



## AISI H13 SICAK İŞ TAKIM ÇELİĞİNİN İŞLENMESİNDE YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN DENEYSEL İNCELENMESİ

Metin ZEYVELİ<sup>1,\*</sup>, Halil DEMİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Karabük Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, KARABÜK.

### ÖZET

Bu çalışmada, endüstride kalıpcılıkta çok kullanılan, ısıl kararlılığı ve tokluğu yüksek AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Altı farklı kesme hızı (70, 100, 130, 160, 190 ve 220 m/dak.) ile üç farklı ilerleme hızı değerinde (0.05, 0.1, 0.15 mm/dev) ve sabit bir kesme derinliğinde (1 mm) deneyler yapılmıştır. Deneyler tornalama yöntemiyle çok katlı kaplanmış sementit karbür kesici takımlar kullanılarak soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan, ilerleme hızının artması ile yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür. 0.10 mm/dev ve 0.15 mm/dev ilerleme miktarlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin 0.05 mm/dev ilerleme hızında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinden sırasıyla %34 ve %68 daha fazla olduğu görülmüştür. Yapılan deneylerde elde edilen talaş tipleri ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İşlenebilirlik, Sıcak iş takım çeliği, Yüzey pürüzlülüğü, Kesme parametreleri.

### EXPERIMENTAL STUDY OF SURFACE ROUGHNESS FOR MACHINING OF AISI H13 HOT WORK TOOL STEEL

### ABSTRACT

In this study, the effect of cutting speed and feed rate on workpiece surface roughness was investigated experimentally when machining AISI H13 hot work tool steel which is widely used in mould and die making and characterised by its good thermal stability and high toughness. The turning tests were carried out dry through turning at six cutting speeds (70, 100, 130, 160, 190 and 220 m/min), three feed rates (0.05, 0.10 and 0.15 mm/rev) and at a constant depth of cut (1 mm). Coated cemented carbide was used as cutting tool. The results showed that increasing feed rate increased the workpiece surface roughness values. The surface roughness values obtained at 0.05 mm/rev feed rate were found to be lower by 34% and 68% than those obtained at 0.10 and 0.15 mm/rev feed rates, respectively. A good correlation was observed between the surface roughness values and the obtained chips.

**Keywords:** Machinability, Hot work tool steel, Surface roughness, Cutting parameters.

## 1. GİRİŞ

Yüzey kalitesi, mühendislik malzemelerinden üretilen makine parçalarının önemli bir kalite kriteridir. İşlenmiş parçaların yüzey kalitesinin asıl göstergesi ise yüzey pürüzlülüğüdür. Yüzey pürüzlülüğü temelde takım geometrisi (uç yarıçapı, kesme kenar geometrisi, boşluk açısı vs.) ve kesme şartları (ilerleme hızı, kesme hızı, talaş derinliği vs.) gibi işleme parametrelerinin sonucuna bağlıdır [1]. Geliştirilmiş kalite veya işparçası yüzey tamlığı daha uzun parça ömrü sağlamaktadır [2].

Yüzey pürüzlülüğü, üretilen parçaların yüzey kalitelerinin geliştirilmesi ve belirlenmesinde, önemli bir rol oynar. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü, yorulma direnci, aşınma, ısı iletimi, sürtünme ve yağlama gibi ürünün kalitesinin artırılması için gerekli olan fonksiyonel karakteristik özellikleri etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğünün azalması yüzey kalitesinin artmasını sağlamaktadır [3,4]. İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür [5].

AISI H13 (DIN/ISO 1.2344) çeliği, yüksek sıcak sertlik, yüksek sıcak mukavemet, yüksek meneviş direnci, yüksek tokluk, iyi işlenebilirlik, ısıl işlemde mükemmel boyutsal kararlılık özelliklerine sahiptir. Bu malzeme istenilen yüzey pürüzlülüğünün elde edilmesi için işleme şartlarına uygunluk göstermektedir. Bu nedenle başta alüminyum ve alaşımlarının şekillendirilmesi olmak üzere her tür sıcak şekillendirme kalıbı ve aparatında kullanılmaktadır. Uygulandığı farklı kalıp türlerine göre sertlikleri değişmektedir. Sertlikleri ekstrüzyon kalıplarında 43-52 HRC, dökme kalıplamada 44-50 HRC, dövme kalıplamada ise 40-55 HRC'dir. Ayrıca, sıcak kütük kesme bıçakları ve kalın kesitli soğuk kesmelerde kullanılan sıcak iş takım çelikleridir [6].

AISI H13 çeliğinin işlenmesi ile ilgili literatürde bazı çalışmalar bulunmaktadır. Özel ve ark. [7], sertleştirilmiş AISI H13 çeliğinin işlenmesinde, kesme kenarı geometrisi, malzeme sertliği, ilerleme ve kesme hızının, yüzey pürüzlülüğü ve kuvvetler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Bu araştırmada yuvarlatılmış kesici takım uç geometrisinin ve düşük malzeme sertliğinin,

sertleştirilmiş AISI H13 çeliğinin işlenebilirliğinde daha iyi yüzey pürüzlülüğü sonuçları verdiğini belirtmişlerdir. Coldwell ve ark. [8], sertleştirilmiş (48-52 HRC) AISI H13 çeliğinin, karbür kesici takımla delme işleminde, takım ömrü, iş parçası kalitesi, verimlilik ve maliyet yönünden işleme şartlarını incelemişlerdir. Takım ömründe AISI H13 çeliğinin AISI D2 çeliğinden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Ng ve ark. [9], AISI H13 çeliğinin, dik kesmede oluşan sıcaklık ve kesme kuvvetleri ile teorik olarak kesme işlemini modellemişlerdir. FE analizi ve PCBN kesici takım kullanılarak yapılan deneysel çalışmada, sıcaklığın, deneysel ve FE ile teorik modellemesinden elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğunu belirtmişlerdir. Shatla ve ark. [10], talaş kaldırmada oluşan gerilme dağılımının belirlenmesi için bir model geliştirmişlerdir. Bu model ile AISI H13 çeliğinin farklı işleme koşullarında oluşan kesme kuvveti ve ilerleme kuvvetlerinin belirlenmesine ve bunların gerilme dağılımına, kesme kuvvetlerine ve sıcaklığa etkilerini araştırmışlardır. Geliştirilen modelin uygulanabilirliğinin diğer metotlardan daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Taktak [11], borlanmış AISI H13 ve 304 çeliğinin göstermiş olduğu mekanik ve fiziksel davranışlarının incelendiği çalışmada, borlama ile yüzey pürüzlülüğünün arttığını belirtmiştir. Çiftçi [12], AISI 304 çeliğinin kaplanmış sementit karbürle işlenmesinde takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünü araştırmıştır. Bu çalışmada artan kesme hızı ile takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğünün azaldığı ancak belli bir değerden sonra ikisinin de arttığı belirtilmiştir. Yan ve ark. [13], sertleştirilmiş AISI H13 çeliğinin işlenmesinde kesme hızının, kesme derinliğinin ve kesici takım uç tipinin etkilerini parametrik olarak nümerik simülasyon ile araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre işleme parametrelerinin optimize edilmesi ve kesici uç tasarımlarının geliştirilmesinde elde edilen sonuçların faydalı olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada, kaplanmış sementit karbür kesici takımla, AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin tornalama metoduyla değişik işleme şartlarında (kesme ve ilerleme hızlarında) işlenmesi sonucu oluşan yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Kesme hızı ve ilerleme hızı değerlerinin yüzey pürüzlülüğü ve talaş oluşumu üzerindeki etkisi incelenmiştir.

## 2. DENEYSEL UYGULAMA

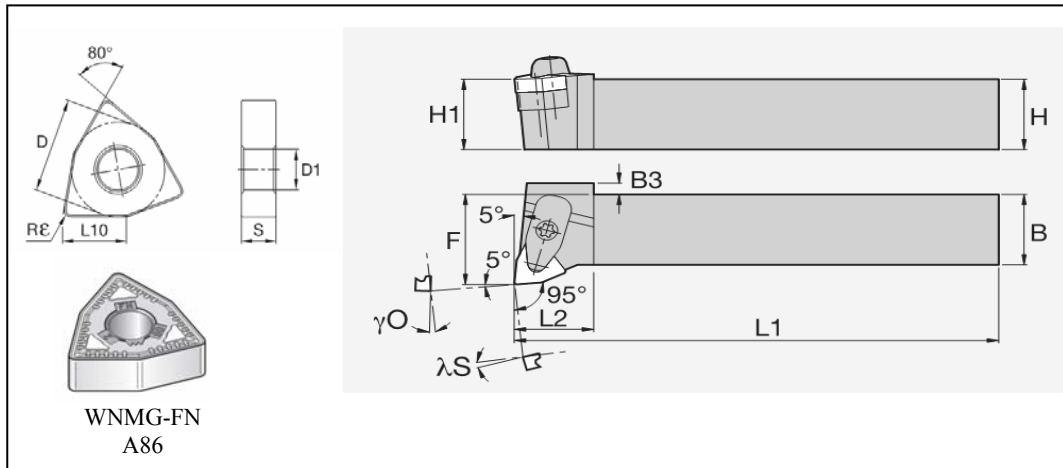
AISI H13 sıcak iş takım çeliğinden tornalama metoduyla işleme deneyleri için  $\varnothing 30 \times 200$  mm boyutlarında numuneler hazırlanmıştır. Bu malzemenin kimyasal bileşimi **Tablo 1**'de verilmiştir.

**Tablo 1.** AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi

Kimyasal kompozisyon (%)	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W
	0.39	1.00	0.40	5.1	1.30	-	1.00	-

### 2. 1. Takım Tezgâhı, Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Deneylerde Taksan TMC 500V CNC torna tezgâhı kullanılmıştır. Tezgâhın gücü 10 kW, iş mili devri 6000 dev/dak, iş parçası en büyük boyu 550 mm, iş parçası çapı 400 mm, hassasiyet 0.001 mm, takım taşıma sayısı 12'dir. Deneylerde kullanılan kesici takım ticari kalitede CVD yöntemiyle çoklu kaplanmış sementit karbür kesici takım olup Kennametal marka “WNMG 080404 FP” formunda ve KU10T kalitesindedir (**Şekil 1**). Bu kesici takımın en üst kaplama  $Al_2O_3$  ve onun altındakiler de sırasıyla TiCN ve TiC'dür. Kesici takım yanaşma açısı  $95^\circ$  olacak şekilde tasarlanmış DWLN R/L 2020K08KC040 metrik formundaki takım tutucuya mekanik sıkımlı olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 1.** Kesici uç geometrisi ve ölçüleri ( $D=12.7$ ,  $L10=8.69$ ,  $S=4.76$ ,  $R=0.4$ ,  $D1=5.16$ ).

Tornalama metoduyla işleme deneyleri farklı kesme hızı ve ilerleme hızı değerlerinde oluşan yüzey pürüzlülük değerlerinin araştırılması için yapılmıştır. Bu amaçla kesme hızları 70, 100, 130, 160, 190 ve 200 m/dak değerlerinde, ilerleme hızları da 0.05, 0.10 ve 0.15 mm/dev değerlerinde eşit aralıklı olarak seçilmiştir. İşleme parametreleri eşit aralıklı seçilerek, parametreler ile deney sonuçları arasındaki değişimin daha açık izlenebilmesi ve değerlendirilmesi sağlanmıştır. Tornalama metoduyla yapılan deneylerde talaş derinliği “1 mm” alınmış ve soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Deney parametreleri, mümkün olduğunca ISO 3685 standardına uygun olarak belirlenmiştir. Kesme hızı ve ilerleme hızlarında elde edilen talaş tipleri Tablo 4’de görülmektedir.

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için Mahr marka Marsurf PS1 tipi, masaüstü yüzey pürüzlülük ölçme cihazı kullanılmıştır (Tablo 2). Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri malzemenin 25 mm’lik uzunlukta tornalanması ile elde edilen kısımda yapılmıştır. Ölçümler işlenmiş yüzeylerde (25 mm’lik kısım) başlangıç, orta ve bitiş kısmı olmak üzere üç farklı yerde, üç tekrar ile ölçülmüş ve bu değerlerin ortalamaları alınmıştır.

**Tablo 2.** Yüzey Pürüzlülük ölçme cihazı özelliği

MODEL	Mahr (MarSurf PS1)
Ölçme Yöntemi	İzleyici Uçlu (Stylus) Cihazlar Yöntemi
Tarama Hızı	0,5 mm/sn (ölçme yaparken) 1 mm/sn (geri dönerken)
Ölçme Kuvveti	4 mN (0,4 gf)
Uç malzemesi	Elmas
Ölçme Sıcaklığı	20°C ± 1 °C
Numune Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	4 mm
İzleyici Uç Yarıçapı	5µm
Ortalama yüzey pürüzlülüğü	$R_a = \frac{1}{l_n} \int_0^{l_n}  f(x)  dx$ (µm)
On nokta yüksekliği	$R_z = \frac{(Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5) - (Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_9 + Z_{10})}{5}$ (µm)
Maksimum pürüzlülük	$R_y$ (µm)

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kaplanmış sementit karbür takımla AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin, altı farklı kesme hızı ve üç farklı ilerleme hızı ile işlenmesi neticesinde malzemede oluşan yüzey pürüzlülük değerleri Ra [Tablo 3](#)'de verilmiştir.

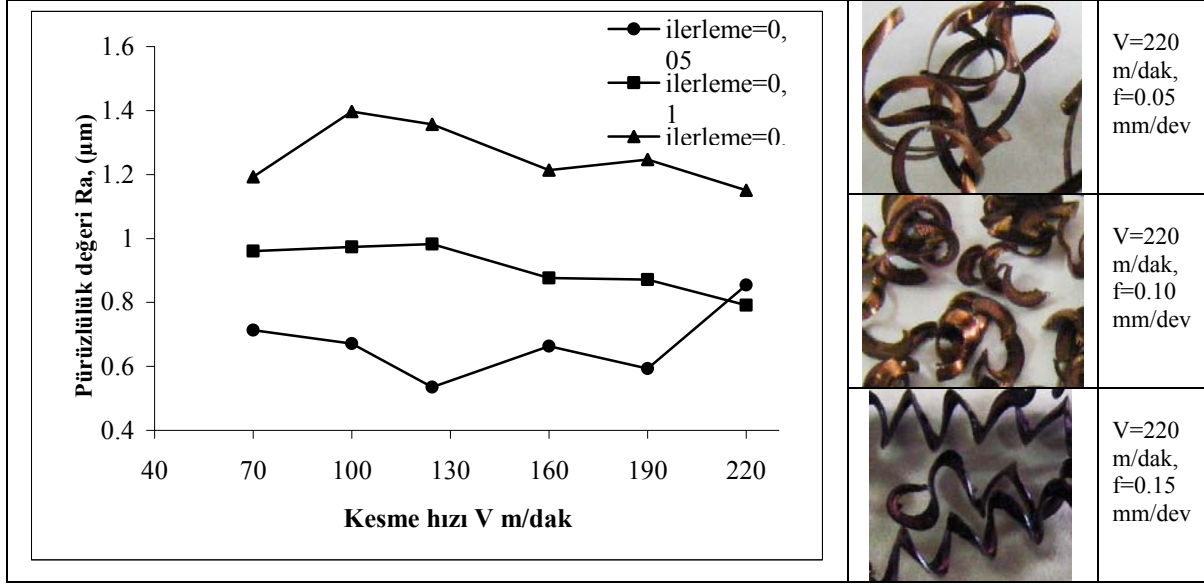
**Tablo 3.** Kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı yüzey pürüzlülüğü.

Malzeme	Kesici Takım	Kesme Hızı (m/dak)	Kesme Derinliği (mm)	İlerleme (mm/dev)		
				0.05	0.1	0.15
				Yüzey Pürüzlülüğü Ra ( $\mu\text{m}$ )		
AISI H13 (Sıcak iş takım çeliği)	Kaplanmış sementit karbür	70	1	0.713	0.963	1.193
		100	1	0.671	0.973	1.389
		130	1	0.535	0.982	1.357
		160	1	0.663	0.867	1.214
		190	1	0.593	0.871	1.247
		220	1	0.854	0.791	1.151

[Tablo 3](#)'deki yüzey pürüzlülük değerleri incelendiğinde, ilerleme miktarının 0.05, 0.1 ve 0.15 mm/dev değerlerinde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinin bütün kesme hızlarında ilerleme hızı ile orantılı olarak genelde arttığı görülmüştür. Farklı kesme hızlarında elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin değişimi [Şekil 1](#)'de verilmiştir. Grafiğe göre en düşük yüzey pürüzlülük değeri 130 m/dak kesme hızı ve 0.05 mm/dev ilerleme hızında, en yüksek yüzey pürüzlülüğü ise 100 m/dak kesme hızı ve 0.15 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir. İlerleme miktarının artması ile yüzey pürüzlülük değerlerinin de arttığı görülmektedir.

Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalması, yüksek kesme hızlarında oluşumu azalan BUE ile açıklanabilir. İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan BUE kararsız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini artırır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve kararsız olması durumunda yüzey pürüzlülük değeri daha da artarak, kötü bir yüzey oluşur. Kesme hızının artmasıyla BEU oluşumu azaldığı için yüzey pürüzlülüğü üzerinde daha az bir etkiye sahip olur ve yüzey pürüzlülük değeri azalır. Artan kesme hızıyla BUE'nin azalması sıcaklık artışıyla açıklanabilir. Yüksek kesme hızları daha çok

sıcaklık artışına neden olacağı için kesici uçtaki BUE sertliğini ve dayanımını kaybederek devam eden kesme sürecinde üzerine gelen gerilmelere dayanamayarak kesici uçtan uzaklaştırılır. Dolayısıyla yüksek kesme hızları yığıntı talaş oluşma eğilimini azaltarak iş parçası yüzey pürüzlülük değerlerinin düşmesini sağlamaktadır.

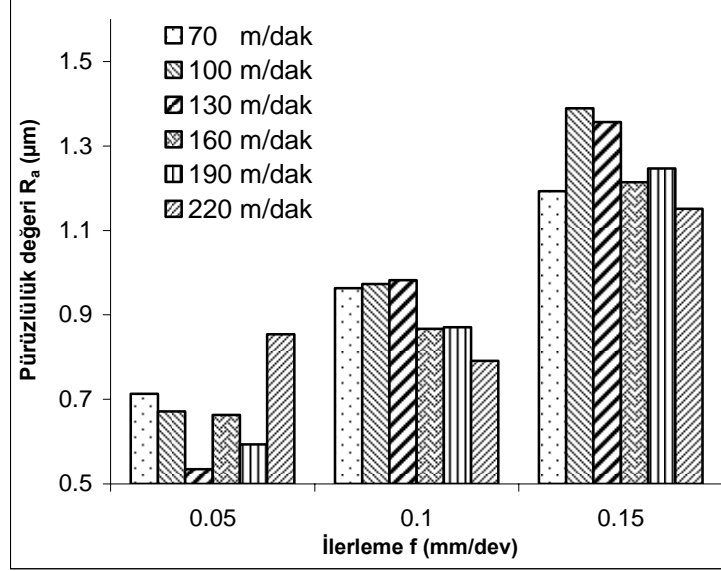


Şekil 1. Kesme hızı-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.

Bazı kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğü değerlerinde ani artışlar görülmektedir. Bunun nedeni işleme esnasında çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. İş parçasına talaşlar sarma yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasına sıkışması ile iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olmuştur. Örnek olarak 220 m/dak kesme hızında farklı ilerleme miktarında elde edilen talaş şekli ile yüzey pürüzlülük değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 1). Kesme hızı 220 m/dak ve düşük ilerleme miktarında (0.05 mm/dev) yüzey pürüzlülüğünün daha iyi olması beklenmektedir. Ancak çıkan talaşın sürekli talaş olması işlenen yüzeye çeşitli şekillerde temas ederek yüzeyin bozulmasına ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerinin artmasına neden olmuştur.

Tornalama metoduyla 0.10 mm/dev ve 0.15 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülüğü değerleri azalmıştır. İlerleme miktarı 0.05 mm/dev olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerine göre, ilerleme miktarı 0.10 mm/dev olan

deneysel olarak yaklaşık %34, ilerleme miktarı 0.15 mm/dev olan deneylerde yaklaşık %68 yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmüştür (Şekil 3).



Şekil 3. İlerleme hızı-yüzey pürüzlülüğü ilişkisi.

Çalışmada belirtilen kesme hızlarında ve ilerleme hızlarında elde edilen talaş tipleri Tablo 4’de verilmiştir. Bu tabloya göre talaş tipleri değerlendirildiğinde ISO 3685 standardında belirtilen talaş tipleri ile uyumlu talaş tipleri görülmektedir. Deneylerde elde edilen talaş tipleri şerit talaş, yay (radüslü) talaş ve rondela tipi helisel talaş şeklinde oluşmuştur. Bu talaş tipleri kesme hızları ve ilerleme hızlarına göre de kendi aralarında farklılık göstermiştir. Talaş tipleri tablosu incelendiğinde 0.05 mm/dev ilerleme hızında 70 m/dak kesme hızında kısa şerit talaş oluşurken diğer kesme hızlarında düğümlenmiş şerit talaş oluşmuştur. İlerleme hızı 0.1 mm/dev değerinde 70, 100 ve 130 m/dak kesme hızlarında kırık yay talaş oluşurken, 160, 190 ve 220 m/dak kesme hızlarında ise sırasıyla düğümlenmiş şerit talaş, birleşik yay talaş ve kırık uzun yay talaş tipi oluşmaktadır. İlerleme hızı 0.15 mm/dev değerinde 70, 100, 130, 160 ve 190 m/dak kesme hızlarında kırık yay talaş oluşurken, 220 m/dak kesme hızında rondela tipi helisel açılı talaş tipi oluşmuştur.



**Tablo 4.** Kesme hızı ve ilerleme miktarına bağlı oluşan talaş tipleri



V=70 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=70 m/dak, f=0.10 mm/dev



V=70 m/dak, f=0.15 mm/dev



V=100 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=100 m/dak, f=0.10 mm/dev



V=100 m/dak, f=0.15 mm/dev



V=130 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=130 m/dak, f=0.10 mm/dev



V=130 m/dak, f=0.15 mm/dev



V=160 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=160 m/dak, f=0.10 mm/dev



V=160 m/dak, f=0.15 mm/dev



V=190 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=190 m/dak, f=0.10 mm/dev



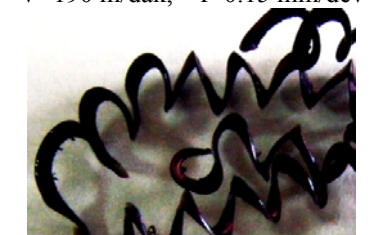
V=190 m/dak, f=0.15 mm/dev



V=220 m/dak, f=0.05 mm/dev



V=220 m/dak, f=0.10 mm/dev



V=220 m/dak, f=0.15 mm/dev

Tablo 4 ile Şekil 3 karşılaştırıldığında 0.05 mm/dev ilerleme değerinde 130 m/dak kesme hızında en düşük yüzey pürüzlülüğünün elde edildiği görülmektedir. Bu değerlere ait talaş tipine bakıldığında ise düğümlenmiş (kıvrık) şerit talaş tipi görülmektedir. Talaş kaldırma esnasında talaşın sürekli çıkması ve iş parçası ve kesici takım ile sürekli temas halinde olması kesici takımda oluşan ısının artmasına ve kesicinin daha kısa sürede hasara uğramasına neden olmaktadır. Ayrıca sürekli talaş işlenmiş iş parçası yüzeylerine de temas ederek yüzey kalitesinin bozulmasına neden olabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı kısa veya kırık talaş oluşması işlenebilirlik açısından daha elverişli durumdur. En düşük yüzey pürüzlülük değeri bu ilerleme değerinde elde edilmesine rağmen Şekil 3’de görüldüğü gibi bu ilerlemede elde edilen pürüzlülük değerlerinde düzenli bir artma ve azalma görülmemekte, karışık bir dağılım izlenmektedir. Ancak 0.1 mm/dev ilerleme değerine bakıldığında (Şekil 3), yüzey pürüzlülüğünde 130 m/dak kesme hızına kadar artış görülmekte bu kesme hızından sonra ise düşme görülmektedir. Bu ilerleme miktarında en düşük yüzey pürüzlülüğünün elde edildiği kesme 220 m/dak kesme hızında oluşan talaş tipi ise kırık yay şeklindedir. 0.15 mm/dev ilerleme miktarında, 220 m/dak kesme hızında, kırık uzun yay şeklinde talaşlar oluşurken, en düşük yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmiştir. Yapılan deneylerde elde edilen talaş tipleri ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında yakın ilişkilerin olduğu görülmüştür.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada kaplanmış sementit karbür kesici takım kullanılarak AISI H13 sıcak iş takım çeliğinin farklı kesme hızı ve ilerleme miktarlarında işlenmesi ile elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ) değerleri ve talaş tipleri araştırılmıştır.

- En düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri 0.05 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde elde edilmiştir.
- İlerleme miktarı 0.05 mm/dev olan deneylerde elde edilen yüzey pürüzlülük değerine göre, ilerleme miktarı 0.10 mm/dev olan deneylerde yaklaşık %34, ilerleme miktarı 0.15 mm/dev olan deneylerde yaklaşık %68 yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmüştür
- Yapılan deneylerde elde edilen talaş tipleri ile yüzey pürüzlülük değerleri arasında yakın bir ilişkinin olduğu görülmüştür.
- İlerleme miktarı yüksek olan deneylerde genellikle kırık yay tipi talaşlar oluşmuştur.

- Bazı kesme hızlarında, işleme esnasında çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmaması, yüzey pürüzlülüğü değerlerinde ani artışlara sebep olmuştur.

## KAYNAKLAR

1. Özel T., Karpat Y., Predictive Modeling of Surface Roughness and Tool Wear in Hard Turning Using Regression and Neural Networks, International Journal of Machine Tools & Manufacture, Cilt 45, 467–479, 2005.
2. Tonshoff H.K., Arendt C., Ben A.R., Cutting of Hardened Steel”, Annals of CIRP., Cilt 49, No 2, 547–66, 2000.
3. Dagnal H., Exploring Surface Texture, Rank Taylor Habson Limited, England, 1986
4. Wang M.Y., Chang H.Y., Experimental Study Of Surface Roughness in Slot End Milling, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2004; 44: 51–7.
5. Coğun, C., Özses, B., Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tazgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi, Gazi Üniv.Müh. Mim.Fak. Der. 17(1), 59 – 75, 2002.
6. Shivpuri R, Lee Semiatin S., Report, ERCNSM-88-05, Ohio State University; 1988.
7. Özel T., Hsu T.K., Zeren E., Effects of Cutting Edge Geometry, Workpiece Hardness, Feed Rate and Cutting Speed on Surface Roughness and Forces in Finish Turning of Hardened AISI H13 Steel, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 25, 262–269, 2005.
8. Coldwell H., Woods R., Paul M., Koshy P., Dewes R., Aspinwall D., Rapid Machining of Hardened AISI H13 and D2 Moulds, Dies and Press Tools, Journal of Materials Processing Technology, 135, 301–311, 2003.
9. Ng E.G., Aspinwall D.K., Brazil D., Monaghan J., Modelling of Temperature and Forces When Orthogonally Machining Hardened Steel, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 39, 885–903, 1999.
10. Shatla M., Kerk C., Altan T., Process Modeling in Machining. Part I: Determination of Flow Stress Data, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 41, 1511–1534, 2001.
11. Taktak S., Some Mechanical Properties of Borided AISI H13 and 304 Steels, Materials and Design, 28, 1836–1843, 2007.
12. Çiftçi İ., AISI 304 Ostenitik Paslanmaz Çeliğin Kaplanmış Sementit Karbür Kesici Takımla İşlenmesi Esnasında Oluşan Takım Aşınması, Teknoloji, 7 (3), 489-495, 2004.
13. Yan H., Hua J., Shivpuri R., Numerical Simulation Of Finish Hard Turning For AISI H13 Die Steel, Science and Technology of Advanced Materials, 6, 540–547, 2005.