzey pürüzlülüğünü $R_z = 6.3 \mu\text{m}$ olarak ölçmüşlerdir [8]. Ezugwu, E. O., Bonney, J. [9] tarafından yapılan çalışmada, yüksek basınçlı soğutucu desteği ile kaplamalı karbür kesici uç kullanılarak inconel 718 işlenmesi deneyi gerçekleştirilmiştir. Yaptıkları çalışma ile takım ömrü, takım aşınması, yüzey kalitesi ve bileşke kuvvetler ölçülmüş ve yüksek basınçta ortaya çıkan talaş yapısı hakkında bir değerlendirme yapılmıştır. 150 bar basınca kadar düşük soğutma basıncı ile inconel 718 işlendiğinde, uzun sürekli spiral talaşlar oluşurken, 203 bar soğutma basıncı ile işleme yapıldığında daha küçük parçalanmış talaşlar ortaya çıkmıştır [9]. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ya problemin tam çözülmediği ya da çok pahalı ve pratikliği olmayan bir yöntemle sonuç alınmaya çalışıldığı görülmektedir. Bütün bunlar göz önüne alınarak yaptığımız çalışmada, hem ucuz hem de pratik bir çözüm için dinamik talaş kırıcı geliştirilmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

2. DENEYSEL YÖNTEMLER (EXPERIMENTAL METHODS)

2.1. Malzeme (Material)

Talaş kaldırarak işleme deneylerinde deney malzemesi olarak $\varnothing 50 \times 400$ mm ebatlarındaki Inconel 718 süper alaşım malzeme kullanılmıştır. Deneyde kullanılan malzemenin kimyasal analizi Çizelge 1'de mekanik özellikleri ise Çizelge 2'de verilmiştir.

2.2. Kesici Takımlar (Cutting Tools)

Deneylerde Negatif açılı PSBN R 2525 M12 T MAX P takım tutucu için $4 \mu\text{m}$ 'lik PVD TiAlN-TiN kaplamalı SNMG 12 04 08-QM 1005 karbür kesici uç, Pozitif açılı SSBC R 2525 M12 T MAX U takım tutucu için $4 \mu\text{m}$ 'lik PVD TiAlN-TiN kaplamalı SCMT 12 04 08 MM 1025 karbür kesici uç kullanılmıştır.

Çizelge 2. Deney malzemesi Inconel 718'in mekanik özellikleri (Physical properties of Inconel 718)

Sertlik (HB)	Akma sınırı (MPa)
388	1170
Çekme dayanımı (MPa)	Uzama % (5do)
1375	23.3

2.3. Tornalama Şartları (Turning Conditions)

Deneylerde kullanılan kesme parametreleri TS 10329 (ISO 3685)'a göre belirlenmiştir. Kesme derinliği (a)=0.5, 1, 1.5 ve 2 mm, ilerleme (f)=0.10, 0.15, 0.20 ve 0.30 mm/dev ve kesme hızı ise 30, 45, 60 ve 75 m/dak seçilerek deneyler yapılmıştır. Deneyler UT48 Torna tezgâhında yapılmıştır. 128 adet deneyin yüzey pürüzlülüğü ölçümü Mahr perthometer M1, dijital ekranlı, kayıt yapabilen, nikel-kadmiyum pilli ve 220 V AC ile çalışır, R_a , R_z , R_{max} ve P_c değerlerini ölçebilen, filtre aralığı 0.25 mm, örnekleme uzunluğu 0.8 mm, değerlendirme uzunluğu 2.5 mm olan yüzey pürüzlülük ölçme cihazıyla yapılmıştır. Her numune için 3 ayrı yerden ölçme işlemi yapılmış ve sonuçlar grafik çıktısı olarak alınmıştır. Deneyler sonucunda elde edilen talaşların boyları ölçülmüş ve TS 10329 (ISO 3685)'a göre sınıflandırması yapılmıştır. Kesici takımın yüzey sıcaklığı Professional High Temperature Infrared Thermometer 8858 cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

2.4. Talaş Kırıcı Tasarım Aşamaları (Chip Breaker Development Process)

Inconel 718 süper alaşım numunesi üzerinde deneydeki kesme parametreleri kullanılarak deneyler yapılmış ve talaş kırıcı kesici takımlarla talaşın kırılmadığı görülmüştür. Bundan dolayı sünek çelikte talaş kırmak için J.-D. KIM ve O.B. KWEUN [7] tarafından geliştirilen talaş kırıcı modeli, tarafımızdan üretilip deneylerde denenmiştir. Yapılan deneylerde inconel 718 süper alaşımın talaşının sünek yapısından dolayı talaş her defasında kendisine akacak bir yol bulmuş ve talaşın kırılmadan akmaya devam ettiği görülmüştür. Bir selenoid valf kullanılarak talaşa dik yönde darbe yapılmış ve talaşı kırmak için özel bir takım tutucu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Valfe gönderilen elektriğin frekansını değiştirerek kesici ucun ilerleme oranına bağlı olarak talaş kırıcının daha hızlı hareketi sağlanmıştır. Bu talaş kırıcı kesici üzerinde dik yönde talaşa darbe yaparak talaşı, çıkmaya başladığı noktada kırmada başarılı olmuştur. Ancak talaşın çok sünek yapısından ve ilk oluştuğu andaki çok yüksek ısıdan dolayı ilk kırılan talaşın ardından gelen talaşlar mekanik talaş kırıcı altında yığılmış ve selenoid valfin hareket etmesini engellemiştir. Ayrıca bu noktada

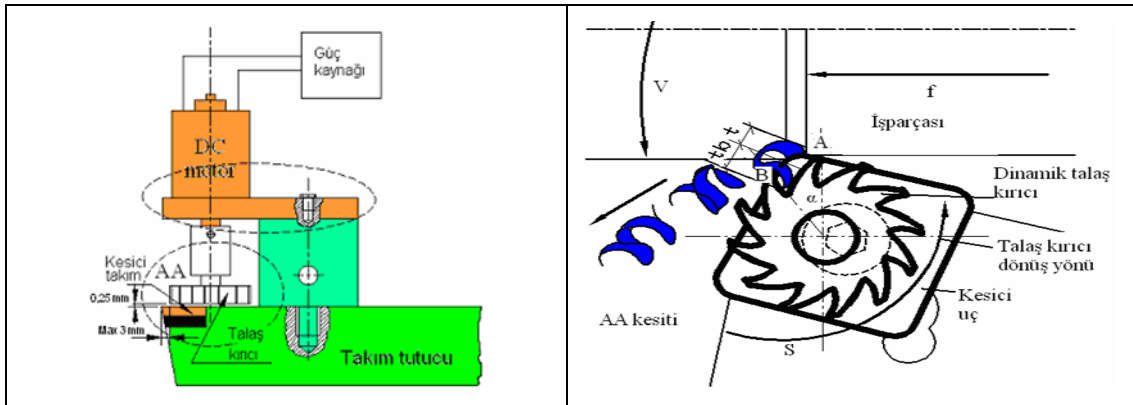


Şekil 1. Dinamik talaş kırıcı (Dynamic chip breaker)

biriken talaşların ısısının çok fazla olması nedeniyle kesici ucun kesme ömrünün azalmasına yol açmış ve buradaki ısıyı mekanik talaş kırıcı vasıtasıyla selenoid valfe ilettiğinden valfin ısınmasına neden olmuştur. Inconel 718 'in talaşı çok sünek ve ilk çıktığı anda çok sıcak olmasından dolayı (600-1300 °C) talaşın hem kırılması hem de kesme bölgesinden hızla uzaklaştırılması gerekmektedir [10]. Çeşitli denemeler sonucunda dinamik talaş kırıcı deneylerde kullanılan aşamaya getirilmiştir.

2.5. Dinamik Talaş Kırıcının Çalışma Prensibi (Work Principle of The Dynamic Chip Breaker)

Şekil 1'de fotoğrafı, Şekil 2'de ise şeması verilen sistemde 5 kademeli bir alçak gerilim güç kaynağı ile birlikte, bir DC motor ve motorun ucuna bağlı olan talaş kırıcı kullanılmıştır. Alçak gerilim güç kaynağı vasıtasıyla 4 farklı devir elde edilmektedir. 1.5 V'da 900 rev/min, 3-3.5 V arasında 3500 rev/min, 6-8 V arasında 8500 rev/min, 12-16 V arasında ise 20000 rev/min'lik devirler elde edilmektedir. Deneylerde 8500 rev/min ve 20000 rev/min'lik devirler kullanılmıştır. Deneylerde talaş kırıcı ile kesici uç arasındaki boşluk 0.25 mm (kesme derinliğinin yarısı kadar), iş parçası ile talaş kırıcı arasındaki yatay mesafe ise 2,5 mm olarak sabit tutulmuştur. Talaş



Şekil 2. Dinamik talaş kırıcının şematik görünümü (Schematic picture of dynamic chip breaker)

kırıcı ile iş parçası arasındaki yatay mesafe kaldırılan talaş miktarına göre artırılıp azaltılabilmektedir.

Talaş kırıcının dönüşü saat yönünde olduğunda kırılan talaşların iş parçasına temas etmeden döküldüğü görülmüştür. Zaman zaman da kırılan talaş parçaları takım tutucu ile iş parçasının işlenen yüzeyi arasına sıkışarak iş parçası yüzeyini çizmiştir

Talaş kırıcının dönüşü saatin tersi yönünde ise kırılan talaşların iş parçasına temas etmeden döküldüğü görülmüştür. Bu nedenle deneylerde talaş kırıcı bu şekilde çalıştırılmıştır. Kesici uç aşındığında veya kırıldığında değişimi takım tutucu üzerine monte edilen vidalı parça gevşetilerek hızlı bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca işlenecek parça üzerinde sıfırlama işlemi yapıldıktan sonra, talaş kaldırma işlemine başlamadan önce talaş kırıcının harekete başlaması gerekmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. Talaş Tipleri (Chip Types)

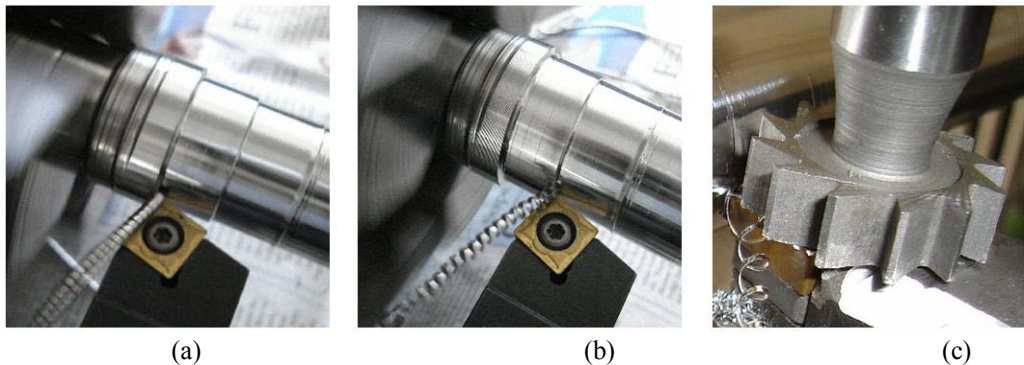
Talaş kırıcının performansını test etmek için aynı özellikte iki takım tutucu ve kesici uç kullanılmıştır. Takım tutuculardan bir tanesinin üzerinde ilave hiçbir sistem yokken diğerine tasarlanan talaş kırıcı sistemi monte edilerek deneyler yapılmış ve ortaya çıkan talaşlar kıyaslanmıştır. Talaş kırıcı düşük devirde döndüğünde (900 rev/min) çıkan talaşlar talaş kırıcının durmasına neden olmaktadır. İkinci konuma (3500 rev/min) ise 1 mm ve üzeri talaşlarda, düşük ilerleme oranları daha iyi sonuç verirken 0,5 mm talaşlarda ve yüksek ilerlemelerde talaşların uzamasına neden olmaktadır. Yüksek devirlerde (8500 rev/min ve 20000 rev/min) ise test edilen bütün işleme şartlarında çok iyi bir talaş kırılabilirliği elde edilmiştir. Ayrıca dinamik talaş kırıcı, talaşı çıktığı noktada kesme bölgesinden uzaklaştırdığı için kesici takım üzerine talaş yapışması da (BUE) engellenmiştir. Inconel 718 süper alaşımın işlenmesi esnasında talaşın akkor halinde çıktığı, talaş akmaya devam ettiği sürece ısının talaşla birlikte kesici uca aktarıldığı, kesici ucun çok fazla ısındığı ve çok çabuk yıprandığı görülmüştür. Dinamik talaş kırıcı talaşı oluştuğu anda kırdığı ve kesme bölgesinden

uzaklaştırdığı için talaşla talaşın oluştuğu bölge arasındaki ısı transferini engelleyerek sıcaklığı azaltmaktadır. Aynı zamanda talaş kırıcı 8500 rev/min ve 20000 rev/min devirde dönerken bir hava akımı meydana gelmekte ve hem kesici ucun hem de malzemenin soğumasına yardımcı olmaktadır.

Şekil 3 (a)'da görüldüğü gibi 75 m/dak kesme hızı, $a=2$ mm kesme derinliği ve $f=0,10$ mm/dev ilerlemede talaş kırıcısız olarak kesme yapılmıştır. Burada malzemeden çıkan talaş küçük adımlı ve sürekli olmuş ayrıca aynaya çarpmasına rağmen de kırılmamıştır. Şekil 3 (b)'de $V=75$ m/dak, $a=1,5$ mm ve $f=0,10$ mm/dev değerlerinde talaş kırıcısız olarak kesme yapılmıştır. Bu işleme şartlarında da benzer mekanizma gerçekleşmiş olup talaş küçük adımlı ve sürekli olmuş ve aynaya çarpmasına rağmen de kırılmamıştır. Şekil 3 (c)'de ise talaş kırıcı çalıştırılmadan oluşan talaşın davranışı gözlenmiştir. Talaş malzemeden çıktıktan sonra talaş kırıcının kenarlarına çarpmış ve bu noktada talaş kıvrımı oluşmaya başlamıştır.

Talaş kırıcını hareket ettirmeden yapılan bu deneyde, çıkan talaş adımının ilk çarptığı kesici ağzın durduğu mesafeye göre oluştuğu görülmüştür. Dolayısı ile talaş kırıcının çalıştığı durumlarda talaş birinci kenara çarptığı anda ilk kıvrımını almakta ve ardından da ikinci ve diğer kenarlardan aldığı darbelerle kırılmaktadır. Kırılan talaşın radyüsü ve boyu, ilerleme oranına ve talaş kırıcının dönüş hızına bağlı olarak oluşmaktadır. Bu bilgiler ve gözlemler ışığında yapılan farklı parametre kombinasyonlarında 128 adet deneyin her birine bir kod verilmiş, elde edilen talaşların resimleri çekilmiş ve talaş boyları ölçülmüştür. Şekil 4'de görüldüğü gibi (a)'da talaş kırıcısız açık adımlı, dolaşık ve karmaşık bir talaş kümesi oluşurken, (b)'de ise tasarlanan dinamik talaş kırıcılı sistemle bu problemler aşılmış ve talaşlar kırılmıştır.

Şekil 5'de görüldüğü gibi (a)'da talaş kırıcısız sürekli akan helezonik ve karmaşık bir talaş kümesi oluşurken, (b)'de ise tasarlanan dinamik talaş kırıcılı sistemle ele edilen talaşlar görülmektedir. Deneyde kullanılan işleme şartlarının tümünde dinamik talaş kırıcılı sistemle elde edilen talaş boyları 4-16 mm arasında değişmektedir. TS 10329 (ISO 3685)'a göre



Şekil 3. Kesme sırasında talaş oluşumu (Chip formation during machining)

talaşlar sınıflandırıldığında ise, talaş tipinin 5.2 konik helis kısa (short) ve 6.2 kavslu kapak (loose) talaş olduğu görülmüştür. Dinamik talaş kırıcı ile elde edilen talaşın tezgâhın talaş deposunda depolanması ve taşınması oldukça kolaydır. Talaş tezgâha zarar vermemekte, üretim kaybına neden olmamakta ve operatörü rahatsız etmemektedir.

3.2. Dinamik Talaş Kırıcı ile Elde Edilen Talaş Boyunun Hesabı (The Calculate of Chip Length Obtained with Dynamic Chip Breaker)

Frekans, dairesel hareket yapan talaş kırıcının birim zamanda attığı tur sayısıdır. Periyot (T), dairesel hareket yapan talaş kırıcının bir tam tur atması için geçen süredir.

$$T = \frac{1}{f_1} \quad (1)$$

Talaşın kırılabilmesi için dinamik talaş kırıcı üzerindeki B konumu A konumuna gelmelidir. AB hareketi dairesel hareket olduğu için eşitliği;

$$AB = \frac{\alpha}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \quad (2)$$

ile hesaplanır. Talaş kırıcının B konumundan A

konumuna gelene kadarki sürede talaş akmaya devam etmektedir. Dolayısı ile kırıcının B den A'ya geliş süresini hesaplamak gerekmektedir. Dinamik talaş kırıcının çizgisel hızı;

$$V_k = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{T} \quad (3)$$

Talaş kırıcının B noktasından A noktasına geliş süresi;

$$t_{AB} = \frac{AB}{V_k} \quad (4)$$

Kesici B'den A'ya gelene kadar talaş, kesme hızına bağlı olarak akmaya devam etmektedir. Bu zaman aralığındaki talaşın uzama miktarı;

$$tb = \frac{V \cdot t_{AB} \cdot 1000}{60} \quad (5)$$

Talaşın kırılım boyu;

$$Tkb = tb + t \quad (6)$$

Periyodik olarak kırılan talaşın boyu, yukarıdaki eşitlikler de kullanılarak tek bir eşitlikle aşağıdaki şekilde ifade edebilir;



(a)

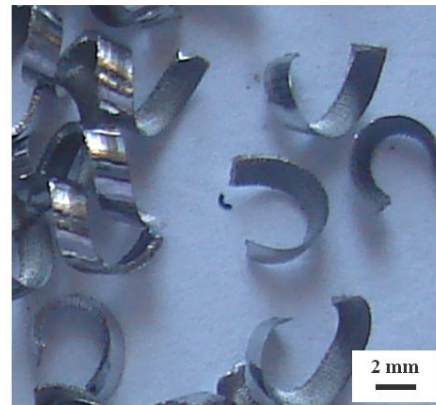


(b)

Şekil 4. $V=45$ m/dak, $a=0.5$ mm, $f=0.10$ mm/dev değerlerinde oluşan talaşlar (a) Talaş kırıcısız, (b) Talaş kırıcılı ($V=45$ m/dak, $a=0.5$ mm, $f=0.10$ mm/dev (a) without chip breaker, (b) with chip breaker)

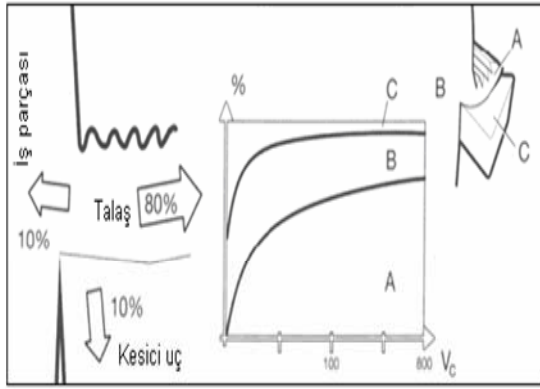


(a)



(b)

Şekil 5. $V=75$ m/dak, $a=1.5$ mm, $f=0.10$ mm/dev değerlerinde oluşan talaşlar (a) Talaş kırıcısız, (b) Talaş kırıcılı ($V=75$ m/dak, $a=1.5$ mm, $f=0.10$ mm/dev (a) without chip breaker, (b) with chip breaker)



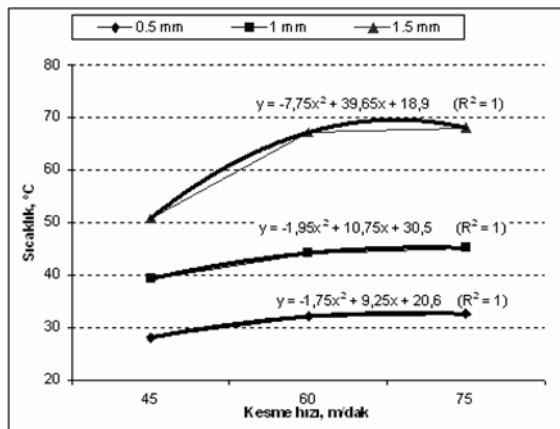
Şekil 6. Metal işlemede sıcaklık dağılımı (Temperature distribution of metal machining)

$$Tkb = \frac{25 \cdot V}{18 \cdot f_1} + t \quad (7)$$

Bu eşitlikteki Tkb talaş kırılma boyu, V kesme hızı, f_1 talaş kırıcının frekansı, t talaşın çarpma noktasına kadarki uzama mesafesidir.

3.3. Yüzey Pürüzlülüğü (Surface Roughness)

Dinamik talaş kırıcı ile yapılan işlemlerde kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde edilmiştir. Çizelge 3'de deneyde kullanılan kesme parametreleri ile talaş kırıcılı olarak elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ve bu işleme şartlarına karşılık olarak talaş kırıcısız işleme sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri görülmektedir. Dinamik talaş kırıcı ile yapılan kesme işlemlerine en iyi yüzey kalitesi 0.518 Ra μm olarak ölçülmüştür. Talaş kırıcı kullanılarak yapılan işlemede, çıkan sürekli talaşın iş parçası ve kesici ile teması minimize edildiği için yüzey pürüzlülük değerlerinde iyileşme beklenmektedir. Bu bağlamda, karşılaştırılan sonuçlardan iki tanesi bu beklentiye paralel sonuç vermiştir. Fakat, iki sonuç beklenenin aksine çıkmıştır. Bunun muhtemel sebebi de; dinamik



Şekil 7. Kesme hızı ve talaş derinliğine bağlı olarak dinamik talaş kırıcısız kesmede plaket üzerinde oluşan ortalama sıcaklık değerleri (The average temperature values on cutting insert when machining without chip breaker depending on cutting speed and dept of cut)

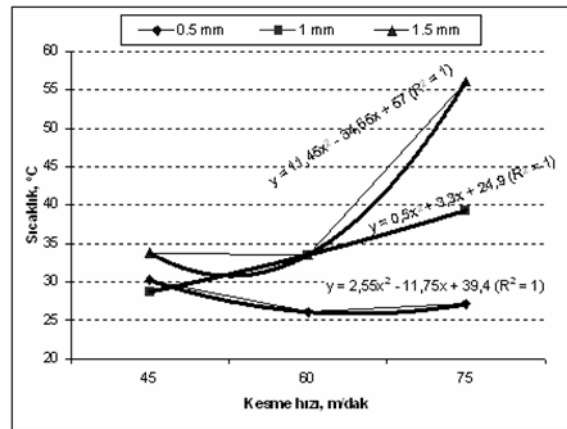
Çizelge 3. Yüzey pürüzlülük değerleri (Surface roughness values)

Dinamik talaş kırıcılı			
V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	Ra (μm)
75	0.10	0.5	0.630
75	0.15	1	0.707
45	0.10	1.5	0.518
45	0.10	2	0.810
Dinamik talaş kırıcısız			
V (m/dak)	f (mm/dev)	a (mm)	Ra (μm)
75	0.10	0.5	0,790
75	0.15	1	0,660
45	0.10	1.5	0,790
45	0.10	2	0,500

talaş kırıcı mekanizmasının talaş köküne darbesi sonucu iş parçası üzerinde bir titreşim yaptığı, bunun da yüzey pürüzlülüğü üzerinde ilave bir etki oluşturduğu düşünülmektedir. Sonuçlar arasında anlamlı bir ilişkinin kurulamaması bu iki sebebe dayandırılabilir.

3.4. Kesici Takım Sıcaklığı (Cutting Tool Temperature)

Talaşlı üretimde, en az hata, minimum takım aşınması ve düşük güç sarfıyatı ile kısa zamanda çok iş yapmak ekonomik açıdan temel unsurlardır. Kısa zamanda çok iş yapmak ancak yüksek kesme parametreleri (Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği) kullanılarak elde edilebilmektedir. Kesme parametrelerinin yüksek olması kesme bölgesinde yüksek sıcaklık oluşmasına neden olmaktadır. Kesme parametreleri içerisinde sıcaklık üzerinde en etkili parametre kesme hızıdır [10]. Talaş kaldırma işlemlerinde, harcanan enerjinin hemen hemen tamamına yakın kısmı ısıya dönüşür. Bu sebeple kesme bölgesinde oluşan ısı, talaş kaldırma işleminde önemli bir faktör olup, takım performansı ve iş parçası kalitesi açısından büyük bir öneme sahiptir [11]. Talaşlı işlemede, takım ve iş parçası ara yüzeyinde oluşan kesme sıcaklığı, takım aşınması, yüzey kalitesi ve talaş oluşum mekanizmasını kontrol eden önemli bir faktördür [12]. Talaş sıcaklığı, talaşla kesici takımın temasta olduğu temas



Şekil 8. Kesme hızı ve talaş derinliğine bağlı olarak dinamik talaş kırıcılı kesmede plaket üzerinde oluşan ortalama sıcaklık değerleri (The average temperature on cutting insert values when machining with dynamic chip breaker depending on cutting speed and dept of cut)

yüzeyi boyunca takımı etkilemektedir. Metallerin işlenmesi sırasında takım, talaş ve iş parçası üzerine sıcaklığın dağılımı Şekil 6'da gösterilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi, sıcaklık dağılımı % 80'i talaş ile (A) atılmakta, %10'u iş parçasına (B) ve % 10' u da kesici uç (C) üzerine aktarılmaktadır [10].

Bu deneyde tasarlanan dinamik talaş kırıcının kesici takımın soğumasına ne gibi bir etki yaptığı araştırılmıştır. Kesme işlemi sırasında, kesici takım yüzey sıcaklığı kızılötesi (infrared) ölçüm yapabilen dijital termometre kullanılarak ölçülmüştür. Ölçme, kesme sırasında talaşın çıktığı noktaya en yakın üç yerde yapılmış ve ortalaması alınmıştır. Bu metotla, kızılötesi ölçme yönteminden kaynaklanan sapmalar neticesi tam sıcaklık değeri ölçülememektedir. Ancak, yapılan tüm ölçmeler aynı şartlarda olduğundan dolayı, talaş kırıcısız ve talaş kırıcılı işlemler arasındaki farkı tespit edebilmek açısından elde edilen sonuçlar anlamlıdır. Kesici takım sıcaklığı ölçümü için $V=45-60-75$ m/dak kesme hızları, $a=0.5, 1, 1.5$ mm talaş derinlikleri ve $f=0.1$ mm/dev sabit ilerleme kullanılmıştır. Şekil 7'deki grafikte üç farklı kesme hızında, üç farklı talaş derinliğinde ve $f=0.1$ mm/dev sabit ilerlemede talaş kırıcısız yapılan deneylerde kesici takım yüzeyinde oluşan sıcaklık değerleri görülmektedir. Şekil 8'deki grafikte ise aynı kesme şartlarında, dinamik talaş kırıcı kullanılarak yapılan talaş kaldırma işleminde kesici takım yüzeyinde oluşan ortalama sıcaklık değerleri görülmektedir. Grafiklerde görüldüğü gibi kesme hızının artışı ile birlikte kesici takım yüzeyinde oluşan ortalama sıcaklık artmıştır.

Talaşlı imalat sırasında oluşan ısının yaklaşık %80'i talaş ile dışarı atılmaktadır [10]. İşleme sırasında malzemeden koparılan talaş iş parçası ile bağıni koparmadan kesici üzerinde akmaya devam etmekte ve sahip olduğu ısıyı kesme süresince kesiciye aktarmakta ve kesicinin sıcaklığının artmasına neden olmaktadır.

Talaşın kesici takım üzerine yığıma yaptığı durumlarda sıcaklık artışı daha fazla olmaktadır. Dinamik talaş kırıcı ile yapılan işlemlerde talaş kırıcı talaş oluştuğu anda kesme bölgesinden uzaklaştırdığından ve yüksek devirde dönerken oluşturduğu hava akımından dolayı kesici takımın soğumasına yardımcı olmaktadır. Deneylerin tümü değerlendirildiğine dinamik talaş kırıcı kesici takım yüzeyinde işleme şartlarına göre %1- % 44 arasında soğutma etkisi yapmıştır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

1. Tasarlanan dinamik talaş kırıcı ile hem negatif takım tutucu hem de pozitif takım tutucu ile yapılan deneylerde kullanılan bütün işleme şartları altında talaşlar başarılı bir şekilde kırılmıştır.
2. Tasarlanan dinamik talaş kırıcı sistemi ekonomik olarak fazla bir maliyet getirmemektedir. Hem klasik torna tezgâhlarında hem de CNC tezgâhlarında sorunsuz çalışabilmektedir.
3. Inconel 718 malzemede her türlü işleme şartlarında

oluşan talaş kırabildiğinden dolayı bilinen bütün sünek malzemelerde de talaş kolaylıkla kırabileceği düşünülmektedir.

4. Kabul edilebilir bir yüzey kalitesi elde edilmiştir.
5. Küçük parçalanmış talaşlar tezgâha zarar vermemekte çevreyi rahatsız etmemektedir. İşleme şartları üzerinde olumsuz bir etkisi yoktur. Depolanması ve taşınması oldukça kolaydır.
6. Kesme hızı ve talaş derinliği arttıkça kesici takım üzerinde oluşan sıcaklıkta artış olmuştur. Bu durum literatürle de örtüşmektedir.
7. Dinamik talaş kırıcı kullanımının kesici uç üzerinde, işleme şartlarına göre %1 ile % 44 arasında soğutma etkisi yaptığı görülmüştür.

Kısaltmalar (Nomenclature)

a	Kesme derinliği (mm)
AB	A ile B arasındaki mesafe (mm)
f	İlerleme oranı (mm/dev)
f_1	Talaş kırıcının frekansı
t	İlk talaş uzunluğu (mm)
T	Talaş kırıcı periyodu
t_{AB}	A dan B ye dönüş zamanı (s)
tb	t_{AB} zamanındaki talaş uzunluğu (mm)
Tkb	Toplam talaş uzunluğu (mm)
V	Kesme hızı (m/dak)
V_k	Talaş kırıcı çizgisel hızı (mm/s)

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Yazarlar, TEF 07/2006-15 bilimsel araştırma proje kodu ile bu çalışmaya maddi destek sağlayan Gazi Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkürlerini sunar.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Avanesian A., "An Analysis of The Effect of 3-D Groove Insert Design on Chip Breaking Chart", **A Thesis Submitted to the Faculty of Worcester Polytechnic Institute**, January , 2-24, 2005.
2. T. Shi, S. Ramalingam, "Modeling Chip Formation with Grooved Tools", **Int. J. Mech. Sci.** 35 (9) 741-756, 1992.
3. N. Fang, I.S. Jawahir, "Analytical Predictions And Experimental Validation of Cutting Force Ratio, Chip Thickness and Chip Back-Flow Angle in Restricted Contact Machining Using The Universal Slip-Line Model", **Int. J. Mach. Tools Manuf.**, 42 661-694, 2002.
4. P. Dewhurst, "The Effect of Chip Breaker Constraints on The Mechanics of The Machining Process", **Ann. CIRP** 28 (1) 1-5, 1979.
5. K.P. Maithy, N.S. Das, "A Slip-Line Solution to Metal Machining Using a Cutting Tool With a Step-Type Chip-Breaker", **J. Mater. Process. Technology**, 79 217-223, 1998.
6. K.P. Maithy, N.S. Das, "A Slip-Line Solution to Metal-Machining With Chip-Breaker Assuming Coulomb Friction at The Chip-Tool Interface", **J. Inst. of Eng. (India)** 80, 15-17, 1999.

7. Kim J.D., Kweun O.D., “A Chip-Breaking System for Mild Steel in Turning”, **Int. J. Mach. Tools Manufacture.**, 607-617, 1997.
8. Nakamura M., Mitani Y., Asakura S., Shibuya T., “The Development of Chip Parting Processing Technology Oscillatory Feed Cutting”, **JSAE Review** 21: 555-559, 2000.
9. Ezugwu, E. O., Bonney, J., “Effect Of High-Pressure Coolant Supply when Machining Nickel-Base, Inconel 718, Alloy with Coated Carbide Tools”, **Journal of Materials Processing Technology**, 153–154, 1045–1050, 2004.
10. “Modern Metal Cutting”, **Practical Handbook**, Sandvik, 1994.
11. Gökkaya, H., Şeker, U., İzçiler, M. “Takım Talaş Arayüzey Sıcaklığının Ölçülmesi İçin Yapılmış Deneysel Çalışmalar Üzerine Bir Değerlendirme”, **Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Matit 2001**, S. 91-94, Konya, 2001.
12. Chen W.C., Tsao C.C. and Liang P.W., “Determination of Temperature Distributions on The Rake Face of Cutting Tools Using a Remote Method”, **International Communications in Heat and Mass Transfer**, Vol. 24, No. 2, pp. 161-170, 1997.