T.C.
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

SERTLEŞTİRİLMİŞ MİKROALAŞIMLI ÇELİĞİN (30MnVS6) FARKLI KESİCİLERLE İŞLENMESİNİN İNCELENMESİ

Proje No:13/1-YL-016

Proje Türü

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Doç.Dr. Halil DEMİR
İmalat Mühendisliği

Adem ŞAHİN
Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği

Haziran 2013
KARABÜK

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Halil DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca yardımını esirgemeyen hocalarım sayın Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ, Yrd. Doç. Dr Metin ZEYVELİ'ye, Yrd. Doç. Dr Mustafa GÜNAY'a ve ayrıca Çalışmalarımda emeği geçen bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemeden yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KABUL	ii
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
BÖLÜM 1	8
GİRİŞ	11
BÖLÜM 2	12
MATERYAL VE DENEYSEL METOT	12
2.1. İŞ PARÇASI MALZEMESİ VE ANALİZİ	12
2.2. ISIL İŞLEM	13
2.3. MALZEME SERTLİK ÖLÇÜMÜ	13
2.4. METALOGRAFİK İNCELEME	13
2.5. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI	14
2.6. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ	14
2.7. TAKIM TUTUCULAR	14
2.8. İŞLENEBİLİRLİK DENEYLERİ	15
2.9. TEZGÂH	16
2.10. TARAMALİ ELEKTRON MİKROSKOBU	17
2.11. KESME KUVVETLERİNİN ÖLÇÜMÜ	18
2.12. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ	19
BÖLÜM 3..	20
DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	20
3.1. ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ FARKLI ORTAMLARDA SOĞUTULMUŞ ÇELİĞİN MİKRO YAPISI	20
3.2. KESME KUVVETLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME	21

3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME 40

BÖLÜM 4 64
SONUÇ VE ÖNERİLER 64
KAYNAKLAR..... 66
ÖZGEÇMİŞ 70

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SERTLEŞTİRİLMİŞ MİKROALAŞIMLI ÇELİĞİN (30MnVS6) FARKLI KESİCİLERLE İŞLENMESİNİN İNCELENMESİ

Adem ŞAHİN

Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Halil DEMİR
Haziran 2013, 70 sayfa

Bu çalışmada, 30MnVS6 mikroalaşımlı çelikten hazırlanan iş parçaları yağda ve suda soğutularak iki farklı mikroyapı elde edilmiştir. Bu iki malzeme üzerinde işleme deneyleri yapılmıştır. Deneyler tornalama metoduyla yedi farklı kesme hızı (40, 50, 60, 70, 80, 100 ve 120 m/dak) üç farklı ilerleme miktarı (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) ve üç farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8, 1,2 mm) soğutma sıvısı kullanılmadan yapılmıştır. Uygulanan ısıl işlemler iş parçalarının mikroyapılarını ve sertliklerini değiştirmiştir. Farklı mikroyapıların ve sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri araştırılmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değerleri suda soğutulan iş parçalarında seramik kesici takımla yapılan deneylerde görülmüştür
Anahtar Sözcükler : Mikroalaşımlı çelik, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvveti
Bilim Kodu :

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

INVESTIGATION OF MACHINING OF HARDENED MICRO ALLOYED STEEL (30MnVS6) WITH DIFFERENT CUTTING TOOLS

Adem ŞAHİN

Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Manufacturing Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Halil DEMİR

June 2013, 70 pages

In this study, 30MnVS6 microalloyed steel workpieces were cooled in oil and water and two different microstructures were obtained and then, machining tests were carried out on these two materials. The machining tests were carried out with turniğ method at seven different cutting speeds (40, 50, 60, 70, 80, 100 and 120 m/min), three different feed rates (0.04, 0.08 and 0.12 mm/rev) and three different depth of cut (0.4, 0.8 and 1.2 mm) without using cutting fluid. The heat treatments applied to the workpieces changed their microstructures and hardnesses. Different microstructures and hardnesses on cutting force and the surface roughness were investigated. The lowest surface roughness values were seen in the experiments in which ceramic cutting tools were used on the workpieces cooled in water.

Key Words : Micro alloyed steels, surface roughness, cutting forces

Science Code :

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Mikroalaşımlı çelikler aynı anda değişik sertleştirme mekanizmalarının ve uygun termomekanik işlemlerin uygulanması ile yüksek dayanım, yüksek tokluk, düşük sıcaklıkta gevrek kırılma emniyeti, mükemmel kaynaklana bilirlik korozyona dayanım gibi değişik, çok iyi özelliklere sahip bir malzeme gurubudur. Yassı ve dövme mamuller şeklinde üretilirler. Uygulama yoğun olarak yassı mamullerde (gaz ve petrol boru hatları, kıyıdan/denizden uzak konstrüksiyonlar) gerçekleşir. Son yıllarda otomotiv endüstrisine yönelik dövme mamullerin üretiminde de bir gelişme vardır. Bugün, bu çelikler, kontrollü haddelenmiş plakalar, levhalar, profiller olarak üretilmişlerdir. Son yılarda üretilen miktar açısından en önemli gelişimi gösteren mikroalaşımlı çelikler, öncelikle yapı çeliklerinin dayanım kapasitelerinin yetersizliği nedeniyle geliştirilmiştir. Mikroalaşımlı çeliklerin, yüksek akma mukavemetlerinden dolayı üretilen parçaların ağırlıkları büyük ölçüde azaltılmıştır. Mikroalaşımlama terimi, çok düşük oranlarda Nb, V ve Ti ilavesi anlamına gelir. Bu elementlerin ilave edilmesiyle, kısmen tane küçültme sertleşmesi ve karbürler, nitrürler veya karbünitrürler gibi partiküllerin oluşması sonucu çökelme sertleşmesi oluşur. Genelde mikroalaşımlama, çok düşük karbon içeren çeliklerden hemen hemen ötektoid kompozisyonlu çeliklere kadar yapılır (Çapar, 2005).

Geçmişte kullanılan çeliklerin yüksek karbonlu olmaları, kaynakla birleştirilmelerinde sorun doğmasına yol açmıştır. Bundan dolayı mikro düzeyde alaşımlama yapılarak ve kontrollü haddeleme işlemiyle, kaynak edilebilme kabiliyetli çelikler geliştirilmiştir.
Talaşlı imalat 200 yılı aşkın bir süredir üzerinde sürekli olarak araştırma yapılan bir alandır. 20. yüzyılın ortalarına gelinmesiyle beraber, işlemenin fiziksel mekaniği analitik olarak çözülmeye başlamıştır. Bu zaman dilimini, bazı kaynaklar işleme araştırmalarının Altın Çağı olarak adlandırmaktadır ve metal kesme mekaniği temelinin talaş olduğu bilgisinin olduğunu bildirmektedir (Morehead, 2007).

Döküm, dövme, haddeleme ve diğer şekillendirme yöntemleriyle üretilmiş mühendislik malzemelerinin kullanıma hazır hale getirilmesi için genellikle talaşlı imalat işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Talaşlı imalat işleminde, belirlenen takım tezgâhı ve kesici takımlar kullanılarak iş parçası üzerinden bir miktar talaş kaldırılır ve istenilen boyutlar ile yüzey kalitesi elde edilir (Shaw, 1989).

Kesici takıma, kesme sırasında etki eden kuvvetler tezgâh parçalarını istenmeyen şekilde deforme edilebilir. Tezgâhın uzun süre hassasiyetini koruması için özellikle hareketli parçaların çalışma yüzeylerinin aşınmaması sağlanmalıdır. Çünkü imal edilen iş parçalarının ölçü ve hassasiyetleri buna bağlıdır. Talaş kaldırmadan dolayı oluşan kesme kuvvetlerinin kolaylıkla karşılanabilmesi için takımın mukavemet özellikleri iyi değerlendirilmelidir. Torna tezgâhlarının hassasiyetlerini uzun süre koruyabilmek ve üretim kalitesini arttırabilmek için kesici takıma gelen gerilmelerin belirlenmesi gerekmektedir. İşleme problemlerinde optimizasyon analizinin esas gayesi optimum kesme parametrelerini seçmektir. Sonuçta seçilen parametre kombinezonu, en düşük maliyet, en yüksek üretim miktarı veya kar oranı için optimum olacaktır. Talaş kaldırmada ortak problemler ince kesitli parçaların işlenmesi, kesici takımların rijit olmayışı ve bağlama olarak sıralanabilir. Bu problemlerin aşılması kabul edilebilir işleme şartları gerektirir. Ancak bu işleme şartları da aşırı kesme kuvvetlerine ve artan yüzey hatalarına yol açabilmektedir (Sağlam, 2001, Korkut, 1996).

Kesme kuvvetleri, işlem esnasında oluşan bazı değişkenler tarafından, doğrudan etkilenen en önemli çıkış değişkenlerinden biridir. Kesme kuvvetleri üzerinde etkili olan bu değişkenler; kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, takım ve talaş geometrisi, iş malzemesi, takım-tezgah çiftinin dinamik karakteristikleri, bağlama sistemi, takım kesme yüzeylerindeki aşınmanın gelişimi, sıcaklık ve titreşim gibi faktörlerdir. Takıma etki eden kesme kuvvetleri takım durumu hakkında önemli bilgi kaynağıdır. Bu bilgi; takım kırılması, takım aşınması, tır lamayı ve yüzey tamlığını anlamada kullanılabilir (Akkurt, 1992).

Bu çalışmanın amacı; Mikroalaşımlı (30MnVS6) çeliklerden hazırlanan deney malzemelerini 900 °C'ye kadar ısıtılarak farklı ortamlarda soğutulmuş (su ve yağ) ve

farklı mikro yapılar elde edilmiştir. Farklı mikro yapılar ve buna bağlı sertlik değişimleri olmuştur. Elde edilen deney numunelerini faklı kesme hızlarında (40, 50, 60, 70, 80, 100 ve 120 m/dak), farklı ilerleme miktarlarında (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), tornalama işlemine tabi tutularak, esas kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülük değerleri ölçülmektedir. Bu amaçla CNC torna tezgâhında, belirlenen kesme parametreleri ile yapılan tornalama işlemleri esnasında kaydedilen kuvvet değerleri ve işlenen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri arasındaki ilişkiler bulunmaktadır.

BÖLÜM 2

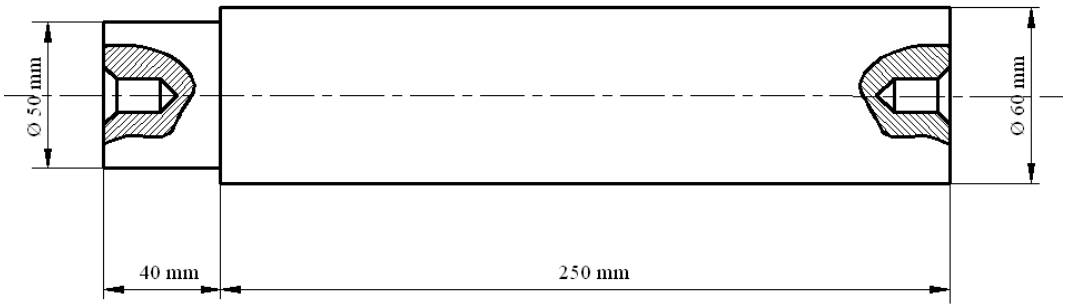
MATERYAL VE DENEYSEL METOT

2.1. İŞ PARÇASI MALZEMESİ VE ANALİZİ

Yapılan işlenebilirlik deneylerinde iş parçası malzemesi olarak yüksek dayanımlı düşük alaşımlı çelikler (YDDA) veya high strenght-low alloyed (HSLA) olarak ta adlandırılan mikroalaşımlı çelikler, (30MnVS6) kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan 30MnVS6'nın kimyasal bileşeni Çizelge 6.1.'de verilmiştir. İşlenebilirlik deneyleri için hazırlanan malzemenin ölçüleri Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. mikroalaşımlı (30MnVS6) çeliğin kimyasal bileşimi (% Ağırlık).

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	N
30MnVS6	0,26 0,33	0,15 0,80	1,20 1,60	<0,025	0,020 0,060	<0,30	<0,08	0,08 0,20	0,01 0,02



Şekil 2.l. İşlenebilirlik deneylerde kullanılan numunelerin ölçüleri.

2.2. ISIL İŞLEM

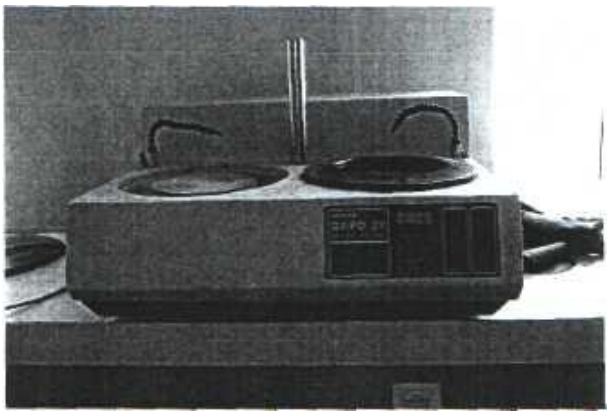
İş parçaları 900 °C‘ye kadar ısıtılan fırında bir saat bekletilerek çıkarılan iş parçaları, yağda ve suda farklı soğuma hızlarında soğutulmuştur.

2.3. MALZEME SERTLİK ÖLÇÜMÜ

İş parçası malzemesinin sertlik ölçümü Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Bölümü Malzeme Analiz Kontrol Laboratuarında bulunan AFFRI 251 MRSD marka sertlik ölçüm cihazı ile Rockwell (HRC) türünden sertlik ölçümleri yapılmıştır.

2.4. METALOGRAFİK İNCELEME

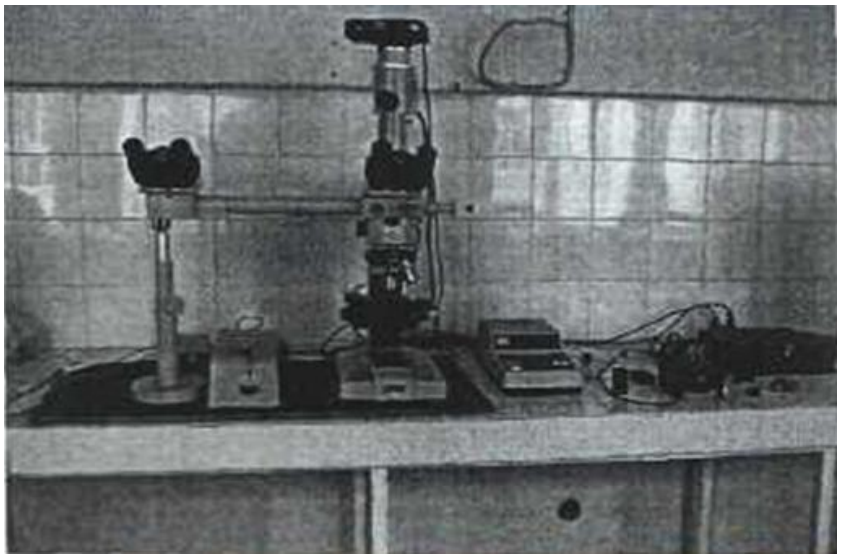
İş parçası malzemesinin metalografik incelemesi Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Metal Eğitimi Bölümü Malzeme Laboratuarı imkânlarında METKON GRIPO 2V marka zımpara ve polisaj cihazı ile hazırlanan numuneler 180, 320, 600, 800, 1000 ve 1200 numaralı zımpara kâğıtları ile zımparaladıktan sonra 0,6 µm elmas pasta ile parlatma işlemine tabii tutulmuştur. Numuneler %2 nital ile dağlandıktan sonra optik mikroskopta 10X, 20X ve 40X büyütmelerle mikro yapı resimleri alınmıştır. Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de görülen cihazlar kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 2.2. METKON GRIPO 2V marka zımpara ve polisaj cihazı.

2.5. DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

İstanbul Cemtaş firmasından getirilen 2 m boyunda ve 61 mm çapındaki malzeme dış yüzeyindeki tabaka sertleşmesi ihtimaline karşı Karabük Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Atölyesindeki üniversal torna tezgâhında 1 mm talaş kaldırılarak uygun boy ve çapa düşürülmüştür.



Şekil 2.3. Nikon marka optik mikroskop.

2.6. KESİCİ TAKIM ÖZELLİKLERİ

Deneylerde, Kennametal firması tarafından üretilen CNGA120404 takım geometrisinde KY4400 kalitesine sahip TiN kaplamalı karma seramik kesici takımlar (Al_2O+TiCN) ile CNMG120404 takım geometrisinde KT315 kalitede; TiN/TiCN/TiN kaplamalı sermet kesici takımlar kullanılmıştır.

2.7. TAKIM TUTUCULAR

Kennametal firması tarafından üretilen deneylerde kullanılan kesici uçlar, rijit olarak ISO'ya göre PCBN R 2525M12 ile ifade edilen takım tutucu ile bağlanmıştır.

2.8. İŞLENEBİLİRLİK DENEYLERİ

İşlenebilirlik deneyleri Çizelge 2.2 ve 2.3'de verilmiş olan paremetrelerde işlenmiş olup her bir deney için yeni bir kesici takım kullanılmıştır.

Çizelge 2.2. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan parametreler.

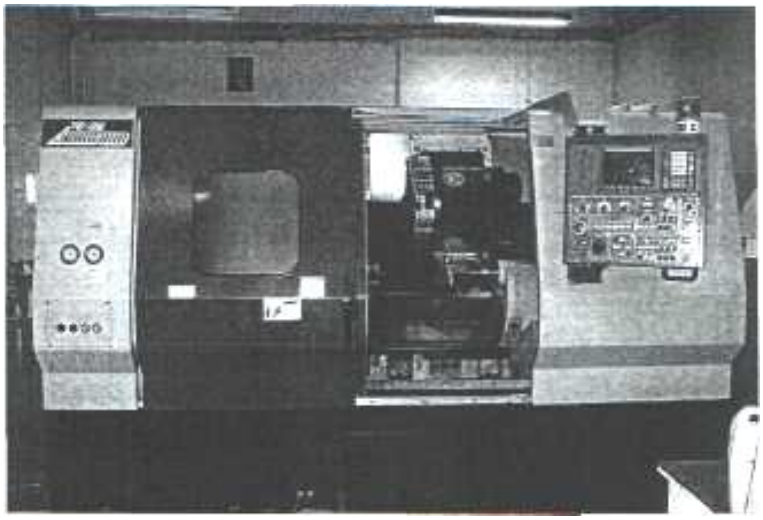
Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan Isıl İşlem	Kesici Takım	Kesme Hızı(m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)
1	0,4	Yağda Soğutma	Sermet	60	0,04
2					0,08
3				70	0,04
4					0,08
5	0,8			40	0,08
6				50	0,08
7				60	0,04
8					0,08
9				70	0,04
10					0,08
11				80	0,04
12					0,08
13	1,2			60	0,04
14					0,08
15					0,12
16				70	0,04
17					0,12
18	0,4		Seramik	70	0,04
19					0,08
20				80	0,04
21					0,08
22	0,8			60	0,08
23				70	0,04
24					0,08
25				80	0,04
26					0,08
27				100	0,04
28					0,08
29				120	0,04
30					0,08
31	1,2	Suda Soğutma	Sermet	70	0,04
32					0,08
33					0,12
34				80	0,04
35					0,08
36					0,12

Çizelge 2.3. İşlenebilirlik deneylerinde kullanılan parametreler.

Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan ısıl işlem	Kesici Takım	Kesme Hızı(m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)
37	0,4	Suda Soğutma	Sermet	60	0,04
38					0,08
39				70	0,04
40					0,08
41	0,8			40	0,08
42				50	0,08
43				60	0,04
44					0,08
45				70	0,04
46					0,08
47				80	0,04
48					0,08
49	0,4	Suda Soğutma	Seramik	70	0,04
50					0,08
51				80	0,04
52					0,08
53	0,8			60	0,08
54				70	0,04
55					0,08
56				80	0,04
57					0,08
58				100	0,04
59					0,08
60				120	0,04
61					0,08

2.9. TEZGÂH

Deneylerde kullanılan iş parçaları Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Talaşlı Üretim Anabilim Dalı CNC Atölyesinde bulunan FANUC kontrol ünitesine sahip olan Johnford TC-35 sanayi tipi CNC torna tezgahında İşlenmiştir. CNC torna tezgâhı Şekil 6.4'de görülen gücü 10 KW olup, tezgah iş mili değişken kademesiz hıza sahip ve 4000 dev/dak'ya kadar çıkabilmektedir.



Şekil 2.4. Johnford TC–35 sanayi tipi CNC torna tezgahı.

2.10. TARAMALI ELEKTRON MİKROSKOBU (SEM)

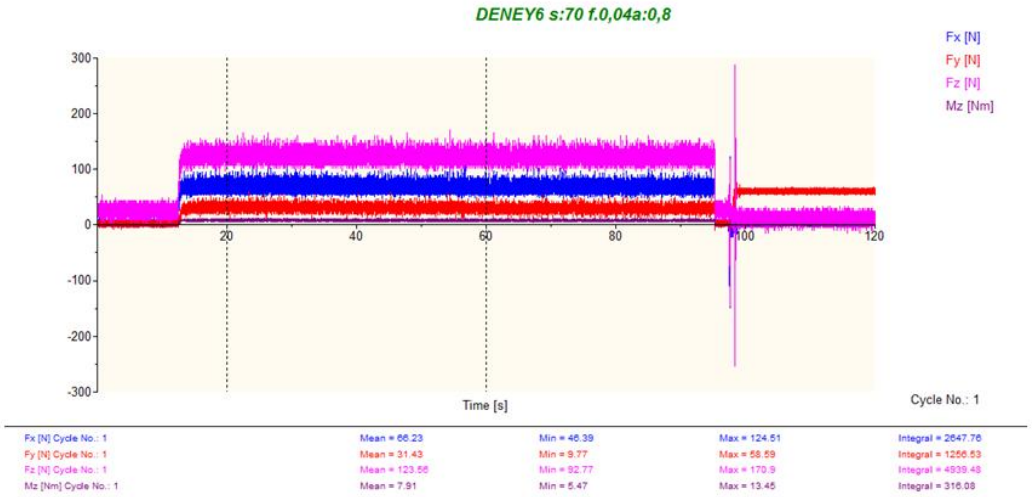
Deneylerde kullanılan kesici takımlar Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde bulunan LEO 1430 VP model SEM cihazında her kesici takım için 250x ve 400x olmak üzere iki adet SEM görüntü alınmıştır. Cihaz W (Tungsten) filament ile çalışmaktadır. Cihaz üzerinde ikincil elektron (secondary electron), geri yansıyan elektron (backscattered electron) ve X ışınları (EDX- Energy Dispersive X-ray Spectroscopy) detektörü bulunmaktadır. Cihaz görüntü üzerinde nokta, çizgi, alan ve haritalama yöntemleri ile kalitatif ve semi-kantitatif olarak elementer analizleri yapabilmektedir.

Şekil 2.5. LEO 1430 VP model SEM cihazı.

2.10. KESME KUVVETLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Talaş kaldırma esnasında kuvvet ölçümleri, iş parçalarının 60 mm çap ve 120 mm uzunluğun işlenmesi esnasında gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırma esnasında oluşan üç kuvvet bileşeni olan; esas kesme kuvveti Fz *(Fc),* ilerleme kuvveti Fx *(Ff)* ve radyal kuvveti Fy *(Fr)* ölçebilen KISTLER 9257A tipi piezoelektrik dinamometre kullanılmıştır. Bu dinamometre KISTLER Type 5019 bir sinyal yükselticiye (Multichannel Charge Amplifier) bağlanmış ve kesme kuvvetleri RS-232C ara kablo ile bilgisayara gönderilmiş, DynoWare Type 2825Ai–2 programı ile kuvvetler grafik olarak elde edilmiştir.

Her bir deneyde elde edilen değerler kuvvet ölçme programı tarafından Newton cinsinden hesaplanıp ortalaması alınarak, her deney için esas kesme kuvveti Fz *(Fc),* ilerleme kuvveti Fx *(Ff)* ve radyal kuvvet Fy *(Fr)* olarak belirlenmiştir. Elde edilen kesme kuvvetleri grafiklerinden bir örnek Şekil 6.6'de görülmektedir.



Şekil 2.6. 30MnVS6 Mikroalaşımlı malzemenin sermet kesici takımla kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,8 mm ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneyde işlem esnasında oluşan kesme kuvvetleri.

2.11. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÖLÇÜMÜ

Yüzey pürüzlülük değerlerinin ölçümleri için Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazı kullanılmıştır. Her yeni deneyin başlangıcında, boyuna tornalamaların yapıldığı yüzeyler üzerinde yapılan ölçümler, iş parçası eksenine paralel olacak şekilde ve iş parçası kendi ekseni etrafında 120˚ döndürülerek üç ayrı yüzeyden ölçüm değerleri alınarak yapılmıştır. Elde edilen pürüzlülük değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak ortalama yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır. İş parçası üzerinde işleme sırasında oluşan yüzey pürüzlülüğü değerlerinin ölçümleri için kesme uzunluğu 0,8 mm ve örnekleme uzunluğu 5,6 mm olarak seçilmiştir. Yüzey pürüzlüğü ölçme cihazının teknik özellikleri Çizelge 4.5' de verilmiştir.

Çizelge 2.4. Yüzey pürüzlülük ölçme cihazı teknik özellikleri.

MODEL	Perhometer M1 (Mahr)
Ölçme Hızı	150 µm/sn
Ölçme Kuvveti	0,7 mN
Uç Malzemesi	Elmas
Kesme Uzunluğu	0,8 mm
Değerlendirme Uzunluğu	1,75-5,6-12,5 mm
Tarama Hızı (mm/sn)	0,5
Boyutları (mm)	190x170x75
Yaklaşık Ağırlığı (gr)	900

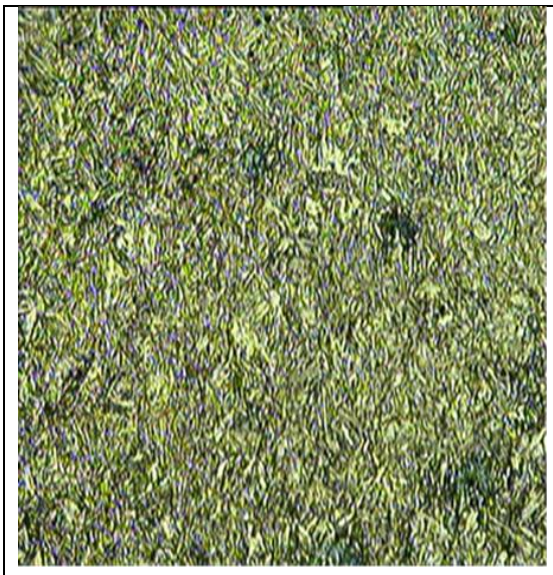
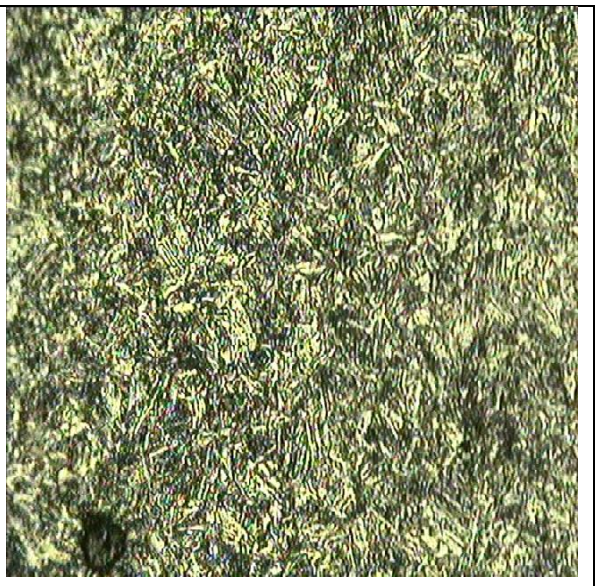
BÖLÜM 3

DENEY SONUÇLAR VE TARTIŞMA

3.1. ISIL İŞLEM UYGULANMIŞ FARKLI ORTAMLARDA SOĞUTULMUŞ ÇELİKLERİN MİKROYAPISI

İşlenebilirlik deneyleri için hazırlanan 30MnVS6 iş parçaları 900 °C'ye kadar ısıtılan fırına da 1'er saat bekletilmiştir. İş parçalarını farklı soğuma hızlarında soğutmak için fırından çıkarılan iş parçaları suda ve yağda soğutulmuştur. Soğutulan iş parçalarının soğuma hızları farklı olduğu için mikroyapılarıda farklı oluşmuştur (Şekil 3.1).

Soğuma hızları daha yavaş olan yağda soğutulan malzemelerin yapıları beynit fazda olurken suda soğutulan malzeme ise martenzit yapıda olduğu Şekil 7.1'de görülmektedir. Mikro yapıdaki bu değişim iş parçalarının sertliğini de etkilemiştir. Yağda soğuyan iş parçasının sertliği 30,33 HRC, suda soğuyan iş parçasının sertliği ise %52,45 artmış 46,24 HRC olmuştur. Yapılan ısıl işlemlerde soğuma hızı iş parçalarının sertliğini etkilemiştir. Tane boyutu MSQ Plus isimli programla iş parçaların tane boyutları ASTM E112 standardında ölçülmüştür.

	
Suda Soğutulan Sertliği = 46,24 HRC Büyütme oranı = 40X	Yağda Soğutulan Sertliği = 30,33 HRC Büyütme oranı = 40X

Şekil 3.1. Farklı ortamlarda soğutulan iş parçalarının mikro yapıları.

3.2. KESME KUVVETLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRME

Mikroalaşımlı iş parçası üzerinde yapılan deneylerde elde edilen kesme kuvvetleri Çizelge 3.1 ve 3.2'de görülmektedir. Kesme kuvvetleri açısından deney sonuçları grafiklerde ifade edilerek tartışılmıştır.

Çizelge 3.1. 0,4, 0,8 ve 1,2 mm talaş derinliklerinde ölçülen kesme kuvvetleri.

Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan Isıl İşlem	Kesici Takım	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kesme kuvvetleri değerleri (N)		
						Fc (fz)	*Ff (fx)*	*Fr (fy)*
01	0,4	Yağda soğutma	Sermet	60	0,04	75,34	30,32	24,67
02					0,08	98,48	38,99	35,24
03				70	0,04	68,04	27,27	19,92
04					0,08	101,38	42,45	36,32
05	0,8			40	0,08	194.48	104.43	43,93
06				50	0,08	210,35	126,53	52,57
07				60	0,04	132,55	71,01	34,11
08					0,08	200,38	116,89	50,97
09				70	0,04	188,32	105,7	51,03
10					0,08	191,6	108,46	48,67
11				80	0,04	65,85	28	28,88
12					0,08	228,25	166,06	107,02
13	1,2			60	0,04	172,46	95,5	37,39
14					0,08	308,29	219,64	57,55
15					0,12	410,98	280,9	78,74
16				70	0,04	169,71	99,39	31,13
17					0,12	12,92	5,52	60,97
18	0,4		Seramik	70	0,04	107,42	69,18	50,49
19					0,08	59,25	33,4	62,14
20				80	0,04	103,23	65,83	46,75
21					0,08	93,57	56,05	65,91
22	0,8			60	0,08	162,15	126,12	73,41
23				70	0,04	167,33	133,05	51,78
24					0,08	120,85	94,56	67,29
25				80	0,04	171,95	140,69	52,93
26					0,08	119,02	92,35	57,08
27				100	0,04	110,88	86,28	49,69
28					0,08	64,15	45,15	61,55
29				120	0,04	75,83	54,87	49,59
30					0,08	102,78	74,08	60,84
31	1,2			70	0,04	206,17	197,73	48,14
32					0,08	163,25	148,08	66,49
33					0,12	143,64	115,93	66,35
34				80	0,04	222,5	193,25	46,85
35					0,08	119,06	107.37	63,73
36					0,12	89,53	72,16	64,49
37	0,4	Suda Soğutma	Sermet	60	0,04	106,99	54,65	50,92
38					0,08	89,97	39,27	59,44
39				70	0,04	99,81	47,76	42,86
40					0,08	58,11	27,03	57,64
41	0,8			40	0,08	219,11	117,69	61,52
42				50	0,08	167,86	93,5	69,17
43				60	0,04	163,87	101,98	58,67
44					0,08	115,97	67,68	60,95
45				70	0,04	159,6	104,81	54,13
46					0,08	83,27	48,75	63,86
47				80	0,04	161,06	113,79	58,54
48					0,08	77,36	44,89	63,33

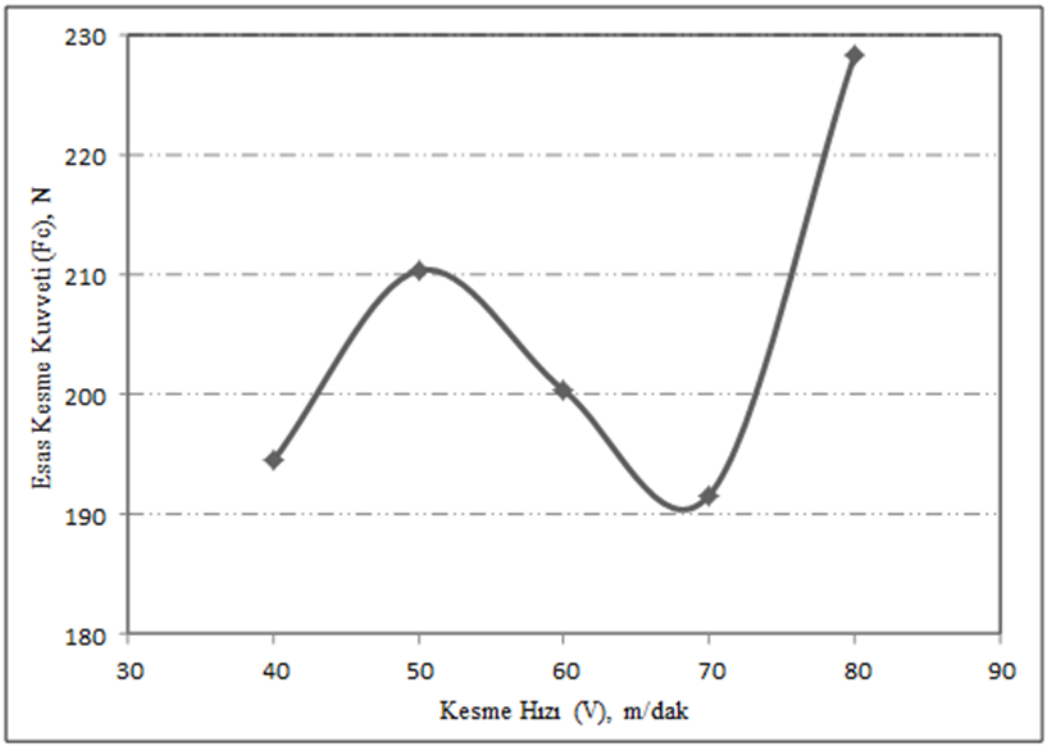
Çizelge 3.2. 0,4, 0,8 ve 1,2 mm talaş derinliklerinde ölçülen kesme kuvvetleri.

Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan Isıl İşlem	Kesici Takım	Kesme Hızı(m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Kesme kuvvetleri değerleri (N)		
						Fc (fz)	*Ff (fx)*	*Fr (fy)*
49	0,4	Suda Soğutma	Seramik	70	0,04	106,49	69,87	54,65
50					0,08	143,56	83,48	72,87
51				80	0,04	105,08	57,75	53,26
52					0,08	52,83	28,48	60,38
53	0,8			60	0,08	142,62	98,52	66,9
54				70	0,04	177,98	138,43	52,22
55					0,08	109,73	74,21	62,16
56				80	0,04	180,47	143,95	51,74
57					0,08	137,71	92,5	57,35
58				100	0,04	171,36	136,59	47,16
59					0,08	119,04	78,9	59,33
60				120	0,04	168,18	133,62	46,38
61					0,08	58,72	37,3	57,76

3.2.1. Yağda Soğutulan Malzemenin Sermet Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

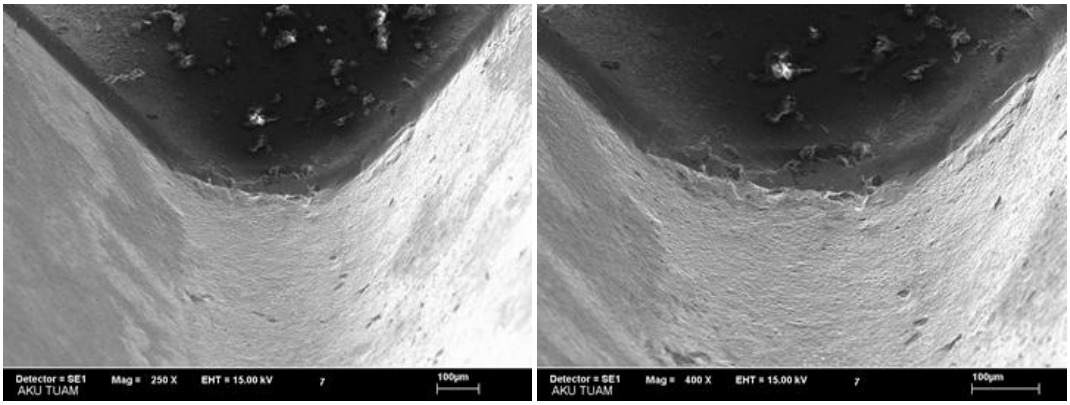
3.2.1.1. Kesme Hızının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının esas kesme kuvveti Fc (N) üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçaları sermet kesici takımla, talaş derinliği 0,8 mm, ilerleme miktarı 0,08 mm/dev ve farklı kesme hızlarıyla (40, 50, 60, 70 ve 80 m/dak), tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerde kesme hızının esas kesme kuvvet Fc(N) değerleri üzerindeki etkisi Şekil 7.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de kesme hızının esas kesme kuvvet değerine etkisi.

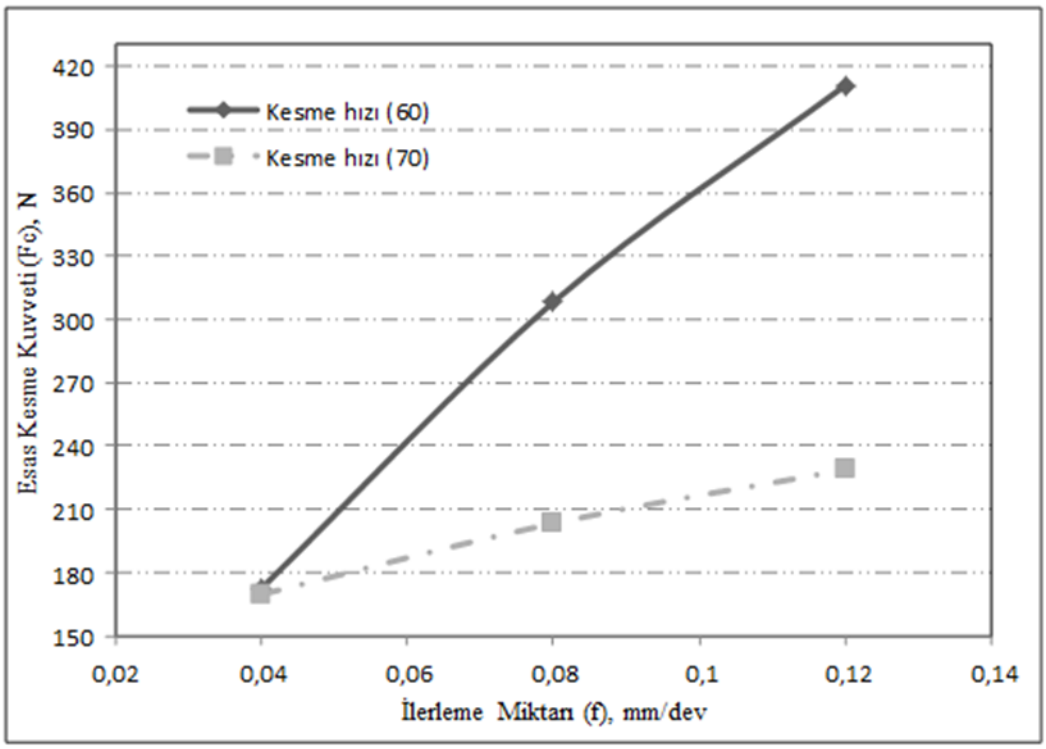
En yüksek esas kesme kuvvet değeri 80 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 228,25 N olarak ölçülmüştür. Kesme hızı artırılarak yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerinde bir azalma görülmektedir. Ancak kesme hızının (80 m/dak) artmasıyla yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerinde ani bir artış görülmüştür. Bunun nedeni, işleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan (BUE) karasız bir yapıda olduğu için esas kesme kuvvetini arttırır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve karasız olması durumunda esas kesme kuvvet değerinin daha da artmasına neden olur. Kesme hızının artmasıyla (BUE) oluşumu azaldığı için esas kesme kuvvet değeri üzerinde daha az bir etkiye sahip olur ve esas kesme kuvvet 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. Şekil 7.3'de 80 m/dak kesme hızında kesici takım üzerinde biriken BUE'nin SEM görüntüleriyle görülmektedir. En düşük esas kesme kuvvet değeri 40 m/dak'da yaklaşık olarak %17'lik bir azalmayla 194,48 N olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.3. 80 m/dak kesme hızında kesici takım üzerinde biriken (BUE).

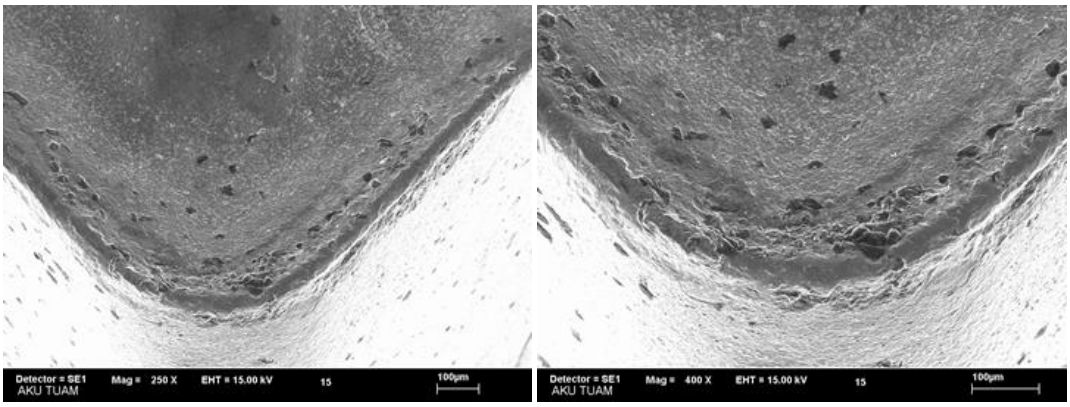
3.2.1.2. İlerleme Miktarının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçaları sermet kesici takımla talaş derinliği 1,2 mm farklı ilerleme miktarında (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) ve farklı kesme hızlarında (60 ve 70 m/dak), tornalama işlemine tabi tutularak ilerleme miktarının esas kesme kuvvetine etkisi, Şekil 3.4'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Yağda soğutulan malzemede ilerlemenin esas kesme kuvveti değerine etkisi.

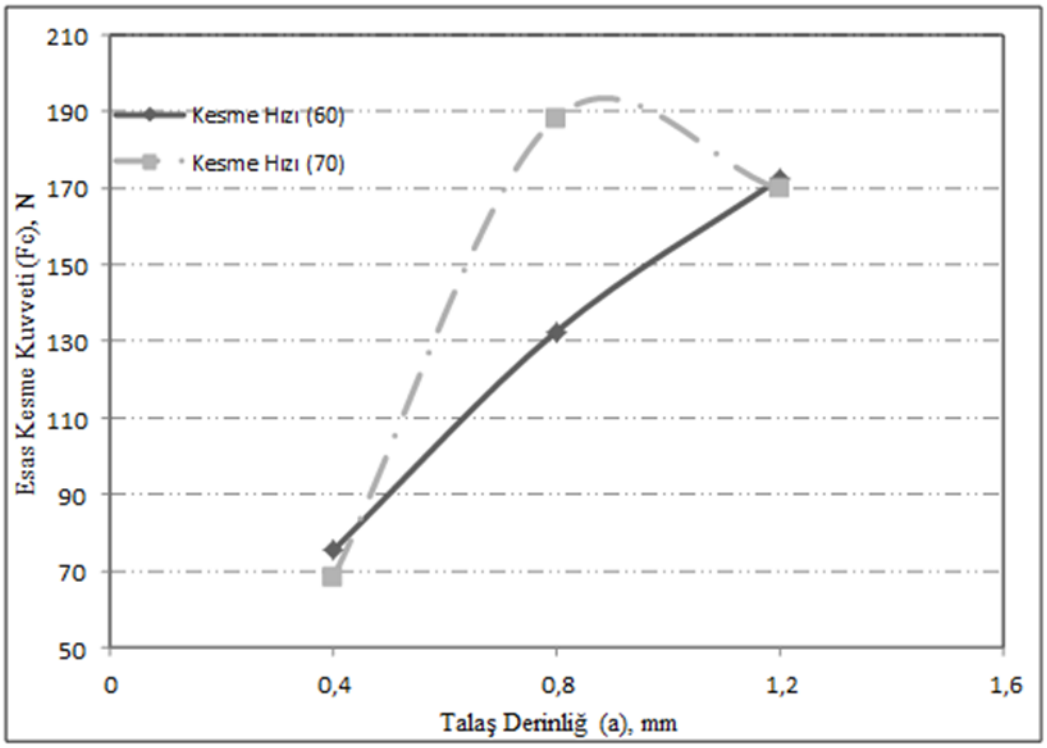
En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 60 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneylerde 410,98 N olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarıyla orantılı olarak esas kesme kuvvet değeri de artma göstermiştir. İlerleme ve kesme derinliğine bağlı olarak talaş kesit alanı esas kesme kuvvetini belirleyen en önemli faktördür. Dolayısıyla ilerlemedeki artışla beraber artan talaş kesiti esas kesme kuvvetindeki artışın temel nedenidir. İlerlemenin 0,04 mm/dev'den 0,08 mm/dev'e çıkarılmasıyla ilerlemede sağlanan %100 artışa karşılık kesme kuvvetleri yaklaşık %78,76, ilerlemenin 0,04 mm/dev'den 0,12 mm/dev'e çıkarılmasıyla ilerlemede sağlanan %200'lük artışa karşılık esas kesme kuvvetleri yaklaşık %138,30 artmıştır. İlerleme miktarına bağlı olarak kuvvetlerde meydana gelen bu değişim genel beklentilere uygun olup mevcut literatürle paralellik göstermektedir. Ancak kesme hızı 60 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneylerde (Şekil 3.5) esas kesme kuvvetinin ani artışının nedeni kesici takımda biriken (BUE) ile açıklanabilir. En düşük esas kesme kuvvet değeri ise kesme hızı 70 m/dak ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde yaklaşık %58,70 azalarak 169,71 N ölçülmüştür.



Şekil 3.5. Kesme hızı 60 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneylerde kesici takımda biriken (BUE).

3.2.1.3. Talaş Derinliğinin Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla 60 ve 70 m/dak kesme hızlarında, ilerleme miktarı sabit alınarak (0,04 mm/dev) farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen esas kesme kuvvet değerleri ve talaş derinliği ilişkisi Şekil 3.6'da görülmektedir.



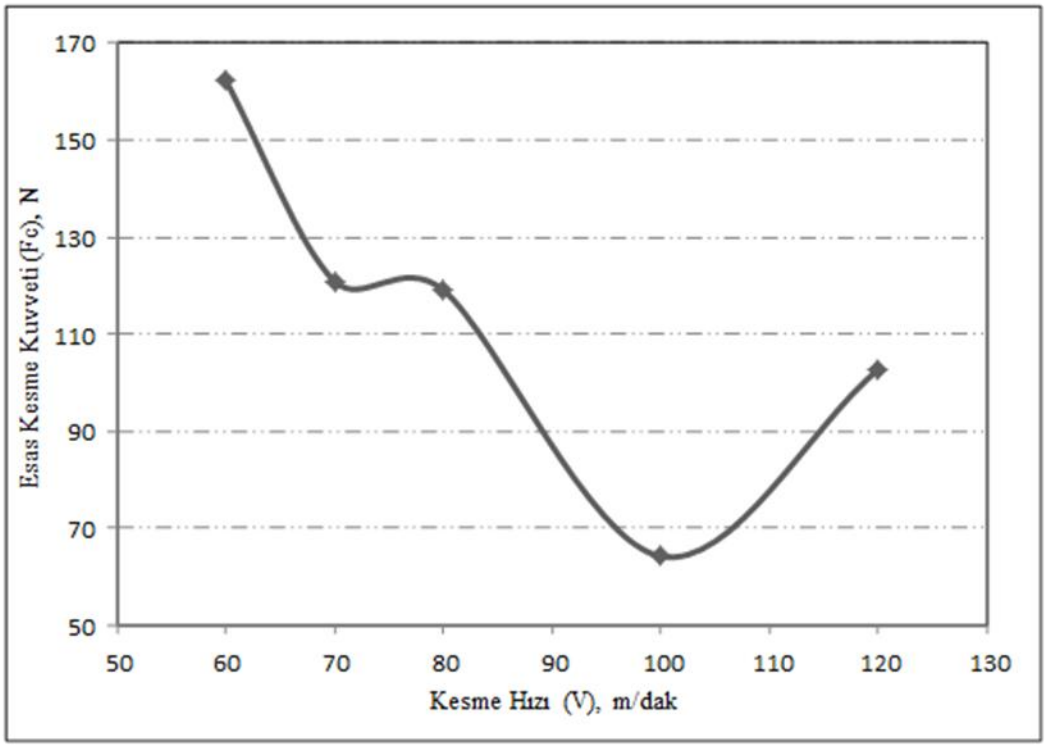
Şekil 3.6. Talaş derinliğinin esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde 188,32 N olarak ölçülmüştür. Talaş derinliği artırılarak yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değeri artmaktadır. Ancak kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 1,2 mm'de yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerinde ani bir düşüş görülmektedir bunun nedeni, kesme hızının artması ile kesme kuvvetlerinin kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım-talaş temas uzunluğunun azalması ve kısmen de artan kesme hızı sonucu sıcaklığın artmasıyla takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma dayanımının azalmasıyla açıklanabilir. En düşük esas kesme kuvvet değeri keme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde yaklaşık olarak %63,87 azalarak 68,04 N olarak ölçülmüştür.

3.2.2. Yağda Soğutulan Malzemenin Seramik Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.2.2.1. Kesme Hızının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70, 80, 100, 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının esas kesme kuvvet değerine etkisi, Şekil 3.7'de verilmiştir.



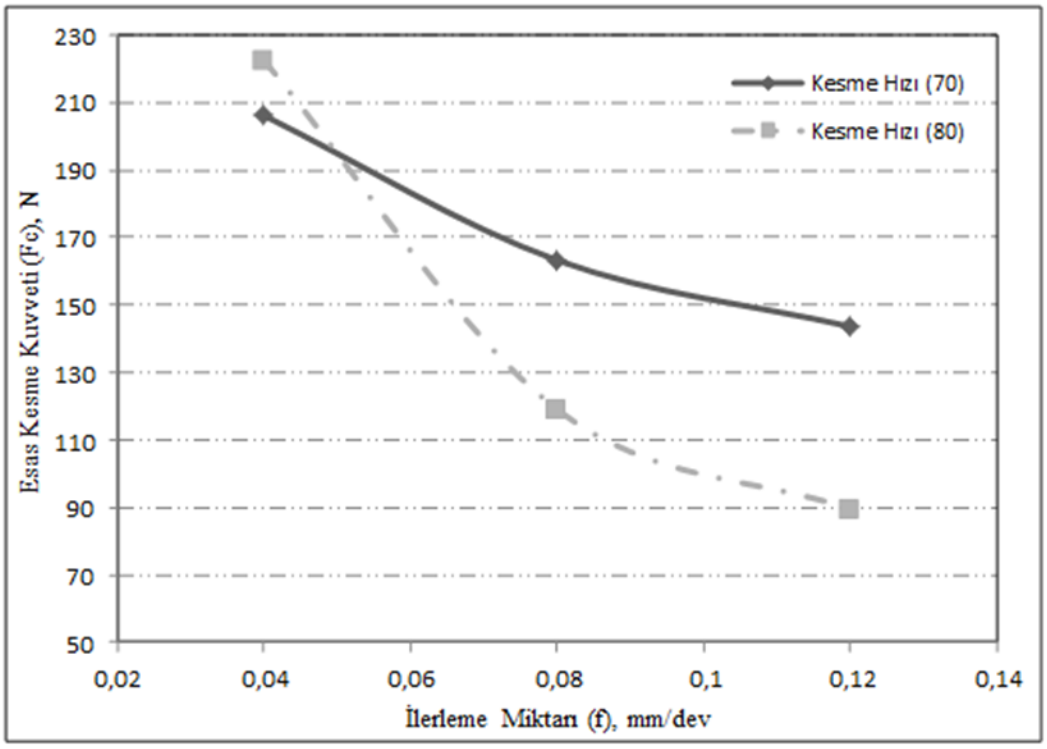
Şekil 3.7. Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de kesme hızının esas kesme kuvveti değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 60 m/dak'da yapılan deneylerde 162,15 N olarak ölçülmüştür Artan kesme hızıyla beraber esas kesme kuvvet değeri azalmıştır. Kesme hızının esas kesme kuvvetlerine olan bu etkisi artan kesme hızıyla birlikte yükselen talaş kaldırma sıcaklığına bağlıdır. Birincil ve ikincil deformasyon bölgelerinde kesme hızıyla birlikte artan sıcaklık işlenen malzemenin akma mukavemetini düşürerek kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olmuştur. Ancak

kesme hızının daha fazla artmasıyla (120 m/dak) kesme kuvvetlerindeki artış ise yüksek kesme hızlarında takım aşınmasının muhtemel artışı ile açıklanabilir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 100 m/dak'da yapılan deneylerde yaklaşık olarak %60,43 azalarak 64,15 N olarak ölçülmüştür.

3.2.2.2. İlerleme Miktarının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

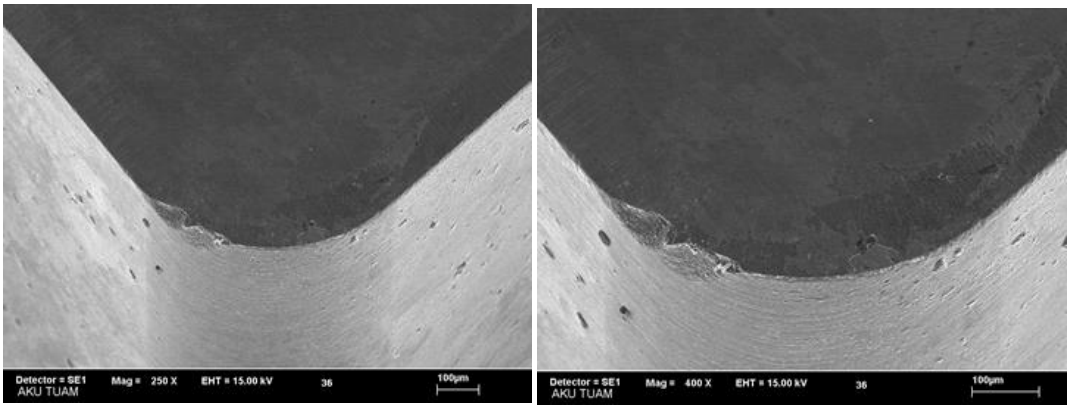
İlerleme miktarının esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak), talaş derinliği 1,2 mm ve farklı ilerleme miktarı ile (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev)'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin esas kesme kuvvet değerine etkisi, Şekil 3.8'de verilmiştir.



Şekil 3.8. Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 1,2 mm'de ilerlemenin, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde 222,5 N ölçülmüştür. İlerleme miktarının artmasıyla esas kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni ise kesici uç belli bir boyda talaş kaldırdıktan sonra plastik deformasyona uğramıştır. Kesici kenar

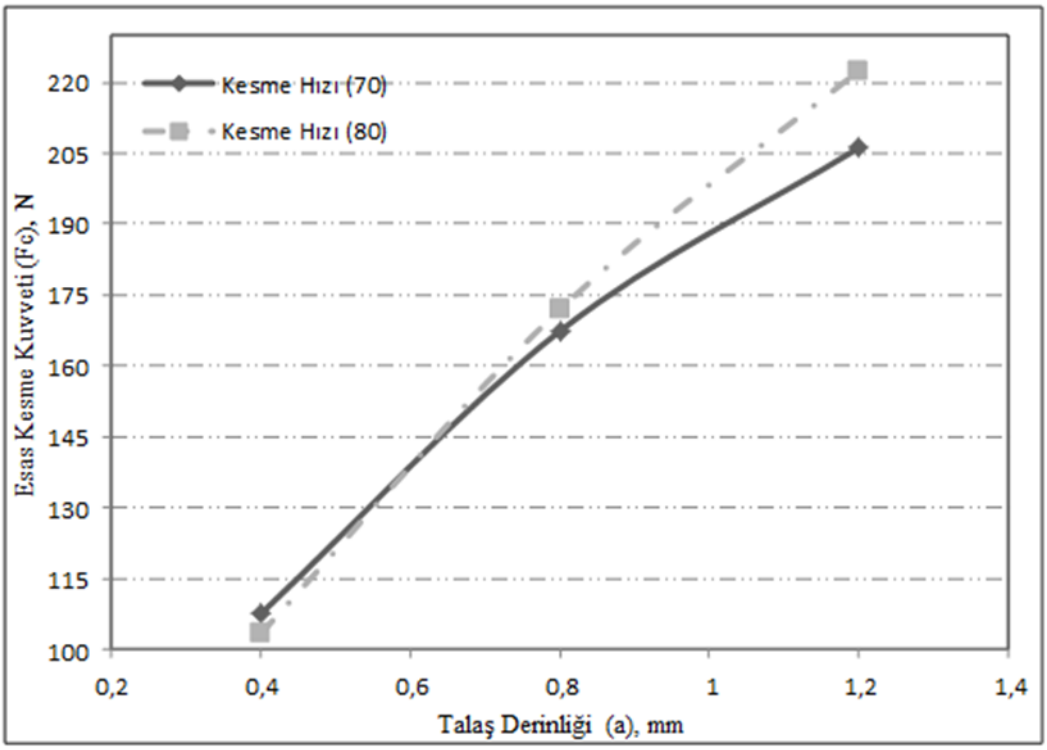
üzerindeki yüksek basınç ve yüksek sıcaklıkla beraber plastik deformasyon oluşmuştur. Yüksek kesme hızları ve yüksek ilerlemeler sert iş parçası malzemesi, sıcaklık ve basınca neden olduğundan kesici takımın plastik deformasyona uğramasına neden olmuş buda kaldırılması gereken talaş miktarından daha az miktarda talaş kaldırarak esas kesme kuvvet değerlerinde bir azalmaya sebep olduğu düşünülmektedir. Şekil 3.10'da kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneyde kesici takımda oluşan kırılmalar (chipping) görülmektedir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneylerde yaklaşık olarak %59,73 azalarak 89,53 N ölçülmüştür.



Şekil 3.9. Kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,12 mm/dev'de yapılan deneyde kesici takımda oluşan kırılmalar (chipping).

3.2.2.3. Talaş Derinliğinin Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak) ilerleme miktarı 0,04, mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin, esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.10'de verilmiştir.



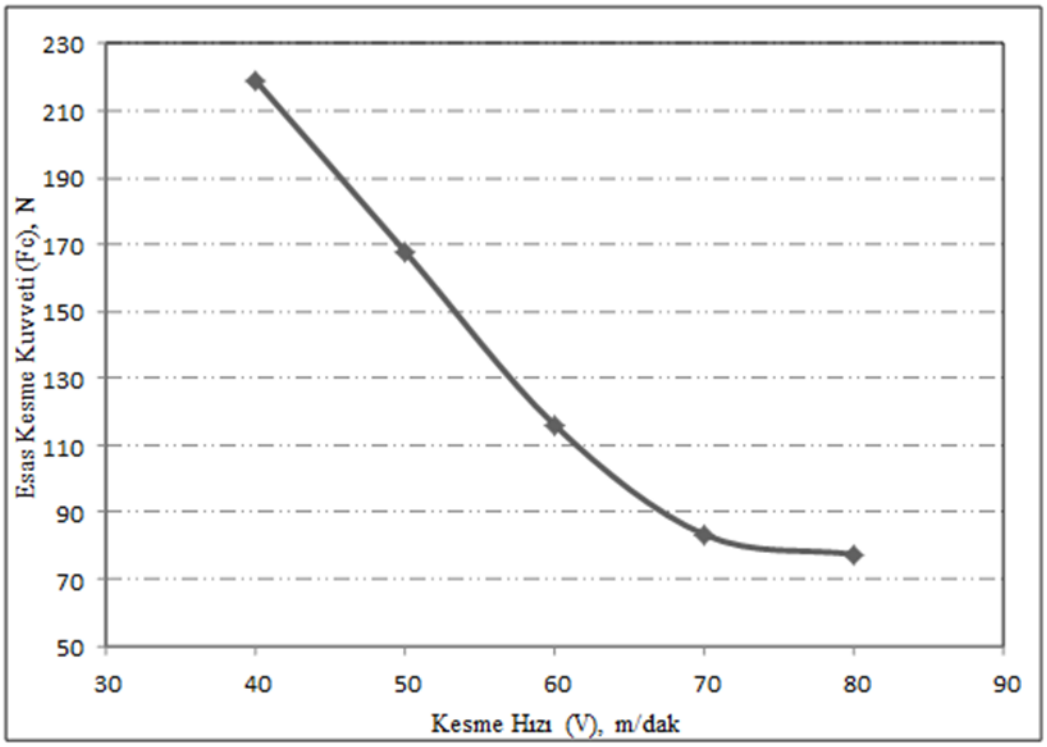
Şekil 3.10. Yağda soğutulan iş parçası 0,04 mm/dev ilerleme miktarında talaş derinliğinin, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 1,2 mm'de yapılan deneylerde 222,5 N ölçülmüştür. Talaş derinliği artırılarak yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerleri de paralel olarak artış göstermiştir Talaş derinliğine bağlı olarak oluşan talaş kesit alanı esas kesme kuvvet değerini belirleyen en önemli değişkenlerden biridir. Dolayısıyla artan talaş kesiti esas kesme kuvvetini artıran temel neden olarak düşünülebilir. Talaş derinliği 0,4 mm'den 1,2 mm'ye çıkarılmasıyla talaş derinliğinde sağlanan %200 artışa karşılık esas kesme kuvvet değerleri yaklaşık olarak %53,60 artmıştır. En düşük esas kesme kuvvet değerleri kesme hızı 80 m/dak talaş derinli 0,4 mm'de yapılan deneylerde 103,23 N olarak ölçülmüştür.

3.2.3 Suda Soğutulan Malzemenin Sermet Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.2.3.1. Kesme Hızının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

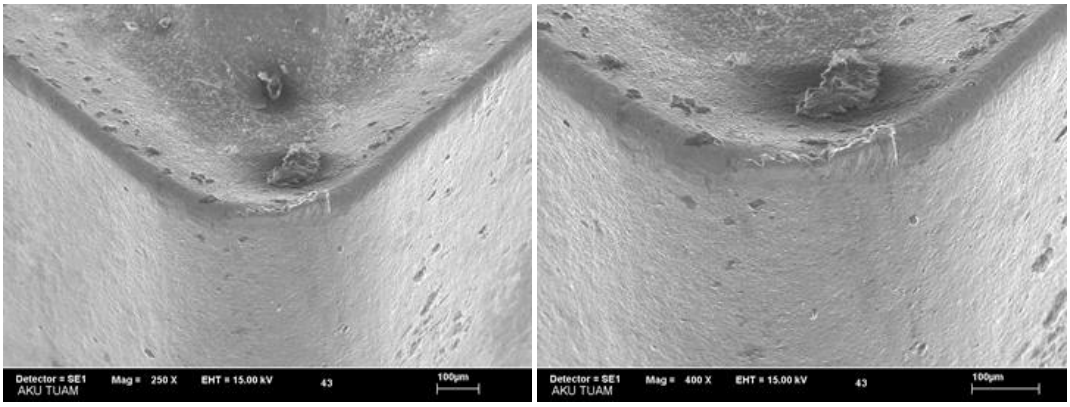
Kesme hızının, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (40, 50, 60, 70 ve 80 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 40 m/dak'da yapılan deneylerde 219,11 N olarak ölçülmüştür. Artan kesme hızıyla beraber esas kesme kuvvet değeri azalmıştır. Kesme hızının esas kesme kuvvetlerine olan bu etkisi artan kesme hızıyla birlikte yükselen talaş kaldırma sıcaklığına bağlıdır. Birincil ve ikincil deformasyon bölgelerinde kesme hızıyla birlikte artan sıcaklık işlenen malzemenin akma mukavemetini düşürerek kesme kuvvetlerinde azalmaya sebep olmuştur. Ancak

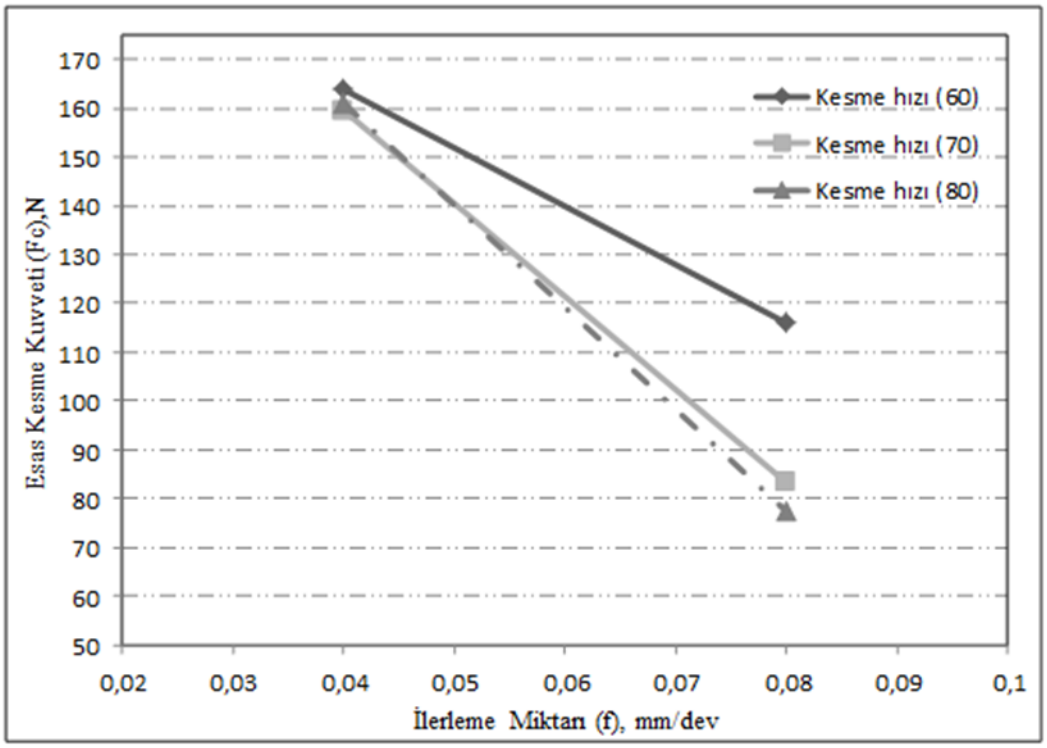
kesme hızı 80 m/dak'da yapılan deneylerde kesme kuvvetinin bir miktar artış göstermesinin nedeni kesici takım üzerinde biriken (BUE) (Şekil 7.12). İle açıklanabilir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak'da yapılan deneylerde yaklaşık %64,69 azalarak 77,36 N olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.12. kesme hızı 80 m/dak'da kesici takımda biriken (BUE).

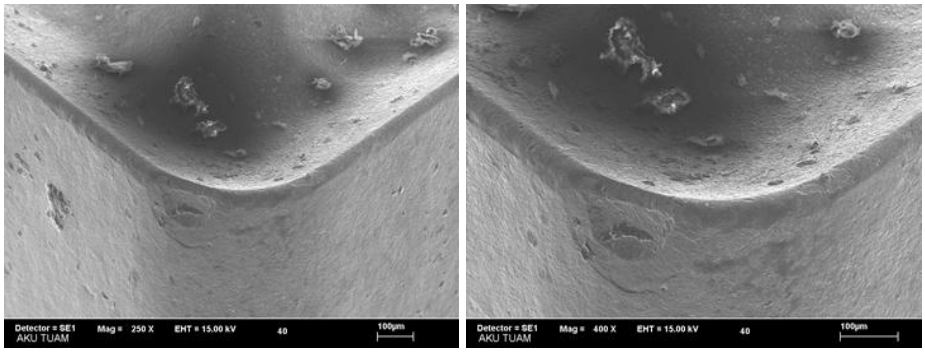
3.2.3.2. İlerleme Miktarının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70 ve 80 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,04 ve 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin esas kesme kuvvet değerine etkisi, Şekil 3.13'de verilmiştir.



Şekil 3.13. Suda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de ilerleme miktarının esas kesme kuvvet değerine etkisi.

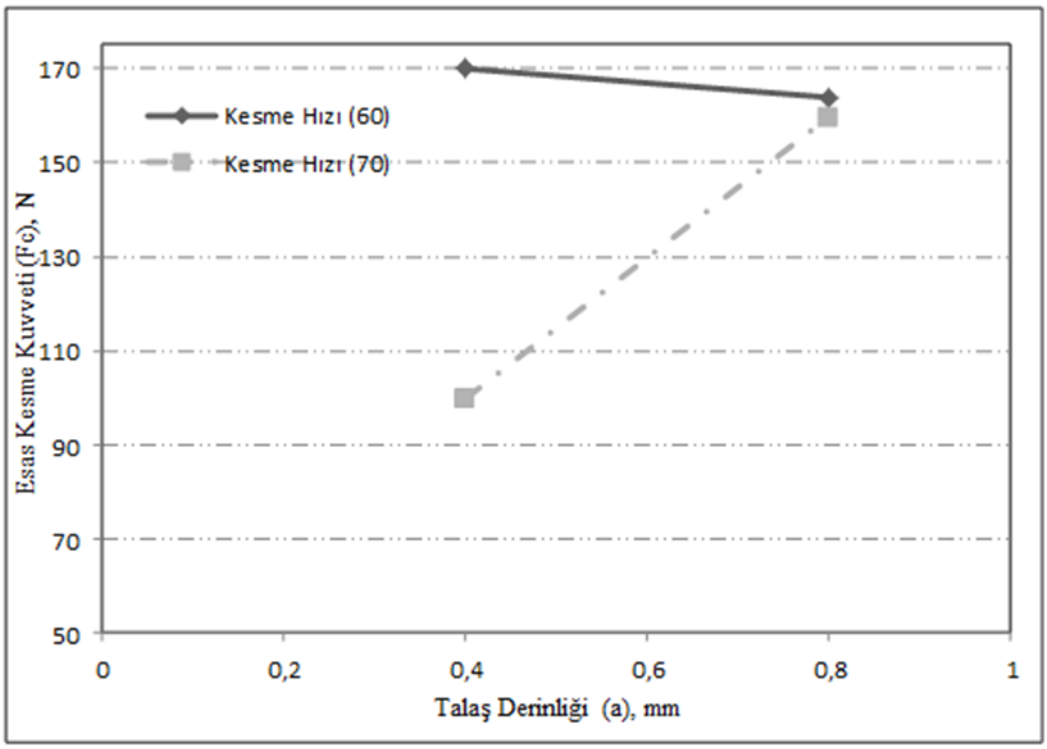
En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 60 ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde 163,87 N ölçülmüştür. İlerleme ve kesme hızının artmasıyla esas kesme kuvvetlerinde azalma görülmektedir. İlerleme miktarının artmasıyla esas kesme kuvvet değerlerinin de artması beklenirken yapılan deneylerde azaldığı görülmektedir. Bunun nedenini 60 m/dak kesme hızında kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon, 70 ve 80 m/dak kesme hızlarında ise kesici takım üzerinde biriken (BUE) ile açıklanabilir. Şekil 3.14 kesme hızı 60 m/dak'da kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon SEM görüntülerinde görülmektedir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de yapılan deneylerde yaklaşık olarak %52,73 azalarak 77,36 N ölçülmüştür.



Şekil 3.14. 60 m/dak kesme hızı 0,04 mm/dev ilerleme miktarında kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon.

3.2.3.3. Talaş Derinliğinin Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (60 ve 70, m/dak) ilerleme miktarı 0,04, mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4 ve 0,8 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin, esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.15'de verilmiştir.



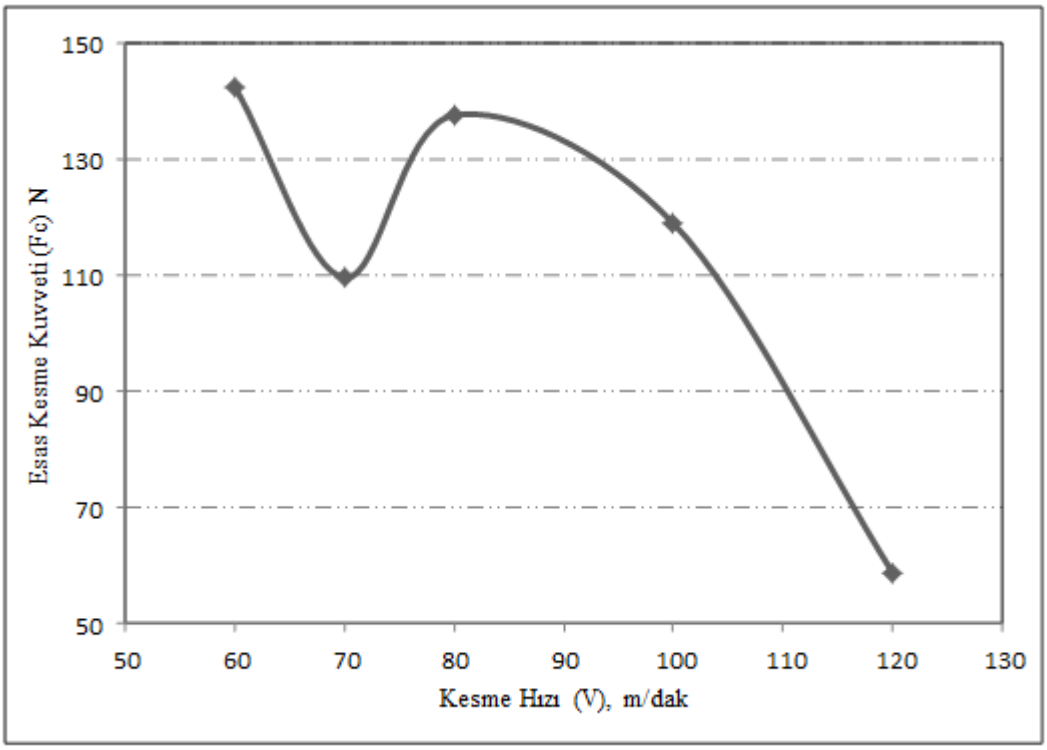
Şekil 3.15. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde (0,04 mm/dev ilerleme miktarında) talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde 163,87 N ölçülmüştür. Talaş derinliğinin artmasıyla esas kesme kuvvet değerleri de artmıştır. Ancak kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerinin yüksek çıkmasının nedeni kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon olarak düşünüle bilir. Şekil 3.14'de 60 m/dak kesme hızında 0,4 mm talaş derinliğinde kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon SEM görüntüleriyle verilmiştir. Kesme hızı 70 m/dak'da yapılan deneylerde ise talaş derinliği 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla talaş derinliğinde sağlanan %100'lük artışa karşılık kesme kuvvet değerleri yaklaşık %37,43 artış göstermiştir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde yaklaşık %39,09 azalarak 99,81 N ölçülmüştür.

3.2.4. Suda Soğutulan Malzemenin Seramik Kesici Takımla İşlemenin Değerlendirilmesi

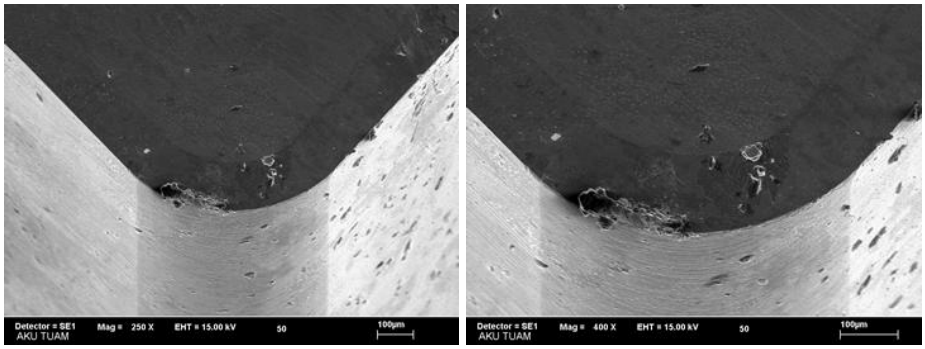
3.2.4.1. Kesme Hızının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70 80 100 ve 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak, kesme hızının, esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.16'da verilmiştir.



Şekil 3.16. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

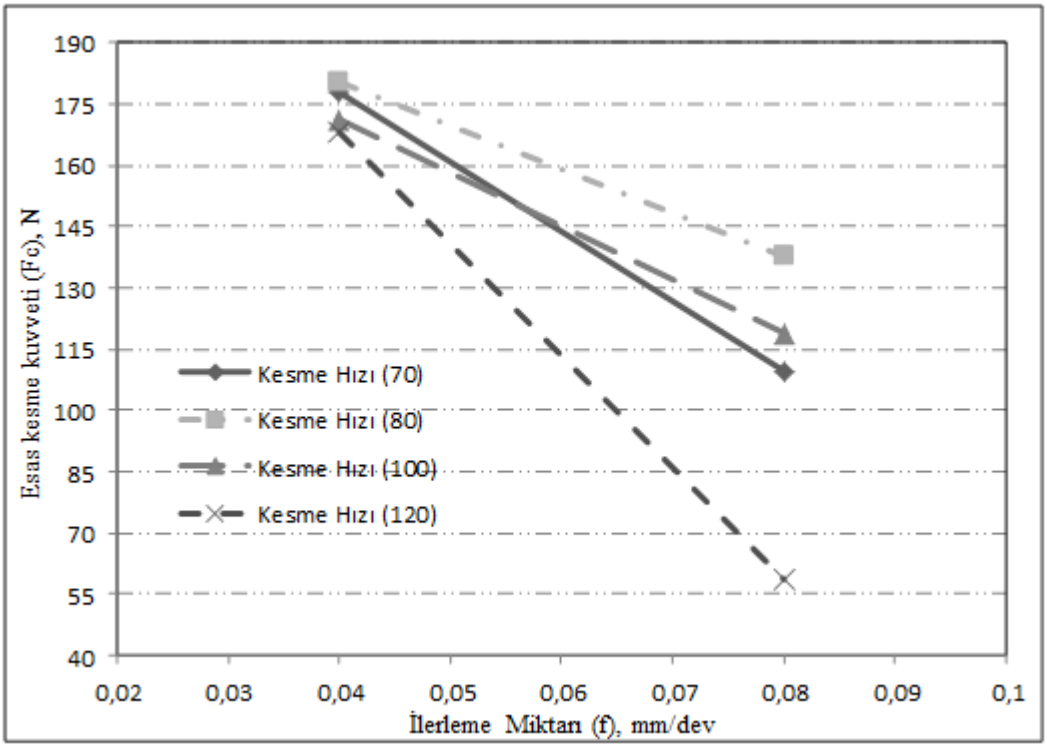
En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 60 m/dak'da yapılan deneylerde 142,62 N olarak ölçülmüştür. Kesme hızının artmasıyla (70 m/dak) esas kesme kuvvet değeri 109,73 N ölçülmüştür Kesme hızı daha da artırılarak (80 m/dak) yapılan deneylerde esas kesme kuvvetinin yaklaşık %25,49 artarak 137,71 N ölçülmüştür. Bu ani artışın nedeni kesici takım üzerinde biriken yığıntı talaş (BUE) ile açıklanabilir. Şekil 3.17'de kesme hızı 80 m/dak kesme hızında kesici takım üzerinde biriken yığıntı talaş BUE'nin SEM görüntüleri verilmiştir. Kesme hızının artmasıyla kesme kuvvetlerinin düşüşü kısmen kesici takım talaş yüzeyinde takım-talaş temas uzunluğunun azalması ve kısmen de artan kesme hızı sonucu sıcaklığın artmasıyla takım talaş yüzeyindeki akma bölgesinde yapışan malzemenin kayma dayanımının azalmasıyla açıklanabilir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 120 m/dak'da yapılan deneylerde yaklaşık olarak %58,82 azalarak 58,72 N ölçülmüştür.



Şekil 3.17. Kesme hızı 80 m/dak kesme hızında kesici takım üzerinde biriken yığıntı talaş (BUE).

3.2.4.2. İlerleme Miktarının Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70, 80, 100 ve 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,04 ve 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin, esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.18'de verilmiştir.

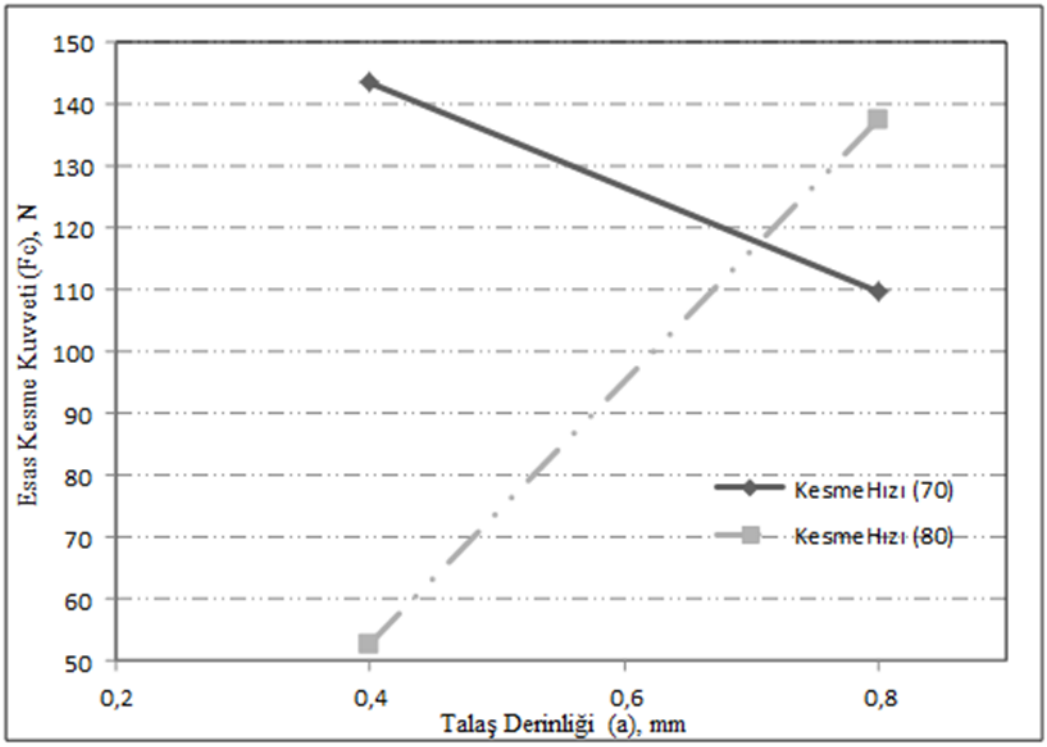


Şekil 3.18. Suda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de ilerleme miktarının, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak ve ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde ölçülmüştür. Kesme hızının ve ilerlemenin artmasıyla esas kesme kuvvetleri azalmaktadır. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 120 m/dak ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de yapılan deneylerde yaklaşık olarak %65,08 azalarak 58,72 N ölçülmüştür.

3.2.4.3. Talaş Derinliğinin Esas Kesme Kuvveti (Fc) Üzerindeki Etkisi

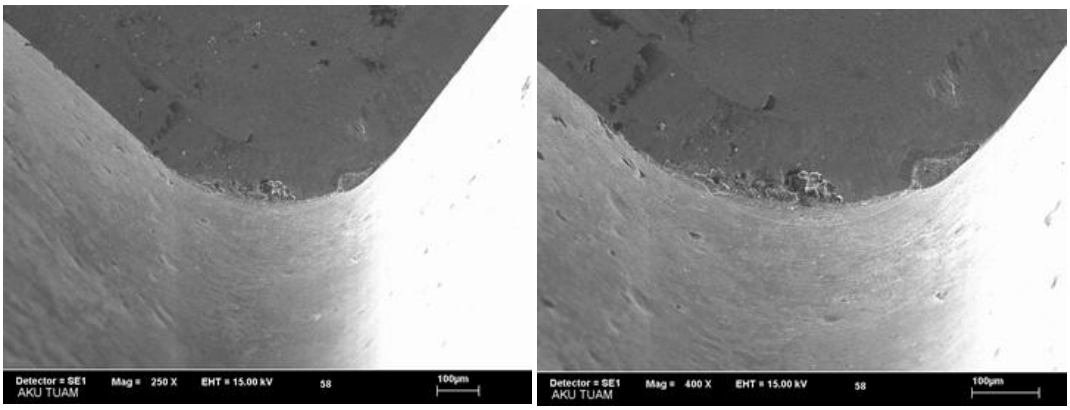
Talaş derinliğinin, esas kesme kuvveti üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak) ilerleme miktarı 0,08, mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4 ve 0,8 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin, esas kesme kuvvet değerine etkisi Şekil 3.19'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Talaş derinliğinin, esas kesme kuvvet değerine etkisi.

En yüksek esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 70 m/dak ve talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde 106,49 N ölçülmüş. Talaş derinliğinin artmasıyla esas kesme kuvvet değerleri de artmıştır. Ancak kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,4

mm'de yapılan deneylerde esas kesme kuvvet değerinin yüksek çıkmasının nedeni kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon ve kesici takım üzerinde biriken (BUE) ile açıklanabilir. Şekil 3.20'de 70 m/dak kesme hızında 0,4 mm talaş derinliğinde kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon ve (BUE) SEM görüntüleriyle verilmiştir. Kesme hızı 80 m/dak'da yapılan deneylerde ise talaş derinliği 0,4 mm'den 0,8 mm'ye çıkarılmasıyla talaş derinliğinde sağlanan %100'lük artışa karşılık esas kesme kuvvet değerleri yaklaşık olarak %160,66 artış göstermiştir. En düşük esas kesme kuvvet değeri kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde 52,83 N ölçülmüştür.



Şekil 3.20. 70 m/dak kesme hızında 0,4 mm talaş derinliğinde kesici takımda gerçekleşen plastik deformasyon ve (BUE).

3.3. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüzey pürüzlülük ölçümleri, her bir kesici takımla talaş kaldırma işleminden sonra elde edilen işlenmiş yüzey üzerinde üç farklı bölgede yapılmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Çizelge 3.3 ve 3.4'de ölçülen yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri verilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü açısından deney sonuçları grafiklerle ifade edilerek tartışılmıştır.

Çizelge 3.3 0,4 0,8 ve 1,2 mm talaş derinliğinde farklı kesme hızı ve ilerleme miktarlarındaki ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan Isıl İşlem	Kesici Takım	Kesme Hızı(m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (µm)
1	0,4	Yağda Soğutma	Sermet	60	0,04	2,168
2					0,08	2,069
3				70	0,04	1,068
4					0,08	1,045
5	0,8			40	0,08	1,541
6				50	0,08	1,162
7				60	0,04	2.486
8					0,08	1,045
9				70	0,04	1,068
10					0,08	1,045
11				80	0,04	1,913
12					0,08	1,275
13	1,2			60	0,04	1,805
14					0,08	1,577
15					0,12	1.395
16				70	0,04	2,398
17					0,12	2,823
18	0,4	Yağda Soğutma	Seramik	70	0,04	1,074
19					0,08	0,534
20				80	0,04	0,768
21					0,08	1,151
22	0,8			60	0,08	0,845
23				70	0,04	0,835
24					0,08	0,747
25				80	0,04	0,431
26					0,08	0,751
27				100	0,04	0,322
28					0,08	0,751
29				120	0,04	1,285
30					0,08	0,450
31	1,2			70	0,04	0,548
32					0,08	0,542
33					0,12	0,744
34				80	0,04	0,313
35					0,08	0,457
36					0,12	0,672
37	0,4	Suda Soğutma	Sermet	60	0,04	1,137
38					0,08	0,843
39				70	0,04	0,859
40					0,08	0,550
41	0,8			40	0,08	0,567
42				50	0,08	1,247
43				60	0,04	0,647
44					0,08	0,843
45				70	0,04	0,532
46					0,08	0,703
47				80	0,04	2,404
48					0,08	0,923

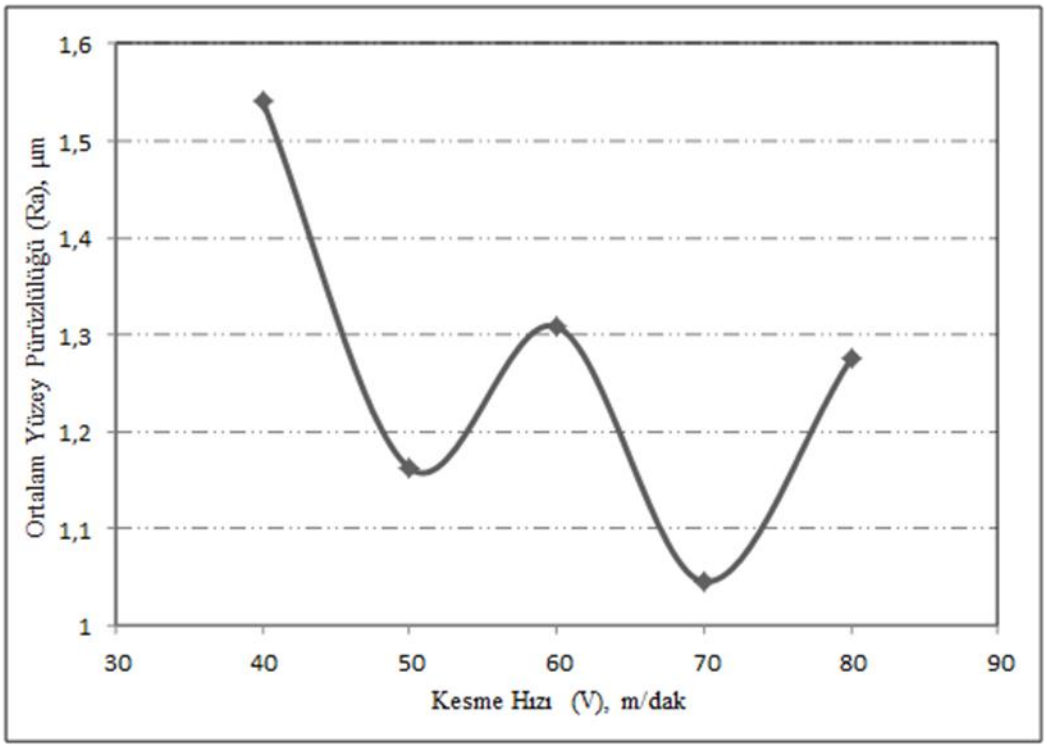
Çizelge 3.4. 0,4 0,8 ve 1,2 mm talaş derinliğinde farklı kesme hızı ve ilerleme miktarlarındaki ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerleri.

Deney No	Talaş Derinliği (mm)	Yapılan Isıl İşlem	Kesici Takım	Kesme Hızı(m/dak)	İlerleme Miktarı (mm/dev)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (µm)
49	0,4	Suda Soğutma	Seramik	70	0,04	0,402
50					0,08	0,819
51				80	0,04	0,559
52					0,08	0,935
53	0,8			60	0,08	0,736
54				70	0,04	0,524
55					0,08	0,861
56				80	0,04	0,457
57					0,08	0,982
58				100	0,04	0,445
59					0,08	0,760
60				120	0,04	0,270
61					0,08	0,798

3.3.1 Yağda Soğutulan Malzemenin Sermet Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.3.1.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

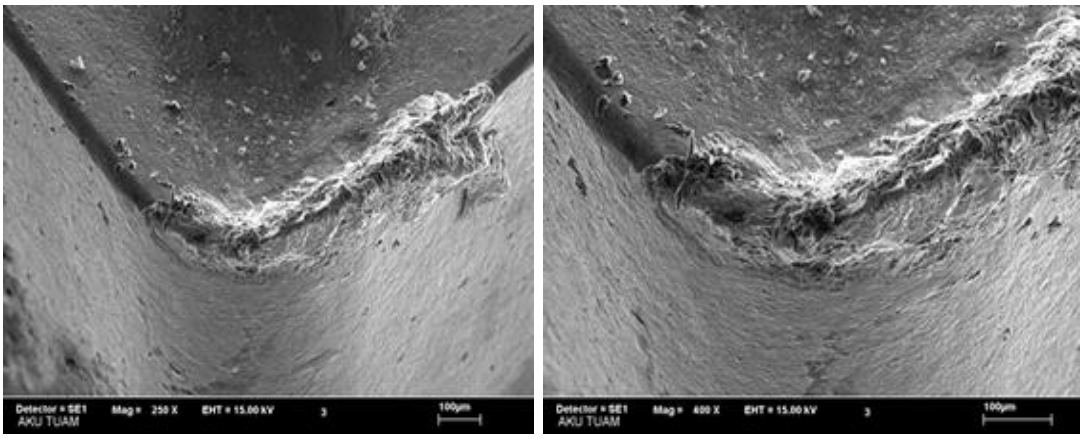
Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçaları sermet kesici takımla, talaş derinliği 0,8 mm, ilerleme miktarı 0,08 mm/dev ve farklı kesme hızlarıyla (40, 50, 60, 70 ve 80 m/dak), tornalama işlemine tabi tutularak. Yapılan deneylerde kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.21'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 40 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 1,541 µm ölçülmüştür. Kesme hızı daha da artırılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinde azalmıştır. Ancak kesme hızının artmasıyla (60 m/dak) yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinde bir miktar artış görülmüştür. İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan (BUE) karasız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini arttırır. Dolayısıyla düşük kesme hızlarında yığıntı talaşın büyük ve karasız olması durumunda yüzey pürüzlülük değeri daha da artarak kötü bir yüzey oluşur. Kesme hızının artmasıyla (BUE) 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 dayamayarak kesici uçtan uzaklaştırılır. Dolayısıyla yüksek kesme hızları yığıntı talaş oluşma eğilimini azaltarak iş parçası yüzey pürüzlülük değerinin düşmesini sağlamaktadır. Kesme hızı artıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmüştür. Kesme hızındaki artışa bağlı olarak, yüzey pürüzlülüğündeki iyileşme,

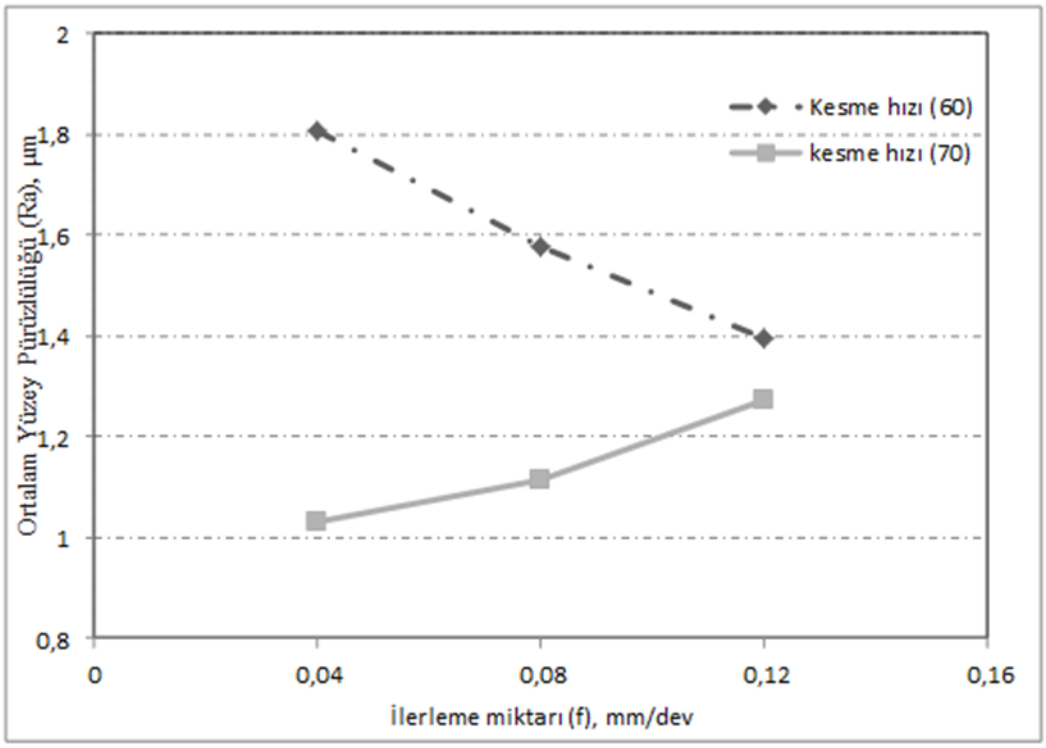
beklenen bir özellik olup yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için kesme hızının artırılması, literatürdeki en yaygın yöntemdir. Düşük kesme hızlarında yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkmasının nedeni kesici takımda biriken yığıntı talaş (BUE) oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 3.22'de 60 m/dak kesme hızlarında kesici takım üzerinde biriken yığıntı talaş (BUE) SEM görüntülerinde görülmektedir. Şekil 3.30'a göre en yüksek yüzey pürüzlülüğü 40 m/dak kesme hızıyla ve 0,08 ilerlemeyle miktarında 1,541 µm olurken, en düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 70 m/dak'da %32,18 azalarak 1,045 µm olmuştur.



Şekil 3.22. 60 m/dak kesme hızında kesici takımda oluşan (BUE) SEM görüntüleri.

3.3.1.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçaları sermet kesici takımla talaş derinliği 1,2 mm farklı ilerleme miktarında (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) ve farklı kesme hızlarında (60 ve 70 m/dak), tornalama işlemine tabi tutularak ilerleme miktarının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi, Şekil 3.23'de verilmiştir.

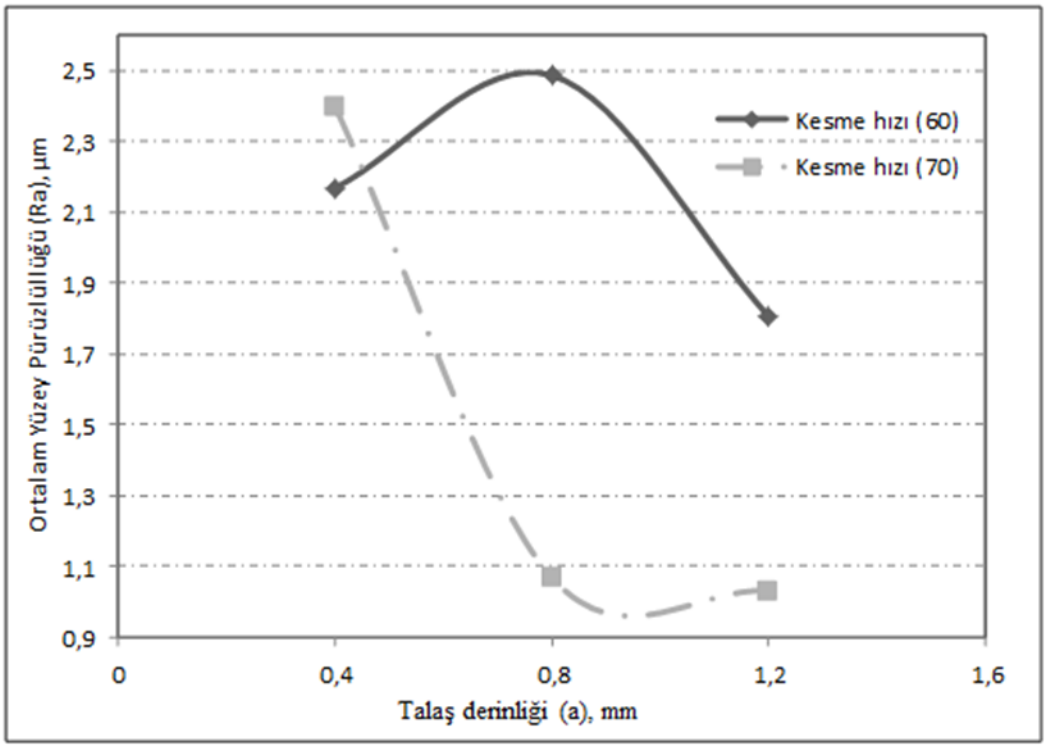


Şekil 3.23. Yağda soğutulan malzemede ilerlemenin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 60 m/dk kesme hızıyla ve 0,04 ilerleme miktarı ile elde edilen yüzey pürüzlülük değeri 1,805 µm olurken. En düşük yüzey pürüzlülük değeri, ise 0,04 mm/dev ilerleme miktarında kesme hızı 70 m/dak'da yapılan deneylerde (1,031 µm) olmuştur. Kesme hızı 70 m/dak'da yapılan deneylerde ilerleme miktarının artmasıyla orantılı olarak yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu durum bize ilerleme miktarlarındaki artış ile yüzey pürüzlülüğünün artışı arasındaki ilişkiyi göstermektedir.

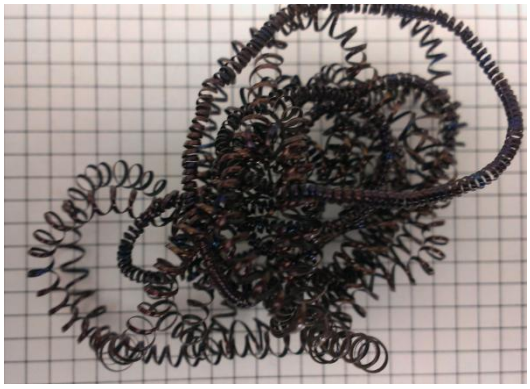
3.3.1.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla 60 ve 70 m/dak kesme hızlarında, ilerleme miktarı sabit alınarak (0,04 mm/dev) farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), tornalama işlemine tabi tutulmuştur. Elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ve talaş derinliği ilişkisi Şekil 3.24'te görülmektedir.



Şekil 3.24. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de 2,486 µm olarak ölçülmüştür. Talaş derinliği artırılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. Ancak kesme hızı 60 m/dak'da talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülüğünde ani artış olmuştur bunun nedeni işleme esnesin da çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 3.25'de 60 m/dak kesme hızı talaş derinliği 0,8 mm'de oluşan talaş şeklinin verilmiştir. İş parçasına talaşlar sarma yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasına sıkışması ile iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olduğu gözlenmiştir. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalması, yüksek kesme hızlarında (BUE) oluşumunun azalmasıyla açıklanabilir.

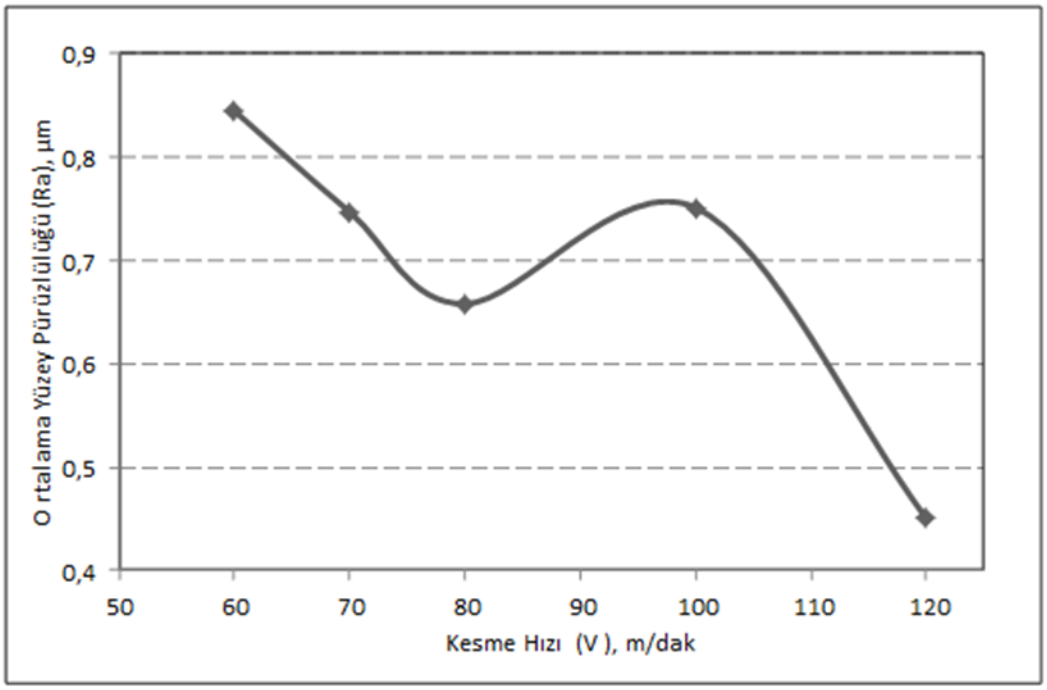


Şekil 3.25. 60 m/dak kesme hızı talaş derinliği 0,8 mm'de oluşan talaş şeklinin görüntüsü.

3.3.2. Yağda Soğutulan Malzemenin Seramik Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

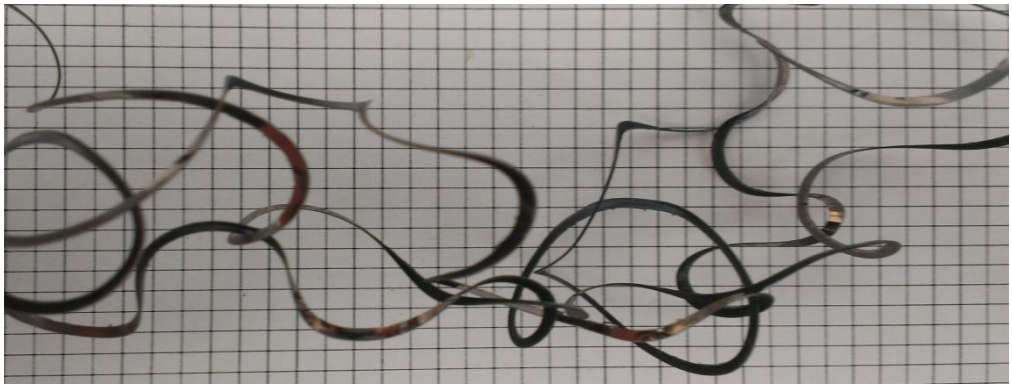
3.3.2.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70, 80, 100, 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi, Şekil 3.26'da verilmiştir.

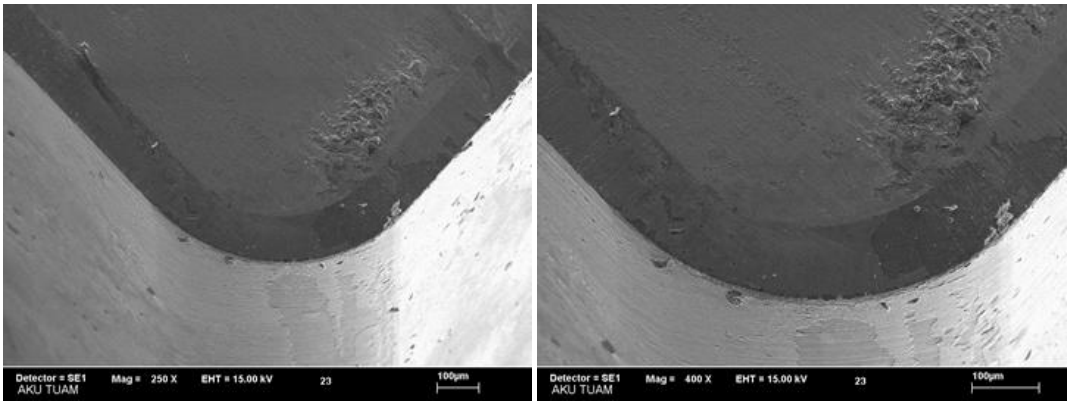


Şekil 3.26. Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 60 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,845 µm olarak ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 120 m/dak kesme hızında %53,25 azalarak 0,450 µm olmuştur. Kesme hızının artmasıyla yüzey pürüzlülük değerinin azalması, yüksek kesme hızlarında oluşumu azalan BUE ile açıklanabilir. İşleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan BUE karasız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini arttırır. Ancak kesme hızı 100 m/dak'da yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinde bir artış olmuştur. Bunun nedeni işleme esnasında çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 3.27'de 100 m/dak kesme hızında oluşan talaş şekli görülmektedir. 60 m/dak kesme hızında yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkmasının nedeni ise kesme hızının az olması ve kesici takım ucunda küçük kırılmalarla (chipping) ile açıklana bilir. Şekil 3.28'de 60 m/dak kesme hızında kesici takım ucunda oluşan kırılmalar SEM görüntülerinde görülmektedir.



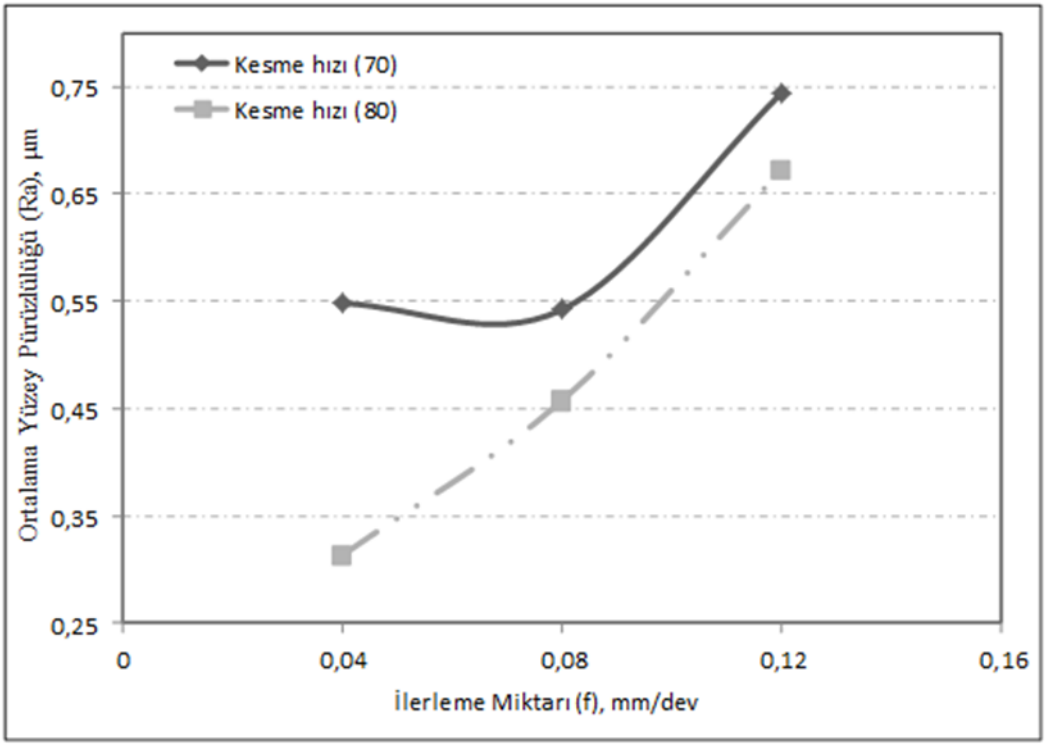
Şekil 3.27. 100 m/dak kesme hızında oluşan talaş şeklinin görüntüsü.



Şekil 3.28. 60 m/dak kesme hızında kesici takım ucunda oluşan kırılmalar.

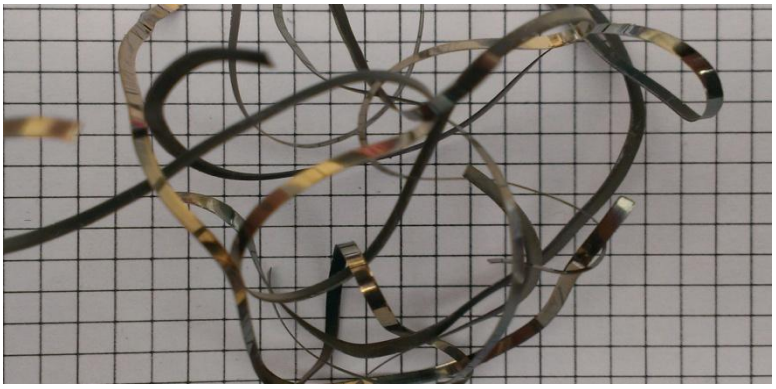
3.2.2.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak), talaş derinliği 1,2 mm ve farklı ilerleme miktarı ile (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev)'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi, Şekil 3.29'da verilmiştir.



Şekil 3.29 Yağda soğutulan iş parçası talaş derinliği 1,2 mm'de ilerlemenin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

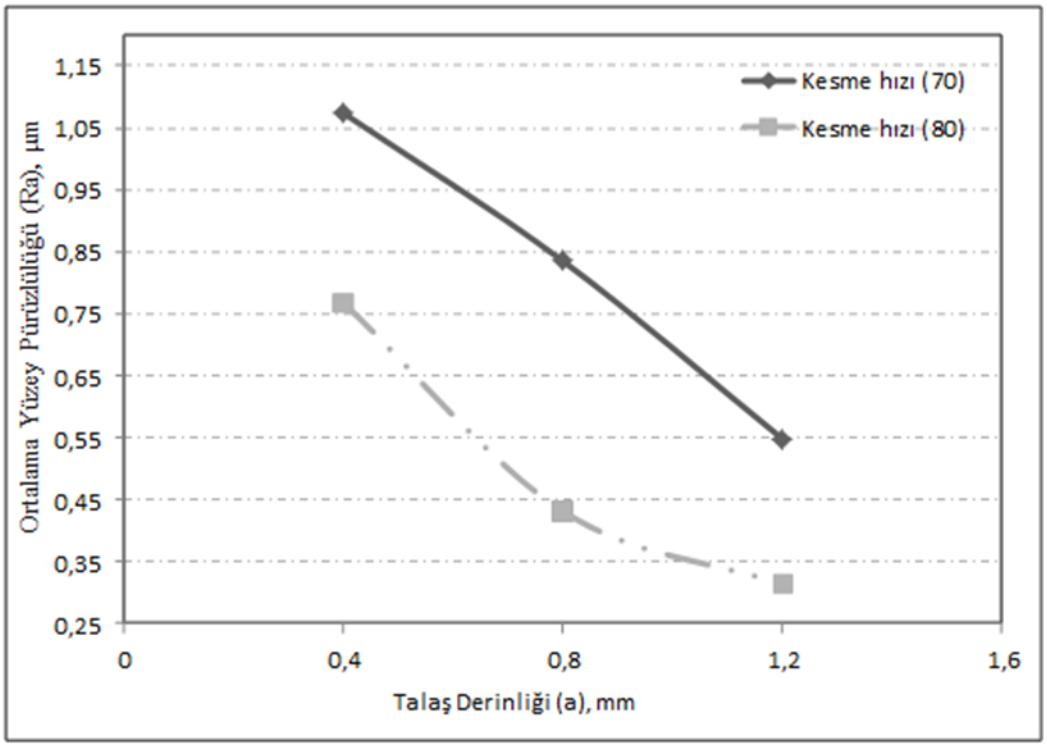
En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 70 m/dak kesme hızı 0,12 mm/dev ilerlemede 0,744 µm olarak ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise 80 m/dak kesme hızında 0,04 mm/dev ilerlemede yapılan deneylerde %100 azalarak 0,313 µm olarak ölçülmüştür. İlerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülük değeri de artmıştır. Dolayısıyla yüzey pürüzlülüğü ile ilerleme arasında doğru orantılı bir ilişki vardı. Yüzey pürüzlülüğünü iyileştirmek için ilerleme değerlerinin düşürülmesi diğer yaygın bir yöntemdir. Ancak kesme hızı 70 m/dak, ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkmasının nedeni, düşük ilerleme miktarlarında tornalama esnasında çıkan talaşların işlenen yüzeyleri bozmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İşleme esnasında çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı, iş parçasına talaşlar sarma yaparak veya kopmayan talaşın iş parçası ile kesici takım arasına sıkışması ile iş parçası yüzeyinin bozulmasına neden olduğu düşünülmektedir. Deney sonucunda oluşan talaşın görüntüsü Şekil 3.30'da görülmektedir.



Şekil 3.30. Kesme hızı 70 m/dak ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de oluşan talaş şekli.

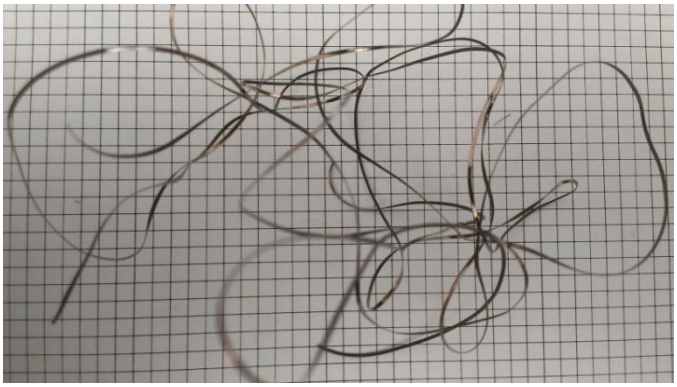
3.2.2.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, yağda soğutulan iş parçası, seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak) ilerleme miktarı 0,04 mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 7.31'de verilmiştir.



Şekil 3.31. Yağda soğutulan iş parçası 0,04 mm/dev ilerleme miktarı da talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

Talaş derinliğinin artmasıyla yüzey pürüzlülük değerleri azalmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülük değerleri, 70 m/dak kesme hızı ve 0,4 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 1,074 µm ölçülmüştür. Yüzey pürüzlülük değerinin yüksek çıkmasının nedeni, talaş kaldırma esnasında talaşın sürekli çıkması ve iş parçası ve kesici takım ile sürekli temas halinde olması kesici takımda oluşan ısının artmasına ve kesici takımın daha kısa sürede hasara uğramasına neden olmaktadır. Bu nedenden dolayı kısa veya kırık talaş olması işlenebilirlik açısından daha elverişli durumdur. Şekil 3.32'de kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli görülmektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 80 m/dak kesme hızında 1,2 mm talaş derinliğinde yapılan deneylerde 0,313 µm ölçülmüştür.

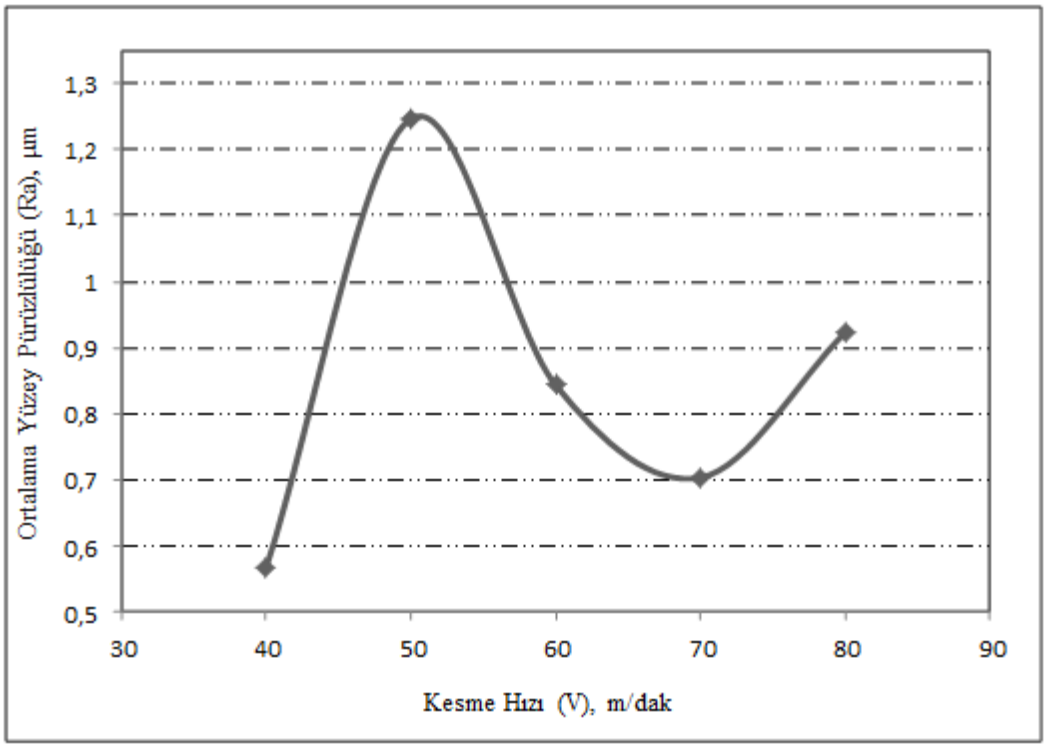


Şekil 3.32. Kesme hızı 70 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli.

3.3.3 Suda Soğutulan Malzemenin Sermet Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

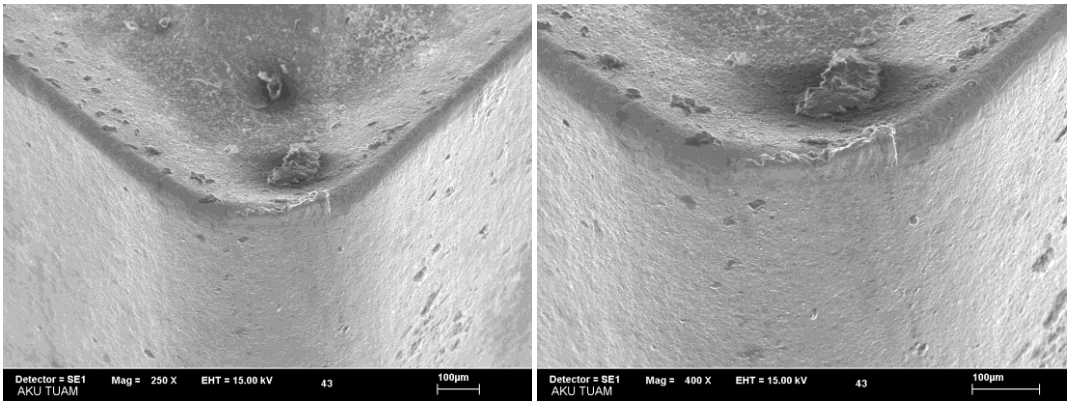
3.3.3.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (40, 50, 60, 70 ve 80 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.33'de verilmiştir.

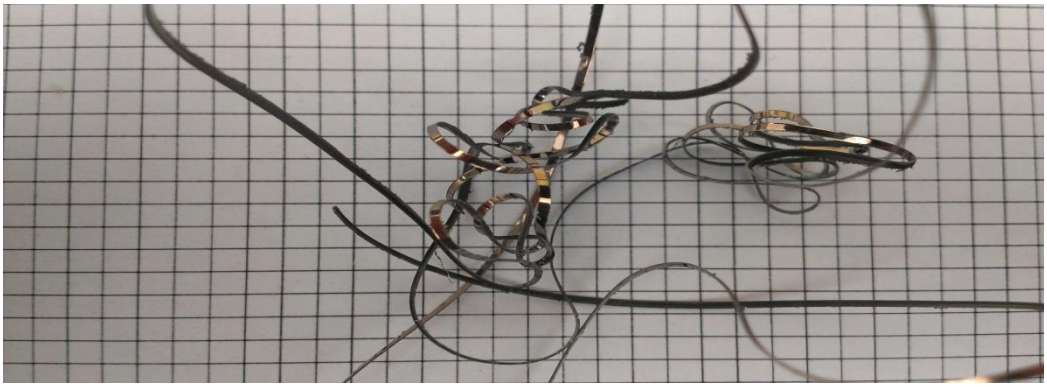


Şekil 3.33. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 50 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 1,247 µm ölçülmüştür. Kesme hızı artırılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Düşük kesme hızlarında ise, kesme işlemi daha yavaş olduğundan dolayı talaş parça yüzeyinden adeta yorularak koparılmaktadır. Ancak kesme hızının artmasıyla (80 m/dak) yüzey pürüzlülük değerinde bir artış olduğu grafikte görülmektedir. Bunun nedeni ise kesici takım ucunda biriken yığıntı talaş (BUE) ve talaş kaldırma esnasında talaşın sürekli çıkması ve iş parçası ile sürekli temas halinde olması olarak düşünülmektedir. Şekil 3.34 80 m/dak kesme hızında kesici takımda oluşan BUE'nin SEM görüntüleri ve Şekil 3.35'da kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli verilmiştir.



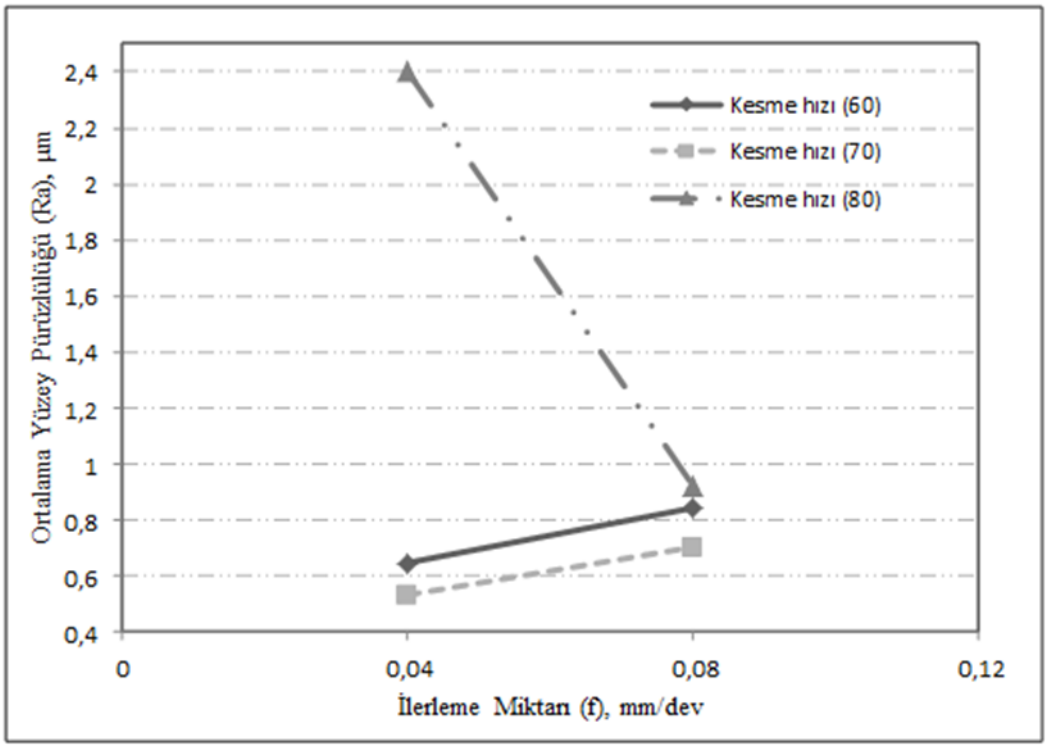
Şekil 3.34. 80 m/dak kesme hızında kesici takımda oluşan (BUE) SEM görüntüleri.



Şekil 3.35.Kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli.

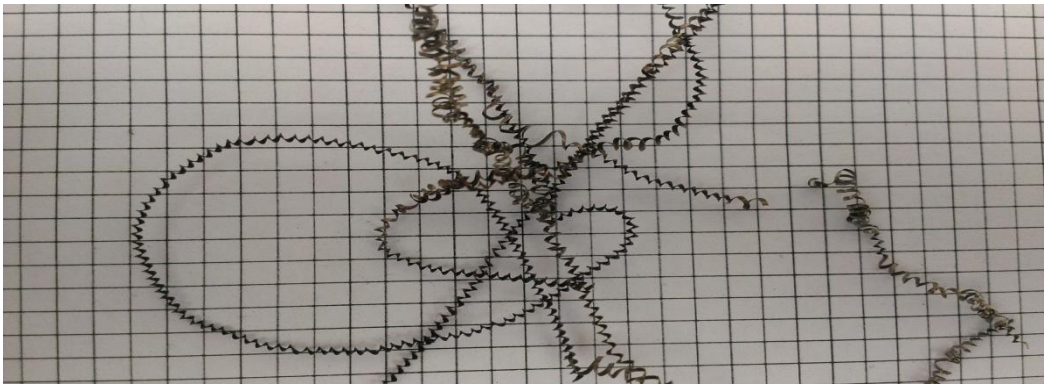
3.3.3.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70 ve 80 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,04 ve 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.36'da verilmiştir.



Şekil 3.36. Suda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

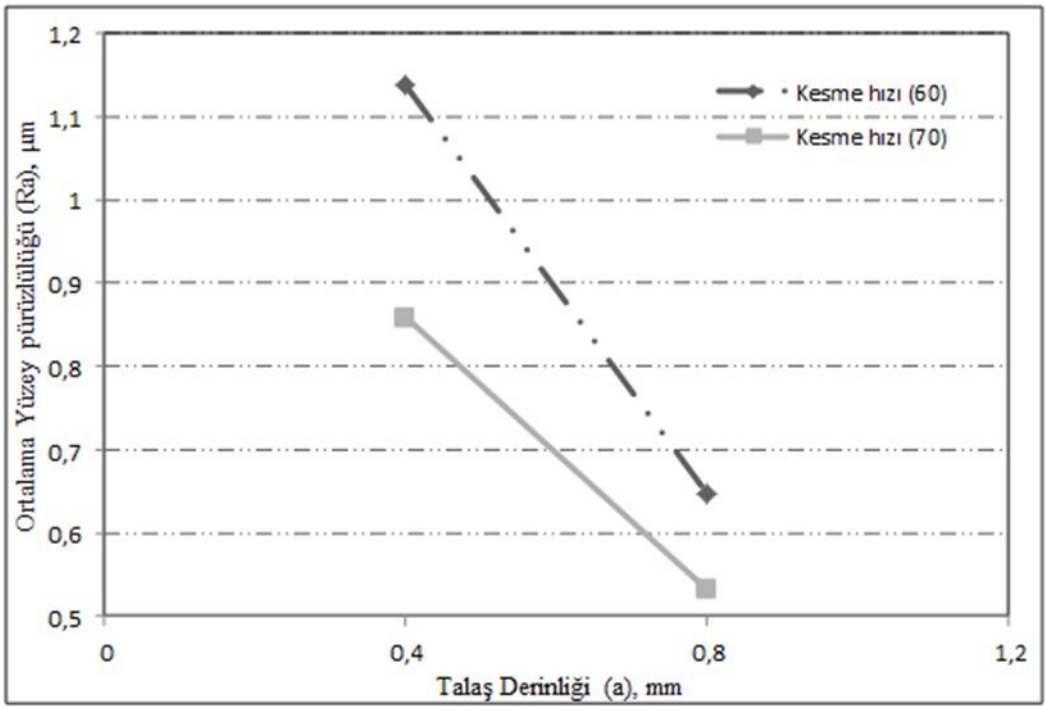
En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 80 m/dak kesme hızında ilerlemede miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde 2,404 µm ölçülmüştür. İlerleme miktarı artığında yüksek ilerleme kuvvetine, düşük kayma açısına ve kalın talaşların oluşmasına neden olmaktadır. Bu durum yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir. Bu konu ile ilgili çalışmalarda da, ilerleme miktarı artıkça yüzey pürüzlülük değerlerinin de artığı görülmektedir. Ancak kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,04 mm/dev' de yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıkmasının nedeni, düşük ilerleme miktarlarında tornalama esnasında çıkan talaşların işlenen yüzeyleri bozmasından kaynaklandığı deneyler yapılırken rapor edilmiştir. İşleme esnasında çıkan talaşların sürekli talaş olması ve kırılmamasından dolayı, iş parçasına talaşlar sarma yaparak iş parçası yüzeyinde bozulmalara neden olmuştur. Deney sonucunda oluşunca talaşın görüntüsü Şekil 7.37'de verilmiştir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 70 m/dak kesme hızı, 0,04 mm/dev ilerleme miktarında yapılan deneylerde 0,532 µm ölçülmüştür.



Şekil 3.37. Kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli.

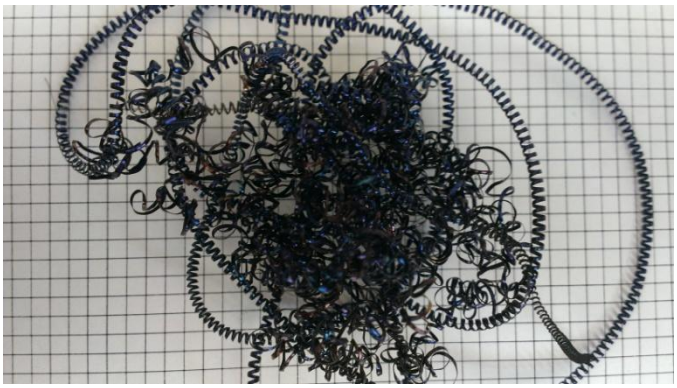
3.3.3.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (60 ve 70, m/dak) ilerleme miktarı 0,04, mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4 ve 0,8 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.38'de verilmiştir.

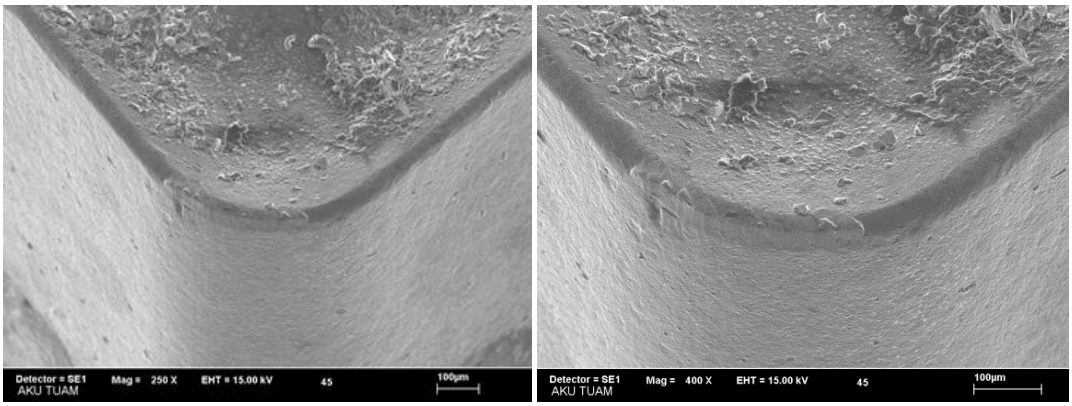


Şekil 3.38. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde (0,04 mm/dev ilerleme miktarında) talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 60 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 1,137 µm ölçülmüştür. Kesme hızı ve talaş derinliği artırılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. Ancak kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde, yüzey pürüzlülük değerlerinin yüksek çıkması, düşük ilerleme miktarlarında tornalama esnasında çıkan talaşların işlenen yüzeyleri bozmasından kaynaklandığı ve kesici takım üzerinde biriken yığıntı talaş (BUE) ile açıklana bilir. Şekil 3.39'da kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli verilmiştir. Şekil 3.40'da kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan yığıntı talaş (BUE) SEM görüntülerinde görülmektedir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri kesme hızı70 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde ölçülmüştür.



Şekil 3.39. Kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan talaş şekli.

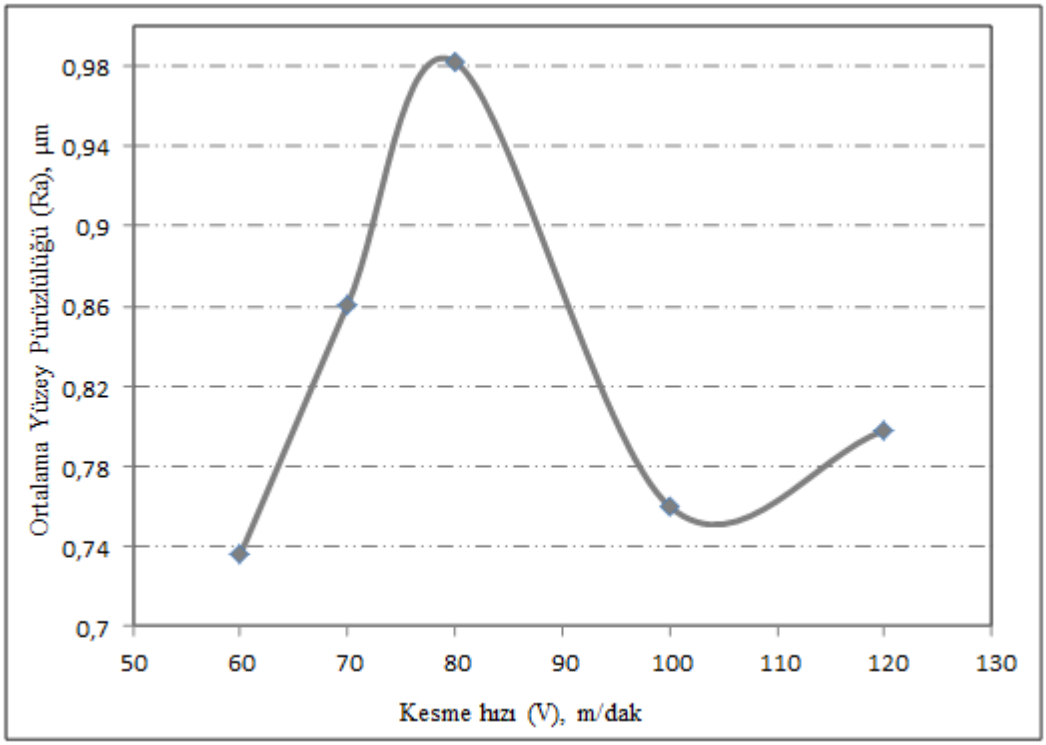


Şekil 3.40. Kesme hızı 60 m/dak talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde oluşan yığıntı talaş (BUE).

3.3.4. Suda Soğutulan Malzemenin Seramik Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.3.4.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

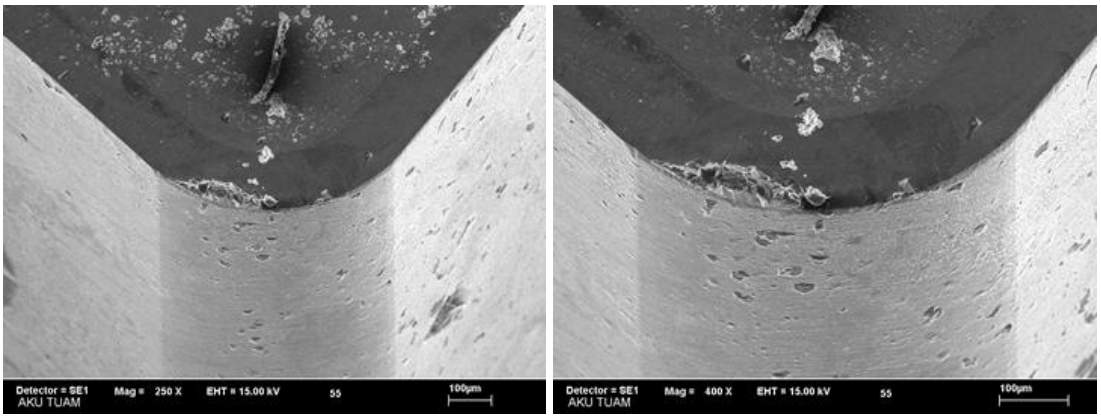
Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70 80 100 ve 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak, kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.41'de verilmiştir.



Şekil 3.41. Suda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri 80 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,760 µm ölçülmüştür. Kesme hızı artırılarak (80 m/dak)'da yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değerinin arttığı görülmektedir. Bunun nedeni işleme esnasında kesici takım kesici ucunda oluşan yığıntı talaş (BUE) kararsız bir yapıda olduğu için yüzey pürüzlülük değerini artırdığı düşünülmektedir. Şekil 3.42'de 80 m/dak kesme

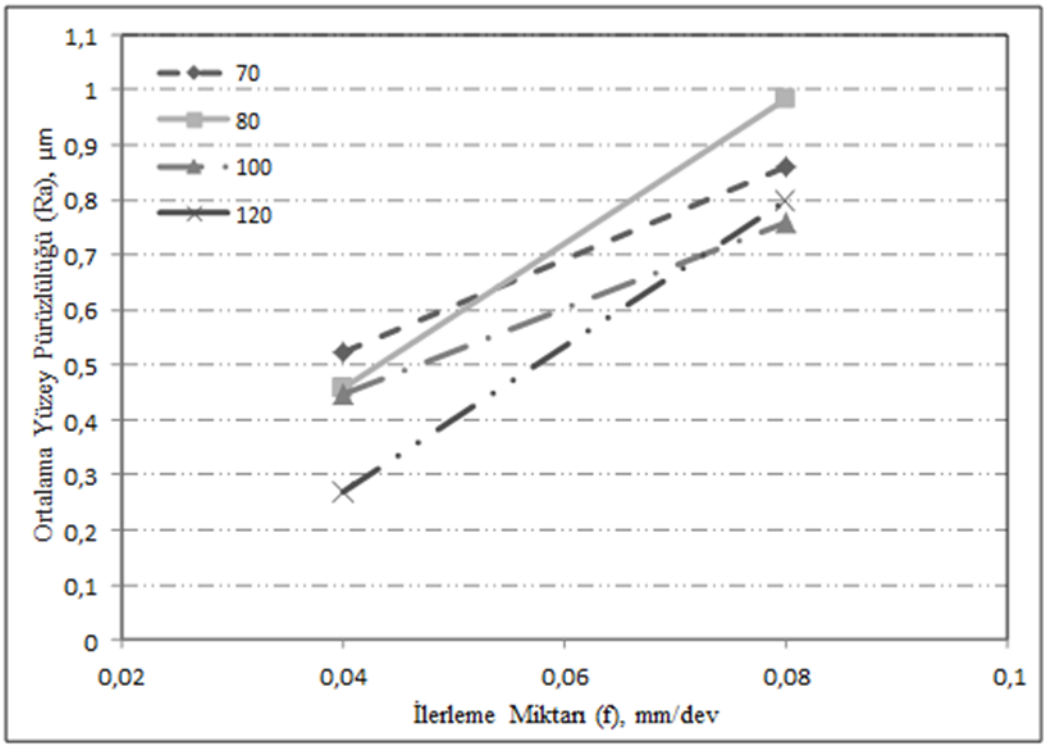
hızında kesici takımda oluşan BUE SEM görüntülerinde görülmektedir. Kesme hızı artırılmasıyla yüzey pürüzlülük değeri azalmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri 60 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde %33,42 azalarak 0,736 µm ölçülmüştür.



Şekil 3.42. 80 m/dak kesme hızında kesici takımda oluşan (BUE) SEM görüntüleri.

3.3.4.2. İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

İlerleme miktarının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70, 80, 100 ve 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,04 ve 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak ilerlemenin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.43'de verilmiştir.

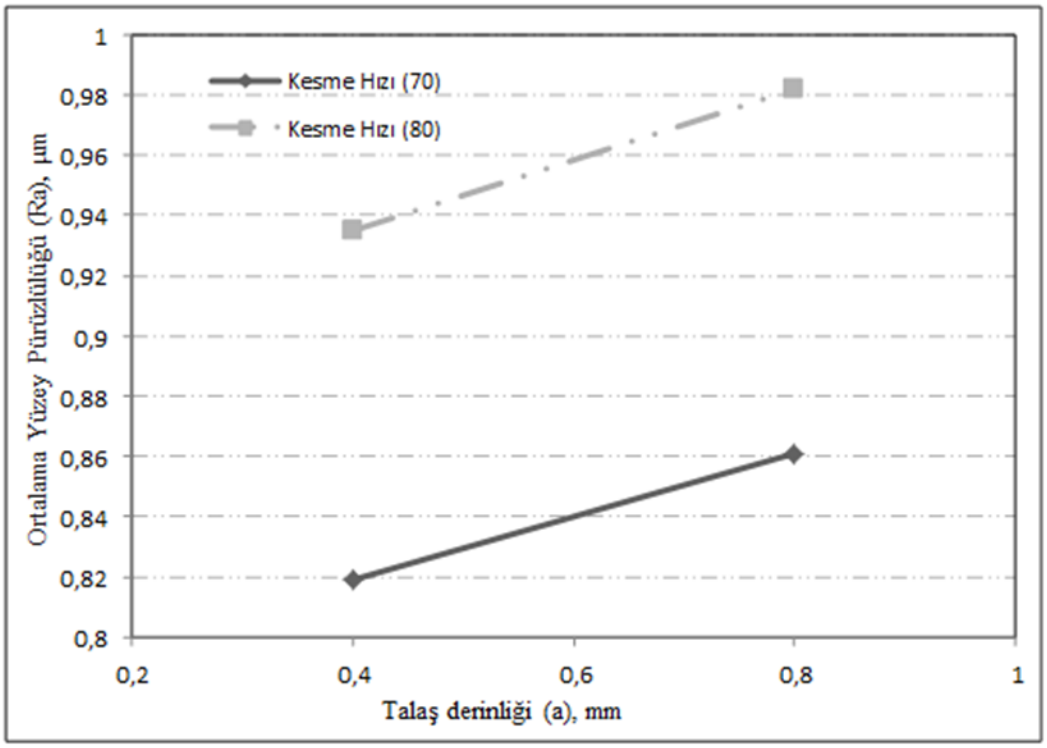


Şekil 3.43. Suda soğutulan iş parçası talaş derinliği 0,8 mm'de ilerleme miktarının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kesme hızı 80 m/dak ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de yapılan deneylerde 0,982 µm ölçülmüştür. İlerleme miktarı arttıkça yüzey pürüzlülük değerin de artmıştır. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise kesme hızı 120 m/dak ilerleme miktarı 0,04 mm/dev'de yapılan deneylerde 0,270 µm olarak ölçülmüştür.

3.3.4.3. Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (70 ve 80, m/dak) ilerleme miktarı 0,08, mm/dev ve farklı talaş derinliklerinde (0,4 ve 0,8 mm), tornalama işlemine tabi tutularak talaş derinliğinin ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.44'de verilmiştir.



Şekil 3.44. Talaş derinliğinin yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

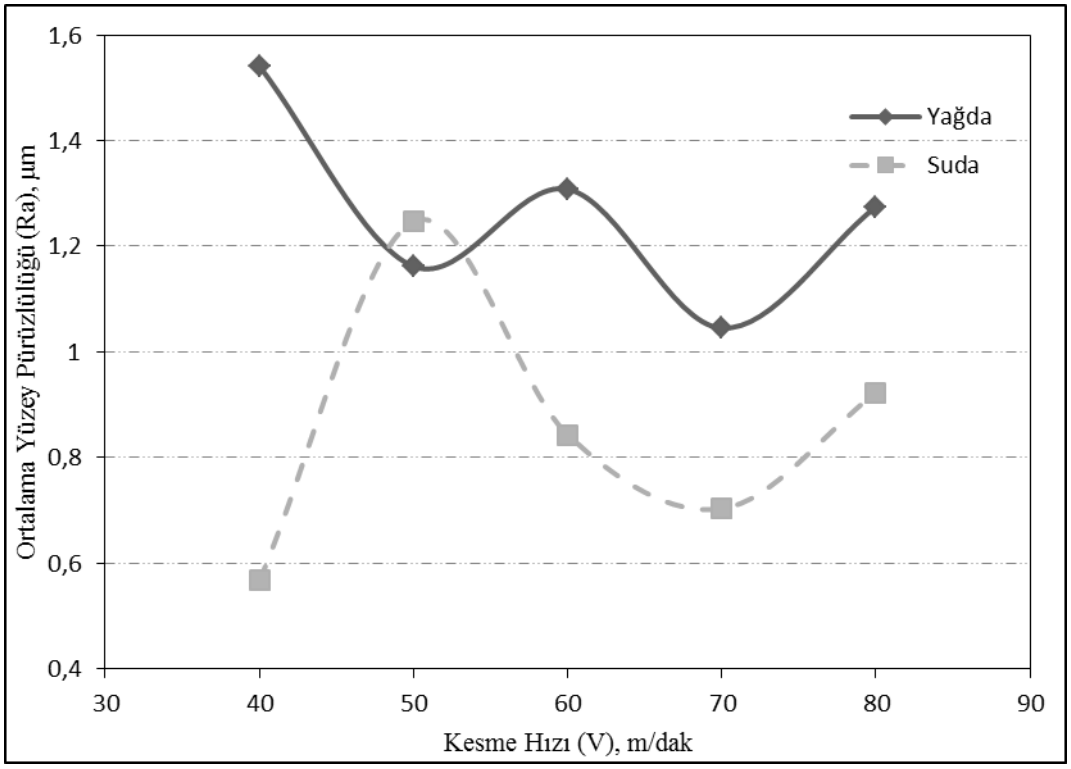
En yüksek yüzey pürüzlülük değeri kesme hızı 80 m/dak talaş derinliği 0,8 mm'de yapılan deneylerde 0,982 µm olarak ölçülmüştür. Talaş derinliği artırılarak yapılan deneylerde yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. Teorik olarak talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi yoktur. Buna karşın talaş derinliğinin artırılmasıyla kesme kuvvetleri, kaldırılan talaş miktarı, titreşim ve salgı arttığı için yüzey pürüzlülüğünün de artması muhtemeldir. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise kesme hızı 70 m/dak, talaş derinliği 0,4 mm'de yapılan deneylerde 0,819 µm olarak ölçülmüştür.

3.3.5. Suda ve Yağda Soğutulan Malzemelerin Sermet Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.3.5.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda ve yağda soğutulan iş parçası sermet kesici takımla farklı kesme hızlarında (40, 50, 60, 70 ve 80 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de

tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.45'de verilmiştir.



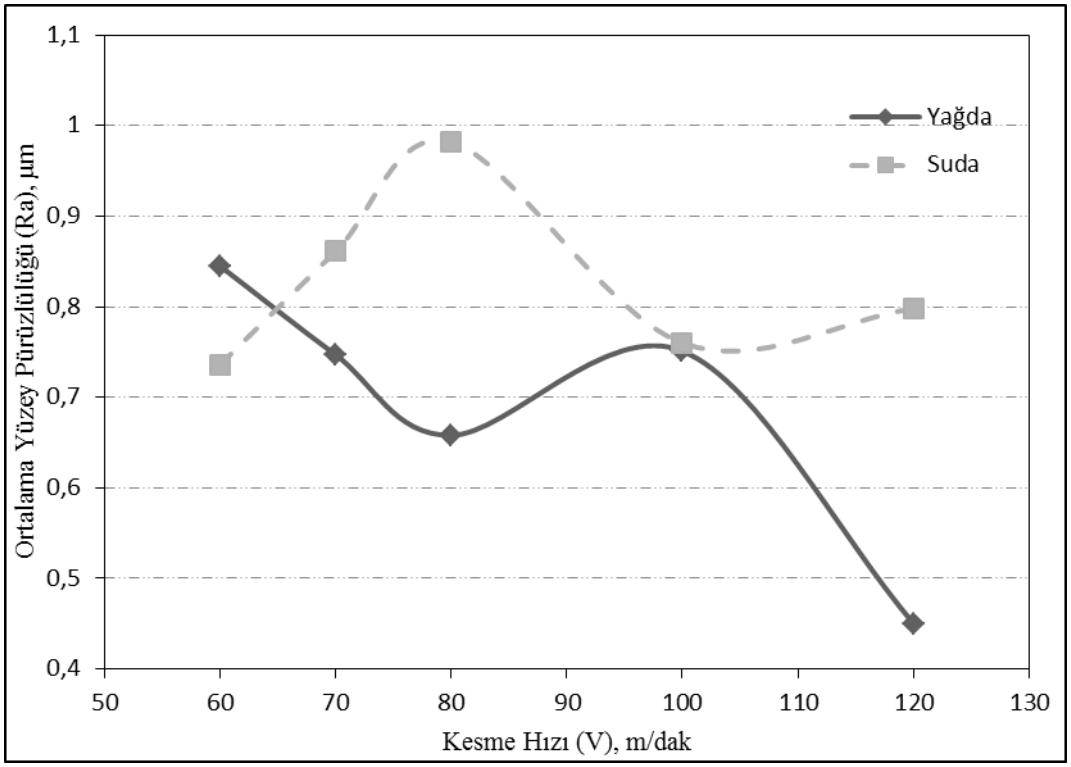
Şekil 3.45. Suda ve yağda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri yağda soğutulan iş parçasında kesme hızı 40 m/dak'da yapılan deneylerde 1,551 µm ölçülmüştür. Yağda soğuyan iş parçasının sertliği 30,33 HRC, suda soğuyan iş parçasının sertliği ise soğuma hızından dolayı %52,45 artmış 46,24 HRC olmuştur. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise yağda soğutulan iş parçasında kesme hızı 40 m/dak'da yapılan deneylerde %63,20 azalarak 0,567 µm olmuştur.

3.3.6. Suda ve Yağda Soğutulan Malzemelerin Seramik Kesici Takımla İşlenmesinin Değerlendirilmesi

3.3.5.1. Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğü Üzerindeki Etkisi

Kesme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla, suda ve yağda soğutulan iş parçası seramik kesici takımla farklı kesme hızlarında (60, 70 80, 100 ve 120 m/dak), talaş derinliği 0,8 mm ve ilerleme miktarı 0,08 mm/dev'de tornalama işlemine tabi tutularak kesme hızının ortalama yüzey pürüzlülük değerine etkisi Şekil 3.46'da verilmiştir.



Şekil 3.46. Suda ve yağda soğutulan iş parçasının işlenmesinde kesme hızının yüzey pürüzlülük değerine etkisi.

En yüksek yüzey pürüzlülük değeri suda soğutulan iş parçasında kesme hızı 80 m/dak kesme hızında yapılan deneylerde 0,982 µm ölçülmüştür. En düşük yüzey pürüzlülük değeri ise yağda soğutulan iş parçasında %54,17 azalarak 0,450 µm olmuştur.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

30MnVS6 mikroalaşımlı çeliklerden hazırlanan iş parçaları 900 °C'ye kadar ısıtılan fırında bir saat bekletilerek çıkarılmıştır. İş parçalarını farklı ortamlarda (yağda ve suda) soğutulmuştur. Mikroyapısı değişen iş parçaları uygun kesici seçilerek yedi farklı kesme hızı (40, 50, 60, 70, 80, 100 ve 120,m/dak) farklı ilerleme miktarı (0,04, 0,08 ve 0,12 mm/dev) ve farklı talaş derinliklerinde (0,4, 0,8 ve 1,2 mm) işlenerek iş parçalarında mikroyapıya bağlı olarak değişen sertliklerin kesme kuvveti ve yüzey pürüzlülüğüne etkileri karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır:

1. İş parçaları farklı ortamda soğutulduğu için soğuma hızlarına bağlı olarak mikroyapılarında değişme görülmüştür.
2. Yağda soğuyan iş parçasının sertliği 30,33 HRC olurken, suda soğuyan iş parçasının sertliği ise %52,45 artmış 46,24 HRC olmuştur.
3. Yağda ve suda soğutulan iş parçalarında artan kesme hızıyla ters orantılı olarak kesme kuvvetlerinde düşme genelde görülmüştür.
4. Suda ve yağda soğutulan numunelerde en yüksek yüzey pürüzlülüğü değerleri 70 m/dak'da keme hızında en düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri 120 m/dak görülmüştür.
5. Suda ve yağda soğutulan iş parçalarında sermet kesici takımla yapılan deneylerde suda soğutulan iş parçalarında ortalama yüzey pürüzlülük değeri genelde düşük olduğu görülmüştür.
6. Suda ve yağda soğutulan iş parçalarında seramik kesici takımla yapılan deneylerde yağda soğutulan iş parçalarında ortalama yüzey pürüzlülük değeri genelde düşük olduğu görülmüştür.

7. Sermet kesici takımla yapılan deneylerde suda ve yağda soğutulan iş parçalarında oluşan esas kesme kuvvet değeri karşılaştırıldığında suda soğutulan iş parçasında oluşan esas kesme kuvvet değerleri genelde düşük olduğu görülmüştü.

8. Sermik kesici takımla yapılan deneylerde suda ve yağda soğutulan iş parçalarında oluşan esas kesme kuvvet değeri karşılaştırıldığında suda soğutulan iş parçasında oluşan esas kesme kuvvet değerleri daha düşük olduğu görülmüştü.

Daha sonra yapılacak olan çalışmalar için öneriler aşağıda sıralanmıştır;

9. İş parçasından kaldırılan talaş miktarlar değiştirilerek yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri ölçülebilir.

10. Kesici uç yarıçapı farklı kesiciler denenebilir

11. Yağda ve suda soğutulan iş parçaları değişik kesicilerle (Farklı kaplamalı kesiciler ve CBN) denenebilir daha iyi sonuçlar alınabilir.

KAYNAKLAR

Akkurt, M. "Talaş Kaldırma Yöntemleri Ve Takım Tezgahları", ***Birsen Yayınevi***, İstanbul, s. 8-107. (1992).

Asil, Çelik ***Teknik Yayınları***, Mikroalaşımlama, Sayı: 11, s.2-22 (1994).

Asil, Çelik İşlenebilirlik ve Kalsiyum uygulaması, ***Teknik yayınları*** 12, Bursa. (1994).

Aşkun, Y. "Öztemperlenmiş Küresel Grafitli Dökme Demirlerin İşlenebilirliğinin Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, s.100-103. (2001).

Bakkaloğlu, A. ***Uluslararası Makina Tasanm Ve İmalat Kongresi*** 21-23 Eylül, Odtü, Ankara, Mikroalaşımlı Çeliklerin Termomekanik İşlemleri Ve Özellikler Üzerinde Proses Parametrelerinin Ve Rekristalizasyonun Etkisi, s.263-267 (1994).

Bayramoğlu, M. ve Düngel, Ü. "Tornalama İşlemlerinde Kalem Üzerine Etki Eden Kesme Kuvvetleri İle Kalem Aşınması Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi" ***7. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi*** Bildirgeler Kitabı, Ankara (1996).

Brandon, F.C. "Annealiğ Aids Machinability Of Aısı 4140", ***Metal Progress***, 9:103-106. (1970).

Çapar, A. (2005) "Dövme Amaçlı Üretilen Mikroalaşım Çeliklerinde Dövme ve Farklı Soğutma Şartlarının Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Etkisi ", Yüksek Lisans Tezi, ***Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri*** Enstitüsü, Zonguldak, s.1-3. (2005).

Çemtaş, Bülten Dövme Amaçlı ***Mikroalaşımlı Çelikler***, s.3-4. (1996).

Çeviker, L. Mikroalaşımlı Dövme Çeliklerde Mikroyapısal Karakterizasyon Ve Mikroyapı-Mekanik Özellikler İlişkisi, Y.Lisans Tezi, ***İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, s.6-30 (1991).

Çevik,E. "Tornalama İşlemlerinde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım" Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara 1-132. (2006).

Çiftçi, İ. "Alüminyum Esaslı Kompozitlerde Takviye Oranı ve Boyutunun Mekanik Özelikler ve İşlenebilirlik Üzerine Etkinsin Araştırılması", Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, s.38-40. (2003).

Çiftçi, K. “Mkroalaşımlı Çeliklerin Frezelemesinde Kesme Parametrelerinin Talaşlı İşlene bilirliğe Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisasn Tezi, ***Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, İstanbul, s.1-13. (2005).

Çiftçi, İ. “Östenitik Paslanmaz Çeliklerin İşlenmesinde Kesici Takım Kaplamasının Ve Kesme Hızının Kesme Kuvvetleri Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ”,Gazi Üniversitesi ***Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi***, Ankara, 20(2):205-209. (2005).

Degarmo, E. P., Black, J. T. and Koshar, R. A. “Materials and processes in manufacturing”, ***Prentice-Hall Inc***., New Jersey, pp.214-652. (1997).

Gladman, T. Physical Metallıırgy Of Microalloyed Medium Carbon Engineering Steels***, Ironmaking And Steelmaking***, 16, 241 Pp. (1989).

Güllü, A. “Talaşlı Üretimde Yüzey Problemleri ve Yüzey Pürüzlülüğünün Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Ders Notları, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, s.1-27. (1998).

Gündüz, S. Strain Ageing Phenomena İn Microalloyed Steels, ***University Of Leeds***, Ph.D. Thesis, pp.1-60. (2000).

Hulka, K. and Pascoal, J.P. An Alloy Design Approach For Economy İn Processing Of High Strength And Tough Steels, ***Processing, Properties And Application***, Proceedings Of The Second International Conference Proceeding, pp. 789-799. (1983).

ISO 3685 ‘‘Tool-life testing with single-point turning tools’’, ***International Organization for Standardization***, Second edition, pp.11-15 (1993).

Jang D.Y. and Hsiao Y.T,“Use Of Ceramic Tools İn Hard Turning Of Hardened Aısı M2 Steel”,***Tribology Transactions***, 43(4)641-646. (2000).

Kasap, M. “Aısı 304 Öztenitli Paslanmaz Çeliklerin İşlenebilirliğinde En Uygun Kesme Parametrelerinin ve İşleme Şartlarının Deneysel Olarak Araştırılması ”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, s.81-84. (2001).

Katayama, S. And “Toda, M. “Machinebility Of Medium Carbon Graphitic Steel”, ***Journal Of Metarials Processing Technology***, 62:358-362. (1996).

Kılıçkap, E. “Al Si7 Mg2/SiCp Metal Matriksli Kompozitlerin Talaşlı İşlemlerinin Ataştırılması”, Doktora Tezi, ***Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Elazığ, s.53-56 (2003).

Kılıçlı, V., Motorcu A.R., Erdoğan M. ve Şahin Y. “Farklı Mikroyapılara Sahip Aısı 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğü Ve Talaş Atılabilirliğinin Deneysel Olarak İncelenebilmesi ”, ***11. Uluslararası Makine Tasarım Ve İmalat Kongresi***, Antalya, s.1-16. (2004).

Koltuk, F. Mikroalaşımlı Çeliklerin İkincil Sıcak Şekillendirlmesinde Özelliklerin Optimizasyonunun İncelenmesi, Doktora Tezi, ***Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*** Metalürji Ana Bilim Dalı, İstanbul. s.3-66 (1996).
Kopac, J. and Bahor, M. "Interaction of the Workpiece Metarials Technological Past and Machining Parameters on Desired Quality of the Product Surface Rouughness", ***Journal of Matareials Processing Technology***, Slovenia, pp.105-111. (2001).

Korchynsky, M. Microalloying And Thermo-Mechanical Treatment, ***Processing, Microstructure And Properties,*** pp. 169-199 (1988).

Korkut, İ. "Torna Tezgahında Strain Gage İle Ölçüm Yapan Bilgisayar Bağlantılı Dinamometre Tasarımı Ve İmalatı",Doktora Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara s.1-4. (1996).

Köksal, S. "Face Milling Of Nickel-Based Superolloys With Coated Uncoated Carbide Tools", Phd. Thesis, ***School Of Engineering, Coventry University***, England, pp.1-60. (2000).

Kumar A.S., Durai, A.R. and Sornakumar, T**.** "Machinability Of Hardened Steel Using Alumina Baset Ceramic Cutting Tools", ***Int Journal Of Refractory*** Metals And Hard Materia, ls21:109-117. (2003).

Leslie, W. C. The Physical Metallurgy Ofsteels, ***University Of Michigan***, International Student Edition, pp. 189-210. (1982).

Mendi, F. "Takım Tezgahları Teori ve Hesapları" ***72 TDFO Ltd. Şti***. Ankara, s.17-34. (1996).

Mills, B. and Redford, A. H. ''Machinability of engineerring Materials'', ***Applied Science Puplishers Ltd***. , U.K., pp.107-108. (1983).

Morehead, M. D. "Machinability and microstructure stabiliyt during the machining of pure copper and titanium processed by equal channel angular pressing. '', M.Sc. Thesis, ***Clemson University,*** Clemson, 10-140 (2007).

Narita, K. Physical Cemistry Of The Groups İva (Ti, Zr), Va (V, Nb, Ta) And The Rare Earth Elements ***İn Steel, Transaction Isıj***, Vol.15, 145 s. (1975).

Özçatalbaş, Y. "Isıl İşlemlerin Cr-Mo Esalı Bir Çeliğim İşlenebilirliğine Etkisi", ***10. Uluslar Arası Metalurji ve Malzeme Kongresi*** Bildiriler Kitabı, İstanbul, s.759-765. (2000).

Özçatalbaş, Y. "Düşük Alaşımlı Çelikte Yığıntı Talaş Oluşumunun İşleme Özelliklerine Etkisi", ***9. Uluslar Arası Makine Tasarım Ve İmalat Kongresi*** Bildiriler Kitabı, Ankara, s.25-34. (1998).

Özçatalbaş, Y., Ercan, F. ve Türker, M. "Ç1050 Çeliğinde Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklerin Talaş Morfolojısi İle İşleme Özelliklerine Etkisi" ***9. Uluslar Arası Metalurji Ve Malzeme Kongresi*** Bildiriler Kitabı, İstanbul, 319-324. (1997).

Özlü, B “Mikroalaşımlı çeliklerin Mikro Yapısının Değiştirererk İşlenebilirliğin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, ***Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, s.1-45. (2007).

Özşatalbaş, Y. “Kesici Takım Aşınması ve İş Malzemesi Mekanik Özelliklerinin Yüzey Prüzlülüğü Ve Kesme Kuvvetlerine Etkisi ”, ***Politeknik Dergisi*** ,Ankara, 4(Özel Sayı): s.47-52. (2002).

Pickering, F. B. High Strenglh Low Alloy Steels A Decade Of Progres, ***Microalloying 75 Proceedings***, pp. 3-21 (1975).

Repas, P. E. Metallurgical Fundamentals For Hsla Steels, ***Microalloyed Tısla Steels Proceeding Of Microaaloying***, Asm Int. Publ., pp. 3-14. (1988).

Sage, A. M. An Overview Of The Use Of Mikroalloys İn Hsla Steels With Particular Reference To Vanadyum And Tilanium, ***Processing, Properties And Applications, Proceedings Of The Second International*** Conference On Hsla Steels, pp.51-60. (1992).

Saglam, H. “Frezelemede Kesme Parametreleri İle Kesme Kuvvetlerinin Değişimi Ve Bunların Takım Aşınması Ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerideki Etkilerinin Deneysel İncelenmesi ”, ***Selçuk-Teknik Online Dergisi*** Konya, 1(3):1-7. (2001).

Shaw, M. C. “Metal Cutting Principles”, ***Oxfort University Press,*** Oxford, 19 (1989).

Shaw, M. C. “Fundamentals of modern manufacturing – Materials processes and system”, ***Prentice-Hall Inc***, New Jersey, pp.220-693. (1996).

Şan, S. “Mikroalaşimli Çeliklerin İşlenebilirliğinin Takım Ömrü Ve Yüzey Pürüzlülüğü Açısından Değerlendirilmesi” Yüksek Lisans Tezi ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara 1-70. (2007).

Şeker, U. “ Takım Tasarımı Ders Notları”, ***Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi***, Ankara , s. 1-133. (1997).

Tekin, E. Modern Yapı Çelikleri Eğitim Semineri, Metalürji Mühendisliği Bölümü, ***Odtü-Sem***, Ankara, 92 s. (1995).

Thomas, T. R. “Rough Surface”, ***Longman Group Limited***, London And New York, 12-18. (1982).

Topateş, T. Mikroalaşımh Çeliklerin Termomekanik İşlemi Sırasında Değişen Proses Parametrelerinin Mikroyapı Ve Mekanik Özellikler Üzerine Etkisi, Y.Lisans Tezi, ***Y.T.Ü. Metalürji Mühendisliği Ana Bilim Dalı***, s.8-40. (1995).

Toru, A. Yamamoto, S. and Nakajima, H. Improvement Of Chipdisposability Of Fereritic Steels By Containing ***Martensitic Microstructures***, Proceeding Of The International Conference On High Pruductivity Materials And Processing New Orleans Lousiana s.7-9. (1985).

Uzun,G. “Farklı Isıl İşlemlerin Ç 5140 Çeliğin İşlenebilirliğine Etkisinin İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi ***Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Karabük 1-10. (2008).

Vluegels, J. and Biest, O. “Chemical Wear Mechanisms Of Innovatiye Ceramic Cutting Tools İn The Machining Of Steel”,***Wear,*** 225:285-294. (1999).

Yazman, Ş. “Öztemperlenmiş Ferritik Küresel Grafitli Dökme Demirlerde Kesme Parametrelerinin İşlemeye Etkilerinin Araştırılması” Yüksek Lisasn Tezi ***Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Konya 1-129. (2006).

Yan, B. H., Huang, F. Y. and Chow, H. M. “Study On The Turning Characteristics Of Alimina-Ceramics”, ***Journal Of Materials Processing*** Tecnology, 54:341-347. (1995).

Zimmerman, C., Boppana, S.P. and Kadbi, K. ‘‘Machinability Test’’ Methods’’ ***Metal Handbook Ninth Edition***, ASM Int. 16:639-647. (1989).

ÖZGEÇMİŞ

Adem ŞAHİN 1987 yılında Sivas'ın kangal ilçesinde doğdu. İlk öğrenim eğitimini Kangal 75. Yıl ilköğretim okulunda tamamladı. Orta öğretim olan eğitimini yine kangal ilçesinde kangal EML tesviye bölümünde 2004 yılında tamamladı. Yükseköğrenim eğitimini Karabük Üniversitesi teknik eğitim fakültesi talaşlı üretim öğretmenliği bölümünü 2011'de tamamlayarak yüksek lisans eğitimine yine Karabük üniversitesi imalat mühendisliğinde başladı. Cumhuriyet Üniversitesi nuri demir ağ meslek yüksek okulunda bir yıl ücretli öğretim görevlisi olarak görev aldı. Şu anda yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Tel : (554) 2729258

E-posta : adem.sahin58@hotmail.com