

**ZAMANA GÖRE TAKIM AŞINMASININ İŞLEME SESİ İLE
DENEYSEL İNCELENMESİ**

Mustafa BAŞALTIN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2010
ANKARA**

Mustafa BAŞALTIN tarafından hazırlanan ZAMANA GÖRE TAKIM AŞINMASININ İŞLEME SESİ İLE DENEYSEL İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Zafer TEKİNER

.....

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet ÖZDEMİR

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Zafer TEKİNER

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Ferhat GÜL

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Çetin KARATAŞ

.....

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Neşet AKAR

.....

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 12/02/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Mustafa BAŞALTIN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
3. İŞLENEBİLİRLİK.....	23
3.1. Takım Malzemeleri ve Genel Özellikleri.....	23
3.2. Aşınma Mekanizmaları ve Aşınma Tipleri	25
3.2.1. Serbest yüzey aşınması	27
3.2.2. Krater aşınması	27
3.2.3. Plastik deformasyon.....	28
3.2.4. Çentik aşınması	28
3.2.5. Isıl çatlaklar	29
3.2.6. Mekanik Yorulma çatlakları	29
3.2.7. Kesici kenardan parçacık kopması (Dökülme)	29
3.2.8. Takım kırılması	30
3.2.9. Kenar birikimleri (BUE) oluşumu	30
3.3. Aşınmanın Ölçülmesi ve Aşınma Verilerinin Değerlendirilmesi	34

3.4. Tornalama İşlemlerinde Takım Geometrisi ve Kesici Takım Malzemeleri ...	35
3.4.1. Yüksek hız çeliği (HSS).....	36
3.4.2. Sinterlenmiş karbürler (C)	36
3.4.3. Kaplamalı sinterlenmiş karbürler (GC).....	37
3.4.4. Sermetler (CT)	38
3.4.5. Seramikler (CC)	39
3.4.6. Elmaslar (N).....	39
3.4.7. Kübik boron nitrür (CBN).....	40
3.4.8. Çok kristalli elmas (PCD)	41
3.4.9. Kesici takım malzemelerinin sınıflandırılması	41
3.5. Talaş Oluşumu	43
3.5.1. Talaş tipleri	45
3.5.2. Talaş şekilleri	47
3.6. Takım Ömrü ve Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler	48
3.6.1. Kesme hızının etkisi.....	48
3.6.2. Kesme derinliği ve ilerleme miktarının etkisi.....	49
3.6.3. Takım geometrisinin etkisi.....	50
3.6.4. Titreşimin etkisi	51
3.6.5. Takım uç yarıçapının etkisi.....	51
3.6.6. Soğutma sıvısının etkisi	52
4. SES DALGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	53
4.1. Frekans (sıklık)	54

	Sayfa
4.2. Genlik.....	55
4.3. Dalga Boyu	55
4.4. Ton	56
4.5. Tını	56
4.6. Desibel (dB)	57
4.7. Akustik	59
4.8. Ses Yansıması	59
4.9. Yankı Zamanı.....	60
4.10. Ses Emiciler	61
5. MATERYAL VE METOD	62
5.1. Takım Tezgahı	62
5.2. Deney Numunesi.....	64
5.3. Kesici Takımlar ve Takımlama Sistemi.....	65
5.4. Bağlama Aparatları	67
5.5. Ölçüm Cihazları	68
5.6. Deneysel Metot	70
5.7. Kesici Takım Üzerindeki Aşınmaların Ölçülmesi	71
5.8. Talaş Numunelerinin Ölçülmesi	71
5.9. Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi.....	72
5.10. Ses Ölçümleri.....	72
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	73
6.1. Öncelikli Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi.....	73
6.1.1. Yanak aşınması ile kesme hızı ve ilerleme arasındaki ilişki.....	73

Sayfa

6.1.2. Kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı BUE oluşumu	78
6.1.3. Kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi	80
6.1.4. Talaş tiplerinin incelenmesi	81
6.1.5. Tezgah üzerinde oluşan kesme yükleri	87
6.2. Öncelikli Kesme Parametrelerinde İşleme Zamanının Yanak Aşınmasına Etkisi	88
6.3. Öncelikli Kesme Parametrelerinde Yüzey Pürüzlülüğün İncelenmesi	91
6.4. Öncelikli Kesme Parametrelerinde Tezgah Üzerinde Oluşan Kesme Yüklerin İncelenmesi	92
6.5. İşleme Seslerinin İncelenmesi	93
6.5.1. Güç tayfsal yoğunluğu	93
6.6. Kesme Parametrelerinin Ortalama Gürültü Seviyesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi	94
6.7. Yüzey Pürüzlülüğü İle Ses Basınç Düzeyi Arasındaki İlişki	100
6.8. İşleme Süresinin Ortalama Gürültü Seviyesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi	104
6.9. Zamana Göre Takım Aşınmasının İşleme Sesine Göre Bağıntısı	108
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	112
KAYNAKLAR	114
ÖZGEÇMİŞ	118

ZAMANA GÖRE TAKIM AŞINMASININ İŞLEME SESİ İLE DENEYSEL İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa BAŞALTIN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Şubat 2010

ÖZET

Bu tez çalışmasında, kesici takımda oluşan aşınma miktarının kesme sesine göre tayini gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için SAE 1030 dövme çelik malzemesi kullanılmıştır. Öncelikle bu malzeme için uygun kesme parametreleri (kesme hızı, ilerleme) deneylerle bulunmuştur. Bu deneyler CNC tipi torna tezgahında 130, 140, 150 m/dk kesme hızları ve 0,15; 0,2; 0,3 mm/dev ilerleme aralıkları kullanılarak 2,5 mm talaş derinliğinde yapılmıştır. Deneyler sonunda elde edilen değerler göz önünde bulundurularak kesme hızı olarak 140 m/dk ve 0,2 mm/dev ilerleme hızı belirlenmiştir. Bulunan kesme parametreleri kullanılarak 5 ile 20 dakika arasındaki her bir dakika için işleme zamanlarında oluşan takım aşınmasının işlemedeki ses değişimine etkisi analiz edilmiştir. Analizlerde iki tip kesici uç kullanılmıştır.

Zamana bağlı V_B yanak aşınması değerleri incelendiğinde 5. dakikadaki yanak aşınması 0,074 mm iken 20. dakikadaki yanak aşınması 0,20 mm değere yükselmiştir. Deneyler sonucunda aşınma miktarı ile işlemede doğan titreşim arasında ilişkinin yüksek olduğu ve kesme sesine göre kesici takımdaki aşınma miktarının tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur.

Deneyisel veriler kullanılarak SAE 1030 dövme çelik malzemesi için IC 8250 ve IC9250 kodlu takımların aşınma modelleri çıkarılmıştır.

Bilim Kodu : 708.3.028
Anahtar Kelimeler : Kesici takım aşınması, aşınma modellemesi, işleme sesi işlenebilirlik, kesme parametreleri
Sayfa Adedi : 118
Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Zafer TEKİNER

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF TOOL WEAR IN TIME BY
MACHINING NOISE**

(M. Sc. Thesis)

Mustafa BAŞALTIN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

February 2010

ABSTRACT

In this thesis work, investigation of cutting tool wear with respect to machining noise has been studied. SAE 1030 forced steel material has been used for this purpose. Firstly, suitable cutting parameters (cutting speed, feed) have been determined experimentally. These experiments have been performed for 2.5 mm chip depth in a CNC type turning machine by using 130, 140, 150 meter/minute cutting speed and 0,15, 0,2, 0,3 mm/revolution feed. After the evaluation of the experimental results, cutting speed and feed is determined as 140 meter/minute and 0,2 mm/revolution respectively. The noise level of the tool wear for each minute of the machining time between 5 and 20 minutes has been analyzed by using the decided cutting parameters. Two types of cutting tools have been used in the analyses.

When the flank wear values (V_B) are investigated in time, while the flank wear is 0.074 mm in 5th minute, it has risen to 0,2 mm in 20th minute. After the experiments, it has been determined that the relationship between the tool wear and machining noise is strong and the tool wear can be determined by using the machining noise.

Wear models of IC 8250 and IC9250 cutting tools have been developed for SAE 1030 forced steel material by using the experimental data.

Science Code : 708.3.028
Keywords : Cutting tool wear, wear modeling, machining noise, machinability, cutting parameters
Page Number : 118
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Zafer TEKİNER

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca her türlü yardımı esirgemeyerek beni yönlendiren değerli Danışmanım Doç. Dr. Zafer TEKİNER'e, çalışma arkadaşlarımdan Mesut ÖZEL'e elde edilen ses verilerini MATLAB ortamında dönüştürülmesinde yardımcı olan Mehmet Sinan HASANOĞLU'ya ve Dr. Bülent ÖZKAN'a teşekkür ederim.

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2. 1. Deneyde kullanılan kesme parametreleri.....	9
Çizelge 2. 2. Farklı gereçlerde kesme kuvvetleri ve takım ömrü ilişkileri.....	20
Çizelge 3. 1. Takım malzemelerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması.....	23
Çizelge 3. 2. Aşınma mekanizmaları etkisini azaltmak için alınabilecek tedbirler. ..	32
Çizelge 3.3. Farklı Aşınma mekanizmaları etkisini azaltmak için alınabilecek tedbirler.....	33
Çizelge 3.4. Sert metal uçlu takımlar için ISO kalite sınıflandırması.....	43
Çizelge 4. 1. Günlük hayatta karşılaşılan seslerin sayısal değerleri.....	58
Çizelge 4. 2. Şiddet ve uzaklık arasındaki ilişki.	59
Çizelge 4. 3. Bazı yüzeylerin absorpsiyon katsayıları	61
Çizelge 5. 1. Goodway GA–2800L tornalama merkezinin teknik özellikleri.....	63
Çizelge 5. 2. Deney numunesi SAE 1030 çeliğin kimyasal kompozisyonu.....	64
Çizelge 6. 1. İki tip uçta elde edilen yanak aşınması (V_B , mm) değerleri.....	73
Çizelge 6. 2. Deney numunelerinin yüzey pürüzlülük değerleri.....	80
Çizelge 6. 3. Farklı kesme parametrelerinde oluşan talaş örneklerinin yarıçap ölçüleri.....	82
Çizelge 6. 4. Farklı kesme parametrelerinde oluşan talaş örneklerinin kalınlık ölçüleri	83
Çizelge 6. 5. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme hızına bağlı eksenel yük değerleri	88
Çizelge 6. 6. Kesici takım ucunda ölçülen yanak aşınması değerleri.....	89
Çizelge 6. 7. Deney numunelerinin yüzey pürüzlülük değerleri.....	92
Çizelge 6. 8. Zamana göre tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler (IC 9250)	93

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6. 9. Kesici uçların farklı kesme parametrelerindeki ses basınç düzeyleri (dB)	95
Çizelge 6. 10. Sabit kesme hızı ve ilerlemede işleme süresine bağlı meydana gelen Ses Basınç Seviyeleri (dB)	106
Çizelge 6. 11. 140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızında farklı zaman aralıklarındaki deney verileri	109
Çizelge 6. 12. 140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızında farklı zaman aralıklarındaki deney verileri ve hesaplanan değerler.....	111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Takım Aşınması ölçüm deney düzeneği.....	4
Şekil 2. 2. Kesme hızı 100 m/dk. İlerleme 0,2 mm/devir, kesme derinliği 2 mm, sertliği 125 HB olan orta sertlikteki çeliğin AE sinyalleri.....	6
Şekil 2. 3. Takım aşınması ölçümleri neticesinde incelenen takımın en büyük muhtemel aşınma seviyesi.....	14
Şekil 2. 4. Kesme hızı kesme kuvveti grafiği.	18
Şekil 3. 1. Takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması.....	24
Şekil 3. 2. Temel aşınma mekanizmaları	25
Şekil 3. 3. Aşınma tiplerinin sınıflandırılması.	26
Şekil 3. 4. Takımda üzerinde ölçülen belli aşınma mesafeleri	34
Şekil 3. 5. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi.....	36
Şekil 3. 6. Talaş oluşumunda kart modeli ve talaş kayma şekil değişimi	44
Şekil 3. 7. Talaş tipleri a) sürekli talaş, b) kesintili talaş, c) yığıntı talaş	45
Şekil 3. 8. Dik kesme işlemi	50
Şekil 4. 1. Dalga boyunun gösterilmesi.....	56
Şekil 5. 1. Deney numunesinin çekme testi grafiği.....	64
Şekil 5. 2. Deneylerde kullanılmak üzere seçilen kesici takım geometrileri a) IC8250 b) IC9250	66
Şekil 5. 3. Deneyde kullanılan takım tutucu	66
Şekil 6. 1. Kesme hızına göre yanak aşınma miktarı (a) IC8250, (b) IC9250.....	74
Şekil 6. 2. İlerleme hızına göre yanak aşınmasına etkisi (a) IC8250, (b) IC9250	75
Şekil 6. 3. Farklı kesme parametrelerinde yüzey pürüzlülük değerinin değişimi.....	81

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 4. Farklı kesme parametrelerindeki ortalama talaş yarıçapı ölçüleri (IC8250).....	84
Şekil 6. 5. Farklı kesme parametrelerindeki ortalama talaş kalınlık ölçüleri.....	84
Şekil 6. 6. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme hızına bağlı eksenel yük grafikleri (IC9250)	88
Şekil 6. 7. İşleme zamanının yanak aşınmasına etkisi (a) IC8250, (b) IC9250	90
Şekil 6. 8. Sabit kesme hızı ve ilerlemede işleme süresine bağlı eksenel yük grafikleri	93
Şekil 6. 9. Tezgahın boşa çalışma sesinin grafiksel gösterimi.....	94
Şekil 6. 10. İki farklı kesme ucunun farklı kesme parametrelerindeki ses basıncı değerleri (a) IC8250 (b) IC9250.....	96
Şekil 6. 11. Aynı kesme değerinde tezgahın talaş kaldırarak ve talaş kaldırmadan kaydedilmiş ses basınç seviyesi	97
Şekil 6. 12. Aynı ilerleme değerinde ses basınç seviyesi.....	97
Şekil 6. 13. Farklı ilerleme değerinde ses basınç seviyesi	98
Şekil 6. 14. IC 8250 Kesici uç için 130m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0.30 mm/dev ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri	98
Şekil 6. 15. IC 8250 Kesici uç için 140m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0,30 mm/devir ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri	99
Şekil 6. 16. IC 8250 Kesici uç için 150m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0,30 mm/devir ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri	99
Şekil 6. 17. Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülük değeri.....	100
Şekil 6. 18. Kesme hızına bağlı ses basınç düzeyi.....	101
Şekil 6. 19. 140 m/dk kesme hızında ilerleme artışına bağlı olarak değişen yüzey pürüzlülük değeri.....	102

Şekil	Sayfa
Şekil 6. 20. 140m/dk kesme hızında ölçülen yüzey pürüzlülükleri ve ses basınç düzeyleri karşılaştırılması (a) 0,15 mm/dev (b) 0,2 mm/dev (c) 0,3 mm/dev.....	103
Şekil 6. 21. IC8250 kesme ucu ile 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan ses düzeyi tayfsal yoğunluğu grafikleri	104
Şekil 6. 22. IC9250 kesme ucu ile 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan ses düzeyi tayfsal yoğunluğu grafikleri	105
Şekil 6. 23. IC8250 ve IC9250 kesici uçtaki süreye bağlı ses basınç ölçümleri (dB)	106
Şekil 6. 24. 140 m/dak kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında belirli zamanlardaki ses basınç seviyelerindeki değişim a) 5.dk b) 10.dk c) 15.dk d) 20.dk	107

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2. 1. Aşınan bölgelerden daha büyük bir büyütmede elde edilen SEM Fotoğrafı.....	17
Resim 2. 2. 56 m/dk kesme hızında kullanılmış kesici uçlar; (a) $\alpha + \% 25$ Perlit,	21
Resim 3. 1. Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi	47
Resim 4. 1. Kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü	53
Resim 5. 1. Goodway GA-2800L CNC torna tezgahı.....	62
Resim 5. 2. SAE 1030 malzemeden deney numuneleri ($\varnothing 26 \times 220$ mm)	65
Resim 5. 3. Deney numunesini bağlama şekli	67
Resim 5. 4. Deney numunesinin ayna punta arasında işlenmesi	68
Resim 5. 5. Mitutoyo SURFTEST-301 marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı	69
Resim 5. 6. Takım aşınması görüntüleme mikroskobu.....	69
Resim 5. 7. Deney düzeneği.....	71
Resim 6. 1. 0,2mm/dev ilerleme hızında oluşan yanak aşınması (50x) (a) 130 m/dk , (b) 140 m/dk, (c) 150 m/dk (IC8250).....	76
Resim 6. 2. 140m/dk kesme hızında oluşan yanak aşınması (50x) (a) 0,15mm/dev	77
Resim 6. 3. 130 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu	78
Resim 6. 4. 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu	79
Resim 6. 5. 150 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu	79
Resim 6. 6. 140 m/dk kesme hızında oluşan talaş formasyonları (a) 0,15 mm/dev	85
Resim 6. 7. 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan talaş formasyonları (a) 130 m/dk	86
Resim 6. 8. Tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler.....	87

Resim**Sayfa**

Resim 6. 9. İşleme zamanlarına göre yanak aşınması (50X) (a) 5 dk, (b) 10 dk, (c) 15 dk, (d) 20 dk (IC9250).....	91
---	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
a_p	Talaş derinliği (mm)
α	Serbest açı
b	Talaş genişliği (mm)
β	Kama açısı
f	İlerleme miktarı (mm/dev)
K_T	Krater derinliği
n	Takım üssü
Q	Talaş kaldırma hızı (mm/s ³)
r_e	Kesici takım uç yarıçapı (mm)
R_a	Ortalama pürüzlülük değeri (mm)
T	Takım ömrü
t°, t_c	Talaş kalınlığı (mm)
Φ	Kayma açısı
V	Kesme yönünde kesme hızı (m/dk)
V_B	Yan yüzey aşınma genişliği
V_{Bmax}	En büyük aşınma genişliği
V_c	Talaşın parçadan ayrılma hızı (m/dk)
γ	Talaş açısı
λ	Eğim açısı

Kısaltmalar	Açıklama
BUE, YT	Kenar yığılması
BUL	Katman yığılması
CBN	Kübik bor nitrür
CBN-H	Yüksek kübik bor nitrür içeriğine sahip kesici takım
CBN-L	Düşük kübik bor nitrür içeriğine sahip kesici takım
CNC	Bilgisayar kontrollü tezgah
HRC	Rockwell sertlik değeri
HSS	Yüksek hız çeliği
HB	Brinell sertlik değeri
IC 8250	Kesici takım kodu DNMG 441 –TF- IC8250
IC 9250	Kesici takım kodu DNMG 443 –TF- IC9250
PCBN	Çok kristalli kübik bor nitrür
PVD	Fiziksel buhar çökertme
PCD	Çok kristalli elmas
TKM	Talaş kaldırma miktarı
SEM	Taramalı elektron mikroskobu

1. GİRİŞ

Yalnızca basma kuvvetlerinin etkisi altında genellikle sıcak, yarı sıcak veya soğuk olarak parçaya plastik şekil verme işlemine dövme denir. Birçok parça yüksek mukavemet istendiğinde dövme yoluyla şekillendirilir. Dövme ile, yüksek mukavemet, tokluk ve kontrollü bir tane akışı elde edilir. Dövme ile şekillendirilen parçaların büyük çoğunluğu sonradan işlenir veya ısıl işleme tabi tutulur.

İşletmenin üretim ihtiyacını daha çabuk zamanda, kesici takımı en performanslı şekilde kullanarak ve en iyi yüzey kalitesinde üretebilmek hedefine yönelik olarak bir farklı yaklaşım sunabilmek için bu deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Mesa imalat fabrikasında yıllık 30000 m² çelik kalıp üretilmektedir. Üretilen bu miktarın %45 'ini perde panoları oluşturmaktadır. Bu perde panoları birbirine dövme saplama ile bağlanmaktadır. Bir panoda 3 adet olduğunu düşünecek olursak oldukça çok sayıda dövme saplamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden Mesa firmasından temin edilen SAE 1030 dövme malzemesi deneylerde kullanılmıştır.

Bu çalışma ile SAE 1030 dövme çelik malzemenin en uygun işleme parametrelerinin torna tezgahında işleme esnasındaki çıkan seslerin basınç seviyelerini karşılaştırarak imalatçıların işleme zamanlarını kısaltılması ve üretim maliyetlerinin düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple işleme sesi, takım aşınması, kesme parametreleri, yüzey pürüzlülüğü ile ilgili literatür incelemesi yapılmıştır.

En uygun kesme parametrelerini torna tezgahında işleme esnasındaki sese dayalı olarak araştırmak için SAE 1030 dövme çelik malzemeden üretilen numuneler CNC tipi torna tezgahında 130 m/dk, 140 m/dk, 150 m/dk kesme hızları ve 0,15 mm/dev, 0,20 mm/dev ve 0,30 mm/dev ilerleme hızlarında 2 tip sert maden uç kullanılarak 10'ar dakika belirli boyda işlenmiştir. İşleme esnasında mikrofona yardımıyla işleme sesleri bilgisayar ortamına kaydedilmiştir.

Bu parametrelerde işleme yapıldıktan sonra en uygun işleme parametresini, bulabilmek için, çıkan sesin basınç düzeyi, talaş tipi ve yüzey kalitesi incelenmiştir. Buna göre 140 m/dk kesme hızı, 0,20 mm/dev ilerleme hızı en uygun parametre olarak seçilmiştir. Bulunan en uygun işleme parametresi ile deney numuneleri 2 tip kesici uçla sabit ilerleme ve kesme hızıyla sırasıyla 5, 10, 15, 20 dakika boyunca işlenmiştir. Aynı zaman aralıklarında mikrofon aracılığı ile bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Burada kesici uçların makineden çıkan sese bağlı olarak hangi zaman aralıklarında ne miktarda aşındığını görmek amaçlanmıştır.

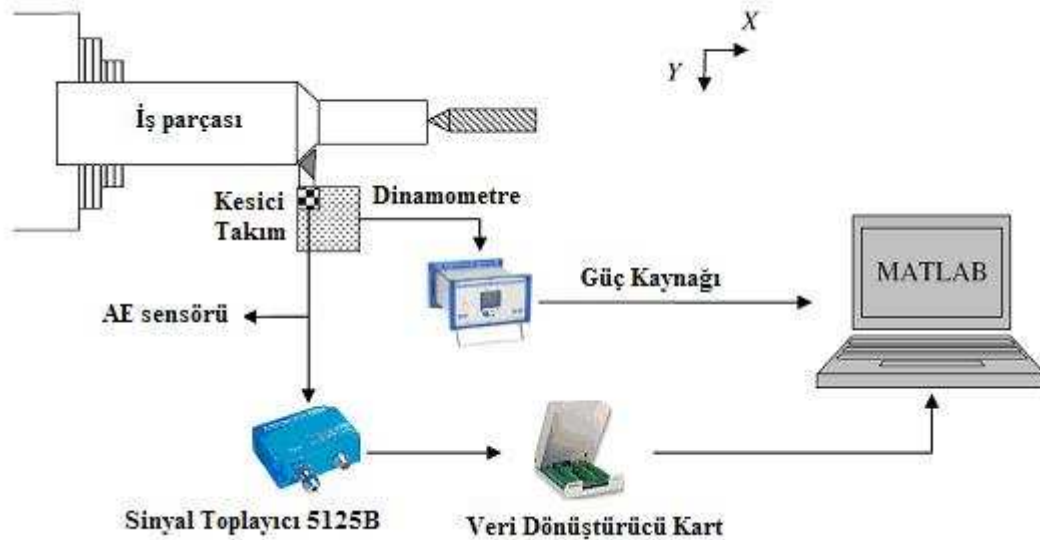
Deney numunelerinin işlenmesi esnasında devir, kesme hızı, ilerleme miktarının farklılığına bağlı olarak işleme seslerinin basınç düzeyleri değişmektedir. Kesme hızının artmasıyla ses basınç düzeyi azalırken, ilerleme hızının artmasıyla ses basınç düzeyi (gürültü) artmaktadır. Kesici takım ucunun 20. dakikadaki kesme değerleri, çıkan talaş boyutları ve kaydedilen ses basınç düzeyi 5. dakikadaki değerlere göre daha yüksektir. Buna göre işleme zamanı artıkça kaydedilen ses basınç seviyelerindeki artış bize SAE 1030 dövme çeliklerin kesme parametrelerini klasik metotların dışında, işleme seslerinin basınç düzeylerini karşılaştırarak da belirleyebileceğimizi göstermiştir. Bu çalışmada kullanılan SAE 1030 çelik dövme malzeme endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Seri üretim yapan işletmelerde aynı kesici uçları kullanarak zamana bağlı takım aşınması metoduyla, üretilen parçalar üzerinde ölçü tamlığı, yüzey kalitesi, fire miktarı gibi etkenlerden kazanç sağlanabilir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

J. Wilkowski ve J. Gorski [1], yaptıkları deneysel çalışmayı BUSELLATO JET 130 marka CNC tezgahta gerçekleştirmiştir. Frezeleme operasyonunda 12 mm çapında 6 adet standart kesici takım kullanılmıştır. Her kesici takım için frezeleme uzaklığı bir öncekinde farklıdır. Takım aşınmasının direkt belirtisi olarak adlandırılan V_{Bmax} belirlenmiştir. 6 adet kesici takımın bir talaş kırıcı kullanılmıştır. Kesme genişliği ve kesme derinliği sırasıyla 6 ve 12 mm' dir. Diğer kesme parametreleri ise ilerleme 5, 8, 11 m/dk. iş mili dönme hızı V_{Bmax} değeri sırasıyla 0,0 (yeni takım); 0,11; 0,19; 0,27; 0,33 ve 0,43 mm'dir. Standart 10000, 14000 ve 18000 devirdir. Kistler 8141A129 marka kuvvet ölçer ise ilerleme yönüne dik yönde elektro iş mili üzerinde yerleştirilmiştir. Titreşim sinyallerinin frekans aralığı 10 Hz - 6 kHz arasındadır. İşleme sesi B&K NEXUS marka bir ön amplifikatör ile yönlendirilmiş B&K 2671 ile tanımlanan bir mikrofon ile ölçülmüştür. Ses sinyallerinin frekans aralığı 20 Hz - 20kHz.'dir. Bütün vibro akustik sinyaller bir bilgisayar içerisine yerleştirilmiş NI PCI 6023E olarak tanımlanan veri toplama kartına kaydedilmiş ve sayısallaştırılmıştır. Toplanan verilerden yola çıkılarak kesici takım aşınması ve vibro akustik sinyallerin yoğunluğu arasındaki ilişki incelenmiş ve bu bağıntının oldukça kuvvetli olduğu görülmüştür. Görüntülenen takım aşınması içerisindeki vibro akustik sinyaller kullanılarak elde edilen verilerin takım aşınmasının incelenmesinde yol gösterici olduğu görülmüştür.

I.Deiab , K.Assaleh , F.Hammada [2], yaptıkları çalışmada takım aşınması deney sisteminin 4 ana bileşenden oluştuğunu söylemişlerdir. Bunlar; sinyal toplama, sinyal ön değerlendirme, görünüş elde etme ve değerlendirmedir. Yapay sinir ağı bir kıstas olarak kullanmışlardır. Çünkü daha önceki yapılan çalışmalar nedeniyle yapay sinir ağının kapasitesi iyi bilinmektedir. Bu çalışmada iş parçası olarak sünek bir çelik türü seçilmiştir. Kesme deneyleri CNC tezgahında kaplamalı karpit uçlar kullanılarak yapılmıştır. Teğetsel, aksenal ve radyal olmak üzere 3 yönde kuvvetleri ölçmek için kesici takım üzerine monte edilmiş dinamometre kullanılmıştır.

Şekil 2.1’de miknatıs ile tutturulmuş dinamometre ve sinyal sensörü ile birlikte deney düzeneği gösterilmiştir. İşleme parametrelerinin değişik kombinasyonları uygulanmıştır. Takım aşınmasında en önemli etken olan kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği olan 3 ana işleme parametresi kullanılmıştır. Kesme hızı $V=110$ m/dk ’dan 10’ar artışla 5 tane seçilmiştir. 0,15- 0,2 ve 0,3 olmak üzere 3 tip ilerleme değeri ve 1 mm kesme derinliği seçilmiştir. Sinyallerin toplanmasında bu üç parametrenin etkisi gözlenmiştir. Kesici takım aşınma mekanizmasını kaydetmek için kesme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kesme deneylerinde iş parçası takım malzemesi arasındaki 50 kHz ‘den 400 kHz’e kadar değişen sinyal transferlerini kontrol eden Nielsen- Hsu metodu ve kalem kırılması testi uygulanmıştır. Sesin sinyallerinin artmasını ve bilgisayar ekranında oluşacak kötü görüntüleri en aza indirmek için 200 kHz ve 1MHz arasındaki sinyalleri filtrelemek gerekir. Ses yada ölçülemeyen durumlar gibi olumsuzlukları gidermek için bir filtre kullanılmıştır. Toplam da yeni bir kenarı olan karpit uçlarla 113 adet deney yapılmıştır. Takım mikroskobu kullanarak öngörülen düzenli yanak aşınması ve darbeli aşınma durumu ölçülmüştür.

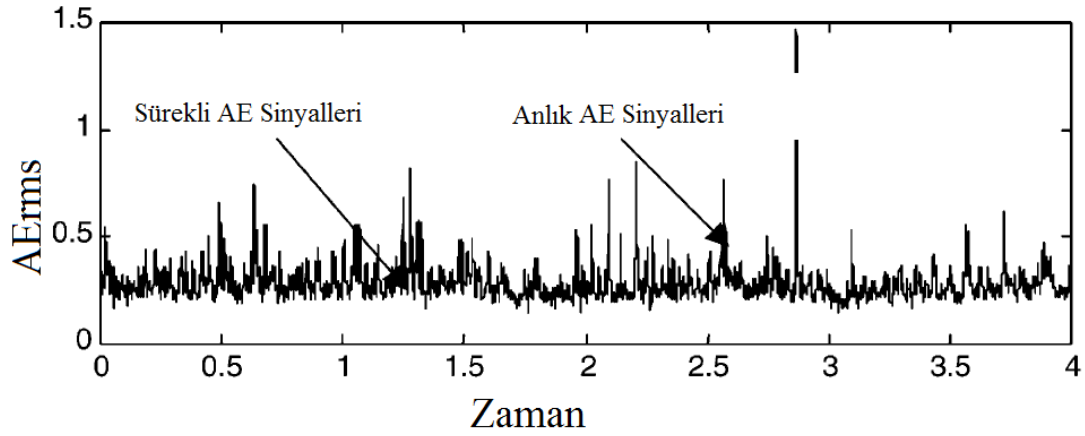


Şekil 2. 1. Takım aşınması ölçüm deney düzeneği[2]

Takım aşınması için metot geliştirilmiştir. Sunulan yöntem sünek çelik iş parçası işlenirken akustik yayılım sinyalleri ve kesme kuvveti ölçmek için deney düzeneğini içerir. İlerlemeyi takiben yapay sinir ağı ve polinimal sınıflandırma duyumsal bilgilerden alınmış istatistiksel verilerden yola çıkarak farklı takım aşınması durumları toplama ve önceden tahmin etmek için kullanılır. Kesme deneyi sonuçları önceden tahmin edilen ve ölçülen takım aşınması arasında önerilmiş yöntem çerçevesinde uygulanabilir olduğunu gösterir. İki yaklaşım arasındaki tahmin edilen değerlerin kesinliği karşılaştırılabilir. Bundan dolayı polinimal sınıflandırma yapay sinir ağı üzerinde deneme zamanını geliştirildiğini gösterir. Deneylerde polinimal sınıflandırma ile elde edilmiş zaman ile yapay sinir ağıyla elde edilmiş zaman karşılaştırılmıştır. Sonuçta takım aşınmaları arasında bir bağlantı kurabilmek için sinyalleri kolay ve küçük sinyallerden seçmek gerektiğini ortaya koymuştur. Daha fazla analiz yapmak tornalamada önerilen yaklaşımları izlemede daha yararlı olacaktır.

X.Li [3], yaptığı çalışmada tornalama sırasında takım aşınmasını görüntülemek için akustik yayılım yönteminin kullanımı yöntemini araştırmıştır. Araştırmalar aşınmış malzemelerin içerisinde ani bir şekilde bırakmak için gerilim dalgalarının oluşturulması gerektiğini ortaya koymuştur. Tek yönlü tornalama operasyonlarında kırılma ve takım aşınmalarını bulmak için bu yöntem başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Dornfeld (1989) kesme deneylerinde konuyla alakalı olarak aşağıdaki verileri incelemiştir.

- İş parçası içerisinde kesme operasyonu sırasında oluşan plastik deformasyon
- Talaş içerisinde oluşan plastik deformasyon
- Kesici takım yan yüzey aşınmasının bir sonucu olarak kesici takım yan yüzeyi ve iş parçası arasındaki sürtünme ilişkisi
- Krater aşınması sonucunda talaş ve kesici takım talaş yüzeyi arasındaki sürtünme ilişkisi
- Kesici takım ve talaş arasındaki sürtünme
- Talaş kırıkları



Şekil 2. 2. Kesme hızı 100 m/dk. İlerleme 0,2 mm/devir, kesme derinliği 2 mm, sertliği 125 HB olan orta sertlikteki çeliğin AE sinyalleri[3].

AE sinyal analiz kaynakları temel alınarak belirgin bir biçimde farklı karakteristikleri sahip sürekli ve kesikli sinyalleri içeren metal tornalamadan AE sinyalleri türetilir. Sürekli sinyaller kesici takım talaş ve yan yüzeyindeki aşınma ve birincil kabuk bölgesinde yoğunlaşmıştır. Kesikli sinyaller ise bunun tam tersi olarak talaş kırıklarında belirlenmiştir. Günümüzde kesici takım sistemlerini geliştirmek için AE tabanlı teknolojik araştırmalar yapılmaktadır. Bunun nedeni sinyallerin hızını yüksek seviyede yanıtlamak için takım aşınması ve sürtünmenin birleştirilmesi halinde AE sinyallerinin duyarlılığının yüksek olmasıdır. Bundan AE sinyalleri yöntem parametreleri üzerinde güçlü bir güvenilirliğe sahiptir. Bu konu takım aşınması ve sürtünmeyi görüntülemek için AE sinyallerini kullanarak bu sinyallerin dönüştürülmesine yönelik incelenmiştir. Bu makale örnek alınarak sinyal yöntemi ve diğer sensörler ile sürtünme etkileşimi ve bütünleşmesi kesici takım performansını görüntüleme ve AE sinyalleri temel alınarak daha etkili bir yaklaşım olacaktır.

A.Prateepasen, Y.H.J.Au, B.E. Jones [4], yaptıkları deneysel çalışmada Takım tutucu olarak Sandvick marka (SDJCL 1616H 11) ve uç olarak yine aynı markadan (CG 4035 DCMT 11 T3 04-UF) kodlu uç kullanılmıştır. Takım ucunun geometrisi uç açısı 55 derece boşluk açısı 7 derece eğimi 0 derece kesici kenar uzunluğu 11mm kesici uç kalınlığı 3.97mm ve uç radyüsü 0.4mm dir. Takım tutucunun ucuna Akustik yayılım sensörü yerleştirilmiştir.

34 dB' lik ses banttann geçirilerek 100 kHz den 1 MHz filtrelennmiştir. Hewlett Packard HP 89410A vektörel sinyal analiz makinesi yaklaşık 401 adet çizgi elde edilmiştir. Elde edilen AE sinyalleri 0 ile 1MHz arasında ortalama 250 ardışık spektral atlama meydana gelmiştir. PCB güç kaynağı tarafından güçlendirilen aynı markaya ait 303A03 nolu iki adet ivme ölçer biri teğetsel kuvvet yönünde diğeri de ilerleme kuvveti yönünde olmak üzere takım tutucu yakınına monte edilmiştir. İvme ölçerin frekans ölçüm sıralaması $\pm\% 5$ te 1-10,000 Hz ve $\pm\%10$. 0.7 -20,000 Hz 'dır. İvme ölçerlerin bu modeli yan yana gelecek şekilde monte edilmiştir. Kesme işleminde oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı 10mm çapında 1mm kalınlığında olan cam-seramik-disk yalıtkanları takım tutucu ve ivme ölçerin arasına bağlanmıştır. 250 dereceye kadar dayanabilen silikon kauçuk birleşimi hem ivme ölçerlere hem de cam-seramik yalıtkanlara monte edilmiştir. İvme ölçerlerin sonuçları SI 1220 marka çok kanallı spektrum analiz makinesinde 500 spektral nokta kaydedilmiş ve 0 ile 25 kHz arasında 8 ardışık spektral analiz edilmiştir. Makine testleri üç değişik koşula göre ayarlanmıştır. Bunların da her biri farklı kesme parametrelerine göre (Kesme kuvveti, kesme derinliği ve ilerleme hızı) test edilmiştir. Buna göre;

- Kesme hızı: 150 m/dk Kesme derinliği:1mm İlerleme hızı :0,3mm/devir
- Kesme hızı: 250 m/dk Kesme derinliği:0.75mm İlerleme hızı :0,25 mm/devir
- Kesme hızı: 300 m/dk Kesme derinliği:0.5mm İlerleme hızı :0,2 mm/devir

Bu üç makine koşulunda da zamana bağlı yanak aşınmada aşağı yukarı doğrusal bir artış gözlemlenmiştir. Bunların sayısal değerleri 10.7 dakikada 0,22mm, 19.9 dakikada 0,28mm ve son olarak 40.9 dakikada 0.44 mm olarak belirlenmiştir.1.deney düzeneği için AE ilk aşınma düzeyi artmış, daha sonra çok fazla salınımlarla sabit bir değere inmiştir. 2.deney düzeneği sonucunda gösteriyor ki; ikinci yarıda AE yanak aşınması süreci artmaktadır. 3.deney düzeneği gösteriyor ki; AE takım aşınması sürecinde takım kullanılmayacak düzeyde aşınana kadar aşağı yukarı sabittir. Takım aşınması ile tutarlılığının değerleri aşınma sürecinde doğal frekans (2.5 kHz –5.5 kHz) çevresinde azalmıştır. Yüksek frekans değerinde (18 kHz – 25 kHz) ise artmıştır.

Tutarlılık ilişkisi iki farklı frekans bandındaki durumu grafiklerde gösterilmiştir. 3 deney düzeneğinde iş parçası malzemesi olarak EN24T kullanılmıştır. Takım aşınmasının gelişmiş aşamalarında doğal frekans çevresinde sürtünme etkileri kesme etkilerine karşı daha baskındır. Yüksek frekans aralığına baktığımızda tutarlılık artmaktadır. 3 kesim durumundan elde edilen özellikler ve işleme zamanına bakıldığında takım aşınmasının tespitinde %3,3 lük bir hata ile deney geleceğe ışık tutmaktadır.

A.A. Kassim, Zhu Mian, M.A. Manan [5], yaptıkları çalışmada yüzeylerde oluşan yanal yüzey aşınması, işleme parametrelerinin uygulanması sonucunda elde edilen veriler ışığında mikroskop altında ölçülmüşlerdir. Elde edilen görüntüler sırayla numaralandırılmıştır. İşleme operasyonu kesici takım kırılana yada kesici takım tamamen aşınana kadar devam etmiştir. Hough bağıntısı doğrultusunda dört yüzeyden 256x256 mm boyutlarında görüntü alınır. Yanal yüzey aşınmasını tahmin edebilmek için ilerleme yönünde çoklu katmanlı ileriye yayılma algoritması kullanılır. MLP yapay sinir ağı gizli katmanlar için bir etkinleştirme fonksiyonu gibi sigma fonksiyonu çıkış katmanları için ise etkinleştirme fonksiyonu için lineer fonksiyonlar kullanılır. Teoride bu düzenleme hiçbir fonksiyonda kesinliğe ulaşamaz. Bununla birlikte MLP kesici takım aşınmasını görüntülemeye belirtilen birçok yapay sinir ağından biridir. Kesici takımın keskin kenarındaki en büyük aşınma tipi yan yüzey aşınması, krater aşınması, çentik aşınması, uç aşınması, periyodik ve sürekli iş parçası malzemesinin kesici takıma yapışması ve kesici kenarın kalıcı olarak bozulmasıdır. Bu aşınmalar arasındaki ilişki içerisinde yan yüzey aşınması daha küçük olabilir. Hough bağıntısı temel alınarak kesici takımın performansı incelendiğinde diğer deney setlerinde kullanılan MLP gösterilmiştir. MLP yöntemi çıkışta kesici takım performansını gösterir fakat aktif yan yüzey aşınmasını tam anlamıyla yansıtmaz. Çünkü bu işleme operasyonları boyunca işlenen yüzey ve kesici takım yanal yüzey aşınması arasında çok küçük bir bağlantı vardır. Bu görüntüler işleme operasyonlarında birbirinden farklı işleme parametreleri kullanılarak yapılan deneyler sonucunda oluşan kesici takım aşınmaları ile Hough bağıntısını kullanarak açıklanmıştır.

MLP düzgün ve baskın kesici takım yanal yüzey aşınmaları oluştuğunda işleme operasyonların oluşan kesici takım yanal yüzey aşınmalarını kesin olarak tahmin etmeyi sağlar.

K. Jemielniak, P. Wrzosek L. Kwiatkowski [6], yaptıkları çalışmada takım ömrünün işlevi olan kesme kuvveti ve akustik emisyon ölçümleri farklı kesme parametreleri ile ortaya konulmuş ve takımın üzerinde uygulanabilirliği gözlemlenmiştir. Ve bu takım ömrünün işlevlerinden en iyisi kesme parametreleri ile birlikte ileri beslemeli yayılan yapay sinir ağlarına girdi olarak seçilmiştir. Bazı araştırma tekniklerine başvurulmuş aynı zamanda etkinlikleri değerlendirilmiştir. FFBP sinir ağlarının bilinen uygulaması daha sonraki çalışmalara öncülük eder. Deneyler TUD-5 CNC tezgahı kullanılarak yapılmıştır. TIN+TIC kaplamalı sinterlenmiş karpid uç ile CSBNR 2525 takım tutucu tüm testlerde kullanılmıştır. Takım ömrünü belirleyecek olan AE ve CF ölçülerinin bağlılığını kontrol etmek için klasik dayanıklılık testleri sergilenmiştir. 2.5mm'lik kesme derinliği ile 45 Brinel sertliğindeki çeliğin boyuna tornalanması buna örnektir. AE ölçülerini kaydederken 4 set farklı kesme parametresi kullanılmıştır. Bu sonuçlar Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. 1. Deneyde kullanılan kesme parametreleri[6].

Parametre Düzeni	İlerleme Hızı mm/dev	Kesme Hızı m/dk
Z0	0,333	240
Z1	0,30	200
Z2	0,30	240
Z3	0,30	280

AE güç miktarlarının tamamı için değerler tüm sinyal aralığı için 1/64, 2/64 ve 3/64 olmuştur. Bu değerlere karşılık gelen en güçlü sinyaller sırasıyla 100 ,200 ve 300 mV dur. FFBP iki tür avantajı vardır;

1.si deney hatalarında ve denemeler arasındaki balansı net bir şekilde vermesi. 2.si ise gizli noktalar bularak ve aradaki artma ve azalmaları tespit etmesidir. Fakat bu yöntemin sınırlı kapasitesi olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca bu teknik deneylerin planlanmasını mümkün kıldığı için ilginç bir tekniktir.

Choi [7], deneylerinde, tornalama operasyonlarında gerçek zaman TCMS'yi geliştirmek için AE ve kesme kuvvetlerini birleştirmiştir. İki set halinde tungsten karpit kullanarak gerçekleşen deneyler takım ömrünü tanımlamak için birinci deney setinde iş parçası pirinçle kaplanırken, ikinci deney setinde ise kırılmayı hızlandırmak için iş parçasına slot delik açılır. Kaydedilmiş veriler takım kırılmasını belirtmek için modellemek için hazırlanan bir algoritmayla analiz edilir ve böylece kesici takım ömründeki AE'nin ani yükselişinin büyük olacağını gösterir. Benzer bir çalışma Jemielniak ve Otman tarafından katastrofik takım ömrünün tespit edebilmek için AE sinyallerinin basıklığını, eğikliğini ve karekökünü tanımlamak için istatistiksel bir sinyal yöntemi algoritması kullanmışlardır. Kesme kuvveti ölçümleri gerçekte kırılma meydana geldiği zaman göstermek için referans sinyal kullanılarak deney gerçekleşirken kaydedilir. Deney sonuçlarının denetimi katastrofik kesici takım kırılmasının belirtilerinin eğiklik ve basıklığının karekök değerlerinden daha iyi olduğunu gösterir.

Kakade [8], yaptığı çalışmada AE parametrelerini seçerek frezeleme operasyonlarında talaş biçimlerini ve kesici takım aşınmasını tanımlamak için AE analizini kullanır. Seçilen zaman aralıklarında AE parametreleri deney esnasında kaydedilerek istenilen kesici takım yanal yüzey aşınması alanı genişliği ölçülür. Sonuçların analizinde keskin, aşınmış veya kırılmış kesici takımın kesme durumlarının farkı AE sinyalleri sonucunda açık bir şekilde görülür. Sürekli kesme sonucunda kesici takımın görüntülenmesinde öneri yapılamaz çünkü bu durumda uygun sayılmaz.

Zheng [9], yaptığı çalışmada fiber optik sensörler esas alınarak AE sinyalleri kullanılarak gerçek bir yöntem bulmuştur. Duyar sinyal alıcı ve interferometre olmak üzere iki farklı parçadan oluşur. Sinyal alıcı parça öncelikle optik fiber boyunca iletilmiş ışık içinde aşamaların bir değişimini görmek, interferometre ise ışık yoğunluğu içinde foto elastik geçişleri ölçmek ve belirlemek için kullanılır.

Başlangıçta matkap ve frezeleme operasyonu deneyleri geçerli ve ticari PZT AE duyar ve optik fiber duyar kullanılarak AE sinyalleri ölçülerek gerçekleştirilir. Elde edilen sonuçlar geçerli kabullerin derecesini gösterir ve karşılaştırılabilir. Bu yüzden detaylı deneysel yöntemler gerçekleştirilemez.

Konig [10], AE kırınımlarını kullanarak matkap uçlarının durumlarını görüntülemek ve kırılmaları tespit etmek için kesme deneyleri yapmıştır. Zaman tüketimini ve fazla maliyet genelde AE uygulamalarında tek geçişli bir filtre kullanılarak ve düşük frekanslı sinyalleri normalden yüksek frekanslı AE sinyalleri dönüştürmek için düşük geçişli bir filtre ve bir düzeltici kullanılarak önlenir. Matkap operasyonları AE sinyallerini ölçmek için endüstriyel uygulamalarda seramik uçlu akım yönlendirici duyar tasarlanır ve kullanılır. Kaydedilmiş AE-RMS deney başarısızlıkla sonuçlanmadan her matkap ucu kullanılarak açılarak deliklerin numaralandırılarak not edilir. Bu notların denetimi takım ömrünün aşamalarını gösterir. RMS değerleri beklenmedik bir şekilde artar. Bu yükseliş tartışılabilir ve takım aşınmasının açık bir yanıtıdır. Hence Konig normal matkap operasyonları için aşırı olmayan öngörölmüş başlangıç RMS değerlerini kullanır. Bu genelde kesici takım çatlaklarını bulmak için uygun görölmüştür.

Blum ve Inasaki [11], AE sinyallerin üretiminde yanal yüzey aşınmasının etkilerini tanımlamak için kesme deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deneyler özellikle ölçölmüş sinyallerin bileşenleri DC bileşenleri olarak kesme yönteminin karakteristiklerini tanımlayan AE sinyalleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler keskin ve düz kesici takım uçları için deney esnasında AE ve kesme kuvvetleri kaydedilerek gerçekleştirilir. Bir sonraki analiz kesici takım yan yüzey aşınması ve seçilen AE kırınımları üzerinde kesme parametrelerinin etkileri üzerinde çalışılmasını kapsar. İlk yapılan analizin bilgisiyle yanlış yorumlanmayan yanal yüzey aşınması için kesme parametrelerinin etkileri olumlu olabilir. Farklı kesme hızlarında yanal yüzey aşınması ve kesme kuvvetlerinden elde edilen grafiklerin yorumlanması yanal yüzey aşınması ile AE modunun vazgeçilmez bir bağıntısı olduğunu gösterir. Bu pekiyi olmayan bağıntı kesme kuvvetlerini anlamayı sağlar. Kesme kuvvetlerinin eğimi lineer olan AE modu ile karşılaştırıldığında önemli bir şekilde daha küçüktür. Bu durum AE modunda aşırı derecede hassas olan yanal yüzey aşınmasını açıklar. Böylece AE sinyallerinden çıkarım yapılması zor olan bilgiler anlaşılabilir.

Moriwaki ve Tobito [12], AE ölçümleri esas alınarak kaplamalı kesici takım ömrünü tahmin etmek için bir sunmuştur. Kaplamalı kesici takım ömrünü tahmin etmek için tasarlanan bu metodun belli başlı kuralları arasında takım aşınması uygulaması boyunca takım ömrünü tanımlamak için belirlenen AE sinyalleri görüntülenebilir ve kesici takım malzemesi alt tabakasındaki katmanlardan değiştirilir. Deneysel düzenek hazırlanır ve deneyler gerçekleştirilir. AE ve kesici takım aşınması yüzey pürüzlülüğü ile birlikte ölçülür. Tipik olarak AE RMS değerleri, AE ve aşınma değerlerini kaydetmek ve karşılaştırma yapabilmek için aynı ölçekte grafiğe dökülür. Sunulan verilerin yorumu takım aşınmasında aşınma uygulamasıyla artarak AE RMS genliğinin karşılaştırılması gösterilir. Bundan başka istatistiksel kırımları sağlamak için bir analiz gerçekleştirilir ve tamamlanan kesme çevriminde çeşitli notlar alınır. Takım aşınmasının hassaslığındaki farklılık açıktır. Takım ömrünün son aşamasında en büyük genliğe sahiptir. Kaydedilmiş veriler kabul edilmiş sistem örneğinin bir uygulamasıdır ve bu uygulama da çok mantıklıdır. Kesici takım üzerinde özel bir şekilde işlem görmüş kaplamadan yayılan AE ölçülerek oluşacak takım ömrü tahmin edilmesi ve tanımlaması uygundur. Bu uygulamanın tek dezavantajı kaplamalı kesici takım uçların özel olmasıdır.

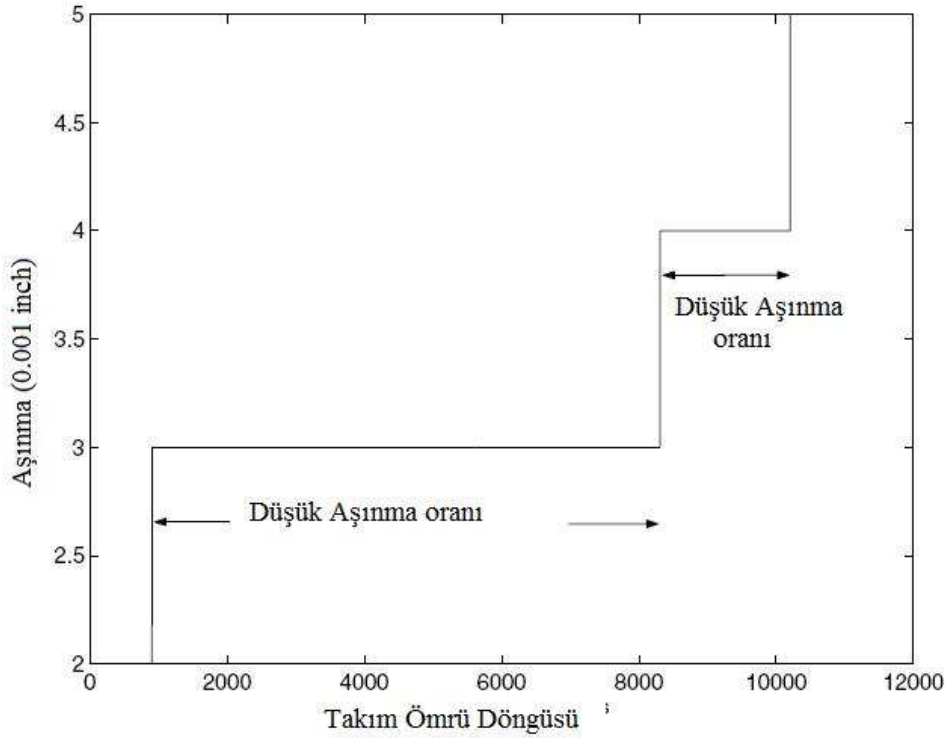
Roget [13], Kesici takımın durumunu önceden tahmin edebilmek için kesme operasyonlarında AE sinyallerini kullanarak işleme deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deneyler özel ve sınırlandırılmış durumlar altında başarılı bir şekilde sonuçlandırılmıştır. Özel yapım AE sensörleri kullanarak normal tanecikli ve alaşımlı çeliklerle tornalama ve frezeleme yapılmıştır. AE'nin benzer parametreleri kaydedilmiştir. Bir sonraki aşamada kaydedilmiş verilerden istatistiksel kırımlardan farklı olarak eğiklik ve basıklık seçilir. Kaydedilen AE ve ölçülen yanal yüzey aşınması karşılaştırması yapılır.

Aşınma zaman ve AE zaman notları üzerinde karakteristik üç ayrı aşama tarif edilerek önemli benzerlikler gösterilir. Kesmede takımın kullanılmasından dolayı oluşan aşınmalarda başlangıçta bir artma söz konusudur.

S. Varma ve J.S. Baras [14], yaptıkları çalışmaya göre ses ile takım aşınması arasındaki ilişki açıklayabilmenin iki yolu olduğunu ileri sürmüşlerdir.

- Farklı seslerdeki farklı aşınma seviyeleri
- Farklı seslerin yarattığı farklı aşınma hızları

Burada iki olay arasındaki temel farklılık incelenmiştir. Farklı aşınma seviyelerinin ses üzerinde yarattığı etki kesici takım geçmişiyle alakalıdır. Özel bir aşınma seviyesine ulaşmak için hangi takım yolu kullanılırsa kullanılsın ses üzerine yapılan etki her zaman aynıdır. Bu nedenle ses ile aşınma arasında bir ilişki var ise takım aşınmasını ses ile tahmin etmek mümkündür. Bu iş için hafızası olmayan bir sınıflandırıcı yeterli olacaktır. İkinci ilişki ise bulması çok zordur. Çatlama gibi olaylar kesici takım üzerinde ani aşınma hızları oluşturur ve dolayısıyla ani ses oluştururlar. Sabit aşınma seviyelerinde oluşan sesin büyük değişikliklere uğraması mümkün olması ani takım aşınma hızlarının değişimini gösteren bir işarettir. Başlangıçtaki sınıflandırıcı sadece takım aşınma seviyesini elde etmek için kullanılmıştır. Bu modelin sınıflandırma performansı aynı zamanda aşınma hızı bilgisi sağlamak amacıyla performans içindeki gelişimleri ölçmek için temel verilere ters bir şekilde kullanılır. Bu model aynı zamanda aşınma hızlarını ayırt etmek için kullanılır. Akustik sürüm 0,5''(parmak) titanyum kaplamalı kesici bağlanmış freze tezgahı üzerindeki iş mili üzerine monte edilmiş bir hızölçer ile ölçülmüştür. Ön deneylerde 5 kesici takımda toplam 12 ölçüm verisi elde edilmiş. Asıl deneylerde ise farklı grupta 8 kesici takımdan toplam 13 ölçüm verisi elde edilmiştir. Aşınma ölçümler 1 inch'in 1 ile 5 katı arasında değişiklik gösterir. Takımın her devrinde işlenmemiş veri karelere bölünür. 0–24 kHz arasındaki en büyük kareye denk gelen frekans bir daha 100 kareye bölünür. Yukarıdaki amaçlarla yapılan deney sonucunda; Şekil 2.3 takım aşınması ölçümleri neticesinde incelenen takımın En Büyük muhtemel aşınma seviyesi dizisini gösterir.



Şekil 2. 3. Takım aşınması ölçümleri neticesinde incelenen takımın en büyük muhtemel aşınma seviyesi[14].

Aşınma seviyesi bilgisini kullanarak sınıflandırma ile karşılaştırma yapılarak aşınma seviyesi ve aşınma hızını birleştiren sınıflandırıcı performansını gösterir. En önemli gelişme ise model içerisinde takım aşınması hızının birleştiği zamanı elde etmektir. Günümüzdeki işler ise farklı kesici takım geometrileri ve iş malzemeleri ile ilgili bu yöntemlerle araştırmaktır.

J. Hua ve arkadaşları [15], yaptıkları deneysel çalışmada pahlı ve uç radyüsüne sahip kesici uç kullanarak rulman çeliğinin kaba tornalanması esnasında meydana gelen kalıcı gerilmeler üzerinde ilerleme hızı, iş parçası sertliği ve kesici kenarın etkisini araştırmışlardır. Deneylerde 20° paha sahip ve 0,2 mm uç radyüsüne sahip PCBN kesici uçları kullanmışlardır. İş parçası dış çapı 129 mm, iç çapı 86 mm AISI 52100 rulman çeliği olup, sertliği 53 ve 63 Rockwell C sertlik değerleri arasındadır. Kesme hızı sabit (120 m/dk), ilerleme hızı 0,28 ve 0,56 mm/devir olmak üzere iki tip, kesme derinliği 0,36 ve 0,72 mm'dir.

İşlenmiş yüzeyin eksenel ve çevresel yönünde oluşan basınçlı kalıntı gerilmeler daha yüksek ilerleme hızı seçilerek elde edilir. Bunun sonucunda kesme kuvveti önemli bir biçimde artar. Uç radyüsü değerinin artması, yüzeydeki kalıntı gerilmelerin artmasına ve aynı zamanda takım sıcaklığının yükselmesine sebep olur. Pahın etkisi, uç radyüsün etkisiyle eşdeğerdir. Yüksek sertliklere tavllanmış iş parçası üzerinde aynı kesme parametreleri kullanılarak yapılan deneylerde daha büyük kalıntı gerilmelerin oluştuğu görülmüştür.

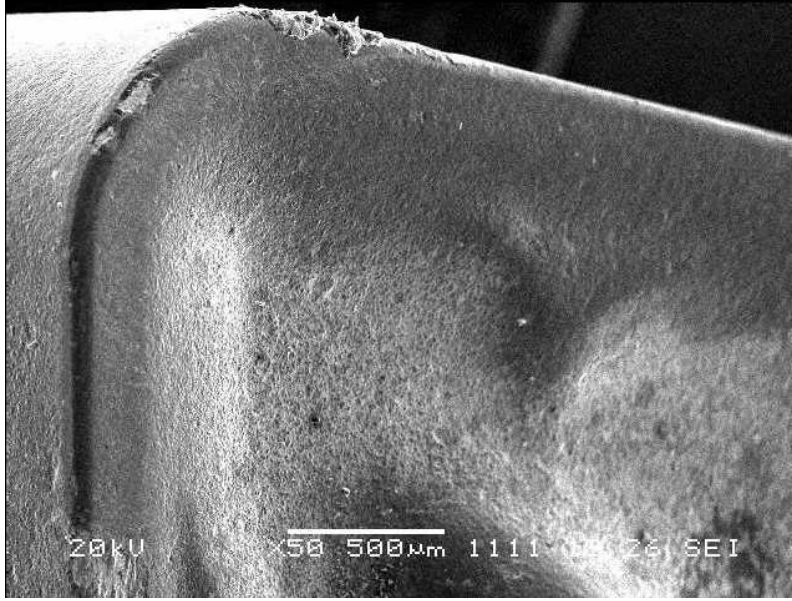
Nagatomi [16], ortagonal kesme testleri ile şerit testere tezgahında kesme seslerini ölçmüşlerdir. Kesme testlerini, altı farklı kesme derinliğinde (0,025-0,5 mm), üç tane farklı sertlikte kesici takım kullanarak ve kesme hızını 1 m/sn' de tutarak yapmışlardır. Kesme seslerini 70 KHz'e kadar olan frekans diziminde ölçerek sonuçları şöyle özetlemişlerdir.

- Kesme sesinin temel frekansı her bir talaş yüzeyi ve kesme hızlarına göre hesaplanır. Bu yüzden sesin temel frekansı, ağacın kesilmesinde meydana gelen kesme mukavemetine bağlı olarak değişmektedir.
- Kesme sesinin frekans karakteristikleri, takım sertliğinden ve kesme derinliğinden etkilenir. Talaş formasyonundaki değişiklikler sistemin doğal frekansını etkilemektedir.
- Düşük frekans aralığının (0-20 KHz) ses basınç seviyesi, küçük derinliklerdeki kesmede kesici takımın aşınmasının artmasıyla azalır. Kesme sesinin karakteristik frekansı talaş formasyonun durumuyla ilgilidir.

Nagotami [16], ortagonal kesmedeki, kesme sesleri ve çeşitleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. 90-0 , 0-90 ve 90-90 kesme yönlerinde , kesme seslerinde ve ölçülen kesme sistemi titreşimlerinde yaptıkları kesme testlerini, kesme derinliği (0,05-0,3 mm) ve altı kesme açısı (30-80 derece) üzerine kurmuşlardır.

Düşük frekans değerlerinde (0-6 KHz arası) kesme hızı, kesme sistemi titreşimini çok etkilemiştir. Hem de bu frekanslar arasında, kesme seslerinin frekans karakteri, kesme sistemi titreşim frekans karakteri ile uyuşmuştur. (90-0 kesmede çatlak talaş oluşumu hariç) 20-100 KHz arasındaki ultra ses dizimindeki kesme sesleri, bir ses kaynağı olarak kesme sistemi titreşiminden etkilenmişlerdir. Çünkü ses basınç seviyesindeki artış, düşük frekanstaki kesme seslerinden farklıdır. Kesme seslerinin gücüne göre (90-0 arası) talaş tipleri farklılık göstermiştir. Kesme hızlarından, talaş bilgilerini tanımanın mümkün olduğu görülmüştür. 0-90 ve 90-90 arası kesmelerde çıkan talaş tiplerini ayırt etmenin ise zor olduğu görülmüştür.

İ.Çiftçi [17], yaptığı bu deneysel çalışmada, AISI 304 kalite ostenitik paslanmaz çelik malzeme üzerinde tornalama yöntemiyle işlenebilirlik deneyleri yapılmıştır. Kesici takım olarak, çok katlı kaplanmış sementit karbür bir takım kullanılmıştır. Deneyler, soğutma sıvısı kullanılmadan dört farklı kesme hızında (120, 150, 180 ve 210 m/dk) ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutularak yapılmıştır. Deneyler esnasında kesme kuvvetleri ve işlenmiş yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) ölçülmüştür. Aşınmış kesici takımlar tarama elektron mikroskopunda (SEM) incelenerek aşınma biçimleri ve mekanizmaları belirlenmeye çalışılmıştır. (Resim 2.1) Artan kesme hızı ile belirli bir değere kadar yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvveti azalmıştır ancak bu belirli değerden sonra artış görülmüştür.



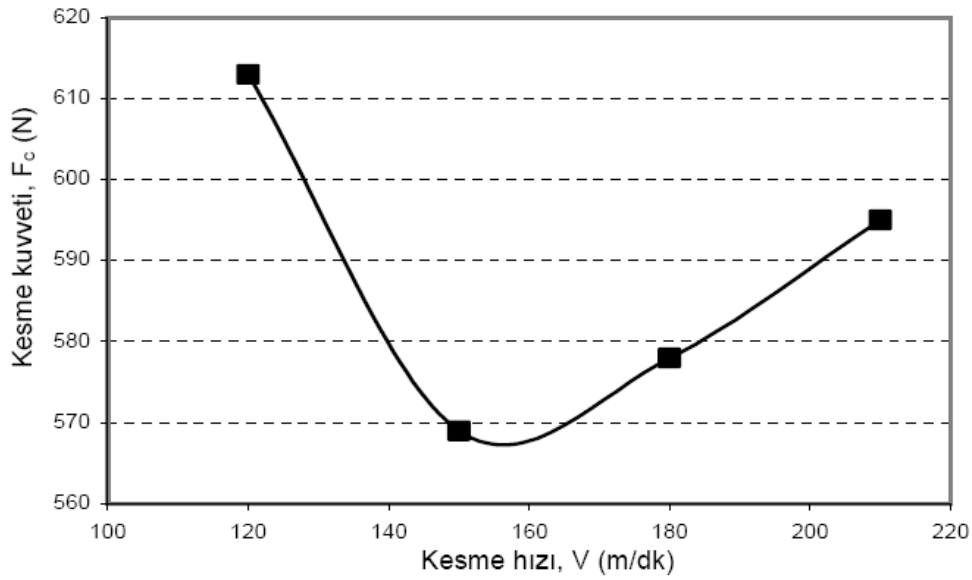
Resim 2. 1. Aşınan bölgelerden daha büyük bir büyütmede elde edilen SEM Fotoğrafı[17].

SEM incelemelerinden aşınmanın kesici takım üzerinde genellikle üç bölgede küçük kırılmalar şeklinde (chipping) olduğu görülmüştür. Bu bölgeler; a) kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge b) kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve c) burun bölgesidir. Gerçekleşen aşınmaların kesici takım üzerinde oluşan yığıntı talaş (BUE) ile ilişkili olduğu tahmin edilmiştir ve 180 m/dk'ya kadar artan kesme hızıyla azalmıştır. Sementit karbür kesici takımlar kullanılarak AISI 304 ostenitik paslanmaz çelik üzerinde tornalama deneyleri yapılan bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir:

TiCN/TiC/Al₂O₃ kaplanmış sementit karbür kesici takımda aşınmalar esas olarak üç bölgede gerçekleşmiştir. Kesici takımın işlenmemiş iş parçası yüzeyi ile temasta olduğu bölge, kesici takımın yeni oluşan iş parçası yüzeyi ile teması kestiği bölge ve burun bölgesi esas olarak aşınmanın gerçekleştiği bölgelerdir. Gerçekleşen aşınmalar küçük kırılmalar (chipping) şeklindedir. Bu kırılmalar, kesici takımda BUE oluşumu ve oluşan BUE'nin de işleme esnasında kopmasıyla ilişkilendirilmiştir. Kesme hızının artmasıyla belirli bir kesme hızı değerine kadar gerçekleşen aşınmalar azalmıştır.

Artan kesme hızıyla kesici takım aşınmasının azalması, yüksek kesme hızlarında artan sıcaklık nedeniyle daha az BUE oluşma eğilimi ve kesici takıma daha az adhesiv kuvvet iletilmesi ile açıklanmıştır.

İşlenmiş yüzeylerin pürüzlülük değerlerinin (R_a) ve kesme kuvvetlerinin kesme hızı ile değişimi de aşınmaya benzer bir davranış sergilemiştir. Artan kesme hızı ile her iki değer de belirli bir kesme hızına kadar azalmış ancak daha sonra kesme hızının artması ile artmıştır.



Şekil 2. 4. Kesme hızı kesme kuvveti grafiği[17].

A. Taşlıyan, M. Acarer, U. Şeker, H. Gökkaya ve B. Demir [18], yaptıkları bu çalışmada, kesme parametrelerinden kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğinin esas kesme kuvveti üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, nikel esaslı Inconel 718 süper alaşımı; 1,2 mm uç radyüsüne sahip seramik kesici takımla bilgisayarlı sayısal denetimli (BSD) torna tezgahında, soğutma sıvısı kullanılmadan işlenmiştir. Kesme parametreleri olarak beş farklı kesme hızı (225, 300, 350, 400, 500 m/dk) ve beş farklı ilerleme hızı (0,05, 0,075, 0,1, 0,125, 0,15 mm/dev) ile iki farklı kesme derinliği (1 mm, 2 mm) değerleri kullanılmıştır.

Yapılan deneylerde kesme hızı, ilerleme hızı ve kesme derinliğine bağlı olarak en düşük esas kesme kuvveti 500 m/dk kesme hızı, 0,05 mm/dev ilerleme hızı ve 1 mm kesme derinliğinde (A-1-V) 192 N, en yüksek esas kesme kuvveti ise 225 m/dk kesme hızı, 0,15 mm/dev ilerleme hızı ve 2 mm kesme derinliğinde (B-5-I) 780 N elde edilmiştir. Seramik kesici takımlar çelik malzemeleri işlemede yüksek kesme hızlarında kullanıldığı zaman iyi bir performans gösterebilmektedir. Bu çalışmada, seramik kesici takımlar iş parçası olarak Inconel 718 süper alaşım malzemesi kullanılması nedeniyle yüksek kesme hızlarında istenilen performansı göstermemiştir. Tespit edilen sınırlar içerisinde deneme bulgularına göre elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Inconel 718 süper alaşımın yüksek kesme hızlarında işlenmesinde yüksek kesme hızları kesici takım üzerinde serbest kenar ve çentik aşınma oluşumuna yol açmıştır ve bu serbest kenar ve çentik aşınması, esas kesme kuvvetini olumsuz yönde etkilemiştir. Kesme hızı ile esas kesme kuvveti arasında azalan artan bir ilişki vardır. Kesme hızı miktarının (225 m/dk) % 78 artırılmasıyla (400 m/dk) esas kesme kuvveti değerinde % 8 düşüş, kesme hızı miktarının (400 m/dk) % 25 artırılmasıyla (500 m/dk) ise esas kesme kuvveti değerinde % 4,2 artış elde edilmiştir. En düşük esas kesme kuvveti 400 m/dk kesme hızında elde edilmiştir.

İlerleme hızı ile esas kesme kuvveti arasında artan bir ilişki vardır. İlerleme hızı değerini (0,05 mm/dev) % 200 artırılmasıyla (0,15 mm/dev) esas kesme kuvveti değerinde % 107 artış elde edilmiştir. En düşük esas kesme kuvveti 0,05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.

Y. Işık, M. C. Çakır [19], Takım aşınmasına bağlı olarak kesme kuvvetlerinde görülen artışların deneysel olarak incelenmesi amacıyla geliştirilen modelde dinamometre, yükselteç, A/D dönüştürücü ve PC kullanmıştır. Hazırlanan yazılım ile F_s , F_r ve F_v kuvvetlerindeki değişimleri takım ömrü süresince gözlemlemek mümkün olmuştur. Elde edilen veriler geliştirilen bir yazılım yardımıyla değerlendirilmiş ve kesme kuvveti (F_s) bileşenindeki değişimler grafik çıktılar yardımıyla incelenmiştir.

Çizelge 2. 2. Farklı gereçlerde kesme kuvvetleri ve takım ömrü ilişkileri[19].

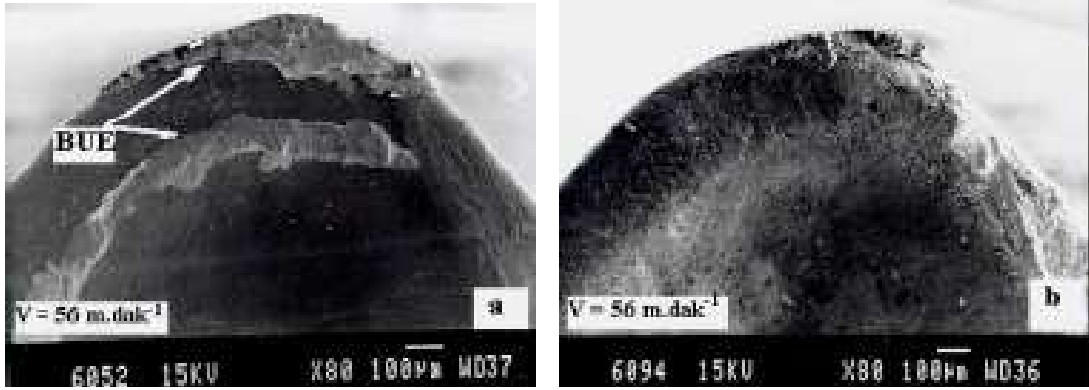
Deney No	Kesme hızı (V) (m/dak.)	İlerleme (f) (mm/dev.)	Kesme Kuvvetleri		Talaş Derinliği (a) (mm)	Takım Ömrü (dak.)	Aşınma miktarı (Vb) (mm)
			Yeni Takım (daN)	Aşınmış Takım (daN)			
01	123	0,12	17	23	0,3	1,15	0,40
02	85	0,10	10	16	0,25	13,50	0,55
03	58	0,06	27	40	0,85	5,00	0,50
04	57	0,08	25	40	0,5	7,20	0,60
05	54	0,16	20	29	0,35	6,00	0,40
06	50	0,20	45	60	0,50	3,00	Kırıldı
07	38	0,04	15	21	0,25	57,00	0,20
08	37	0,12	33	47	0,75	19,00	0,35

Deneyler ile elde edilen verilerin analizinden elde edilen sonuçlar şöyle açıklanabilir. Kesme kuvvetleri takım ömrünün belirlenmesinde kullanılabilir bir parametredir. Kesme hızındaki değişim kesme kuvveti bileşenlerini değiştirmemekte, ancak ilerlemelerdeki artışa göre kesme kuvvetleri artış göstermektedir. Takım aşınması ile kesme kuvvetleri arasında direkt bir ilişki bulunmaktadır. Takım ömrü süresince kesme kuvvetleri takım aşınma miktarına bağlı olarak artmakta ve takım ömrünü tamamladığı anda en yüksek değerine ulaşmaktadır. Takım ömrü iki farklı şekilde sona ermektedir. Takım kırılması sonucu takım ucundan parça kopması ile ömrün tamamlanması durumunda kırılma öncesi kesme kuvvetlerinde önemli oranlarda artışlar olmakta ve takım kırıldıktan sonra kuvvetler de ani düşüşler gözlemlenmektedir. Bunun nedeni kırılma anında iş parçası ile takım arasında sürtünme oranının artması, takım kırıldıktan sonra ise bir boşluk oluşmasıdır.

Takım aşınmasının üretimin devamı yönünden kabul edilemez sınırlara ulaşması durumunda üretilen parça çapında artışlar gözlemlenmekte, kesme kuvvetlerinin belirli bir oranda artmasından sonra lineer olarak azalması takım ömrünün aşınma sonucu ömrünü tamamladığının büyük bir olasılıkla kaldırılan talaş hacminin azaldığının göstergesidir. Yapılan deneylerde kesici takımda yan yüzey (VB) aşınmasının etkili olduğu görülmüştür. Krater aşınmasına rastlanmamıştır.

A. Güral, M. Erdoğan, U. Şeker ve İ. Korkut [20], yaptıkları bu çalışmada, başlangıç mikro yapısı ferrit + perlitten oluşan AISI 8620 çeliği ve bu çelikten üretilen farklı martensit hacim oranına (MHO) sahip çift fazlı çeliklerin farklı kesme hızlarında aşınma ve built-up edge (BUE) oluşturma eğilimleri ve bu eğilimlerin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkileri incelenmiştir. Çift fazlı numunelerde, BUE oluşturma eğiliminin MHO arttıkça azaldığı gözlenmiştir. Bu eğilim kesme hızı arttıkça daha belirgin hale gelmiştir. Ancak MHO fazla olan çift fazlı numunelerin işlenmesinde kullanılan kesici uçlarda yüksek kesme hızlarında çentiklenme tipi aşınma eğilimi gözlenmiştir.

Çift fazlı numunelerde BUE oluşturma eğilimi, ferrit + perlit mikro yapıları numunelere göre önemli oranda daha az çıkmıştır. BUE oluşturma eğilimi ile yüzey kalitesi arasında yakın bir ilişki gözlenmiştir. BUE oluşturma eğiliminin azalması ile yüzey kalitesi iyileşmiştir. Çift fazlı numunelerdeki bu iyileşmenin nedeninin sıcaklıklarda östenitin martensite dönüşümü sonucu oluşan kalıntı gerilimler olabileceği düşünülmüştür. Kesme kuvvetleri, BUE oluşturma eğilimi ve kesme hızı arttıkça azalmıştır.



Resim 2. 2. 56 m/dk kesme hızında kullanılmış kesici uçlar; (a) α + % 25 Perlit, (b) α + % 25 M [20].

Ferrit + % 25 perlit (α + % 25 P) mikro yapıları çelikler ve α + % 25 martensit (M) (% 25 martensit içeren) çift fazlı çelik numunelerin düşük kesme hızında işlenmesinde kullanılan kesici uçlarda BUE (built-up edge) oluşturma eğilimi gözlenmiştir.

Hacim oranı yüksek olan ($\sim\%$ 45) çift fazlı çelik numunelerinde hemen hemen hiç pürüzlülüğünü artırmaktadır. BUE oluşma eğilimi kesme hızı artarken azalmaktadır. Yüksek kesme hızlarında $\alpha + \% 25$ M mikro yapılı çift fazlı numunenin işlenmesi sırasında talaş kökünde BUE yerine FL (flow layer; akma katmanı) gözlenmiş ve bunun da kesme kuvvetlerini düşürdüğü düşünülmektedir. $\alpha + \% 45$ M mikro yapılı çift fazlı numunenin 110 m/dk'lık kesme hızında kullanılan kesici uçta gözlenen aşınma eğilimi yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilemektedir.

S. Yeşilyurt [16], yaptığı deneysel çalışmada AISI 304 östenitik paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kullanılacak en uygun kesme parametrelerinin işleme sesine dayalı olarak belirlenmesi amaçlamıştır. Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde en uygun kesme parametrelerini belirleyebilmek için, 200 mm boyunda ve 30 mm çapında hazırlanan deney numuneleri CNC tipi torna tezgahında 120 m/dk, 135 m/dk, 150 m/dk, 165 m/dk, 180 m/dk kesme hızları ve 0,2 mm/dev, 0,25 mm/dev, 0,30 mm/dev ilerleme hızlarında işlenerek 150 mm boydan 2,5 mm derinliğinde 3 paso talaş kaldırılmıştır.

Deneyler esnasında işleme sesleri mikrofona aracılığıyla bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Kullanılan kesicilerde oluşan yığılma kenar ve yanak aşınmaları, oluşan talaşların formasyonları, işlenen numunelerin yüzey pürüzlülükleri ve kesme kuvvetleri incelenerek en uygun kesme hızı ve ilerleme değeri belirlenmiştir. Daha sonra bulunan Öncelikli kesme parametreleri ile işleme seslerinin basınç düzeyleri karşılaştırılarak en uygun kesme parametrelerinin işleme sesinin analiz edilmesiyle de belirlenebileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak; işleme seslerinin analiz edilmesiyle, Öncelikli kesme parametreleri 165 m/dk kesme hızı ve 0,25 mm/dev ilerleme hızı bulunmuştur.

Yapılan literatür çalışması göz önüne alındığında kesme parametrelerin takım aşınmasına olan etkisinin deneysel olarak incelendiği görülmüştür. Bu çalışmada ise takım aşınmasının kesme kuvveti ve işleme sesine etkisi araştırılmıştır. Literatür incelendiğinde yapılan bu çalışmanın benzerine rastlanmamıştır. Bu açıdan yenilikçi ve güncel bir çalışma olduğu görülmektedir.

3. İŞLENEBİLİRLİK

3.1. Takım Malzemeleri ve Genel Özellikleri

Pratikte en çok kullanılan takımlar yüksek hız çelikleri (HSS), kobaltla zenginleştirilmiş yüksek hız çelikleri (HSS-Co), sinterlenmiş tungsten karbür (WC), seramikler, çok kristalli kübik borun nitrür (PCBN), çok kristalli elmas (PCD) ve tek kristalli elmadır. Bu takımların özellikleri çok geniş bir aralıkta değişmektedir. Çizelge 3.1’ de Takım malzemelerinin özellikleri, her bir sütundaki özellik yukarıdan aşağıya doğru azalacak şekilde sıralanmıştır. Şekil 3.1’de ise değişik takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir [21].

Çizelge 3. 1. Takım malzemelerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması [21]

Mikro-Sertlik	Kırılma Tokluğu	Elastiklik Modülü	Kayma Modülü	Isıl İletkenlik	Özgül Isı	Isıl Yumuşama	Kimyasal Kararlılık
A	D	A	D	A	G	A	G
B	J	B	A	B	E	B	J
C	H	D	F	D	I	G	H
D	F	G	C	E	C	D	F
E	E	C	E	F	F	-	E
F	G	J	H	C	H	-	D
G	C	F	G	I	-	-	-
H	I	E	B	G	-	-	-
I	-	I	I	H	-	-	-

A : Çok kristalli elmas (PCD)

B: Çok kristalli kübik borun nitrür (PCBN)

C : Al₂O₃+TiC

D : C2 Karbür

E : Si₃N₄ HIP

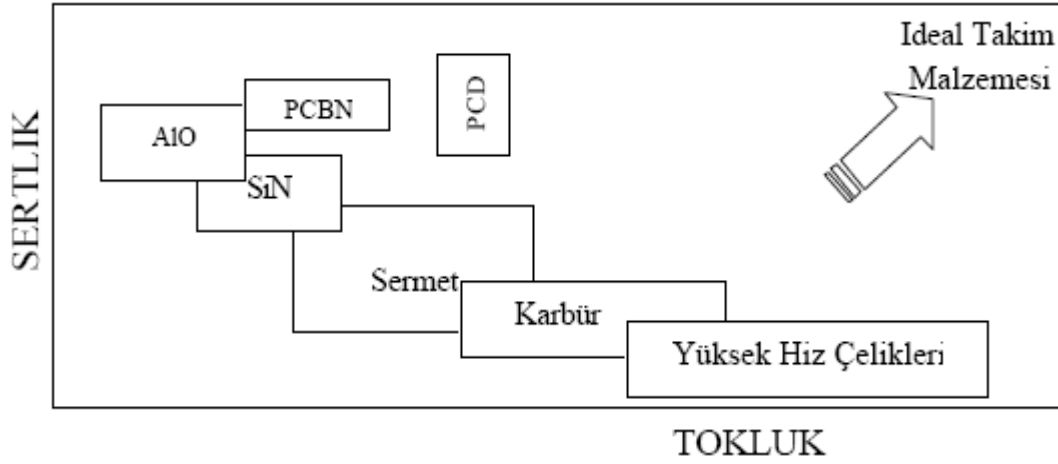
F : Sialon

G : Al₂O₃

H : ZrO₂

I : Si₃N₄ RB

J : SiCw-Al₂O₃



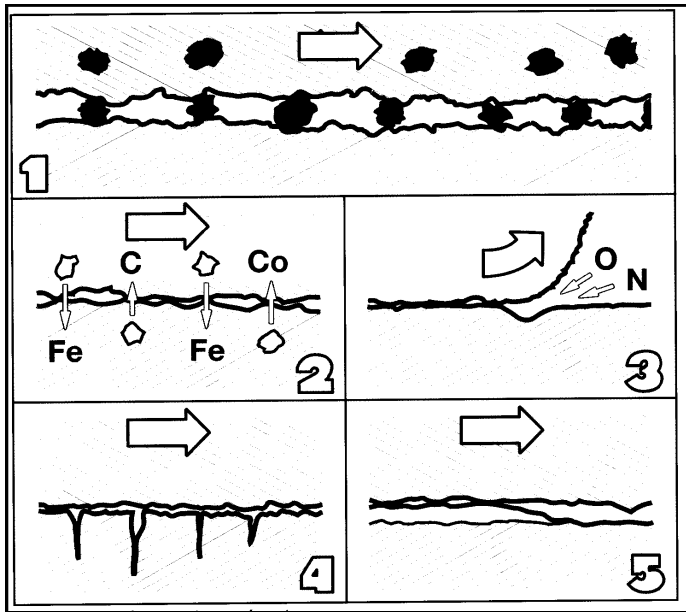
Şekil 3. 1. Takım malzemelerinin sertlik ve tokluk değerlerinin karşılaştırılması [21]

Çizelge 3.1 ve Şekil 3.1. incelendiğinde, istenilen tüm özellikleri aynı anda sağlayan takım malzemesinin olmadığı görülür. Bu nedenle belli kesme şartları altında en iyi çözümü veren takım malzemesi seçilerek kullanılır. Takımlar genel olarak talaş oluşumu sırasında meydana gelen yüksek sıcaklık ve yüksek gerilmelere dayanabilme özelliğinde olmalıdır. Öncelikli bir takım, aşağıda sıralanan özellikleri taşımalıdır;

- Yüksek sıcaklıklarda abrazyon aşınmaya karşı direnç için yüksek sertlik,
- Yüksek gerilme altında kesme kenarının deforme olmasını önlemek için yüksek bir deformasyon direnci,
- Özellikle kesintili talaş kaldırmada kırılma ve yığma kenar oluşumuna karşı yüksek kırılma tokluğu,
- Difüzyon, kimyasal ve oksidasyon aşınmasına karşı direnç için iş parçası malzemesiyle düşük kimyasal benzerliği, kimyasal kararlılık,
- Takım kenarı yakınlardaki sıcaklığın azaltılabilmesi için yüksek ısı iletkenlik,
- Özellikle kesintili talaş kaldırmada yüksek yorulma dayanımı,
- Kesintili talaş kaldırmada takım kırılmasını önlemek için yüksek ısı şok direnci,
- Boyutsal kararlılık için yüksek rijitlik, özellikle yumuşak, sünek malzemelerin işlenmesinde talaş birikmesi oluşumunu (Built-up Edge BUE) önlemek için uygun sürtünme özellikleri [21].

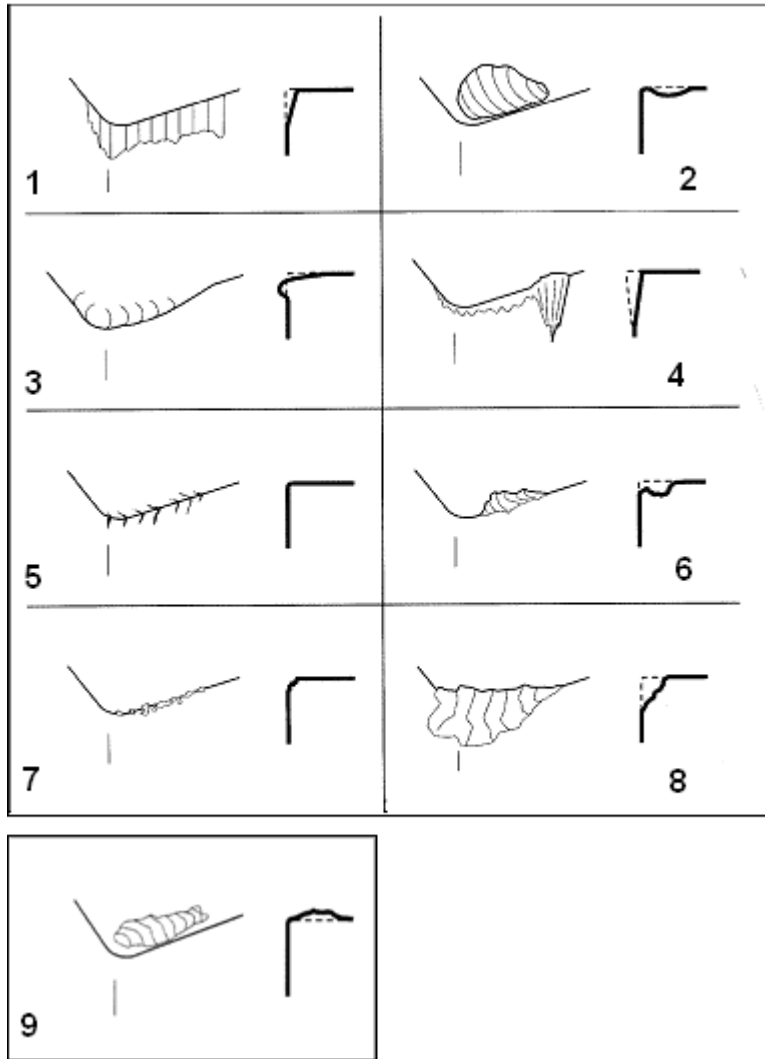
3.2. Aşınma Mekanizmaları ve Aşınma Tipleri

İşleme esnasında kesici kenar üzerine etkiyen temel yük faktörleri nedeniyle ortaya çıkan 5 farklı aşınma mekanizmasıyla talaş kaldırma operasyonlarında karşılaşılır. (Şekil 3.2). Bu şekilde (1) abraziv aşınma, (2) difüzyon aşınması, (3) oksidasyon aşınması, (4) yorulma aşınması (statik veya dinamik), (5) adheziv aşınma mekanizmaları olarak şematize edilmiştir [30].



Şekil 3. 2. Temel aşınma mekanizmaları [30]

Takım aşınması, takımın etkilendiği bölge veya aşınmayı meydana getiren fiziksel mekanizmaya göre sınıflandırılırlar. Sekil 3.3’de takımda meydana gelen aşınma tiplerinin sınıflandırılmasına ait şekil verilmiş olup, bunlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir [21].



Şekil 3. 3. Aşınma tiplerinin sınıflandırılması [30].

- 1- Serbest Yüzey Aşınması
- 2- Krater Aşınması
- 3- Plastik Deformasyon
- 4- Çentik (Notch) Aşınması
- 5- Isıl Çatlaklar
- 6- Mekanik Yorulma Çatlakları
- 7- Kesici Kenardan Parçacık Kopması (dökülme)
- 8- Kesici Takım Kırılması
- 9- Kenar Birikimleri (BUE) Oluşumu

3.2.1. Serbest yüzey aşınması

Abraziv tip bir aşınma mekanizmasından kaynaklanan ve kesici kenarın serbest yüzeyinde meydana gelen, en fazla karşılaşılan aşınma tipidir. Talaşın oluşumu sırasında ve sonrasında ana kesici kenar, yardımcı kesici kenar ve köşe radyüsü veya paralel kenar iş parçası ile temastadır. Serbest yüzey aşınmasında belirli bir değerin üzerine çıkmasıyla yüzey kalitesi kötüleşir, hassasiyet azalır, sürtünme artar, boşluk açısının azalması nedeniyle işlem esnasında ortaya çıkan ısı artar. Kaba işlemlerde aşırı serbest yüzey aşınması nedeniyle kesici ucun geometrisi değişir. Bu ise genellikle titreşimler, daha fazla güç tüketimi ve kesici kenarın kırılma riskidir. Serbest yüzey aşınmasının çok hızlı olması halinde kesme hızının kullanılan kesici uç kalitesine uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. İş parçası sertliğinin yüksek olması da bu hızlı aşınmaya bir sebep oluşturabilir. Daha yüksek aşınma direncine sahip bir kalitenin seçimi genellikle en iyi çözümdür [30].

3.2.2. Krater aşınması

Kesici takımın talaş yüzeyinde krater aşınması adı verilen krater şeklinde bir aşınma oluşur. Takımın talaş yüzeyi, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinde kaydığı yüzeydir. Genellikle krater aşınması takım ömrünü sınırlamaz. Gerçekten de krater oluşumu takım talaş açısının etkinliğini artırır ve böylece kesme kuvvetleri azalır. Fakat aşırı krater aşınması kesme kenarlarını zayıflatır ve bu durum takımın deformasyonuna veya kırılmasına yol açar. Buradan da anlaşılacağı gibi takım ömrünü kısalttığı ve takımın yeniden bilenmesini zorlaştırdığı için aşırı krater aşınmasından kaçınılmalıdır. Krater aşınmasının zamana göre değişimi, serbest yüzey aşınmasının zaman göre değişimi gibidir. Aşırı krater aşınması, difüzyon veya kimyasal aşınma mekanizmalarıyla meydana gelir. Krater aşınması, takım malzemelerinin kimyasal kararlılığının artırılması veya takımın talaş içinde çözünürlüğünün azaltılmasıyla minimize edilebilir [21].

3.2.3. Plastik deformasyon

Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları takım tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme hızlarında veya takım sertliğinin artan kesme hızı ve sıcaklıkla birlikte azaldığı yüksek kesme hızlarında oluşur. Kesme kenarındaki aşırı deformasyon boyutsal doğruluğun azalmasına, kötü bir yüzey kalitesine ve aşırı serbest yüzey aşınmasına veya takımın kırılmasına neden olur. Kesici kenarın bu şekilde deformasyona uğraması daha yüksek sıcaklıkların oluşumuna, geometri deformasyonuna ve talaş akışının değişimine neden olacaktır. Kenarın yuvarlatılması ve uygun kesici geometrisi bu tip aşınmanın önlenmesinde önemli rol oynar. Daha sert olan daha yüksek aşınma direncine sahip bir kalitenin seçimi veya işleme yönündeki deformasyon söz konusu ise kesme hızının ve serbest yüzeye doğru bir deformasyon varsa ilerlemenin azaltılması yine bu tip bir aşınmanın önüne geçecektir [30].

3.2.4. Çentik aşınması

Kaba yüzeylerin tormalanmasında kullanılan takımlarda, takım ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında takım yüzeyinde çentik aşınması meydana gelir. Çentiğin derinliği genellikle abrazyonun ve özellikle işlenen parçaların sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan abraziv talaşın (örneğin paslanmaz çelik ve nikel-bazlı süperalaşımlar) bir sonucudur [21].

Bu aşınma tipi genellikle kaba tormalama işlemlerinde kullanılan uçlarda karşılaşılan, takım ile işlenmemiş parça yüzeyi arasında veya talaşın serbest kenarı arasında ortaya çıkan bir aşınma türüdür. Talaş derinliğinde ortaya çıkan çentik genellikle abreziv aşınma mekanizmasından kaynaklanır [30].

3.2.5. Isıl çatlaklar

Bu çatlaklar, kesintili talaş kaldırmada takımın değişken yüklerle yüklenmesi veya talaş kaldırma sırasında yüksek takım-talaş sıcaklıkları nedeniyle oluşur. İki tip çatlak oluşur; özellikle bir soğutucu kullanıldığında değişken ısı yükleri altında kesme kenarlarına dik olarak oluşan çatlaklar ve değişken mekanik yükler nedeniyle kesme kenarlarına paralel olarak oluşan çatlaklar. Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur [21].

Özellikle frezelemede söz konusu olan sıcaklık değişimleri bu tip aşınmaya neden olur. Bu aşınma sonucunda kesici kenara dik çatlaklar meydana gelir (bazı durumlarda paralel çatlaklar da oluşabilir) ve takım malzemesi kenarda dışa doğru zorlanır [30].

3.2.6. Mekanik yorulma çatlakları

Bu çatlaklar kesme kuvvetlerindeki ani değişimler sonucunda ortaya çıkarlar. Mekanik yükün kendi başına çatlak oluşturacak büyüklükte olmamasına rağmen mekanik yükteki sürekli değişim çatlakla neden olur. Kesmenin başlangıcında kesme kuvvetinin büyüklüğü ve kuvvetin yönündeki değişimler kesici ucun mukavemetinden ve tokluğundan fazla ise bu tip bir aşınma gözlenir. Çatlaklar kesici kenara paraleldir. Çatlak oluşumu daha tok bir uç kalitesinin seçilmesi, kesme hızının azaltılması ve takımın parçaya giriş yönünün değiştirilmesi suretiyle en aza indirilebilir.

3.2.7. Kesici kenardan parçacık kopması (Dökülme)

Bu aşınma tipi kesici kenarın aşınmaktan çok kırılması nedeniyle oluşur. Kesici kenardan kopan küçük parçacıklar kesici kenarın kesme hattının bozulmasına neden olurlar. Yorulma esaslı bir aşınma tipidir.

Bu aşınma tipinde genellikle takıma etkiyen yükün sürekli olarak üst ve alt değerler arasında değişmesi nedeniyle bir yorulma oluşur ve bunun sonucunda takım malzemesi takım yüzeyinden kopar. Darbeli kesme işlemi bu tip aşınmanın en sık görülen nedenlerinden biridir [30].

Bazı uygulamalarda, kesici takımın tokluğunun düşük olduğu durumlarda (özellikle seramik takımlarda) veya iş parçası içerisinde sert ve aşındırıcı parçacıklar mevcutsa (metal matris kompozitler veya alüminyum-silisyum alaşımları gibi) yine bu tip aşınma gözlenir. Bu durumda ince işlemlerde kullanılan, aşınma direnci yüksek bir kesici uç kalitesinin kullanılması yarar sağlayacaktır [21].

3.2.8. Takım kırılması

Takım kırılması, takımın önemli bir parçasının veya kesme kenarlarının parçalanması anlamındadır. Bu tip hasarı önlemek için genel stratejiler; kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış takımlar kullanılması şeklindedir [21].

Başlangıçta oluşan kırılmaların beklenmedik bir anda, aniden ortaya çıkması ise takımlarda hatalı taşınmalarından dolayı oluşan çatlaklar veya zararlardan kaynaklanır. Bu durum genellikle kırılğan seramik ve sermet takımlarda görülür ve takımların taşınmasına kullanım öncesi ve sonrası özen gösterilerek ve takım tespitinde aşırı sıkma kuvvetlerinden kaçınarak önenebilir [30].

3.2.9. Kenar birikimleri (BUE) oluşumu

Genellikle, yumuşak malzemelerin (örneğin Al) düşük hızlarda işlenmesi durumunda oluşur. Ağız birikimi; işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışmasında, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmasıyla meydana gelir. Özellikle delmede ağız birikimi önemli bir problemdir. Ağız birikimi oluşumu, etkili kesme derinliğini (veya delik çapını) değiştirdiği, böylelikle kesme derinliğinin kararsız olmasına ve dolayısıyla kalitesiz bir işlenmiş yüzey meydana getirir.

Ağız birikimi oluşumu, pozitif talaş açılı takımlar kullanılarak, yüzey pürüzlülüğü çok az takımlar kullanılarak, yağlayıcılık özelliği arttırılmış soğutucular kullanılarak, yüksek basınçlı soğutucuyu direk talaş yüzeyine sevk ederek ve yüksek kesme hızları kullanılarak minimize edilebilir [21].

Önemli ölçüde sıcaklığa dolayısıyla kesme hızına bağlı bir aşınma tipidir. Takım yüzeyine kaynak olan malzemeden dolayı ortaya çıkan, takım yüzeyinden parçacık kopmasına neden olan yığma kenar istenmeyen bir durumdur. Yığma kenar oluşumuna iş parçası ve takım arasındaki afinite de etkide bulunur [30].

Aşınma tiplerine bağlı olarak Çizelge 3. 2 ve Çizelge 3. 3' de Aşınma mekanizmaları etkisini azaltmak için alınabilecek tedbirler tablo şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2. Aşınma mekanizmaları etkisini azaltmak için alınabilecek tedbirler[21].

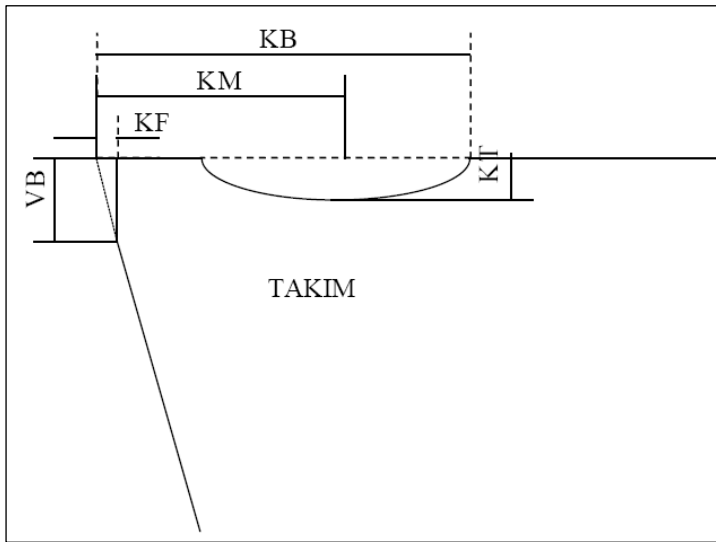
Aşınma	Mekanizma Tipi	Karakteristiği	Alınabilecek Tedbirler
Serbest yüzey aşınması	Abrazyon	Düzgün aşınma dağılma	Sert takım kullanmak
			Kaplanmış takım kullanmak
			Kesme sıvısını filtrelemek
			İş parçası mikroyapısı arttırmak
			İlerleme hızını azaltmak
Krater aşınması	Isıl yumuşama	Kalitesiz parça yüzeyi	Kesme hızını azaltmak
	Kenar deformasyonu	Deforme olmuş kenarlar	Daha tok bir kesici kullanılmak
	Hız çok düşük	Kalitesiz parça yüzeyi	İlerleme hızını arttırmak
Çentik aşınması	Difüzyon	Çok hızlı aşınma	Kesme hızını azaltmak
			Soğutucunun soğutma özelliğini arttırmak
			Soğutucunun basıncını ve hacmini arttırmak
			Talaş/Takım arayüzüne direk soğutucu sevk etmek
			Takımı ve kaplamayı yada soğutucuyu değiştirmek
Burun radyüsü aşınması	Abrazyon	Serbest yüzeylerde olur	İlerleme hızını arttırmak
			Değişik kesme derinliklerinde talaş kaldırma
			Sert takım kullanma
			Kama (dalma) açısını arttırmak
Kenar çatlaması	Oksidasyon	Renk değişimi	Soğutucuyu değiştirmek
			Kesme hızını azaltmak
			Takım malzemesi veya kaplamayı değiştirmek
BUE oluşumu	Adhezyon	Kalitesiz parça yüzeyi	İlerleme hızını azaltmak
			Sert takım kullanmak
			Burun yarıçapını arttırmak
Kenar çatlaması	Isıl yorulma	Kenara dik çatlak	Kesme hızını azaltmak
			Kuru talaş kaldırma yapmak
			Tok takım kullanmak
Kenar çatlaması	Mekanik yorulma	Kenara paralel çatlak	İlerleme hızını azaltmak
			Tok takım kullanmak
BUE oluşumu	Adhezyon	Kalitesiz parça yüzeyi	Kesme hızını arttırmak
			Talaş açısını arttırmak
			Soğutucunun yağlama özelliği

Çizelge 3.3. Farklı aşınma mekanizmaları etkisini azaltmak için alınabilecek tedbirler[21].

Aşınma	Mekanizma Tipi	Karakteristiği	Alınabilecek tedbirler
Kenar çentiklemesi	Abrazyon (sert bölgelerde)	Gürültü, çırpınma	Tok takım kullanmak
			Dayanıklı kenar oluşturmak
			İlerleme hızını azaltmak
	Titreşim		Sistem rijitliğini arttırmak
			Tok takım kullanmak
			Dayanıklı kenar oluşturmak
	Kesintili soğutma		Kesme derinliğini azaltmak
Adhezyon	BUE	Soğutucu miktarını arttırmak veya kuru işleme yapmak	
Talaş vurması	Düzensiz talaş akışı	Kenarlar dışında hasar	Kesme hızını arttırmak
Kaba çatlak	Aşırı yükleme	Hızlıca olur	Talaş akış doğrultunu-kama açısını veya takım burun yarıçapını değiştirmek
			Tok takım kullanmak
			Takım burun yarıçapını arttırmak
			Dayanıklı kenar oluşturmak
			İlerleme hızını azaltmak
	Titreşim	Gürültü, çırpınma	Kesme derinliğini azaltmak
			Sistem rijitliğini arttırmak
			Tok takımlar kullanmak
			Burun yarıçapını azaltmak
			Dayanıklı kenar kullanmak
Kenar deformasyonu	Aşırı ısı yumuşama	Hızlıca olur	Kesme derinliğini azaltmak
			İlerleme hızını azaltmak
			Sert takım kullanmak
			Kesem hızını azaltmak
			Soğutucu miktarını arttırmak
			Düşük sürtünme katsayılı takım kaplaması kullanmak

3.3. Aşınmanın Ölçülmesi ve Aşınma Verilerinin Değerlendirilmesi

Serbest yüzey ve krater aşınması en önemli aşınma tipleri olduğu için ve hemen hemen tüm talaşlı imalat yöntemlerinde serbest yüzey aşınması meydana geldiği için, takım aşınmasının izlenmesinde genellikle serbest yüzey aşınması ölçümü (V_B) kullanılır. Talaş yüzeyi üzerinde ise; krater genişliğinin takım ucuna olan En Büyük mesafesi KB , krater genişliğinin takım ucuna olan minimum mesafesi KF , En Büyük krater derinliği KT ve krater merkezinin takım ucuna olan mesafesi KM en çok ölçülen büyüklüklerdir. Takım üzerinde ölçülen bu büyüklükler Şekil 3.4’de gösterilmiştir.



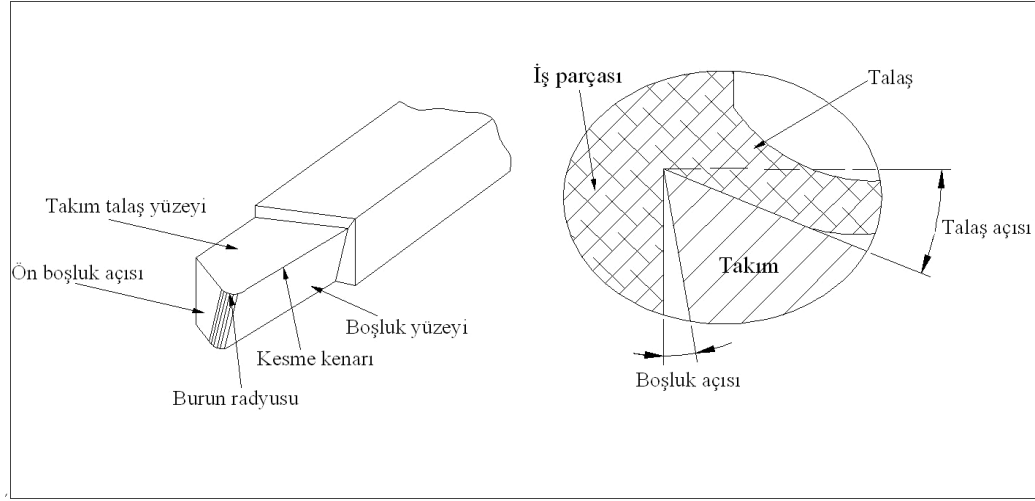
Şekil 3. 4. Takımda üzerinde ölçülen belli aşınma mesafeleri [21].

Takım aşınmasını izleme yöntemleri direk ve endirek yöntemler olmak üzere ikiye ayrılır. Aşınmanın direk izlenmesi yöntemlerinde, talaş kaldırma işlemi durdurularak takım üzerinde meydana gelen aşınma fiziksel olarak ölçülür. Endirek yöntemlerde ise talaş kaldırma işlemi kesintiye uğratılmadan, talaş kaldırmadan elde edilen değişik sinyaller (titreşim, gürültü, güç, kesme kuvveti, is mili hız değişimi, iş parçası boyutları değişiminin ölçümü gibi) kullanılarak takım aşınmasının durumu hakkında bilgi edinilir.

Endirek yöntemde talaş kaldırma işlemi durdurulmadığından direk yöntemde olduğu gibi bir üretim kaybı söz konusu değildir. Ancak takım aşınmasının izlenmesi için algılanan sinyaller üzerinde bozucu etkiler olduğu için, takım aşınmasının güvenilir bir şekilde izlenebilmesi konusunda sıkıntılar mevcuttur. Takım aşınmasının direk olarak ölçülmesi için mikroskopla takımın aşınmış yüzey büyüklüğünün ölçülmesi veya takımdaki ağırlık ölçümü ile aşınma nedeniyle meydana gelen hacimsel kayıp hesaplanabilir. Eş zamanlı (on-line) olarak takım aşınmasının izlendiği yöntemler olarak; optik, pnomatik, elektrik, yer değişimi ve kuvvet ölçümleri söylenebilir. Bu yöntemler içinde, kuvvet ve güç ölçüm yöntemi daha pratiktir. Tornalamada eksenel ve radyal kuvvetler, teğetsel kuvvetlere göre serbest yüzey aşınmasına göre daha duyarlıdır, bu nedenle eksenel veya radyal kuvvetlerin oranı teğetsel kuvvete göre takımın serbest yüzey aşınmasıyla daha güçlü ilişkilidir [21].

3.4. Tornalama İşlemlerinde Takım Geometrisi ve Kesici Takım Malzemeleri

Bir torna tezgahında kesici takım geometrisini oluşturan kısımlar Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Talaşın aktığı talaş yüzeyi talaş açısı olarak adlandırılır. Takım yan kenarı veya serbest yüzey ile talaş yüzeyinin kesişmesiyle kesici kenar oluşur. Yeni oluşan malzeme yüzeyine karşı talaş yüzeyinin sürtünmemesi için takım tasarımı böyle yapılır. Boşluk açısı, malzemeye bağlı olarak değişmekle beraber 5–10° arasında gerçekleştirilmektedir. Bu açı belirli takım malzemeleri, iş malzemeleri, kesme şartları için uygun değer kesme performansını elde etmek için ayarlanabilir. Talaş açısı iş parçasının dönme eksenine paralel bir doğrudan ölçülür. Pozitif talaş açısı, referans doğrusunun aşağı tarafındaki talaş yüzey kısmı olup, pozitif talaş açıları ise 30°’ye kadar verilebilmektedir. Daha küçük talaş açılı takımlar daha dayanıklı, fakat pek çok durumda 0 veya negatif talaş açılı takımlar kullanılmaktadır. 5 veya 6° negatif talaş açılı takımların talaş yüzeyleri arasındaki açı 90° olabilmekte olup bu bir avantaj sağlamaktadır. Takım uç boşluk yüzeyi yeni kesilen yüzeylere karşı sürtünmeden kaçınmak için verilen bir açıdır. Bu üç yüzeyin ara kesiti de takım burnu olup, keskin olabilir. Daha sık olarak takım serbest yüzeyi arasında bir buruna bir yuvarlatma yapılır [15].



Şekil 3. 5. Kesici takım terminolojisi ve takım geometrisi [15].

3.4.1. Yüksek hız çeliği (HSS)

Yüksek hız çeliği HSS, %5-%20 arasında tungsten içeren bir çelik alaşımdır. Özellikle küçük çaplı matkaplarda ve parmak freze çakıları için yaygın kesici takım malzemesidir. Sert olmasına rağmen HSS takımlar 650°C civarında sertliğini kaybeder. Bu özellikteki kesiciler, bilgisayar kontrollü tezgahlarda imalatla sınırlı kullanıma sahiptir. Fakat kaplamalı HSS kesici takım malzemelerindeki gelişmeler, takıma bir sertlik kazandırmıştır. İşlem performansı, sert kaplama teknikleri, geliştirilen sertleşme ve temperleme süresi ile artırılmıştır. Kimyasal süreç, sert metalik nitrürlü yüzey kaplama malzemesinin HSS yüzeyini kaplamasını sağlar. TiC, TiN, HFN kaplama yapılarak takım ömründe 2–6 kat artış sağlanmaktadır. En yaygın kullanılan çeşidi ise altın renkli TiN kaplamalardır [31-32].

3.4.2. Sinterlenmiş karbürler (C)

Sinterlenmiş karbürler, BSD'li tezgahlarda kullanılan en popüler kesici takım malzemesidir. Sinterlenmiş karbürlerin performansı, kullanılan ana malzemelerin sertliğinden gelir.

Tungsten (en popüler katkı maddesi), titanyum ve tantal karbürleri çok serttir. Ama çok kırılgandır ve HSS'ye nazaran sertlikleri de düşüktür. Yani saf ve işlenmiş şekilde kullanılamazlar. Karbürler toz halindedirler, kobalt gibi katkı maddeleri toz halinde ilave edilir. Daha sonra kalıplar içine yerleştirilir, istenilen şekil ve profilde kalıplanır [33].

Sinterleme, kalıplarda sıkıştırılan toz tanecikleri çok yüksek (1000°C 'yi geçmektedir) sıcaklığa maruz bırakılıp, gözeneksiz ve yoğun bir malzeme oluşmasıdır. Kobaltın diğer bir özelliği, yapının sertliğine katkı yapmaktan başka, karbür taneciklerinin yapışarak yapıyı oluşturmasını sağlamaktır. Bu oluşuma sementit karbür denilir. Toz metalürjisi tekniği, başka yolla mümkün olmayan tozlu maddelerden oluşan içeriklerin istenilen miktarda karışımın oluşumunu sağlar. Yüksek kesme hızlarına erişebildiği için sinterlenmiş karbürler kullanıldığından daha kaliteli yüzeyin elde edilmesi ve takımın üst yüzeyinde talaş yapışması ihtimali de düşer [34].

İnce dokulu olanlar, daha düşük tokluğu ve daha yüksek takım sertliğini sağlar. Yüksek sertlik daha iyi aşınma direncini, daha düşük takım tokluğunu ifade eder. En Büyük takım ömrü için daha düşük kobalt içerikli ve ince tane dokulu takımlar seçilmelidir. Bunlardan başka ana malzemesi kobalt ve tungsten olan takımlara, krater aşınma direncini arttırmak için TiC ve TaC katılmaktadır. Bunların çoğu çeliklerin işlenmesinde kullanılır [35].

3.4.3. Kaplamalı sinterlenmiş karbürler (GC)

Kaplamalı karbürlerin (GC) bulunması sonucunda tokluğun artmasıyla aşınma direncinin düşmesi gerektiği düşüncesi ortadan kalkmış ve değişik kalitelerde Öncelikli takım malzemelerine yakın malzemeler elde edilmiştir. İlk ortaya çıkmalarından itibaren kaplamalı karbür malzemelerde elde edilen iyileştirmeler sonucu bu malzemeler en fazla kullanılan takım malzemeleri haline gelmişlerdir. Bugün tornalama işlemlerinin %75'i, frezeleme işlemlerinin %40'dan fazlası kaplamalı karbür takımlar ile yapılmaktadır [36].

En belli başlı kaplama malzemeleri titanyum karbür (TiC), titanyum nitrür (TiN), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve titanyum karbonnitrür (TiCN)'dür. Titanyum karbür ve alüminyum oksit yüksek aşınma direnci sağlayan, kimyasal olarak başka malzemelerle reaksiyona girmeyen, takım ile talaş arasında kimyasal ve ısı kalkan oluşturan, çok sert malzemelerdir. TiN o derece sert malzeme olmamasına karşın kesici ucun yüzeylerine daha küçük sürtünme katsayısı ve daha iyi krater aşınma direnci sağlar. TiN'in altın sarısı bir rengi vardır. Titanyum karbür gri, alüminyum oksit ise şeffaftır [37].

Kobalt esaslı karbürli kesiciler, bünyesindeki sert karbürler dolayısıyla iyi aşınma direncine sahip olduğundan endüstride çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlardan düz WC-Co alaşımlı takımlarda iki esas değişken, kobalt içeriği ve WC'nin tane boyutu, takım performansına etki ettiği için dökme ve dövme demir gibi malzemelerin işlenmesinde kullanılır [15].

3.4.4. Sermetler (CT)

Sermet, sert partikül olarak tungsten karbür yerine titanyum karbür (TiC), titanyum karbonnitrür (TiCN) veya titanyum nitrür (TiN) gibi titanyum esaslı karbürlerin kullanıldığı sinterlenmiş karbürlerin genel adıdır. Sermet ismi SERamik Metal'den gelmektedir. Bunun nedeni metal bağlayıcı içerisindeki seramik parçalarıdır. Bir toz metalürjisi ürünü olan sermetlerin sinterlenmiş karbür ve tüm sert metallerin ortak adının sermet olduğu tartışılmakla beraber pratikte sermet tungsten karbüre değil titanyum karbüre dayalı sinterlenmiş karbürleri içeren bir malzeme grubudur [36].

Oldukça kırılgan bir takım malzemesi olmasına karşın, sermetler oldukça zor talaş kaldırma işlemlerinde daha iyi bir tokluk sağlamak amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu malzemeler sadece çeliklerde orta ince işlemlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş malzemeler olmayıp frezeleme işlemlerinde ve paslanmaz çeliklerin tornalanması işlemlerinde de kullanılmaktadır. Ağır koşulların söz konusu olduğu profil işleme işlemleri için sermet takımlar uygun değildir.

Sermet takımlar ortadan yükseğe değişen kesme hızlarında, orta ilerleme değerlerinde, takım ömrü ve yüzey kalitesinin ölçüt olarak kullanıldığı elverişli koşullarda, daha küçük işleme paylarının söz konusu kopya işlemlerinde daha avantajlıdır [15].

3.4.5. Seramikler (CC)

Seramik takımlar sert, yüksek sıcak sertliğe sahip, iş parçası malzemesi ile reaksiyona girmeyen takımlardır. Uzun takım ömrüne sahiptirler ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldırabilirler. Doğru uygulamalarda çok yüksek talaş debilerine erişebilirler. Seramiklerin belli başlı uygulama alanları; gri dökme demir, ısıl dirençli alaşımlar, sertleştirilmiş çelikler, sifero dökme demir ve bazı durumlarda çeliklerdir [32].

Seramik kesme takımı kullanılırken soğutucuya ihtiyaç yoktur. Seramik kullanarak, sert madenlere göre 2–3 kat daha fazla kesme hızları kolayca elde edilir. Daha iyi sağlıklı ve sertlik karakteristikleri gösteren karışık seramikler geliştirilmektedir. Buna bir örnek silisyum nitrür tabanlı “sialon”dur. Adı ana maddelerin sembollerinden oluşmuştur (SiN -Silisyum Nitrür ve Al_2O_3 -alüminyum Oksit). Seramik bileşenlerine göre üç gruba ayrılırlar. Bunlara: Saf alüminyum Oksidi (Al_2O_3), Sermet (Cermet = Ceramic + Metals) denilen ve Al_2O_3 ile Mo, Cr, Fe, Ni gibi metallerin karışımı ile oluşan WC, TiC gibi metal karbürlerin alaşımlarıdır. Seramiklerin ilk maliyeti karbürli takımlardan daha yüksektir. Diğer kesici takımlardan daha rijit ve güçlü tezgahlara gereksinim vardır. Bununla beraber, daha yüksek kesme hızları gereklidir. Bu ve benzer sebepler seramiklerin kesici takım malzemesi olarak kullanılmasına sınırlamalar getirmektedir [38].

3.4.6. Elmaslar (N)

Elmasın, endüstride kullanılan tabii ve yapay olmak üzere iki çeşidi bulunmaktadır. Doğal elmaslar, metallerin işlenmesinde yaygın olarak kullanılarak süper performans göstermektedir. Fakat yapay elmas bunların yerini çoğu yerlerde almaktadır.

Bu elmaslar işlenmesi zor olan malzemeleri işlemede mükemmel son bitirme yüzeyi meydana getirirler. Tabii elmasın yüksek maliyeti nedeniyle endüstride daha ucuz ve emniyetli yöntemler aranmaya başlanmıştır. 1954 yılında General Elektrik Şirketi tarafından dört yıl araştırma yapıldıktan sonra laboratuvar düzeyinde yapay elmas üretilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır [15].

Elmas, aşınma direnci çok iyi olan ve doğal olarak oluşan çok sert malzemelerdir. Isıya karşı dirençlidir ve çok az genleşir. Bu nedenle işleme sırasında toleranslara çok iyi uyar ve çok iyi yüzey kalitesi elde edilir. Hassas işleme ve yüzey operasyonlarında kullanılır. Demir cinsi parçaları işlerken, yüksek kesme sıcaklıklarındaki kimyasal reaksiyon, elmasın grafit şekline dönüşmesine sebep olur. Bu sebeple elmas kesme takımının kullanımı demir olmayan ve metalik olmayan malzemelerin işlenmesi ile sınırlıdır[35].

3.4.7. Kübik boron nitrür (CBN)

Kübik boron nitrür (CBN) yeni kullanılan kesici takım malzemelerindendir. Elmaştan sonra en sert malzemedir. Tungsten karbüründen iki misli daha serttir. Elmasa karşın, CBN dövme çelik, sertleştirilmiş çelik ve dökme demir, demir esaslı toz metaller, perlitik dökme demir ve ısıl dirençli alaşımların işlenmesinde kullanılabilen dengeli bir malzemedir. HSS dahil takım çelikleri CBN ile etkili şekilde işlenebilir ve kesintili kesme operasyonlarında yüksek şoka dayanabilir. Tipik olarak CBN, seramik malzemelere göre iki üç kat daha yüksek hız ve ilerlemede soğutma sıvısız kullanılabilir. CBN takım ucu şeklinde kullanılır. Sıkıştırılmalı tip takım tutucularda, tungsten karpit gövdeli ve negatif kesme açılı karakteristik gösteren takımlarda da kullanılır. Kesme takım malzemelerinden söz ederken düşünülmesi gereken sertlik ve aşınma direnci gibi faktörler değildir. Ayrıca kesintili kesmeye karşı koyabilmek kabiliyeti de önemli faktörlerdir. Düz, dik veya doğru işlenmiş bir parça elde etme, katı, esnemeyen kesiciye bağlıdır. Karbür çeliğe göre yaklaşık olarak iki ila üç misli daha dayanıklıdır [15].

3.4.8. Çok kristalli elmas (PCD)

Bilinen en sert malzeme doğal tek kristalli elmadır. Hemen hemen bu malzeme kadar sert malzeme ise sentetik çok kristalli elmadır (PCD). Çok yüksek sertliği ve çok yüksek aşınma direncine sahip olmasını sağlar ve bu özelliğinden dolayı taşlama işleminde kullanılan taşların üst yüzeyinde kullanılır. İnce elma kristallerinin yüksek basınç ve sıcaklık altında bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Herhangi bir yöndeki çatlak yayılmasının önüne geçebilmek için kristaller yapı içerisinde gelişigüzel dağılmışlardır. Bu durum sertliğin ve aşınma direncinin her yönde yüksek olmasını sağlar [37].

Ancak bu görünüşte mükemmel kesici takım kesme bölgesi sıcaklıklarının 600°C'yi aşmaması, demir esaslı ve yüksek çekme mukavemetine malzemeler için kullanılamamaları gibi zayıf yönler, PCD malzemelerinin talaşlı imalat işlemlerinin büyük bir çoğunlukla kullanılmamasına neden olur. Kullanım alanının sınırlı olmasına karşın, PCD yukarıdaki sınırlamaları içermeyen uygulamalarda, özellikle yüksek hassasiyet ve yüzey kalitesi gerektiren alüminyum, kompozitler, plastik, reçine, metalik olmayan malzemeler, bronz, pirinç, çinko alaşımları ve kurşun gibi malzemeler için mükemmel bir kesici takım malzemesidir [36].

PCD'nin çok kırılkan yapısından dolayı, PCD ile yapılan işlemler çok kararlı koşullar, rijit tezgah ve takımlar ve çok yüksek kesme hızları gerektirir. Soğutma sıvısı genellikle kullanılabilir. İnce ve yarı ince tornalama ve delik işleme tipik PCD işlemleridir. Alın frezeleme işleminde PCD uçlu takımlar kesici uç veya silici uç olarak kullanılabilirler. Düşük ilerlemeler, düşük kesme derinlikleri, darbeli talaş kaldırma işlemlerinden ve şoklardan kaçınılması son derece önemlidir [39].

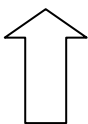
3.4.9. Kesici takım malzemelerinin sınıflandırılması

Bileşimlerine mikro yapılarına, fiziksel özelliklerine göre değil, kullanıcı ve üretici firmalar tarafından yapılan uygulama kod sistemine göre sınıflandırılır.

Dünyada kabul edilmiş ISO sınıflandırma sistemi iş parçası malzemelerini altı ana gruba ayırır. Bunlar; P, M, K, N, S, H harfleriyle bunu rakamlar izler. ISO sisteminde bütün işlenme dereceleri altı renkli kodlanmış seriye ayrılmıştır.

- P Serisi (Mavi), Çelikler, dökme çelikler, uzun talaş oluşturan temper dökümlerin işlenmesinde kullanılır.
- M Serisi (Sarı), Östenitik/ferritik/martenzitik/paslanmaz çelikler, dökme çelikler, manganlı çelikler, alaşımlı dökme demirleri temper dökümler, otomat çeliklerin işlenmesinde kullanılır.
- K Serisi (Kırmızı), Dökme demirler, kokil dökme demirleri kısa talaş oluşturan temper dökümlerin işlenmesinden kullanılır.
- N Serisi (Yeşil), Demir esaslı olmayan alüminyum, bakır ve alaşımları ile plastiklerin işlenmesinde kullanılır.
- S Serisi (Turuncu), Isıl dirençli süper alaşımlar ve titanyum alaşımların işlenmesinde kullanılır.
- H Serisi (Gri), Sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kullanılır. Çizelge 3.4 de görülen bu sınıflandırma da her grubu oluşturan malzeme çeşitleri, aşınma mukavemeti ve tokluğunu (darbeye karşı mukavemetini) gösteren 01, 10, 20, 30, 40, 50 rakamları ile simgelenmiştir. Rakamlar büyüdükçe malzemenin aşınma mukavemeti azalırken tokluğu büyür. Rakamlar küçüldükçe de aşınma dayanımı büyür ve tokluğu azalır [15].

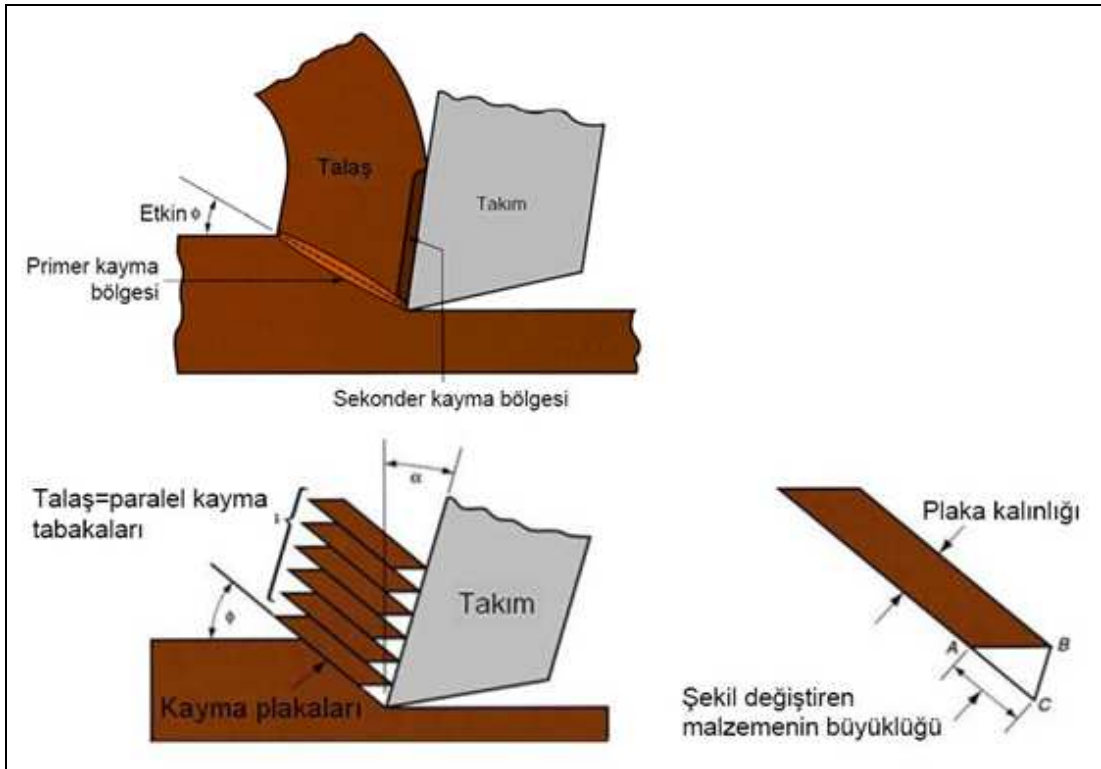
Çizelge 3.4. Sert metal uçlu takımlar için ISO kalite sınıflandırması[15].

ISO Grubu ve Rengi	Malzeme Grubu	Kalite	Karakteristiği
P (Mavi)	Çelikler	P01 ↓ P50	 Aşınma Dayanımı
M (Sarı)	Paslanmaz Çelikler	P01 ↓ P50	
K (Kırmızı)	Dökme Demirler	P01 ↓ P50	
N (Yeşil)	Demir Esaslı Olmayan Malzemeler	P01 ↓ P50	
S (Turuncu)	Isıl Dirençli Malzemeler	P01 ↓ P50	Tokluk
H (Gri)	Sertleştirilmiş Malzemeler	P01 ↓ P50	

3.5. Talaş Oluşumu

Talaş kaldırma işlemlerinin çoğu, iş parçasının istenilen ölçü ve boyuta getirilebilmesi için üzerinden talaş veya küçük parçacıkların ayrılmasını gerektirir. Talaşın oluşması için; kesici olarak kullanılan takımın, iş parçasından daha sert ve aşınma direncinin daha yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca, kesme derinliği ve ilerlemeyle birlikte uygun kesici uç geometrisine, yeterli kesme hızı ve iş parçasının direncini yenecek güce ihtiyaç vardır.

Talaş oluşumu Şekil 3.6’ da gösterilen “kart modeli” teorisine göre birincil deformasyon bölgesi içinde oluşan belirli bir kesme düzlemi boyunca meydana gelir. Kesme düzlemine kadar malzeme elastik olarak uzatılır. İlk deformasyon, oluşan bu düzlem üzerinde başlar ve kesme düzlemleri boyunca devam eder. Kesme sırasında bu şekilde kırılan malzeme tabakasına “talaş” denir. Talaşın parça üzerinden ayrıldığı düzleme kesme düzlemi, bu düzlemin kesme yönüyle yaptığı açığa (Φ) kesme açısı denir. Kesme düzlemi boyunca parçadan ayrılacak deforme edilmiş talaşın genişliği (bc), kesme derinliği (talaş kalınlığı) (t_c) ile ifade edilirken, oluşan talaşın kalınlığı (t_c) t_c ’dan daha fazladır. Talaş kaldırma sırasında takım, kesme yönünde kesme hızı (V) ile ilerler ve talaş, parçadan V_c hızı ile uzaklaşır. Takım yüzeyi boyunca yapışma ve sürtünme etkisi ile oluşan ikincil deformasyon bölgesi oluşur[40].

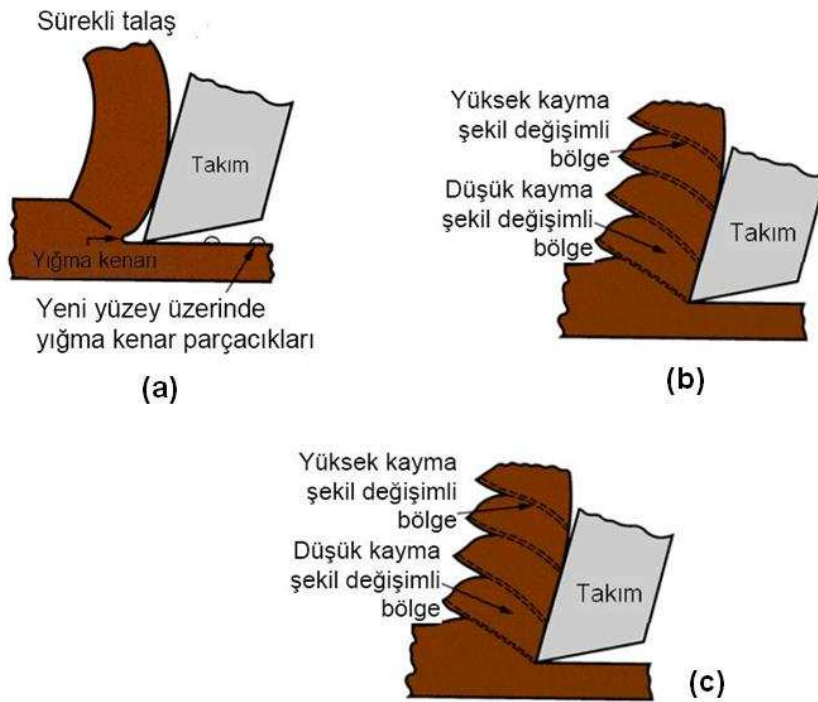


Şekil 3. 6. Talaş oluşumunda kart modeli ve talaş kayma şekil değişimi [41]

3.5.1. Talaş tipleri

Talaşlar işlenen malzemenin cinsi, kesme hızı, ilerleme/kesme derinliği ve takım geometrisi parametrelere bağlı olarak değişik tiplerde oluşur. Talaş tipi, kesme şartları ve yüzey kalitesi hakkında bilgi veren bir faktördür. Ayrıca talaş tipi, talaşlı imalatın zorluğu veya kolaylığında da etkili olmaktadır. Uzun ve sürekli talaşın çıkması takım veya tezgaha dolaşmasına, malzeme ve yüzey kalitesinin bozulmasına ve kesici ucun zarar görmesine neden olur. Talaş, oluşum mekanizmasına göre üç tip talaş meydana gelir (Şekil 3.7).

- Sürekli talaş (Akma talaş)
- Süreksiz talaş (Kesintili veya kırıklı talaş)
- Yığıntı talaş (YT, Built-Up Edge-BUE)



Şekil 3. 7. Talaş tipleri a) sürekli talaş, b) kesintili talaş, c) yığıntı talaş [41]

Sürekli talaş

Bu talaş tipi genellikle sünek malzemelerin yüksek hızlarda işlenmesi sonucunda oluşmaktadır. Sürekli talaş, kesici takımın önünde talaş kaldırılan malzemenin sürekli deformasyonu ile makro düzeyde çatlaksız olarak meydana gelir. Talaş, yüksek deformasyondan dolayı sertleşir ve sertliğin artması ile kesici takım aşınmasını artırır. Sürekli talaşlar, bant, spiral veya değişik helisel şekillerde oluşabilmektedir. Bu tip talaş, sünek iş parçası, düşük kesme derinliği ve düşük ilerleme miktarı, keskin kesici uçlu takım, büyük talaş açılı kesici uç, yüksek kesme hızları, kesme sıvısı kullanılarak kesici uç ve iş parçasının soğuk tutulması, talaş akma direncinin minimum olduğu durumlarda oluşur [15].

Süreksiz talaş

Talaş oluşumu sırasında malzeme aşırı plastik deformasyona uğrar ve eğer malzeme kırılansa kısmen şekillenen talaşla birlikte birincil deformasyon bölgesinde kırılma oluşur. Bu şartlar altında talaş dilimlenmiştir ve oluşan talaş kesintilidir. Kesme sırasında değişen ayrılma hızı (V_c) sıkışmada en düşük, talaş kopmasında en büyük değeri alır. Takım talaş yüzeyinin yüklenmesi ise bunun tersinedir. Sürekli talaş tipine göre, periyodik değişen kesme kuvvetinin genliği büyük, frekansı küçüktür [15].

Yığıntı talaş

İşlenen yüzey boyunca devamlı olarak çıkan talaşın kesici takım yüzeyine yapışmasıyla oluşan talaş tipidir. Sıcaklığın düşük olduğu kesme hızlarında, soğutma sıvısı kullanılmadığı durumlarda, kesici takım önünde metale uygulanan basma kuvveti ve aşırı sürtünmeden dolayı talaşın sürekli deformasyona uğramasıyla, kesme düzlemine dik açıdaki bir düzlem boyunca talaştan kopmalar meydana gelir. Talaştan ayrılan küçük parçacıklar takıma yapışır. Kesici takıma sinterlenerek yığılan bu parçacıklar yığıntı (YT veya BUE) olarak isimlendirilir. Bu talaş ikincil deformasyon bölgesinde oluşmaktadır. Çıkan talaştan daha sert olan YT, kararlı yada kararsız olabilmektedir.

Kararsız YT'nin bir kısmı, çıkan talaş tarafından uzaklaştırılırken bir kısmı da kesme esnasında talaştan ayrılıp, işlenen yüzeye gömülerek yüzey pürüzlülüğü olumsuz yönde etkilenmektedir. Ayrıca çok sert olan YT kesici ucun aşınmasına neden olmaktadır. Kararlı YT ise, kesici takım ucunda kayma gerilmesinin ve etkin talaş açısının artmasına sebep olur. Aynı zamanda kesici uç ile talaş arasında temas alanını kısıtlayarak kesme kuvvetlerini artırır. Bu tip işlemler de malzemenin yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler [15].

3.5.2. Talaş şekilleri

Birçok değişkene bağlı olarak ortaya çıkan talaş biçimleri, işlenebilirlik açısından değerlendirilerek gösterilmiştir. Sürekli talaşlar bant şeklinde, spiral veya helisel şekillerde oluşmalarına rağmen, talaşlı işlem açısından Öncelikli talaşlar kısa spiral ve helisel şekilli talaşlardır. Uzun talaş oluşumu operatör için tehlikeli olmakla birlikte, talaşın kaldırılması için gereken zaman bakımından verimliliği azaltır, işlenen yüzeyin kalitesini bozabilir [40].

Resim 3.1' de görüldüğü gibi 1, 2, 3 nolu talaşlar istenen talaş tipi iken 5 ve 6 nolu talaşlar kullanılabilir 4 ise olumsuz talaş tipine örnektir.



Resim 3. 1. Talaş şekilleri ve işlenebilirlik etkisi

3.6. Takım Ömrü ve Takım Ömrünü Etkileyen Faktörler

Takım ömrü, genellikle, belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen fiili çalışma zamanı olarak tanımlanır. Takım ömrü esas itibariyle aşınma olayına bağlı olduğundan, aşınmaya etki eden faktörler takım malzemesi ve iş malzemesi, takım ve talaş geometrisi, kesme hızı, soğutma sıvısı gibi faktörler takım ömrünü de etkilemektedir. Ancak bunlardan en önemli faktör kesme hızıdır. Kesme işleminin optimizasyonu için kesme hızı (V) ve takım ömrü (T) arasındaki ilişkiyi bilmek gerekir. Bu konuda ilk çalışma Taylor tarafından yapılmış olup, aşağıdaki deneye dayalı formül ile ifade edilmiştir [15].

$$V.T^n = C$$

Bu eşitlikte; “n” Takım üssünü göstermekte olup verilen takım malzemesi, iş malzemesi, işleme şartları, ilerleme miktarı veya talaş derinliği, takım geometrisi ve soğutma sıvısı gibi faktörlere bağlıdır. Takım malzemesine göre takım ömür doğrusunun eğimi (n) aşağıdaki değerleri alır:

- Yüksek hız çeliği için, $n=0,1-0,15$
- Sinterlenmiş karbürler için, $n=0,2-0,25$
- Seramik takımlar için, $n=0,4-0,5$
- Elmas takımlar için, $n=0,7-0,7$

3.6.1. Kesme hızının etkisi

Kesme hızı, talaş kaldırma esnasında kesici takımın dönen iş parçası üzerinden dakikadaki metre cinsinden aldığı yoldur. Talaş kaldırma esnasında uygulanması gereken kesme hızı aşağıdaki faktörle bağlı olarak değişmektedir:

- İşlenecek malzeme,
- Kesici takım malzemesi,
- Kesme derinliği,
- İlerleme miktarı,
- Soğutma sıvısı,
- Tezgah rijitliği ve tipi vb.

Her iki kesme konumunda da kesme hızı dış çapa göre verilir. Kesmede genel kural olarak, Öncelikli kesme şartlarının belirlenmesinde düşünülmesi gereken en önemli faktör, önceki deneylerden de yararlanılarak, uygun kesme hızı seçiminin yapılmasıdır. Kesme hızı oldukça düşük seçilirse az parça üretilir ve çok düşük kesme hızlarında takım ucunda talaş sıvanması meydana gelebilir. Bu durum takım değişikliğini gerekli kılabilir. Ancak, kesme hızı çok yüksekse, takım hızla bozulur ve sıkça takım değişikliği gerekir. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma için uygun değer kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir [36].

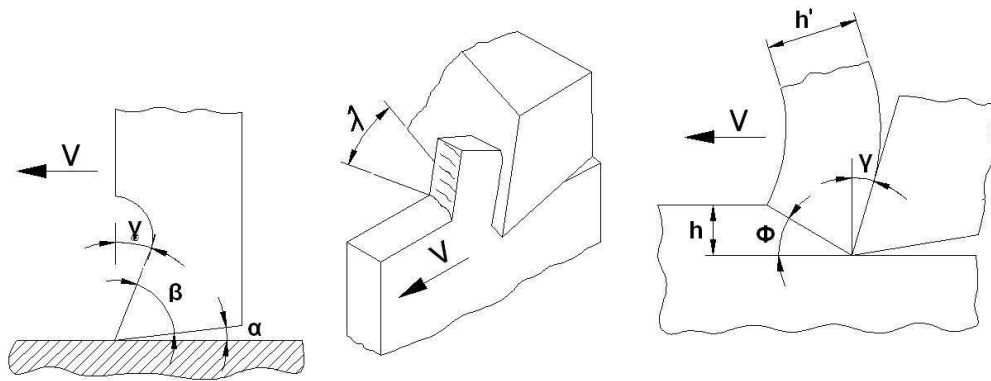
3.6.2. Kesme derinliği ve ilerleme miktarının etkisi

Talaş kaldırma miktarı (TKM) bitirilmemiş iş parçasından kaldırılan malzeme miktarı olup, dakikada mm^3/dk veya cm^3/dk cinsinden ölçülür. Kesme hızı, ilerleme miktarı ve kesme derinliğinden biri değiştirildiği zaman bunun sonucu olarak TKM de değişir. Ancak her değişiklerdeki bir değişiklik, kesici takım ömrüne farklı olarak etki eder. En uygun ilerleme miktarı ve kesme derinliği düşünüldüğünde, her zaman mümkün olan en derin talaş ve düşük ilerleme miktarı seçilir. Çünkü bunlar takım ömrü üzerine kesme hızından daha az etkiye sahip olduğundan, takım ömrünü daha az oranda azaltacaktır. Uygun değer ilerleme miktarı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengelemektedir [35].

3.6.3. Takım geometrisinin etkisi

Dik kesme işlemi

Kayma açısı (Φ), serbest açısı (α), kama açısı (β) ve talaş açısı (γ) gibi açılar kesici takım geometrisini oluşturan açılardır. Bunların en önemlisi kayma açısı olup, kayma düzlemi ile takımın hareket yönü arasındaki açıdır. Kayma açısı değiştiği zaman talaş kalınlığını değiştirdiği için bunun önemi büyüktür. Boşluk açısı; kesici takım ucunun ve taban alt yüzeyinin işlenecek iş parçasına sürtünmesini önlemek amacıyla verilir. Bu açının değeri genelde $5-8^\circ$ arasında olmakla beraber kesici takım/iş parçasına göre de değişmektedir. Kama açısı; kesici takım ucunun kesme özelliğinin sağlanması yani batmanın kolaylaştırılması için verilmekte olan bu açının değeri hem takım malzemesi hem de iş malzemesi çifti için deneyle tespit edilen tecrübeyle sağlanır. Ancak, bu açının değişmesi talaş açısını da değiştirir ve dolayısıyla bu açı talaş açısındaki değişmeye bağlıdır. Talaş açısı; talaşın kesici takım yüzeyinden akarak uzaklaşmasını sağlayan açı olup, bu açı genellikle pozitif olarak verilir. Ancak bazı hallerde özellikle seramik takımla kesme yapıldığında, talaş açısının değeri negatif olabilmektedir. Bu dik kesme işleminde, boşluk açısı, kama açısı ve talaş açıları toplamı her zaman 90° olmalıdır [15].



Şekil 3. 8. Dik kesme işlemi [19].

3.6.4. Titreşimin etkisi

Titreşimin kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine, kesici takım ile iş parçası arasında sürekli oluşan bir bağıl titreşimin mevcut olması nedeniyle, kötü etkisi vardır. Talaş kaldırma esnasında, genellikle, zorlanmış titreşim ve doğal titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik etkinliklerinden dolayı ileri gelirken doğal titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelen titreşimdir. Genelde doğal titreşim, kesme hızı arttığı zaman kesme kuvvetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşimleri en kötü hali ise, işlenen yüzeyde titreşimden doğan takım izleri bırakacak derecede büyük olan “tırlama“ veya “otlama” olarak adlandırılan titreşimin ortaya çıkmasıdır ki bu doğrudan yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Herhangi bir kesme işleminde titreşim veya otlama iş parçası üzerinde kuvvetli dalgalanmalar ile sonuçlanır. Otlama meydana geldiğinde farklı bir ses oluşur. Bu durum herhangi bir operatör tarafından da anlaşılabilir [35].

3.6.5. Takım uç yarıçapının etkisi

Kesme işlemi üzerine takım uç veya burun radyüsünün önemli etkisi mevcuttur. Ancak takım uç radyüsünün en az kesme derinliği gösterdiğinden optimize edilmesi gerekir. Çünkü uç radyüsü büyükse, malzeme üzerine daha büyük kuvvetle bastırılır. Bu da kesicinin daha fazla sürtünmesi anlamına gelir ki, iş parçası yüzeyini sertleştirir, takım ucunda daha çok ısı ve bunun sonucunda da takım aşınması, daha hızlı oluşur. Bununla beraber kötü yüzey kalitesi elde edilir. Takım uç yarıçapı çok küçük ise o zaman takım sadece kazıma işlemi yapacağından yüne takım hızla körelebilir ve yüzeyde çentik etkisi mevcut olabilir [35].

3.6.6. Soğutma sıvısının etkisi

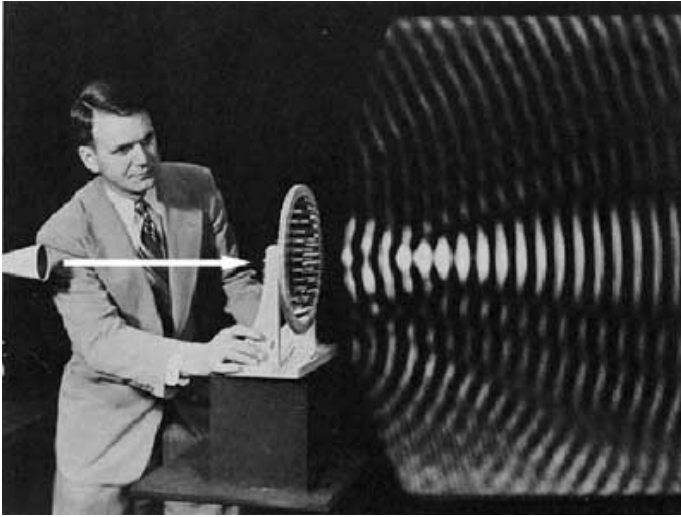
Takım/talaş ara yüzeyinde oluşan ısı; üç yolla, iş parçası, takım veya talaşla dışarı atılır. İş parçası fazla ısı alırsa, bu parçanın boyutu değişerek iş parçası ısı ile genişleceğinden dolayı konik bir yüzey elde edilir. Bu fazla ısı iş parçası yüzeyine ısıl olarak zarar da verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa kesici uç fazla ısı alırsa aniden bozulabilir ve takım ömrünü azaltabilir. Öncelikli olan kesici takım ise kesici uç bölgesinden çabuk olarak ısıyı transfer eden bir takım olmalıdır. Öncelikli olan yine çoğu ısının talaş tarafından taşınmasıdır. Bu transfer edilen ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olduğundan talaş renginin değişmesinin de göstergesidir. Eğer çok az ilerleme ve kesme derinliğinde malzeme kesiliyorsa, oldukça küçük talaş oluşacağından, ısı bu oluşan küçük talaş parçası tarafından emilemez. Bu durumda depolanamayan ısı takıma ve iş parçası içine nüfuz etmeye zorlanır. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması veya tahliye edilmesi daha kolay gerçekleşir. Uygun soğutma veya yağlama sıvısı ile takım/talaş ara yüzeyinde oluşan ısının %50'si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir [35].

4. SES DALGALARININ FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Dalgalar genel olarak, mekanik ve elektromanyetik dalgalar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Elektromanyetik dalgalar, yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymazlar ve boşlukta da yayılabilirler. Mekanik dalgalar ise, enerjilerini aktarabilmek için ortam taneciklerine ihtiyaç duyarlar.

Bu yüzden boşlukta (örneğin uzayda) yayılamazlar. Ses dalgaları da mekanik dalgalar olduklarından yayılmak için maddesel bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ses, nesnelerin titreşiminden meydana gelen ve uygun bir ortam içerisinde (hava, su vb.) bir yerden başka bir yere, sıkışma ve genleşmeler şeklinde ilerleyen bir dalgadır.

Dolayısıyla ses, bir basınç dalgasıdır. Resim 4.1’de 1960 tarihli bu fotoğrafta bir ses merceği ve özel bir görüntüleme yöntemi kullanılarak, sol tarafta görülen kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü elde edilebilmiştir [23].



Resim 4. 1. Kornadan çıkan ses dalgalarının görüntüsü [23].

4.1. Frekans (sıklık)

Dalgaların tepe noktalarının belli bir noktadan, bir saniye içindeki, geçme sayısıdır. Frekans, dalga hızının dalga boyuna bölümüne eşit olup, birimi Hertz'dir Dalgalar bir ortamdan başka fiziksel yoğunluğa sahip bir ortama geçtiklerinde frekansları değişmez ancak hızları ve dolayısıyla dalga boyları değişir. Doppler Etkisi dışında frekans hiç bir fiziksel olay dolayısıyla değişmez, diğer bir deyişle evrensel bir fiziksel değişmezdir. Frekansı bilmek demek bir fotonun enerjisini bilmek demektir. buda bir çok olayı bilmemize olanak sağlar. Orkestrada bütünlüğü sağlamak için akort sesi olarak verilen la notası 440 Hz frekansına sahip bir titreşimdir. İnsan kulağı 20-20.000 Hz aralığındaki titreşimlere tepki gösterir. Şebekeden dağıtılan elektrik, saniyede 60 kere salınan alternatif gerilimdir. Elektrikli eşyaların üzerinde AC 220V 60 Hz uyarısı cihazın, 60 Hz' lik 220 Volt genlikli alternatif gerilimle çalıştığı anlamına gelir [26].

Bir dalganın frekansı, dalganın hava veya başka bir ortam içinden geçerken ortamdaki partiküllerin ne sıklıkta titreştiğine bağlıdır. Frekans ileri geri titreşimlerin zamana bağlı olarak ölçülmesi ile hesaplanır. Saniyedeki titreşim sayısı özel olarak Hertz birimi ile ifade edilir (1 Hertz = 1 döngü/saniye). Yüksek frekans değerleri için Hertz'in bin katı olan 'kilohertz' (kHz) birimi kullanılır. İnsan kulağının duyabildiği sesler 20 ile 20000 Hz (20kHz) arasında frekansa sahip olabilir. Eğer bir frekans 20 Hz'in altında ise bu tür titreşimlere 'ses altı' titreşimler, frekans 20 kHz' in üzerinde ise bunlara da 'ses üstü' titreşimler denilmektedir [23].

4.2. Genlik

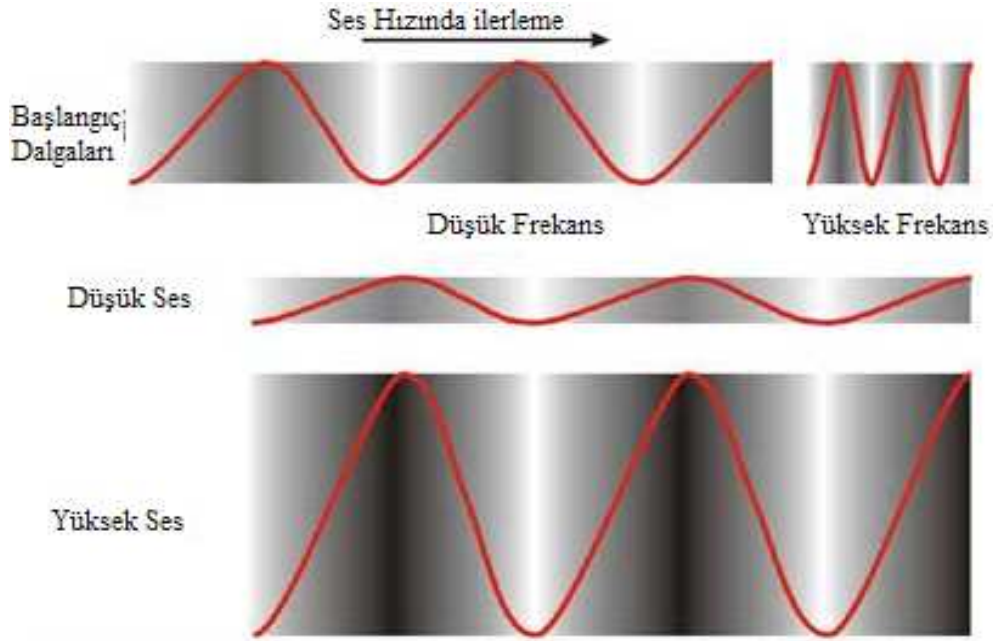
Genlik kavramını incelemek için biraz basitleştirilmiş örnekler kullanılırsa, cihazla bir noktanın verilen zamandaki basıncı ölçülebilir. Cihazı flütün ses çıkan kısmına yerleştirilirse; flütün iç basıncıyla orantılı olarak cihazdaki değerlerin sürekli değiştiği görülür. Eğer odada hiç ses yoksa, flüte hızla üflendiğinde ölçülen basınç değerine “Tepe Genlik” adı verilir. Genel olarak birimi “Pascal” (Pa)’dır. Duyabileceğiniz en yüksek ses 20 Pascal, en düşük ise 20 micropaskal (20 μ Pa)’dır [27].

Genlik, ses dalgalarının dikey büyüklüğünün bir ölçüsüdür. Ses dalgalarını oluşturan sıkışma ve genleşmeler arasındaki fark, dalgaların genliğini belirler. Ses dalgaları havada veya başka bir ortamda titreşen objeler tarafından üretilir. Örneğin titreştirilen bir gitar teli, yaptığı periyodik salınım hareketi ile, hava moleküllerinin belli bir frekansta sıkışmasını ve genleşmesini sağlar. Bu şekilde teldeki enerji havaya iletilmiş olur. Enerjinin miktarı, teldeki titreşim genliğine bağlıdır. Eğer tele fazla enerji yüklenirse, tel daha büyük bir genlikle titreşir. Teldeki titreşim genliği ne kadar fazla ise ortam tanecikleri (örneğin hava molekülleri) tarafından taşınan enerji de o kadar fazladır. Enerji ne kadar fazla ise sesin şiddeti de o kadar büyük olacaktır. Bu ifadeler, titreşen tüm cisimler için geçerlidir [23].

4.3. Dalga Boyu

Sesin bir frekansı olduğunu (1000Hz yada saniyede 1000 dalga) daha önce ifade edilmişti. Sesin hızı ise 340m/s’dir. Şimdi elimizdeki bu verilerle dalganın havadaki boyunu hesaplayabiliriz. Flütümüzden çıkan 1000 dalganın ilki 1 saniye önce çıkan 1000 dalganın ilkinin 340m gerisinde. Bu durumda 340 metrelik mesafe içinde 1000 dalga bulunmaktadır. Her dalganın boyu ise 34 cm’dir [27].

Bir dalganın ardışık iki tepe veya iki çukur noktası arasındaki mesafe dalga boyunu verir. Dalga boyu λ (lamda) ile gösterilir. (Şekil 4.1)



Şekil 4. 1. Dalga boyunun gösterilmesi [23].

4.4. Ton

Müzikte, diatonik (doğal major) gamda bir ‘tam aralık’ olarak tanımlanan ton, belli bir frekansta ve perdede üretilen saf ses anlamında kullanılır. Örneğin bir ses çatalı (diyapozon) titreştirildiğinde ortaya çıkan 440 Hz frekansındaki ‘Do’ notası, saf bir tondur. Saf tonlar doğal ortamda fazla karşılaşılmayan ve genellikle müzik aletleri veya ses üreteçleri aracılığıyla üretilen seslerdir. Yüksek frekanslı (yüksek perdeden) sesler tiz, düşük frekanslı (düşük perdeden) sesler bas olarak algılanır [23].

4.5. Tını

Ses kaynağının cinsini belirlemeye yarayan özelliğidir. Keman sesini mandolinden, kaval sesini flütten ayıran özelliktir. Aynı yükseklikte ve aynı şiddete başka müzik aletlerine ait sesleri kulağımızın ayırt etme özelliğidir. Bir ses kaynağından yayılan ses dalgaları, çevredeki bazı ses kaynaklarını titreştirebilir. Frekansları aynı olan kaynaklardan biri titreştirildiğinde diğer ses kaynağının etki ile titreşmesine rezonans (tınlaşım) denir [28].

Sesin ‘rengini’ ifade eden bir terimdir. Aynı oktavda, aynı notayı (tonu) aynı yoğunlukta ve aynı uzunlukta çalan bir kemanla bir flüt arasındaki temel fark, ‘tını farkı’dır. Enstrümanları oluşturan bileşenlerin doğal frekanslarındaki farklılıklar, sonuçta oluşan sesin farklı bir tınıda olmasını sağlar. Tını, sesin harmonik (doğuşkan) yapısına bağlı olarak değişir. Sesin şiddeti ve desibel ölçeği: şiddet; ses dalgalarının taşıdıkları enerjiye bağlı olarak birim alan uyguladıkları kuvvettir. Birimi genellikle ‘metrekare başına Watt’ (W/m^2) olarak ifade edilir. Sesin şiddeti, ses kaynağına olan uzaklığın karesi ile ters orantılıdır [23].

4.6. Desibel (dB)

İnsan kulağı çok düşük ve çok yüksek şiddette sesleri duyabilme yeteneğine sahiptir. İnsan kulağının algılayabileceği en düşük ses şiddeti, ‘eşik şiddet’ olarak bilinir. Kulağa zarar vermeden işitilebilen en yüksek sesin şiddeti ise, eşik şiddetinin yaklaşık 1 milyon katı kadardır. İnsan kulağının şiddet algı aralığı bu kadar geniş olduğundan, şiddet ölçümü için kullanılan ölçek de 10’un katları, yani logaritmik olarak düzenlenmiştir. Buna ‘desibel ölçeği’denir. Sıfır desibel mutlak sessizliği değil; işitilemeyecek kadar düşük ses şiddetini (ortalama $1.10^{-12} W/m^2$) gösterir [23].

Desibel, bir oranı veya göreceli bir değeri gösterir ve ‘bel’ biriminin 10 katıdır. Alexander Graham Bell’ in anısına bel adı verilen birim, iki farklı büyüklüğün oranının logaritması olarak tanımlanmaktadır. Yani ‘1 bel’, birbirlerine oranları 10 olan iki büyüklüğü göstermektedir (örneğin 200/20). Bu oranın çok büyük olmasından dolayı ”Desibel” adı verilen ve oranların logaritmasının 10 katı olarak tanımlanan birim daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayılardan biri bilinen bir sayı olarak alındığından, Desibel; söz konusu bir büyüklüğün (P_i) referans büyüklüğe (P_{ref}) oranının logaritmasının 10 katıdır ($dB=10 \cdot \log [P_i/P_{ref}]$). dBA ise insan kulağının en çok hassas olduğu orta ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses değerlendirmesi birimidir. Gürültü azaltması veya kontrolünde çok kullanılan dBA birimi, ses yüksekliğinin subjektif değerlendirmesi ile ilişkili bir kavramdır .

Eşik şiddetindeki ses ‘sıfır’ desibeldir ve $1,10^{-12}$ W/m² değerine eşdeğerdir. 10 kat daha şiddetli ses $1,10^{-11}$ W/m²; yani 10 dB iken, 100 kat daha şiddetli ses 20 dB’dir. Çizelge 4.1.’de günlük hayatta sıklıkla karşılaştığımız bazı ses kaynakları ve bunların ürettiği seslerin desibel olarak şiddetleri karşılaştırma amacıyla verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Günlük hayatta karşılaşılan seslerin sayısal değerleri [23].

Kaynak	Şiddet	dB	Eşik Değerin Katları
Eşik şiddeti	$1,10^{-12}$ w/m ²	0	10^0
Yaprak Hışırtısı	$1,10^{-11}$ w/m ²	10	10^1
Fısıltı	$1,10^{-10}$ w/m ²	20	10^2
Normal Konuşma	$1,10^{-6}$ w/m ²	60	10^6
Caddedeki yoğun trafik	$1,10^{-5}$ w/m ²	70	10^7
Elektrik süpürgesi	$1,10^{-4}$ w/m ²	80	10^8
Büyük Orkestra	$6,3.10^{-3}$ w/m ²	98	$10^{9,8}$
Walkmenin en yüksek sesi	$1,10^{-2}$ w/m ²	100	10^{10}
Rock konserinin ön sırası	$1,10^{-1}$ w/m ²	110	10^{11}
Jet uçağının kalkışı	$1,10^{-2}$ w/m ²	140	10^{14}
Kulak zarı hasarı	$1,10^{-4}$ w/m ²	160	10^{16}

Ses dalgaları enerjilerini 3 boyutlu ortamda taşıırken, kaynaktan uzaklaştıkça ses dalgalarının şiddeti azalır. Artan uzaklıkla birlikte ses dalgalarının şiddetinin azalması ses dalgalarındaki enerjinin daha geniş alanlara yayılmasından kaynaklanır. Ses dalgaları 2 boyutlu bir ortamda dairesel olarak yayılır. Enerji korunduğu için enerjinin yayıldığı alan arttıkça güç azalmalıdır. Şiddet ve uzaklık arasındaki ilişki ters-kare ilişkisidir. Bu yüzden kaynağa olan uzaklık 2 katına çıktığında şiddet $\frac{1}{4}$ ‘üne düşer. Benzer şekilde kaynağa olan uzaklık $\frac{1}{4}$ ‘üne düştüğünde şiddet 16 katına çıkar. Uzaklık arttıkça sesin şiddeti, uzaklığın karesi oranında azalır. Çizelge 4.2. ‘ de şiddet ve uzaklık arasındaki ilişki gösterilmiştir [23].

Çizelge 4. 2. Şiddet ve uzaklık arasındaki ilişki [23].

Uzaklık	Şiddet
1m	160 birim
2m	40 birim
3m	17,8 birim
4m	10 birim

4.7. Akustik

Akustik, (sesbilimi) sesi inceler. Bunlar arasında gürültüye yol açan titreşimlerin ve gürültünün kontrolü de vardır. Akustik ile uğraşan bilim adamları ve mühendisler, sesi ve insan işitmesini incelerler. Farklı nesnelerin sesle ne şekilde etkilendiklerini de araştırırlar. Mühendisler, uygun seste iletişim sistemleri ve binaları tasarımda bulunurlar. Zararlı yüksek seslerden insanları koruma yollarını bulurlar. Tüm çalışmalar insanların duymak istemedikleri zararsız seslere yöneliktir. Gürültüyü kontrol etmenin bir yolu, gürültü kaynağını daha sessiz hale getirmektir. Geniş bir odayı uygun bir şekilde döşemekle yankılar giderilebilir. Bir sestten sonra saniyenin 1/20 si kadar bir süre içinde kulağınıza ulaşan bir yankı hiçbir problem yaratmaz. Zaman aralığı uzadığı takdirde, yankı sinirlendirici olabilir. Rahatsız edici diğer bir ses de çoklu yankıdır. Reverberasyon adı verilen bu ses, yansımış birçok seslerin birleşip, yavaş yavaş sönümlenmesidir. Bir müzik salonunda bunlar bir saniyeden fazla sürmemelidir. Uzun perdelerin asılması, döşeme ve koltukların, duvarların yumuşak malzemelerden yapılması yankıları ve reverberasyonları azaltır. Çünkü ses daha kolaylıkla yutulmuş olur [29].

4.8. Ses Yansıması

Kısa uzaklıklarda yansıyan ses, ana sesin bir devamı gibi duyulur. Bu, tam olmayan yankıdır. Sesin çıkış noktasıyla yansıdığı nokta arasında uzun bir mesafe varsa “tam yankı” teşekkül eder.

Boş bir odada konuşulduğu yahut yüründüğü zaman ayak sesleri veya konuşma sesi dağılmadan geri döner. Yankıya yol açan böyle bir oda, veya bir müze salonu “canlı oda” olarak, eşyanın ve yapım malzemesinin yankıyı en aza indirecek şekilde düzenlendiği bir oda ise “ölü oda” olarak isimlendirilir. “Yankısız salon”lar, özel maddelerle yapılmış ve döşenmiş ölü odalardır. Tamamen ses emici maddelerden yapılmış bu salonlarda her türlü sesli cihazın, mesela hoparlör, mikrofon gibi aletlerin kalite denemeleri yapılır. Akustik yardımıyla sesin yansıma özelliklerinin bilinmesinden faydalanılarak deniz derinliklerini ölçmek de mümkün olmuştur.

Ses kaynağından çıkıp yayılan ses dalgaları sert bir yüzeye çarptığında doğrultusunu ve yönünü değiştirir. Bu olaya sesin yansıması denir. Sesin yansıma özelliğinden yararlanılarak uzaklıklar ölçülebilir. Ayrıca sesin yansıma özelliğinden denizdeki balık sürülerinin yerleri, okyanus derinlikleri, uçakların yüksekliği ve bazı maddelerdeki bozukluklar tespit edilebilir[24].

4.9. Yankı Zamanı

Ses dalgaları bir yüzeye çarpıp yansıyarak tekrar duyulmasına yankı denir. Bir sesin işitilmesi ile bu sesin bir veya daha fazla yansımasından doğan yankının duyulması arasında geçen zaman yankı zamanıdır. Bu terim akustik mühendislerince, verilen kapalı bir salonun akustik özelliklerini hesaplamada kullanılır. Bu zaman, bir ses dalgasının değerinin bir milyonda birine düşmesi için gereken zamandır. “Canlı” bir odanın yankı zamanı saniyelerce sürebilirken, ses emici eşyalarla kaplanmış bir ölü odanın yankı zamanı bir saniyenin küçük bir parçasıdır. Yankı zamanının uzun olduğu bazı kapalı yerlerde ses etkili ve renkli bir duruma gelir. Bu da yapılaşa bağlı olan bir akustik özelliğidir. Bu olayın en iyi örneğine camilerde rastlanır.

Yankı zamanı, odanın hacmiyle doğru orantılı olup, etraftaki eşya ve duvarların ses absorpsiyon gücü ile de kısmen ters orantılıdır. Absorpsiyonu bulmak için, yüzeyin alanı aynı yüzeyin ses absorpsiyon katsayısı ile çarpılır.

Yankı olayı dağ yamaçlarında, boş odalarda, spor salonları gibi yerlerde gerçekleşir; yankı olayını küçük kapalı yerlerde (3-5m mesafeden) fark edilmesi zordur [24].

4.10. Ses Emiciler

Absorbsiyon katsayılarına bakıldığında, bazı maddelerin diğerlerinden daha iyi ses emdiği görülür. Bu, maddeye yöneltilen ses enerjisinin, emilen enerjiye oranına bakılarak bulunur. Pürüzsüz yüzeylerin absorbsiyon katsayısı düşüktür (Çizelge 4.3) [24].

Çizelge 4. 3. Bazı yüzeylerin absorbsiyon katsayıları [24].

Sıvalı yüzeyler	0,03
Tahta kaplamaları	0,1
Halılar	0,25
Celotex denilen özel izolasyon malzemesi	0,6

Pürüzü hiç olmayan bazı yerlerde absorbsiyon katsayısı 0 civarındayken, bazı özel ses izolasyon maddelerinde 1,00'a ulaşır. Bir ses kayıt stüdyosunda kaydedilen ses için yankı zamanı hayati önem taşır. Sesin ön planda olduğu tiyatro, konferans salonu gibi yerlerde yankı zamanının düşük tutulması istenir. Buralarda yankı zamanı bir saniyenin altında olmalıdır. Ses kayıt stüdyolarında yankı zamanı bir saniyenin çok altındadır [24].

5. MATERYAL VE METOD

İşleme deneyleri farklı geometriye sahip kesici takımlar kullanılarak SAE 1030 dövme çelikten üretilmiş iş parçasından talaş kaldırılarak işleme sesine dayalı kesme parametrelerini belirlemek amacıyla TS 10329 standardındaki hususlar göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir [25].

5.1. Takım Tezgahı

İşleme deneyleri Goodway GA-2800L sayısal denetimli bir tornalama merkezinde gerçekleştirilmiştir. (Resim 5.1) Bu tezgaha ait teknik özellikler ise Çizelge 5.1’de gösterilmiştir.



Resim 5. 1. Goodway GA-2800L CNC torna tezgahı.

Çizelge 5. 1. Goodway GA–2800L tornalama merkezinin teknik özellikleri

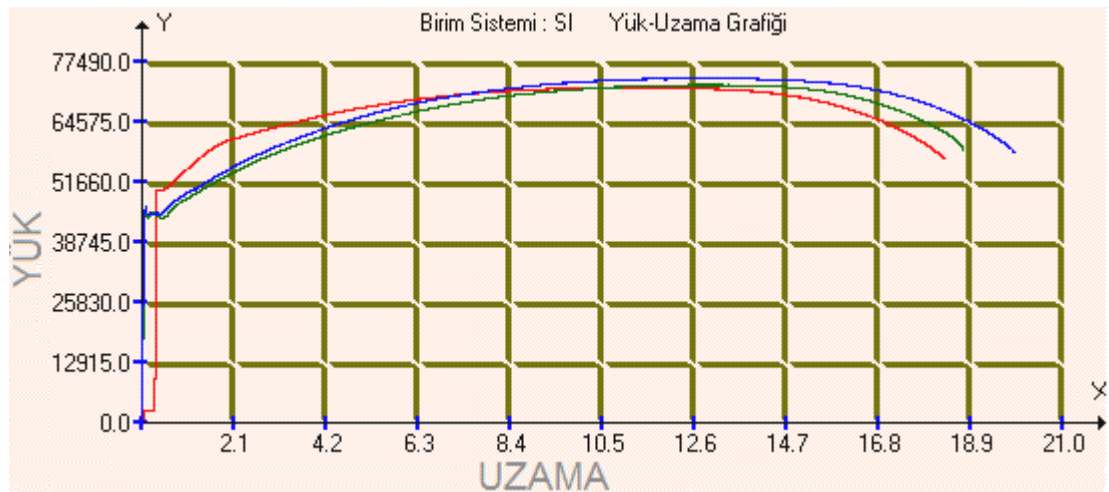
MAKİNA KAPASİTESİ	
En Büyük Çevirme Çapı	460 mm
En Büyük Tornalama Çapı	380 mm
Standard Ayna Ebadı	6"
En Büyük Tornalama Çapı	500 mm
İş Mili	
Çubuk Kapasitesi	42 mm
İş Mili Hızları	60 ~ 6000 RPM
İş Mili Motoru (Max. Oran)	Fanuc 7.5/11 KW Motor
İş Mili Deliği	55 mm
İş Mili Rulman Çapı	80 mm
İş Mili Koniği	A2–5
Taret Ve Takımlar	
Takım İstasyon Adedi	10.Ara
Taret Tahriği	Servo motor
Taret İndeksleme Zamanı	0,2 s / konum
Kare Takım Ebadı	□25 mm/□20 mm
Yuvarlak Takım Ebadı	32 mm
X Ve Z Eksenleri	
En Büyük Kızak Kursu X-Ekseni	180 mm
En Büyük Kızak Kursu Z-Ekseni	520 mm
Rapid Hızlar (X Ve Z Eksenleri)	30 m/dk
Kızak Tipi (X Ve Z Eksenleri)	Doğrusal
X Ve Z Eksenel Servo Motorları	1.6 KW AC Absolute Enkoder
Ayna	
Ayna Çapı	Ø6"
En Büyük Hız	6000 devir / dk
Genel Özellikler	
Voltaj	AC 200/220 +10% –15% 3 faz
Makina Boyutları (U X E X Y)	2290 x 1300 x 1640 mm
Hidrolik Tank Kapasitesi	50L
Soğutma Tankı Kapasitesi	150L
Soğutma Pompası	½ HP “Grundfos” MTH–2/30
Makina Ağırlığı	3200 Kg

5.2. Deney Numunesi

Gerçekleştirilen çalışmada, deney numunesi olarak Ø26 x 220 mm boyutlarındaki SAE 1030 kodlu 85 HRB sertliğe sahip, dövme çelik ürünü olan silindirik parça kullanılmıştır. Deney numunesinin kimyasal bileşimi Çizelge 5.2’de verilmiştir. Deneylerde kullanılan SAE 1030 çeliğin çekme test grafiği Şekil 5.1’ de verilmiştir. Yapılan çekme testine göre deney numunesi ortalama % 37,97 uzama ve 72668 Newton en büyük çekme dayanımı sergilenmiştir.

Çizelge 5. 2. Deney numunesi SAE 1030 çeliğin kimyasal kompozisyonu

Kimyasal Bileşimi (%)	C	Cr	Mn	Mo	Ni	Cu	S	P
	0,30	0,07	0,68	5,00	0,09	0,29	0,028	0,012



Şekil 5. 1. Deney numunesinin çekme testi grafiği

Deney malzemesi TS 10329 standardı göz önünde bulundurularak boy/çap oranı 10/1’den küçük olacak şekilde hazırlanmıştır. Numunenin ayna ile punta arasında işlemeye uygun olacak biçimde numunenin ucuna punta deliği açılmıştır.

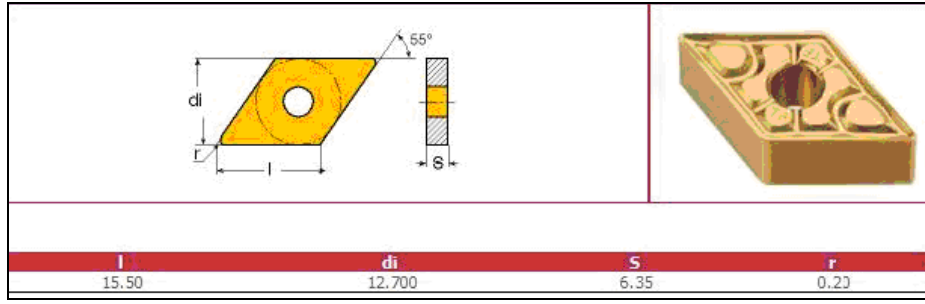


Resim 5. 2. SAE 1030 malzemedan deney numuneleri ($\varnothing 26 \times 220$ mm)

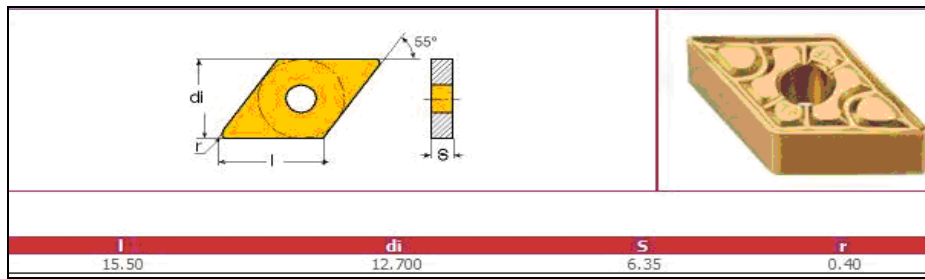
5.3. Kesici Takımlar ve Takımlama Sistemi

TS 10329 standardına göre kesici takımın sert metal veya seramik uçlu olması halinde uçlar, mekanik sıkmalı tip olmalıdır. Sert lehim veya metal kaplama ile gövdeye bağlanmış uçlar, referans kesici takım olarak kullanılmamalıdır. Kesici takım tezgaha doğru olarak bağlanmalıdır. Bu bağlamda, takımın kesici ağzı ucu iş eksenine seviyesinde ve kesici gövdesi iş dönme eksenine dik konumda olmalıdır [15].

TS 10329 standardına bağlı kalınarak seçilen kesiciler ve özellikleri Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



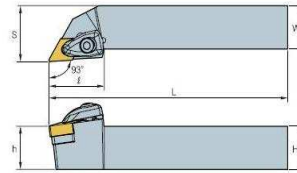
(a)



(b)

Şekil 5. 2. Deneylerde kullanılmak üzere seçilen kesici takım geometrileri a) IC8250
b) IC9250

Kesiciler TiAlN ile PVD (Fiziksel Buhar Çökertmesi) yöntemiyle kaplanmıştır. Kater olarak DDJNR 2525 M-15 kod numaralı takım tutucu kullanılmıştır. Şekil 5.3’de deneylerde kullanılan takım tutucu (kater) gösterilmiştir.



Designation	Stock		Dimensions(mm)					
	R	L	H	W	L	S	h	ℓ
DDJNR/L 2020-K15	○	○	20	20	125	25	20	35
2525-M15	●	●	25	25	150	32	25	35
3225-P15	○	○	32	25	170	32	32	35
3232-P15	○	○	32	32	170	40	32	35
2020-K15-3	○	○	20	20	125	25	20	35
2525-M15-3	○	○	25	25	150	32	25	35
3232-P15-3	○	○	32	32	170	40	32	35

Şekil 5. 3. Deneyde kullanılan takım tutucu

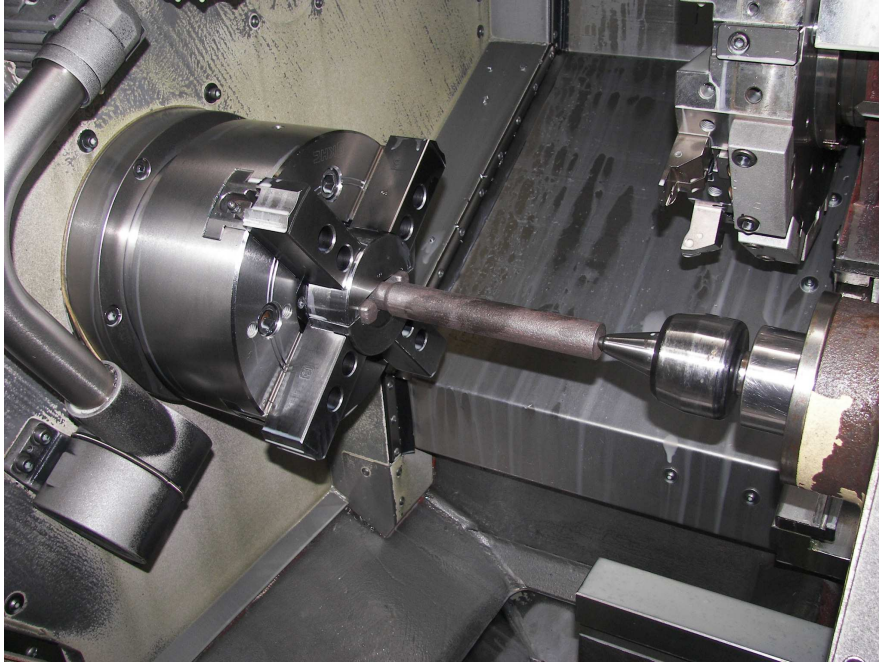
5.4. Bağlama Aparatları

Parça tezgaha ayna yardımıyla bağlanmadan önce ayna ayakları parça çapına göre uygun bağlama kuvvetini sağlamak için ayarlanmıştır. Salgı olmaması ve kararlı kesme yapılabilmesi için parça ayna ve punta arasına alınmıştır.



Resim 5. 3. Deney numunesini bağlama şekli

İř parçasını, tasarlanan bağlama aparatı ile her defasında torna aynasına rijit bir şekilde bağlama şekli Resim 5.3’de gösterilmiştir. Deney numunesinin ayna punta arasında işlenmesini Resim 5.4’ de gösterilmiştir.



Resim 5. 4. Deney numunesinin ayna punta arasında işlenmesi

5.5. Ölçüm Cihazları

Malzemenin çapını ölçmek için kumpas ve mikrometreler kullanılmıştır. Parça programı ölçülen değerler göz önüne alınarak yazılmıştır. Mitutoyo SURFTEST-301 marka pürüzlülük ölçüm cihazı yüzey kalitesini ölçmek için kullanılmıştır. Resim 5.5' de pürüzlülük ölçüm cihazı gösterilmiştir. Kesici takımlarda oluşan aşınmaların ön ölçümleri için takım mikroskobu kullanılmıştır. Resim 5.6' da takım mikroskobu gösterilmiştir. Deney numunesinin üzerinden kaldırılan talaşların resmi Kodak marka Dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Kesme işlemi sonrasında, aşınmanın tespiti için 50X büyültme ile Olympus DP-70 kamera sistemine sahip Olympus GX41 takım mikroskobu kullanılmıştır.



Resim 5. 5. Mitutoyo SURFTEST-301 marka yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı



Resim 5. 6. Takım aşınması görüntüleme mikroskobu

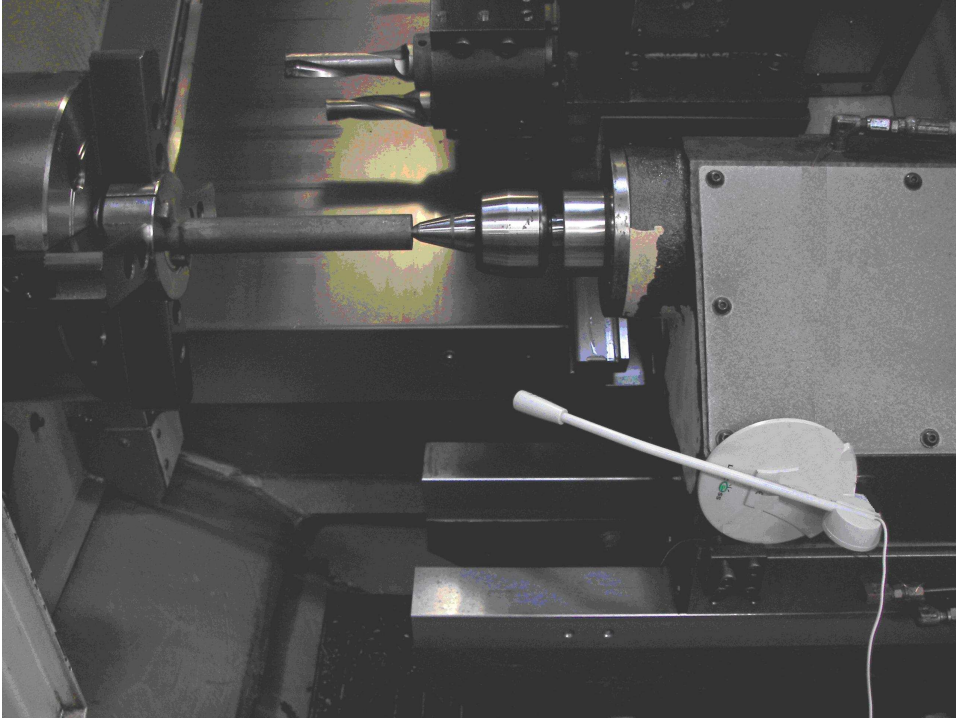
5.6. Deneysel Metot

SAE 1030 dövme malzemeden üretilen deney numuneleri kullanılarak bulunan Öncelikli kesme parametrelerinde işleme sesinin analizi zamana göre yapılarak takım aşınması ile arasındaki ilişki incelenmiştir.

Bunun için iki farklı kesici uç cinsi kullanılmıştır. Kesme parametre aralıkları kesici takım katoloğundaki aralıklar dikkate alınarak belirlenmiştir. Deneylerde 130, 140 ve 150 m/dk olmak üzere 3 farklı kesme hızı, 0,15; 0,2 ve 0,3 mm/dev olmak üzere 3 farklı ilerleme hızı kullanılmıştır. Bu parametrelerden yola çıkarak en uygun kesme hızı ve ilerleme değeri işlenebilirlik kriterlerine göre bulunmuş ve aşınma deneyleri bulunan bu kesme parametrelerinde yapılmıştır. Aşınma deneyleri aynı parametrelerde 5-20 dakika arasındaki işleme sürelerinde iki kesici uç cinsi için yapılmıştır.

Deney numunelerinde her bir kesme şartı için yeni bir uç kullanılmıştır. Kesici takımın deney parçası üzerinden kaldırdığı talaşlardan örnekler alınmıştır. İşleme esnasında çıkan işleme sesleri CNC tezgaha bağlanan bir mikrofon aracılığı ile bilgisayar ortamına kayıt edilmiştir. Ses kaydının daha iyi yapılabilmesi için soğutma sıvısı kullanılmamıştır.

Deneyin yapılışı sırasında deney düzeneğinin şekli, Resim 5.7' de gösterilmiştir. Ses kayıt işlemi için yüksek empedanslı mikrofon punta üzerine tespit edilmiştir.



Resim 5. 7. Deney düzeneği

5.7. Kesici Takım Üzerindeki Aşınmaların Ölçülmesi

Belirlenen kesme parametrelerinde deney numunelerinden talaş kaldırdıktan sonra kesici takımlar üzerinde yığma kenar ve yanak aşınması meydana gelmiştir. Bu aşınmalar Olympus GX41 marka ve 50 kata kadar büyütme kapasitesi olan takım mikroskobu ile ölçülmüştür. (Resim 5.6) Mikroskop yardımı ile kesici takımlardaki aşınan bölgeden renkli fotoğraflar alınmıştır. Ölçüm esnasında her bir kesici ucun aynı konumda bağlanabilmesi sağlanmıştır. Bu şekilde aynı bölgeden görüntüler alınarak aşınma büyüklüklerinin birbirleri arasında kıyaslama yapılmıştır.

5.8. Talaş Numunelerinin Ölçülmesi

İşleme esnasında çıkan talaş numunelerinden alınan örnekler dijital kumpas ile ölçülmüştür. Her kesme parametresi için 10 adet talaş alınmıştır. Alınan talaşların kalınlıkları ve yarıçapları ölçülmüş, ortalama kalınlık ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Ayrıca talaş tipleri dijital fotoğraf makinesi ile görüntülenmiştir.

5.9. Yüzey Pürüzlülüklerinin Ölçülmesi

Deney numuneleri işlendikten sonra yüzeyinde meydana gelen yüzey pürüzlülük değerleri hassasiyeti 0.001 mm olan “Mitutoyo SURFTEST-301” marka yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçülmüştür. Alınan değerlere göre ortalama yüzey pürüzlülük değerleri hesaplanmış ve kesme parametrelerine göre kıyaslama yapılmıştır.

5.10. Ses Ölçümleri

Ses kayıt işlemi mikrofon aracılığı ile “Cool Edit Pro 1.2” programı kullanılarak bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Bu program kullanılarak işleme seslerinin daha iyi anlaşılabilmesi için numune parçalarının işlenmesinde ilk 80 mm’lik boyundaki sesler dikkate alınmıştır. Ses basınç düzeyi arttıkça oluşan ses dalgalarının kalınlıklarının daha büyük çıktığı görülmüştür.

SAE 1030 dövme çeliklerin işlenmesi esnasında takımdaki aşınma miktarının zamana göre işleme sesindeki etkisinin incelendiği bu çalışmada, ses basınç değerleri ölçülerek kesme parametrelerine göre nasıl değiştiği analiz edilmiştir. İşleme seslerinin şiddetini ölçmek için mikrofon yardımıyla kaydedilen sesler Matlab programı kullanılarak seslerin basınç seviyeleri hesaplanmıştır. Ses basınç seviyeleri ölçülürken ilk olarak deneylerin yapıldığı esnada imalathanedeki diğer tezgahlar kapatılarak sessiz bir ortam sağlanmıştır.

İlk olarak makine boşa çalıştırılmış, daha sonra her kesme parametresi için ayrı ayrı sesler kaydedilmiştir. Sağlıklı ölçüm yapmak için Matlab programında tezgahın talaş kaldırırken çıkan sestten tezgahın boşa çalışma sesi çıkarılmış ve işleme ses basınç seviyeleri bulunmuştur.

6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

6.1. Öncelikli Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi

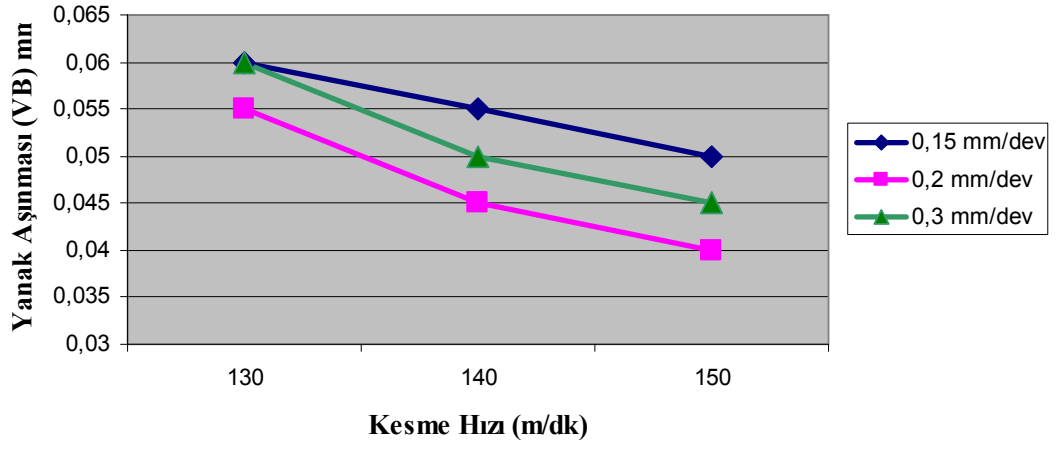
Hazırlanan deney numuneleri CNC torna tezgahında 130, 140 ve 150m/dk kesme hızında 0,15, 0,2 ve 0,3 mm/dev olmak üzere 3 farklı ilerleme hızında 2,5 mm talaş kaldırılarak işlenmiş ve kesici takım üzerinde meydana gelen V_B yanak aşınması miktarı karşılaştırılmıştır.

6.1.1. Yanak aşınması ile kesme hızı ve ilerleme arasındaki ilişki

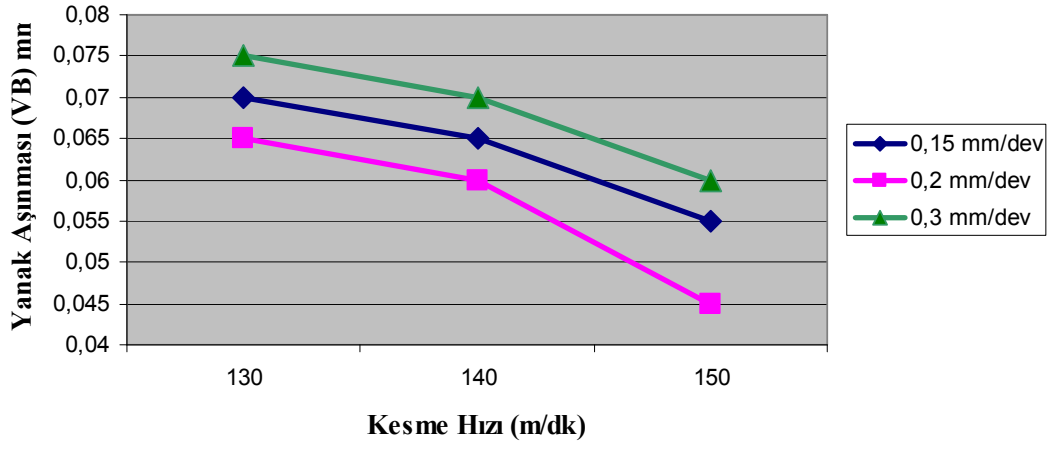
Kesme hızı arttıkça takım üzerinde oluşan yığma kenar azaldığı için yanak aşınmasında azalma görülmüştür. Buna göre kesme hızının artması ile V_B yanak aşınması değerinin dolaylı olarak azaldığı tespit edilmiştir. İlerleme hızı 0,15 mm/dev'den 0,2 mm/dev'e yükseltildiğinde yanak aşınması azalırken 0,3 mm/dev'e çıkarıldığında V_B değerinde artış gözlenmiştir. 150 m/dk kesme hızında 0,2 mm/dev ilerleme hızında en az yanak aşınması olduğu görülmüştür. Çizelge 6.1'de farklı kesme parametrelerinden meydana gelen yanak aşınma değerleri sayısal olarak ve bu değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 1. İki tip uçta elde edilen yanak aşınması (V_B , mm) değerleri

KESİCİ TAKIM TİPİ	İLERLEME HIZI (mm/dev)	KESME HIZI (m/dk)		
		130	140	150
IC8250 Uç rad.: 0,2 mm	0,15	0,060 dB	0,055 dB	0,050 dB
	0,2	0,055 dB	0,045 dB	0,040 dB
	0,3	0,060 dB	0,050 dB	0,045 dB
IC9250 Uç rad.: 0.4mm	0,15	0,070 dB	0,065 dB	0,055 dB
	0,2	0,065 dB	0,060 dB	0,045 dB
	0,3	0,075 dB	0,070 dB	0,060 dB

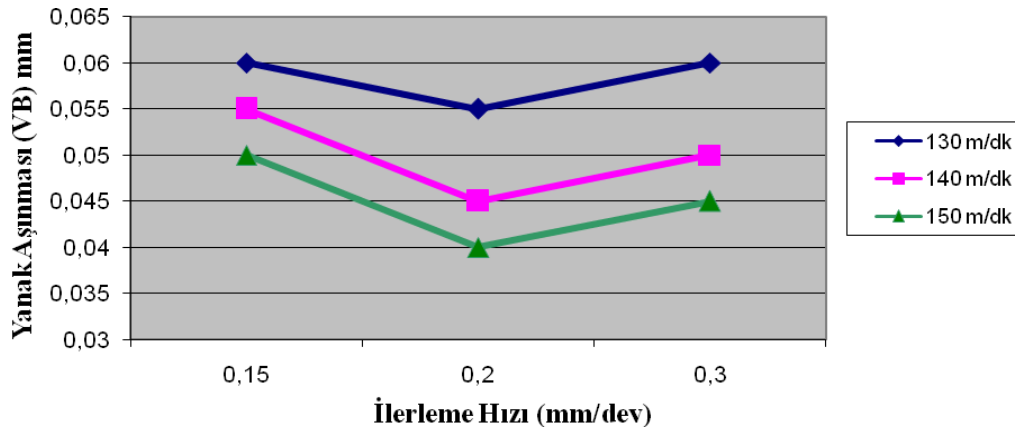


(a)

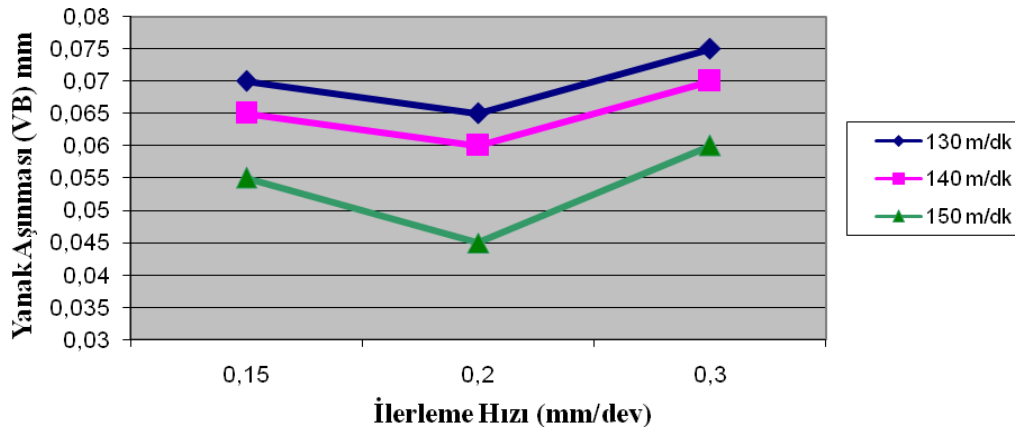


(b)

Şekil 6. 1. Kesme hızına göre yanak aşınma miktarı (a) IC8250, (b) IC9250



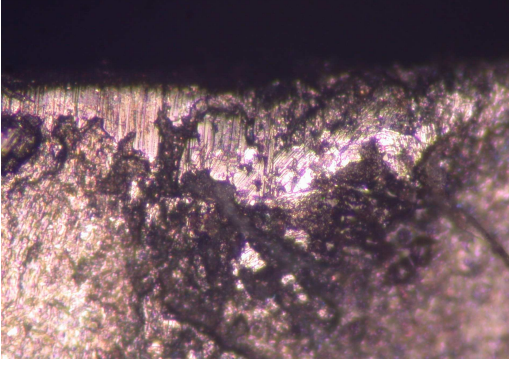
(a)



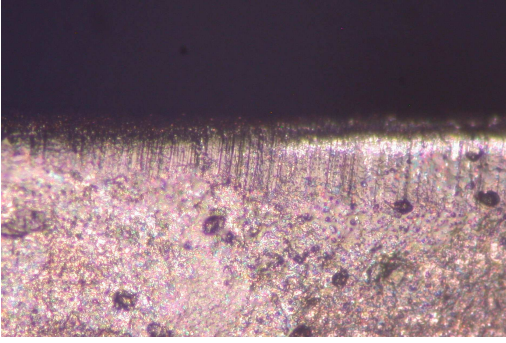
(b)

Şekil 6. 2. İlerleme hızına göre yanak aşınmasına etkisi (a) IC8250, (b) IC9250

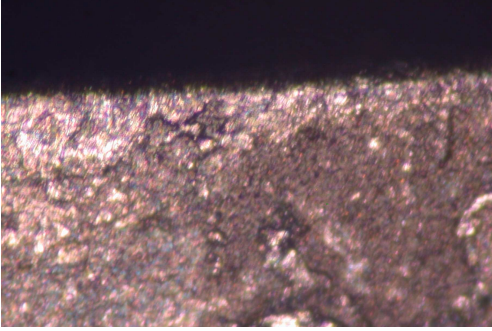
Şekil 6.1’de kesme hızının yanak aşınmasına etkisi, Şekil 6.2’de ilerleme hızının yanak aşınmasına etkisi verilmiştir. Yukarıdaki grafiklerde kullanılan yanak aşınmalarını görüntülemek için 50 kat büyüten mikroskop yardımıyla aşınma bölgelerinin resimleri çekilmiş Resim 6.1 ve Resim 6.2 ‘de gösterilmiştir.



(a)

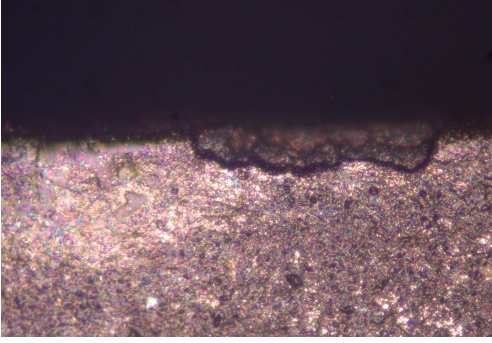


(b)

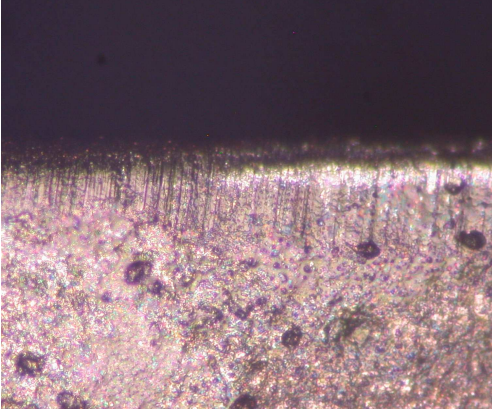


(c)

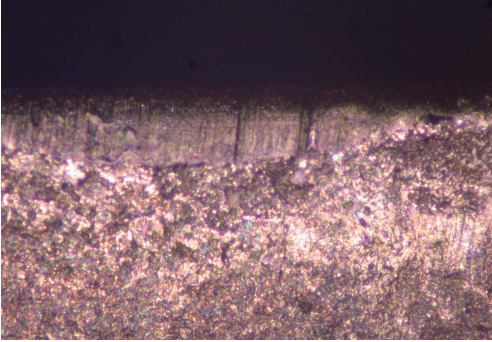
Resim 6. 1. 0,2mm/dev ilerleme hızında oluşan yanak aşınması (50x) (a) 130 m/dk
(b) 140 m/dk (c) 150 m/dk (IC8250)



(a)



(b)



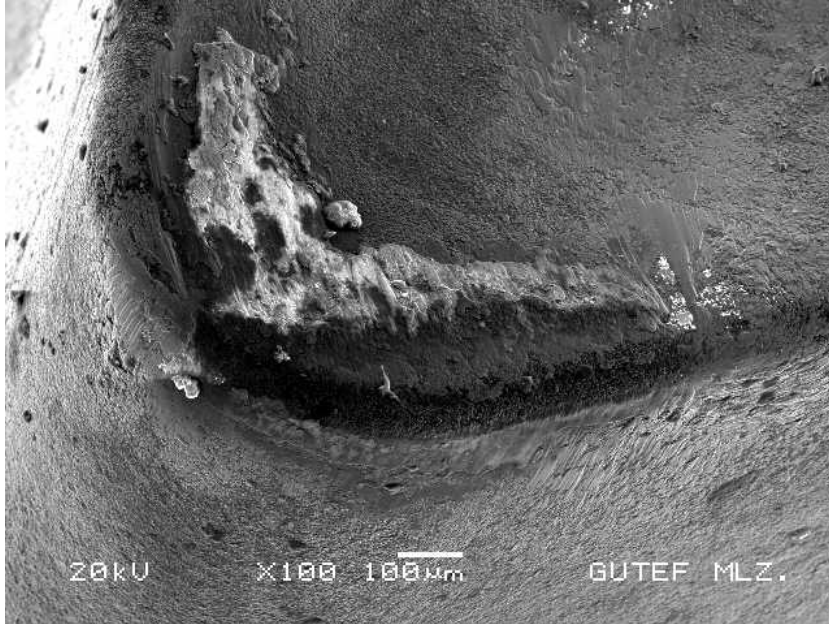
(c)

Resim 6. 2. 140m/dk kesme hızında oluşan yanak aşınması (50x) (a) 0,15mm/dev
(b) 0,2mm/dev (c) 0,3mm/dev (IC8250)

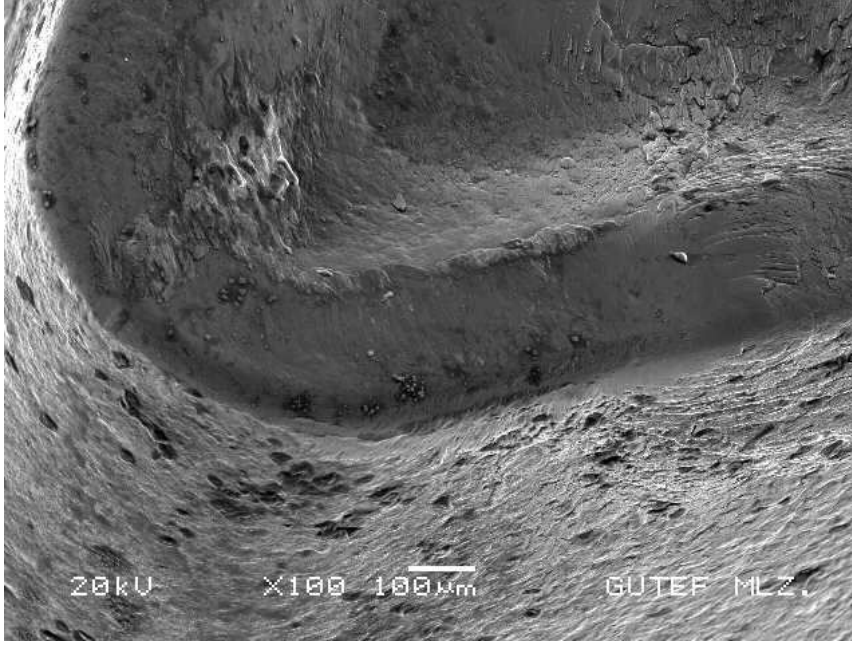
6.1.2. Kesme hızı ve ilerleme hızına bağlı BUE oluşumu

Öncelikli kesme parametrelerini belirlemek için yapılan deneylerde kesici takım üzerinde meydana gelen BUE oluşumu incelenmiştir. Düşük kesme hızında kesici takım üzerinde BUE oluşumu artış göstermiştir. Kesme hızı değeri yüksek olan kesici takımlar incelendiğinde BUE oluşumunun azaldığı gözlemlenmiştir.

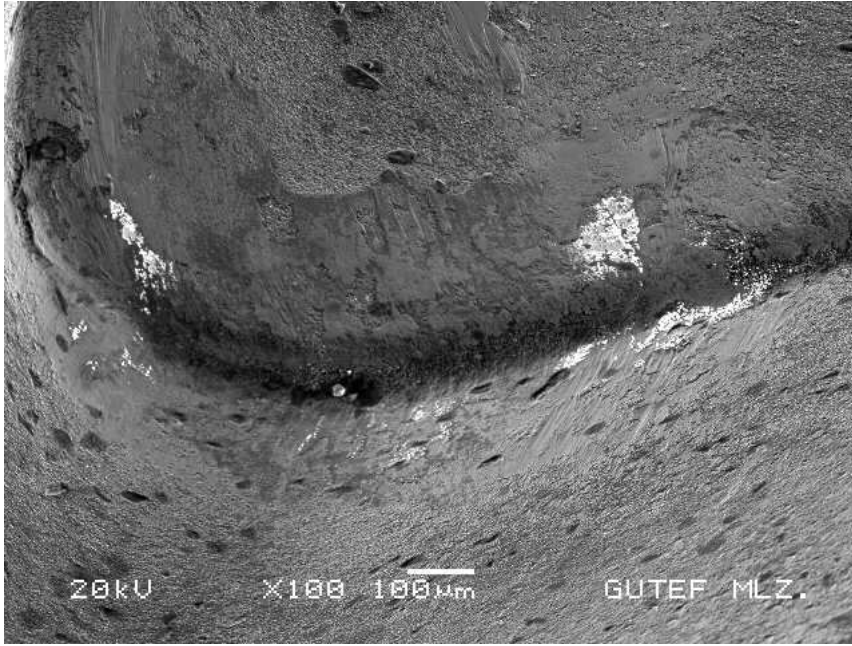
Kesme parametrelerinde kesici takım üzerindeki BUE oluşumunu gözlemlemek için SEM görüntüleri alınmış ve Resim 6.3, Resim 6.4, Resim 6.5,'de gösterilmiştir.



Resim 6. 3. 130 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu



Resim 6. 4. 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu



Resim 6. 5. 150 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında BUE oluşumu

BUE oluşumunun bir kısmı, çıkan talaş tarafından uzaklaştırılırken bir kısmı da kesme esnasında talaştan ayrılıp, işlenen yüzeye yapışarak yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir. Yapılan işlemler sonunda en iyi yüzey kalitesi 140 m/dk kesme hızı 0,2mm/dev’de elde edilmiştir.

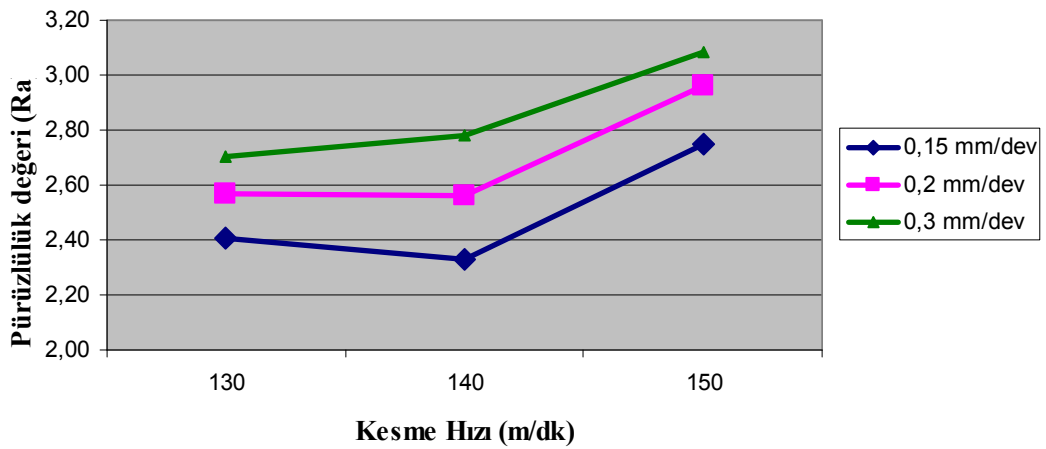
6.1.3. Kesme hızı ve ilerleme hızının yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi

Yüzey pürüzlülüğü ile kesme parametreleri arasındaki ilişkiyi inceleyebilmek için iki farklı kesici uç, üç farklı kesme ve ilerleme hızıyla deney numuneleri işlenmiştir. Daha sonra işlenen numuneler içerdiği parametreler ile işaretlenmiş ve “Mitutoyo SURFTEST-301” marka yüzey pürüzlülük ölçme cihazı ile ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler Çizelge 6.2 ‘de gösterilmiştir.

Çizelge 6. 2. Deney numunelerinin yüzey pürüzlülük değerleri

KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dk)	İLERLEME HIZI (mm/dev)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ (µm)				ORT. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK DEĞERLERİ (µm)
			1	2	3	4	
IC 8250	130	0,15	2,62	2,288	2,405	2,305	2,40
		0,20	3,22	2,35	2,16	2,55	2,57
		0.30	2,225	3,195	2,395	3	2,70
	140	0,15	2,15	2,12	2,65	2,406	2,33
		0,20	2,8	2,4	2,3	2,75	2,56
		0.30	2,225	3	2,45	3,44	2,78
	150	0,15	2,505	3,1	2,675	2,705	2,75
		0,20	2,725	3,295	2,595	3,23	2,96
		0.30	2,985	2,87	3,28	3,205	3,09
IC 9250	130	0,15	2,38	2,25	1,965	2,185	2,20
		0,20	2,305	2,65	2,55	2,675	2,55
		0.30	2,705	2,485	2,55	2,458	2,55
	140	0,15	2,15	2,15	2,365	2,285	2,24
		0,20	2,405	1,975	2,55	2,458	2,35
		0.30	2,205	2,485	2,55	2,458	2,42
	150	0,15	2,385	2,45	2,205	2,367	2,35
		0,20	2,605	2,257	2,5	2,6	2,49
		0.30	2,405	2,48	2,95	2,178	2,50

Kesme hızı 130 m/dk'dan 140 m/dk'ya arttığında ortalama yüzey pürüzlülük değerinin azaldığı gözlenmiştir. Kesme hızı 150 m/dk'ya çıkarıldığında ortalama yüzey pürüzlülük değeri az bir miktar artış gözlenmiştir. Yapılan ölçümler sonucu en düşük Ra yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında ve 0,15 mm/dev ilerleme değerinde gerçekleşmiştir. (Şekil 6.3). Uç radyüsünün 0.4 mm olduğu uç tipinde yüzey pürüzlülük değerlerinin daha az olduğu görülmektedir.



Şekil 6. 3. Farklı kesme parametrelerinde yüzey pürüzlülük değerinin değişimi

Aynı kesme hızında, farklı ilerleme değerlerinde işlenmiş deney numuneleri incelendiğinde ilerlemenin 0,15 mm/dev 'den 0.30 mm/dev 'e çıktığında Ra değerinde artış göstermiştir.

6.1.4. Talaş tiplerinin incelenmesi

Talaş biçimleri işleme esnasında oluşan ısı miktarını ve Öncelikli kesmenin oluşup oluşmadığını anlamak için incelenmiştir. Birbirinden farklı kesme parametrelerinde işlenen deney numunelerinden elde edilen talaş örnekleri dijital kumpasla ölçülerek Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4 de gösterilmiştir. İki farklı tip kesici uç kullanıldığından çıkan talaş tiplerinin kalınlık ve yarıçap ölçüleri için iki ayrı grup çizelge kullanılmıştır. Uç radyüsünün talaş tipine ve talaş radyüsüne etkisi olduğunda görülmektedir. Uç radyüsü arttıkça talaş yarıçapı ve kalınlıkları da artmaktadır.

Çizelge 6. 3. Farklı kesme parametrelerinde oluşan talaş örneklerinin yarıçap ölçüleri

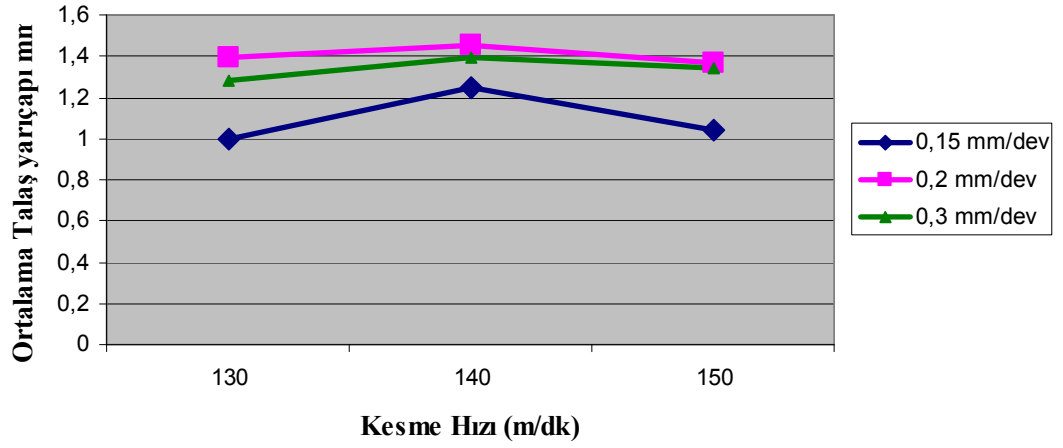
KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dk)	İLERLEME HIZI (mm/dev)	TALAŞ ÖRNEKLERİNİN YARIÇAP ÖLÇÜLERİ (mm)										ORT. YARIÇAP (mm)	STD. SAPMA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
IC 8250	130	0,15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1,00	0
		0,20	1,15	1,1	1,1	1,15	1	1,1	1,15	2,2	2	1,9	1,39	0,4552
		0,30	1,1	1,05	1,8	1	1	1,1	1,05	1,1	1,6	2	1,28	0,3728
	140	0,15	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	0
		0,20	2	1,7	1,5	1,1	1,5	1,1	1,5	1,3	1,44	1,4	1,45	0,2672
		0,30	1,1	1,8	1,5	1	1,45	1,6	1,5	1,3	1,44	1,25	1,39	0,2372
	150	0,15	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	0
		0,20	1,25	1	1,2	1,9	1,8	1,1	1,2	1,8	1,15	1,3	1,37	0,331
		0,30	1,35	1,35	1,15	1,4	1,7	1,3	1,5	1,1	1,1	1,4	1,34	0,1872
IC 9250	130	0,15	1,2	1,6	1,55	1,1	1,45	1,6	1,5	1,3	1,48	1,2	1,40	0,1452
		0,20	1,5	1,2	1,18	1,15	1,2	1,1	1,15	2,2	2	1,9	1,46	0,1111
		0,30	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	0
	140	0,15	1,58	1,62	1,54	1,54	1,52	1,75	1,7	1,8	1,72	1,66	1,64	0,2331
		0,20	1,9	1,55	1,54	1,3	1,58	1,16	1,7	1,63	1,2	1,3	1,49	0,1438
		0,30	1,8	1,82	1,55	1,7	1,9	1,6	1,55	1,55	1,44	1,25	1,62	0,1624
	150	0,15	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,60	0
		0,20	1,75	1,68	1,29	1,8	1,85	1,5	1,5	1,85	1,25	1,35	1,58	0,1589
		0,30	1,35	1,45	1,85	1,6	1,6	1,3	1,55	1,7	1,85	1,46	1,57	0,1624

Ölçümleri yapılan veriler bize kesme hızının düşük, ilerleme hızının yüksek olduğu deney numunelerinden çıkan talaşların talaş kalınlıklarının yüksek, talaş kıvrılma çaplarının düşük olduğu Şekil 5.9 ve Şekil 5.10’da gözlenmiştir. Talaş kalınlığının artması kesici uç üzerinden akan talaşın daha zor akmasına aynı zamanda o bölgedeki ısının yükselmesine neden olmaktadır. Kesme hızının arttırılması ile talaş kıvrılma yarıçaplarının arttığı ve talaş kalınlığının azaldığı görülmüştür. Kesme hızının artması ile oluşan ısıya paralel olarak talaşın deney numunesi üzerinden daha kolay bir şekilde akmasını sağlamıştır.

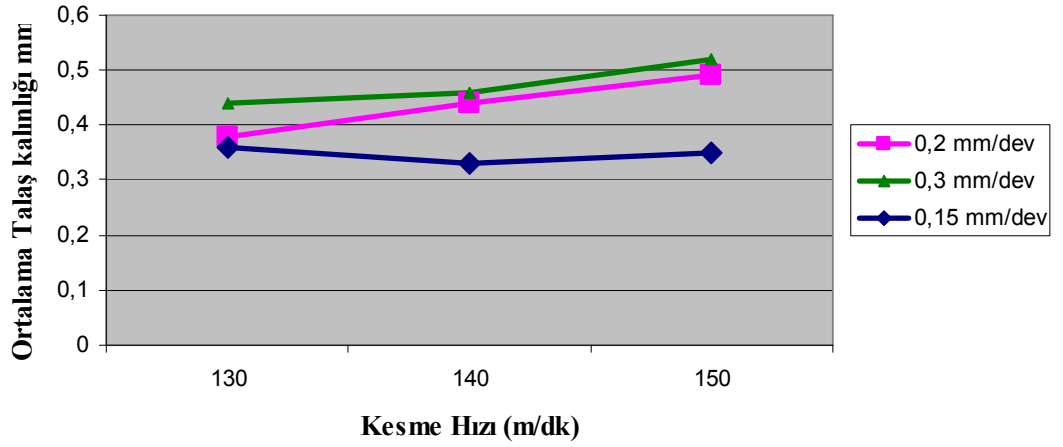
Çizelge 6. 4. Farklı kesme parametrelerinde oluşan talaş örneklerinin kalınlık ölçüleri

KESİCİ TAKIM	KESME HIZI (m/dk)	İLERLEME HIZI (mm/dev)	TALAŞ ÖRNEKLERİNİN KALINLIK ÖLÇÜLERİ (mm)										ORT. KALINLIK (mm)	STD. SAPMA
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
IC 8250 r : 0,2	130	0,15	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0
		0,20	0,38	0,5	0,4	0,4	0,5	0,37	0,4	0,38	0,42	0,4	0,42	0,0481
		0,30	0,36	0,33	0,51	0,64	0,5	0,45	0,41	0,44	0,34	0,4	0,44	0,094
	140	0,15	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0
		0,20	0,56	0,42	0,41	0,41	0,37	0,44	0,46	0,45	0,41	0,44	0,44	0,0503
		0,30	0,48	0,36	0,48	0,58	0,4	0,55	0,45	0,4	0,38	0,56	0,46	0,0795
	150	0,15	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0
		0,20	0,42	0,42	0,58	0,6	0,6	0,44	0,45	0,47	0,51	0,37	0,49	0,0825
		0,30	0,5	0,46	0,55	0,49	0,55	0,64	0,45	0,57	0,51	0,47	0,52	0,0588
IC 9250 r : 0,4	130	0,15	0,33	0,38	0,42	0,35	0,44	0,32	0,3	0,35	0,5	0,55	0,39	0,0776
		0,20	0,52	0,54	0,41	0,4	0,48	0,46	0,55	0,48	0,54	0,45	0,48	0,054
		0,30	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58	0
	140	0,15	0,32	0,3	0,32	0,34	0,35	0,36	0,27	0,32	0,35	0,37	0,33	0,0302
		0,20	0,46	0,44	0,5	0,4	0,48	0,47	0,4	0,42	0,35	0,39	0,43	0,047
		0,30	0,47	0,45	0,35	0,56	0,46	0,44	0,49	0,45	0,48	0,49	0,46	0,0525
	150	0,15	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0
		0,20	0,41	0,39	0,41	0,48	0,5	0,41	0,44	0,44	0,4	0,38	0,43	0,0389
		0,30	0,55	0,46	0,6	0,4	0,48	0,37	0,4	0,4	0,46	0,44	0,46	0,0724

İlerlemenin düşük olduğu şartlarda talaş spiral ve sürekli bir biçimde çıkmıştır. Kesme hızının 150 m/dk'ya çıkarıldığı zamanda ortalama talaş kıvrılma yarıçapı 1,28'den 1,37 'ye çıkmıştır. Kesme hızının artması ile talaşların akış hızı artmış kesme bölgesindeki çıkan talaş renginden ısının arttığı görülmüştür. Kesme hızı 140m/dk ilerleme 0,2mm/dev iken kesme bölgesindeki çıkan talaşın rengi açık renkte sarıya yakın bir hal almıştır. Aynı zamanda bu kesme parametresinde çıkan talaşlar homojen bir dağılım göstermiştir. Buna bağlı olarak en iyi yüzey kalitesi 140 m/dk kesme hızında 0,2 mm/dev ilerleme hızında 0.4 mm uç radyüsüne sahip IC 9250 uç tipinde sağlanmıştır.



Şekil 6. 4. Farklı kesme parametrelerindeki ortalama talaş yarıçapı ölçüleri (IC8250)



Şekil 6. 5. Farklı kesme parametrelerindeki ortalama talaş kalınlık ölçüleri

Deney numuneleri işlendikten sonraki oluşan talaş tipleri dijital fotoğraf makinası ile çekilmiş Resim 6.6 ve Resim 6.7' de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Resim 6. 6. 140 m/dk kesme hızında oluşan talaş formasyonları (a) 0,15 mm/dev
(b) 0,2 mm/dev (c) 0,3 mm/dev (x1)



(a)



(b)

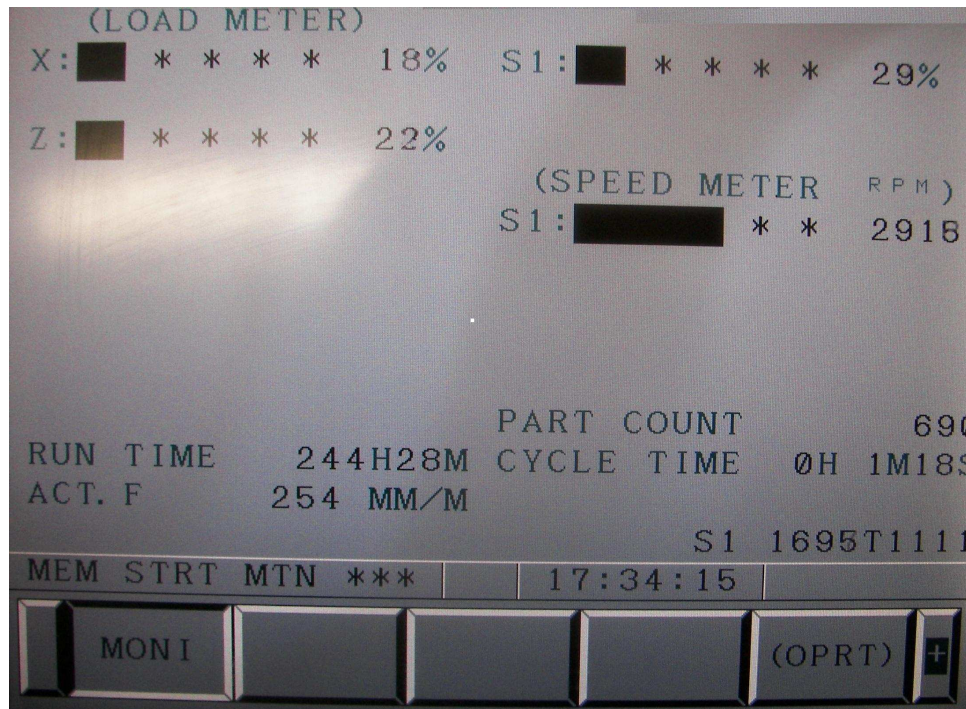


(c)

Resim 6. 7. 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan talaş formasyonları (a) 130 m/dk
(b) 140 m/dk (c) 150 m/dk (x1)

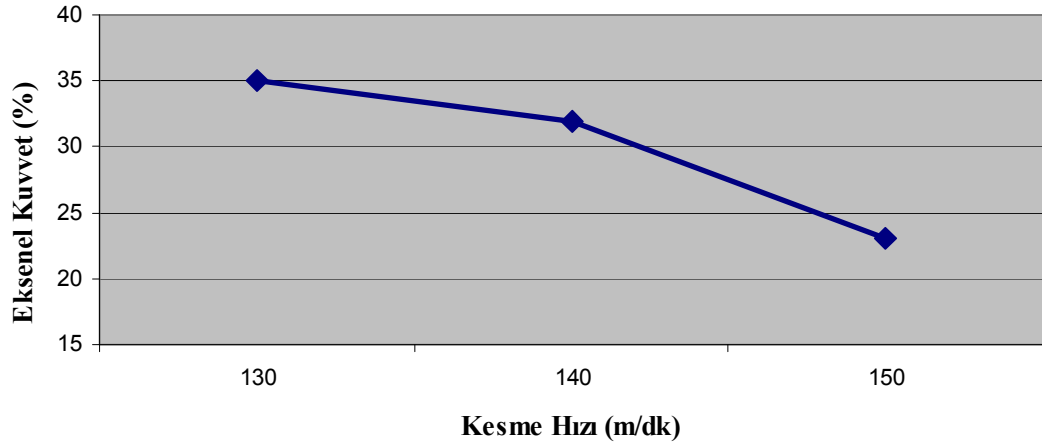
6.1.5. Tezgah üzerinde oluşan kesme yükleri

Kesme yükleri tezgahın özelliğinden yararlanılarak elde edilmiştir. GOODWAY marka CNC tezgahta işleme anında tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler % cinsinden verilmektedir. X ve Z eksenindeki yükler her bir parametre için yüzde cinsinden kesme esnasında elde edilmiştir. Oluşan yüklerin tezgah ekranındaki görüntüsü Resim 6.8’ de gösterilmiştir.



Resim 6. 8. Tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler

130 m/dk kesme hızından 150 m/dk kesme hızına kadar olan değerler Şekil 6.6’da verilmiştir. Uç tipi değişikliği kesme yüklerine etki etmemiştir. Bu yüzden aşağıdaki grafik her iki uç cinsi için kullanılabilir.



Şekil 6. 6. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme hızına bağlı eksenel yük grafikleri (IC9250)

Kesme hızı arttıkça tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler 16,1 kN' dan 9,6 kN' a kadar düşmüştür. (Çizelge 6.5) Buna sebep olarak kesme hızı arttığında o bölgedeki ısının artmasına paralel olarak talaşın daha kolay bir şekilde çıktığı gösterilebilir.

Çizelge 6. 5. 0,2 mm/dev ilerlemede kesme hızına bağlı eksenel yük değerleri

Kesme hızı (m/dk)	Eksenel Kuvvet (%)	Eksenel Kuvvet (kN)
130	35	1,61
140	32	1,32
150	24	0,96

6.2. Öncelikli Kesme Parametrelerinde İşleme Zamanının Yanak Aşınmasına Etkisi

Öncelikli kesme parametreleri, yanak aşınması, serbest kenar aşınması, yüzey pürüzlülüğü, talaş özellikleri ve kesme kuvvetleri dikkate alınarak kesme hızı 140 m/dk ilerleme hızı ise 0,20 mm/dev olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu öncelikli kesme parametrelerinde aşınma deneyleri yapılmıştır. Aşınma deneyleri her bir kesici tipi için 20 dakika işleme süresine kadar yapılmıştır.

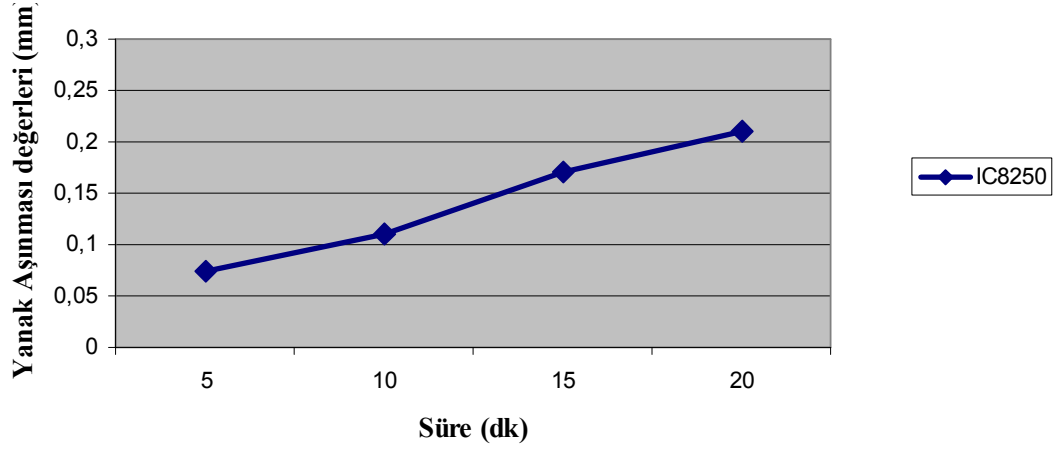
Sırası ile 5,10,15,20 dakika süre ile deney numuneleri işlenmiş ve kesme sesleri kaydedilmiştir. İlgili işleme seslerindeki kesici uçlardaki yanak aşınma miktarları incelenmiştir. Bu uygulama 20. dakikaya kadar aynı şekilde uygulanmıştır.

Zamana bağlı V_B yanak aşınması değerleri incelendiğinde zaman arttıkça kesici takım üzerindeki aşınma miktarı artış göstermiştir. İki farklı kesici uç (0,2 ve 0.4 mm radyüs) ile elde edilen yanak aşınması değerleri Çizelge 6.6' da tablo şeklinde verilmiş ve Şekil 5.15'de grafiksel olarak ifade edilmiştir. Uç radyüsü 0,2 mm uç tipinde aşınma miktarı 10. dakikaya kadar hızlı artmaktadır. Bu dakikadan sonra aşınma miktarı azalmaktadır. 0,4 mm uç radyüsüne sahip uç tipinde ise aşınma miktarı radyüsü 0,2 mm olan uç tipine göre daha lineer artmaktadır.

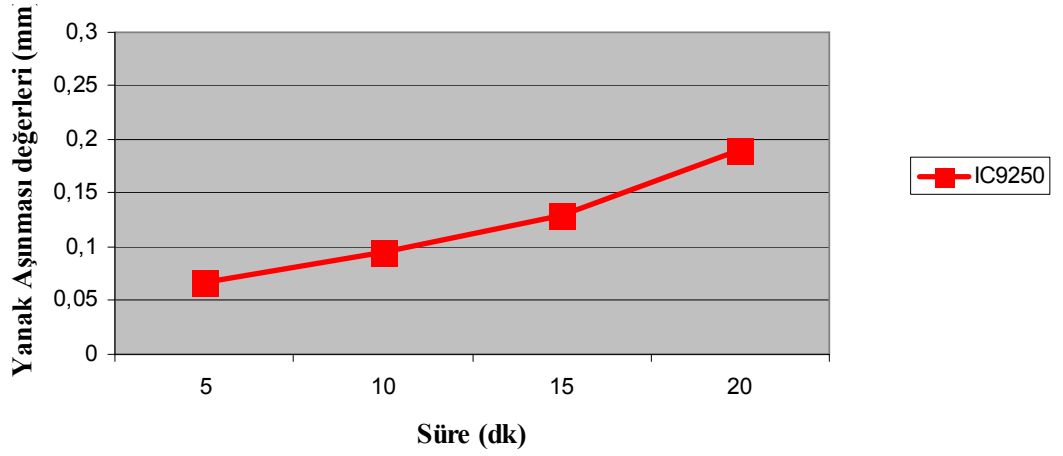
Çizelge 6. 6. Kesici takım ucunda ölçülen yanak aşınması değerleri

Kesici takım	Süre (dk)	Yanak Aşınması ($V_{B(mm)}$)
IC 8250 r: 0,2	5	0,074
	10	0,11
	15	0,17
	20	0,21
IC 9250 r: 0,4	5	0,067
	10	0,095
	15	0,13
	20	0,19

Aşınma miktarları incelendiğinde 10. dakikadan sonra aşınma miktarının daha fazla arttığı görülmektedir. 10. dakikadan sonraki aşınma artışı IC 9250 uç cinsinde daha fazla olduğu görülmektedir. Fakat 20. dakika sonunda IC 8250 uç cinsindeki toplam aşınma miktarı daha fazla olmaktadır.



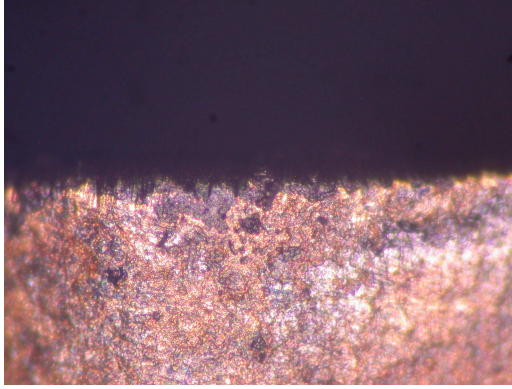
(a)



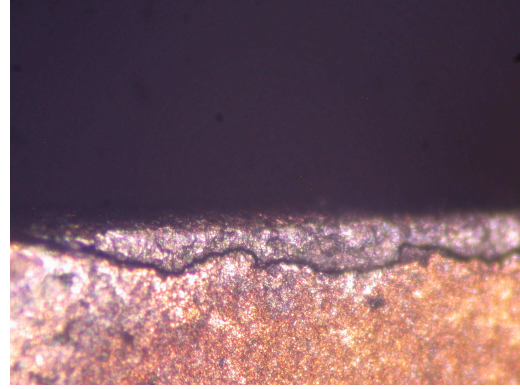
(b)

Şekil 6. 7. İşleme zamanının yanak aşınmasına etkisi (a) IC8250, (b) IC9250

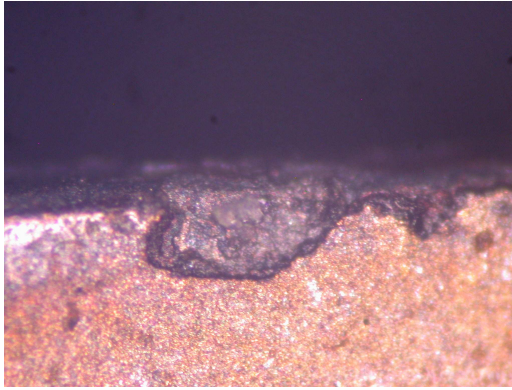
Öncelikli kesme parametrelerinde işleme zamanlarına göre yanak aşınması görüntüleri Resim 6.9' da verilmiştir.



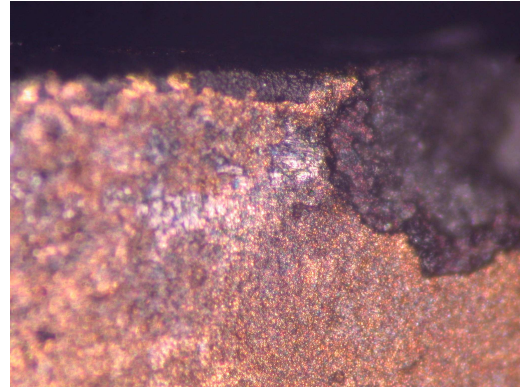
(a)



(b)



(c)



(d)

Resim 6. 9. İşleme zamanlarına göre yanak aşınması (50X) (a) 5 dk, (b) 10 dk, (c) 15 dk, (d) 20 dk (IC9250)

6.3. Öncelikli Kesme Parametrelerinde Yüzey Pürüzlülüğün İncelenmesi

Yüzey pürüzlülük değerini sabit kesme hızı ve ilerlemede inceleme yoluna gidilmiştir. Bunun için iki ayrı kesici takımla 140 m/dk kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerlemede farklı zaman aralıklarında işlenmiş numunelerin Ra değerleri incelenmiştir (Çizelge 6.7). Uç radyüsü 0.4 mm olan IC 9250 uç tipinde yüzey pürüzlülükleri daha düşük olmaktadır. Bu değerler 10. dakikaya kadar daha az iken 10. dakikadan sonra artmaktadır.

0,2 mm uç radyüsüne sahip IC 8250 uç tipinde ilk zamanlardaki yüzey pürüzlülüğü fazla iken 10. dakikadan sonra yüzey pürüzlülüğündeki artış azalmaktadır. 20. dakikanın sonunda iki uç tipinin yüzey pürüzlülük değerlerinin 5. dakikadaki yüzey pürüzlülük değer farklarına göre daha birbirine yakın olduğu görülmektedir.

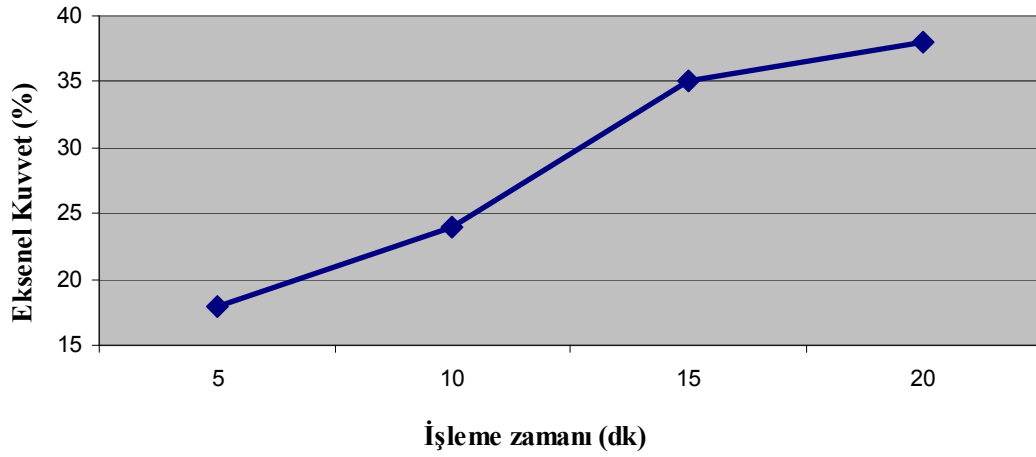
Çizelge 6. 7. Deney numunelerinin yüzey pürüzlülük değerleri

KESİCİ TAKIM	SÜRE (dk)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK (μm)	KESİCİ TAKIM	SÜRE (dk)	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜK (μm)
IC 8250 r : 0,2	5	2,65	IC 9250 r : 0,4	5	1,9
	10	2,75		10	2,24
	15	2,74		15	2,49
	20	3,79		20	2,55

Yukarıdaki çizelgeden de anlaşılacağı gibi deney numunesinin 5. dakikadaki yüzey pürüzlülük değeri 20.dakikada artış göstermiştir. Sabit kesme hızı ve ilerlemede zaman arttıkça yüzey pürüzlülük değeri 15. dakikadan sonra takım aşınmasına paralel olarak artış gözlenmiştir. IC 8250 kodlu kesici takımın zamana bağlı yüzey pürüzlülük değeri daha büyük değerde çıktığı gözlenmiştir. IC 9250 kodlu kesici uç üzerinde BUE oluşumu az miktarda olduğundan dolayı yüzey kalitesi diğer takıma göre daha iyi çıkmıştır.

6.4. Öncelikli Kesme Parametrelerinde Tezgah Üzerinde Oluşan Kesme Yüklerin İncelenmesi

140 m/dk sabit kesme hızında ve ilerleme hızında sırasıyla 5,10,15 ve 20. dakikada tezgahta oluşan eksenel yükler Şekil 6.8’de gösterilmiştir.



Şekil 6. 8. Sabit kesme hızı ve ilerlemede işleme süresine bağlı eksenel yük grafikleri (IC 9250)

Zaman arttıkça kullanılan kesici uç aşındığından tezgah eksenleri üzerindeki yüklerde artış gözlenmiştir. 10. dakika ile 15. dakika arasında yükler hızlı bir artış gözlenirken, aşınmanın kesme yüzeyinin her tarafına eşit yayılmasından sonra yüklerdeki artış azalmaya başlamıştır. (Çizelge 6.8)

Çizelge 6. 8. Zamana göre tezgah eksenleri üzerinde oluşan yükler (IC 9250)

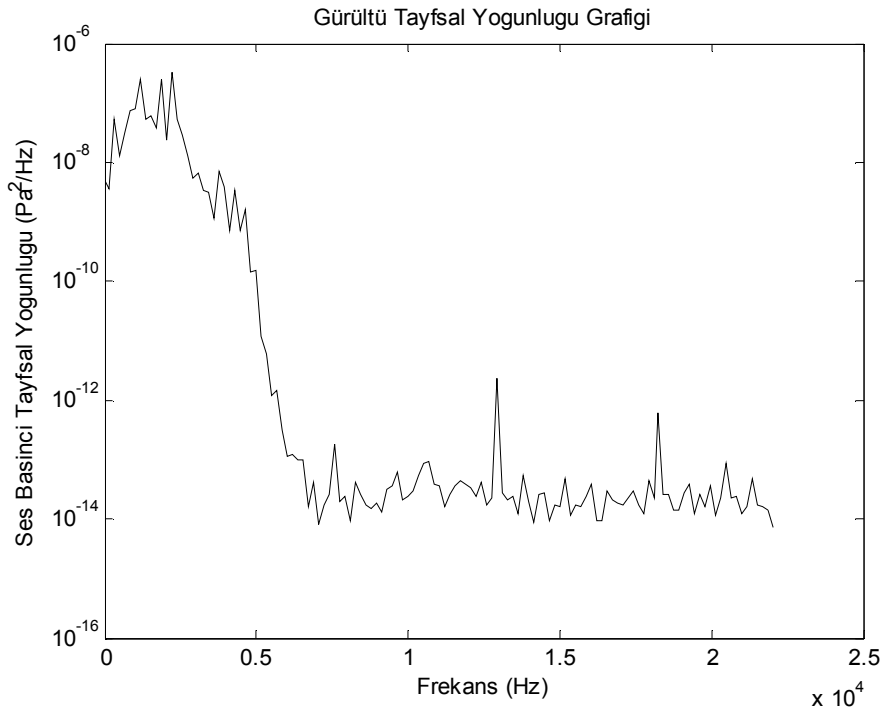
Zaman (dk)	Eksenel Kuvvet (%)	Eksenel Kuvvet (kN)
5	19	0,81
10	24	1,26
15	35	1,5
20	37	1,58

6.5. İşleme Seslerinin İncelenmesi

6.5.1. Güç tayfsal yoğunluğu

Sayısal olarak tanımlı sinyallerin farklı frekans değerlerine göre taşıdığı enerji değerini yada oranı bulunabilir.

Güç tayfsal yoğunluğu, random sinyallerin değişik frekans değerlerine düşen enerji yoğunluğunu gösterir. EEG sinyali buna örnek olarak gösterilebilir. Yapılan bu çalışmada farklı kesme parametreleri ve farklı zaman aralıklarında işlenmiş deney numuneleri CNC tezgahında işlenirken işleme sesleri bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. Elde edilen veriler sadece işleme anındaki veriler olması gerektiği için tezgahın boşa çalışma sesi ayrıca kaydedilmiştir.(Şekil 6.9) Tezgahın kesme anındaki kaydedilen sestten, boşa çalışma sesi filtrelenmiştir. Kaydedilen sesler “MATLAB” programında işlenerek sayısal verilere dönüştürülmüştür.



Şekil 6. 9. Tezgahın boşa çalışma sesinin grafiksel gösterimi

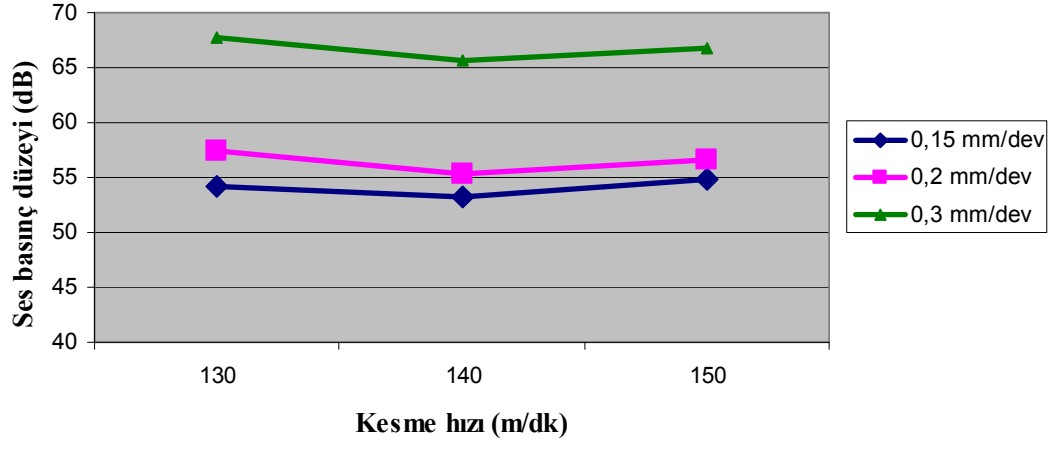
6.6. Kesme Parametrelerinin Ortalama Gürültü Seviyesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Deney numunelerinin farklı kesme parametrelerinde işlenmesi sonucunda kaydedilen işleme sesleri incelendiğinde kesme hızının arttığı noktalarda ses basınç seviyelerinde azalma gözlenmiştir. İlerleme hızı arttırıldığında doğru orantılı olarak ses basınç düzeyinde artış gözlenmiştir.

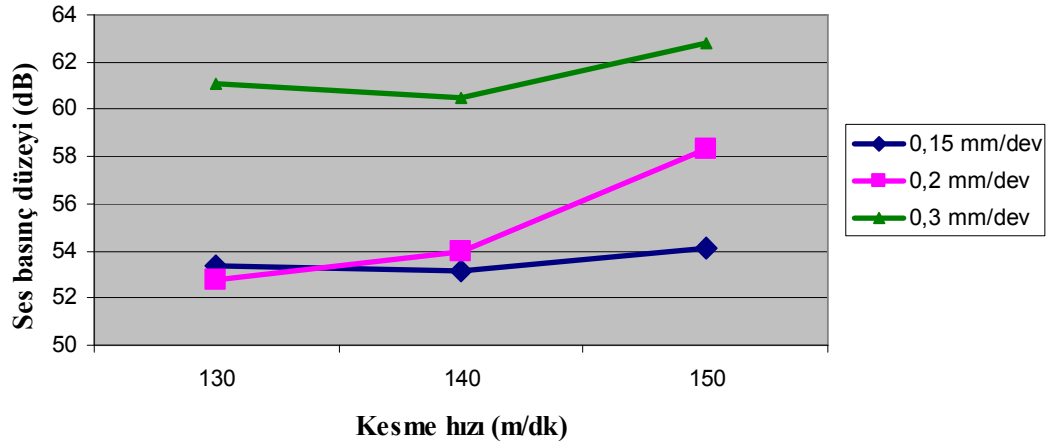
Çizelge 6. 9. Kesici uçların farklı kesme parametrelerindeki ses basınç düzeyleri (dB)

KESİCİ TAKIM	İLERLEME HIZI (m/dk)	KESME HIZI (m/dk)		
		130	140	150
IC 8250 r: 0,2	0,15	54,167dB	53,159 dB	54,889 dB
	0,2	57,423 dB	55,274 dB	56,556 dB
	0,3	67,724 dB	65,724 dB	66,797 dB
IC 9250 r: 0,4	0,15	53,377 dB	53,144 dB	54,124 dB
	0,2	52,770 dB	53,954 dB	58,325 dB
	0,3	61,107 dB	60,464 dB	62,829 dB

Deney numunelerinden elde edilen ses kayıtlarına göre en düşük ses basınç düzeyi IC 8250 uç cinsi için 140 m/dk kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme hızında, IC 9250 uç cinsi için ise 130 m/dk kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerleme hızında görülmüştür. 0.4 mm Uç radyüsünde işleme sesi daha az gözlenmiştir. Bunun sebebi uç radyüsün az olmasının titreşimi arttırdığı ve böylelikle işleme sesinin arttığı olarak yorumlanabilir. Kaydedilen sesler Matlab ortamında “.vaw” uzantılı olarak okutularak ses basınç seviyesine (dB) çevrilmiştir. Çizelge 6.9’ da tablo şeklinde verilmiştir. Şekil 6.10’da İki farklı kesme ucunun farklı kesme parametrelerindeki ses basıncı değerleri grafiksel olarak ifade edilmiştir.



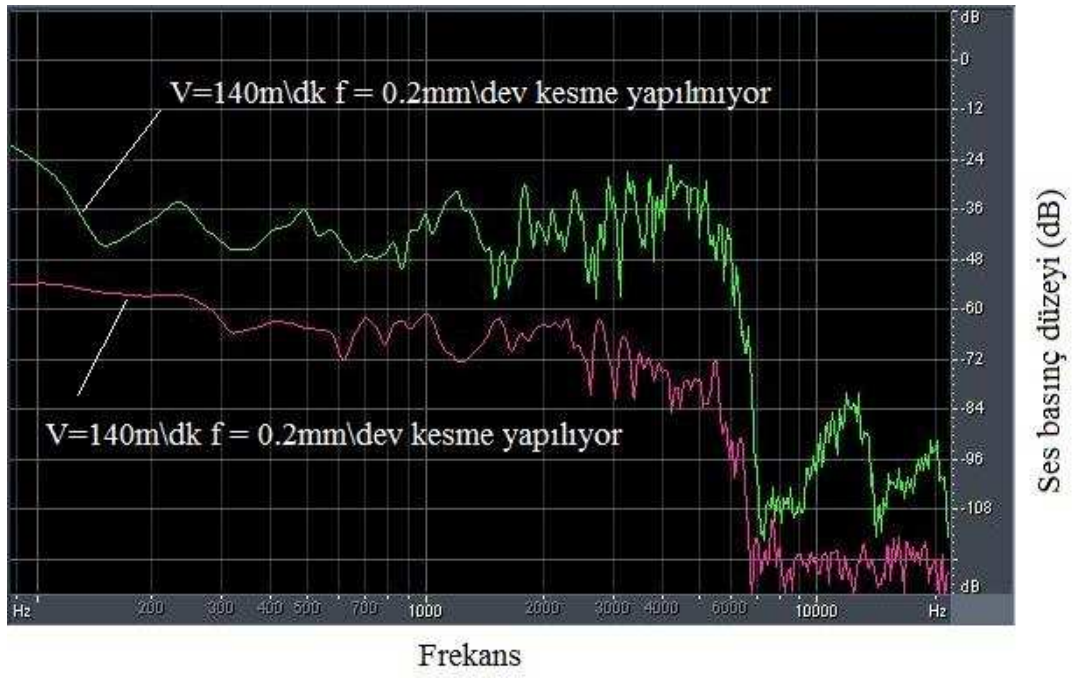
(a)



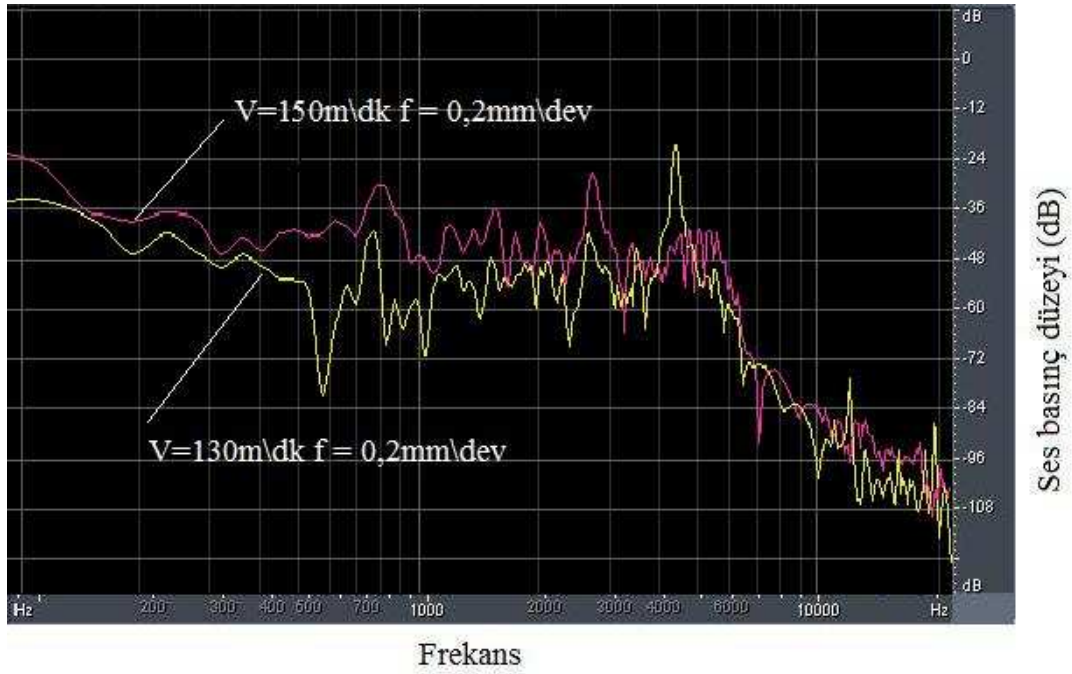
(b)

Şekil 6. 10. İki farklı kesme ucunun farklı kesme parametrelerindeki ses basıncı değerleri (a) IC8250 (b) IC9250

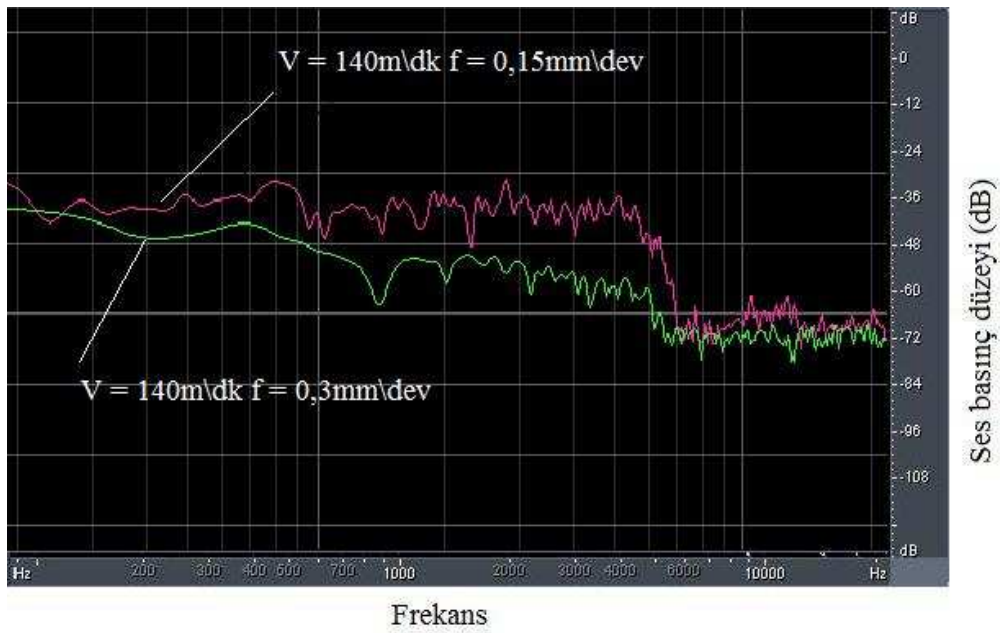
Tezgahın kesme yaparken işleme sesini ve boşta çalışırken çıkan ses basınç düzeyiyle karşılaştırdığımızda fark açıkça görülmektedir. (Şekil 6.11)



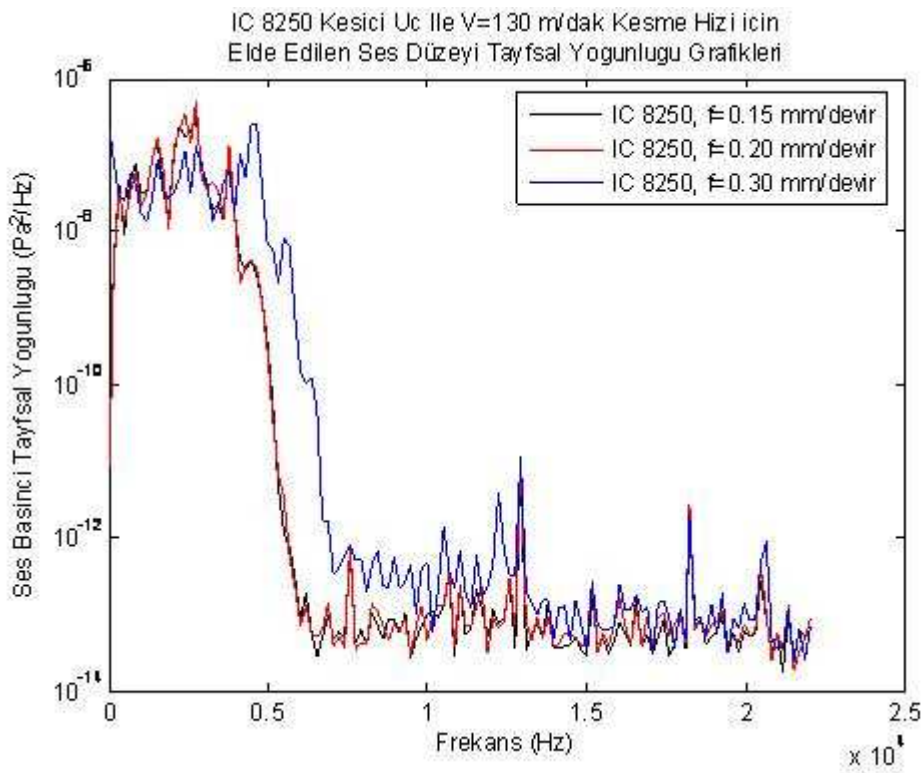
Şekil 6. 11. Aynı kesme değerinde tezgahın talaş kaldırarak ve talaş kaldırmadan kaydedilmiş ses basınç seviyesi



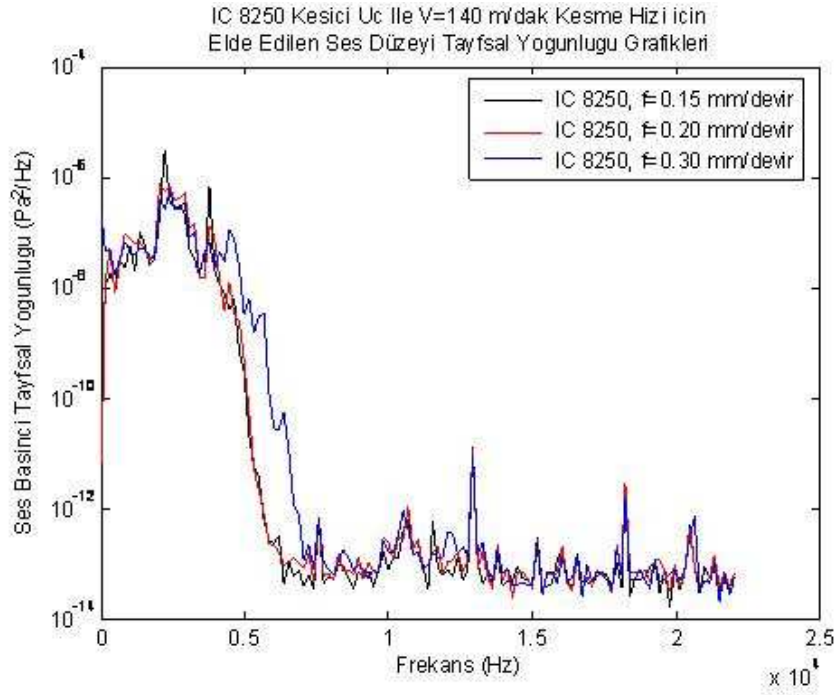
Şekil 6. 12. Aynı ilerleme değerinde ses basınç seviyesi



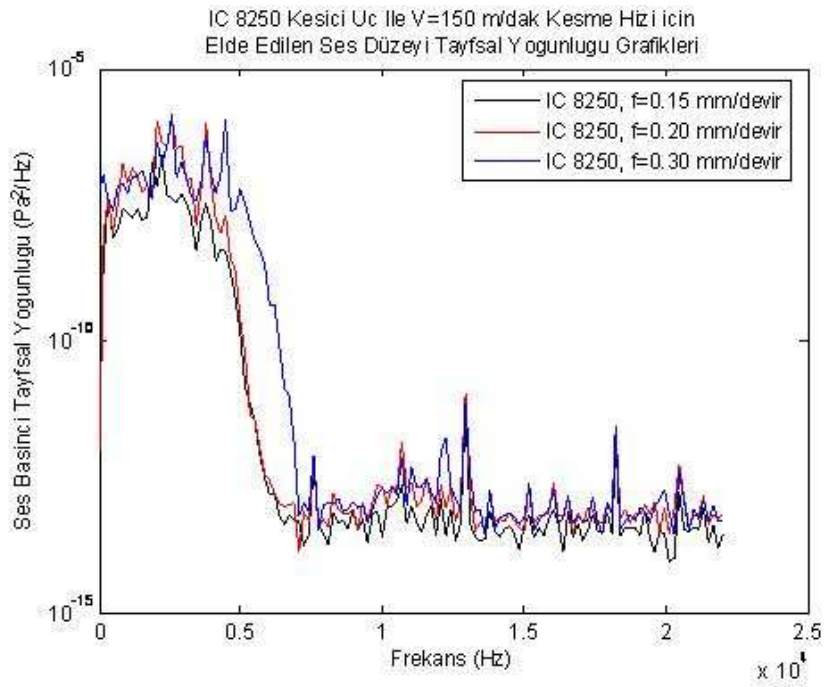
Şekil 6. 13. Farklı ilerleme değerinde ses basınç seviyesi



Şekil 6. 14. IC 8250 kesici uç için 130m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0.30 mm/dev ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri



Şekil 6. 15. IC 8250 kesici uç için 140m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0,30 mm/devir ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri



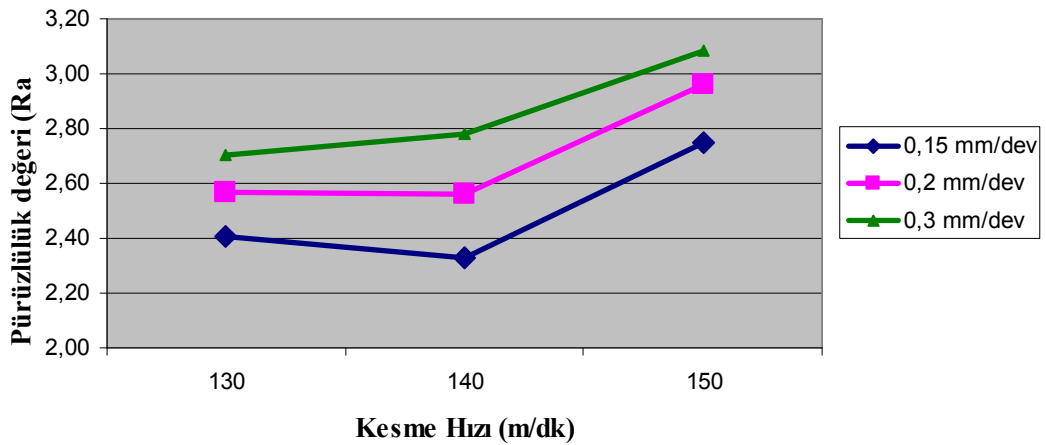
Şekil 6. 16. IC 8250 kesici uç için 150m/dk ve 0,15, 0,20 ve 0,30 mm/devir ilerleme hızındaki gürültü seviyesinin rms değeri

Çizelgedeki veriler incelendiğinde kesme hızlarının artmasıyla işleme seslerinin basınç seviyelerinde azalma gözlenmiştir. 130 m/dk kesme hızından 140 m/dk' ya çıktığında basınç düzeyi örnek olarak alınan 0,2 mm/dev sabit ilerleme hızında 57,4 dB den 55,2 dB'e düşmüştür. Kesme hızı 150 m/dk' ya çıktığında ise ses basınç seviyesi 56,5 dB'e bir miktar artış gözlenmiştir.

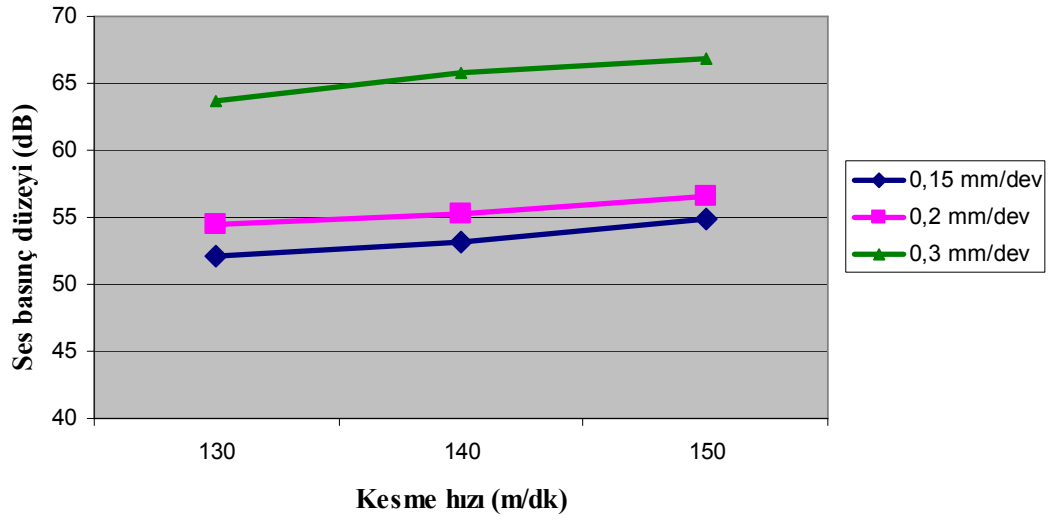
6.7. Yüzey Pürüzlülüğü İle Ses Basınç Düzeyi Arasındaki İlişki

Yapılan çalışmada deney numunelerinin ses basınç düzeyi ile yüzey pürüzlük değerleri karşılaştırılarak kesme hızı grafiği ile birlikte irdelenmiştir.(Şekil 6.17, Şekil 6.18) Kesme hızı değeri 130 m/dk'dan 140 m/dk'ya artırıldığında ortalama yüzey pürüzlülük değeri düşük seviyelerde iken kesme hızı 150 m/dk' ya çıktıktan sonra deney numunesi yüzeyinde bozulmalar artmakta buna bağlı olarak yüzey pürüzlük değerinde de az bir artış gözlenmektedir.

İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisine 140 m/dk kesme hızı referans alınarak değerlendirme yapılmıştır. 0,15 mm/dev ve 0,2 mm/dev ilerleme hızlarında ortalama yüzey pürüzlük değeri düşük değerde iken 0,3 mm/dev'e çıktığında yüzey pürüzlülük değeri artmıştır. İşleme sesleri incelendiğinde kesme ve ilerleme hızlarının artışına paralel olarak deney numunelerinden elde edilen ses basınç düzeylerinde de artış gözlenmiştir.

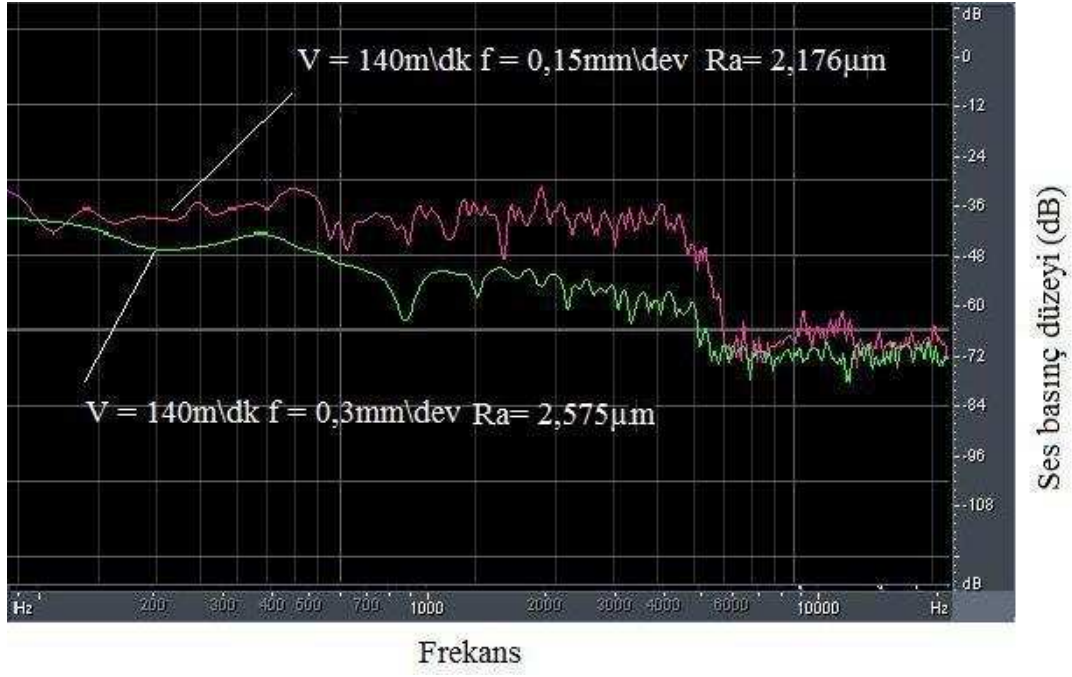


Şekil 6. 17. Kesme hızına bağlı yüzey pürüzlülük değeri



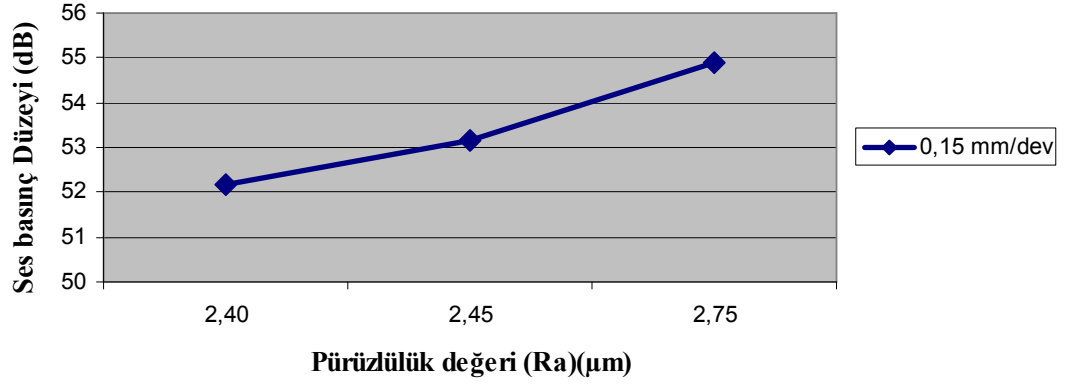
Şekil 6. 18. Kesme hızına bağlı ses basınç düzeyi

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde kesme hızı ortak değer olarak referans alınmıştır. Buna göre aynı kesme hızında ilerleme hızının arttığı noktalarda ses basınç düzeyinde artış gözlenmiştir. Ses basınç düzeyinin artışına paralel olarak yüzey pürüzlülük değeri de artmış deney numunesi yüzeyinde çizikler ve yüzey bozuklukları meydana gelmiştir. 140 m/dk kesme hızında ilerleme artışına bağlı olarak değişen yüzey pürüzlülük değeri Şekil 6.19 'da verilmiştir.

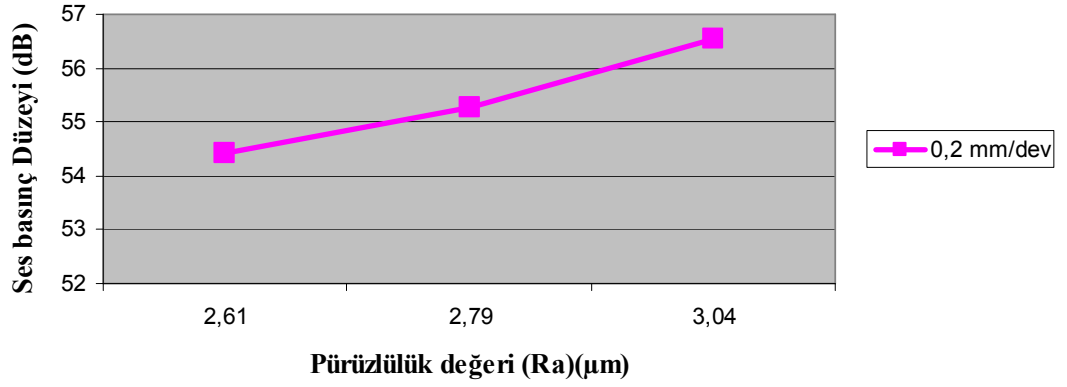


Şekil 6. 19. 140 m/dk kesme hızında ilerleme artışına bağlı olarak değişen yüzey pürüzlülük değeri

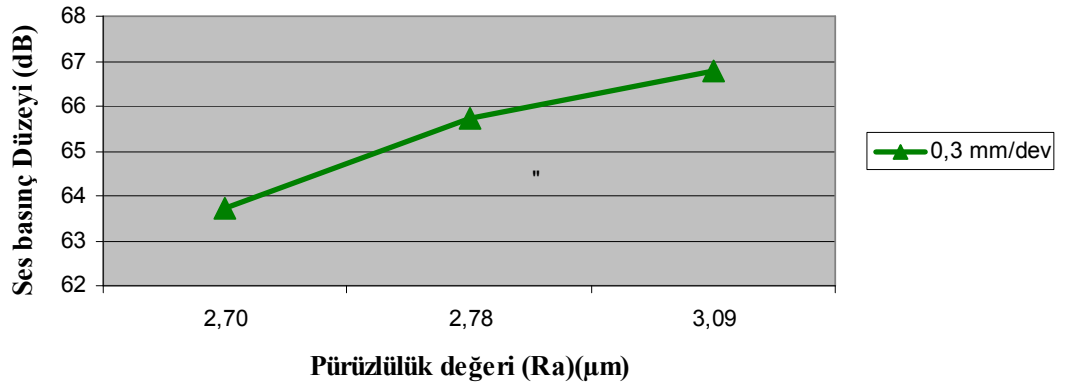
Kesme parametrelerinin sonuçları referans alınarak yüzey pürüzlülük değeri ile ses basınç düzeyi arasında bağlantı kurulmak istenmiştir. Bu sebepten sabit 140 m/dk kesme hızında ve 0,15 mm/dev, 0,2 mm/dev ve 0,3 mm/dev ilerleme hızına bağlı yüzey pürüzlük ve ses basınç düzeyi tablosu Şekil 6.20’de gösterilmiştir. Buna göre sabit kesme hızında ilerlemeye bağlı olarak en düşük yüzey pürüzlülük değeri ve ses basınç düzeyi 0,15 mm/dev’de elde edilmiştir.



(a)



(b)

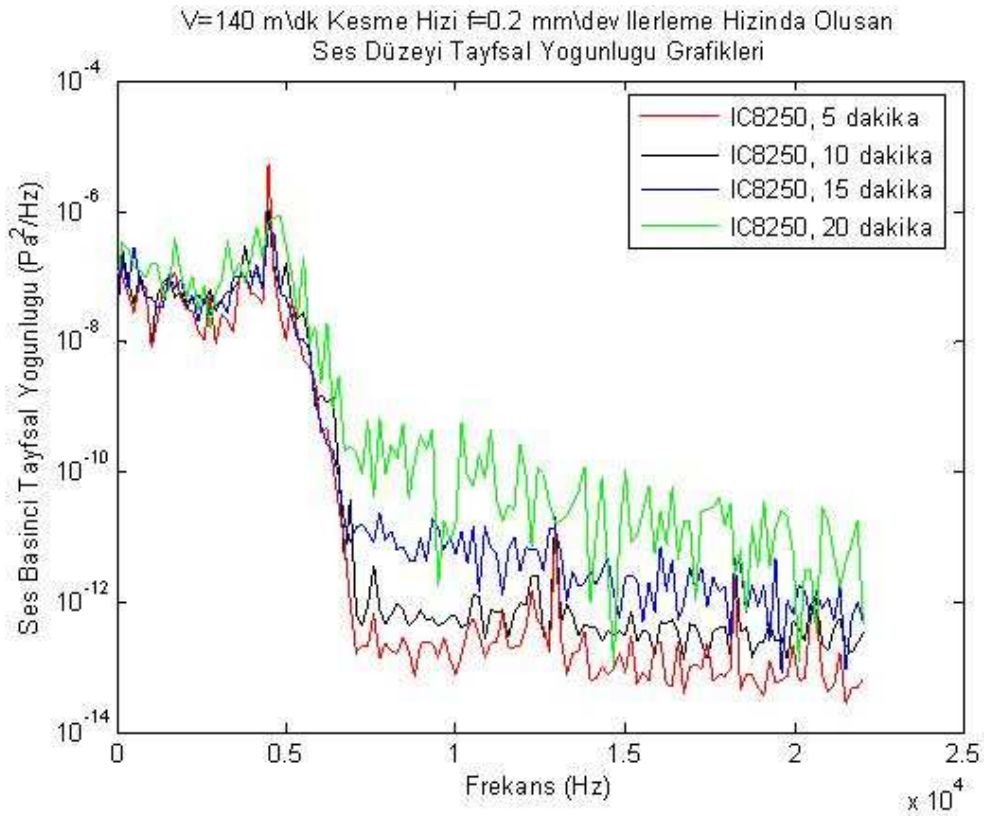


(c)

Şekil 6. 20. 140m/dk kesme hızında ölçülen yüzey pürüzlülükleri ve ses basınç düzeyleri karşılaştırılması (a) 0,15 mm/dev (b) 0,2 mm/dev (c) 0,3 mm/dev

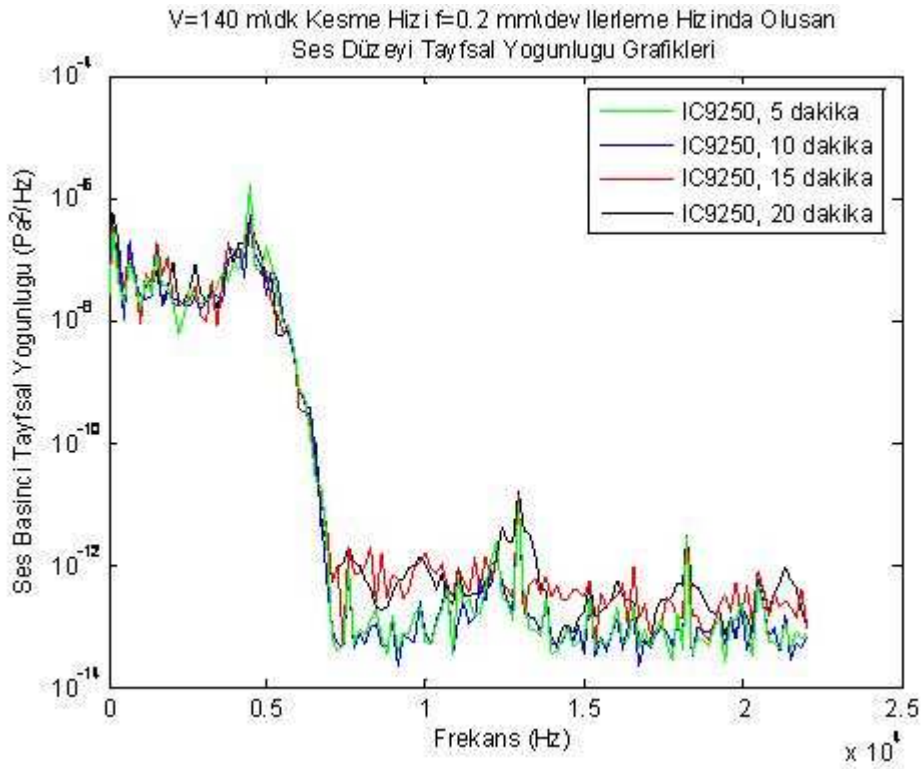
6.8. İşleme Süresinin Ortalama Gürültü Seviyesi Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi

Kesme parametreleri incelendikten sonra işleme süresine bağlı ses ölçüm değerlerini 140 m/dk kesme hızı 0,20 mm/dev ilerleme hızı referans alınarak sabit kesme hızı ve ilerlemede deney gerçekleştirilmiştir. Tezgahın boştaki çalışma sesine bakıldığında, yaklaşık olarak 0 ila 6000 Hz arasındaki frekans (sıklık) bandının iş parçası ses düzeyi üzerindeki gürültünün etkin olduğu aralık olduğu anlaşılmaktadır. Bu nedenle, iş parçasının işlenmesi sırasında kaydedilen ses basıncı verileri değerlendirilirken, belirtilen frekans aralığı göz önüne alınmaktadır. Bu aralıkta Ortalama gürültü seviyesi (rms değeri)=52.726 dB hesaplanmıştır.



Şekil 6. 21. IC8250 kesme ucu ile 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan ses düzeyi tayfsal yoğunluğu grafikleri

Yukarıdaki grafikten görüldüğü üzere, (Şekil 6.21) gürültünün etkin olduğu 0 ila 6000 Hz aralığında her dört işlem süresi için ortaya çıkan güç tayfsal yoğunluğu grafiği birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle, 6000 Hz'ten başlayıp 25000 Hz değerine kadar uzanan frekans aralığı, farklı işlem süreleri için bulunan sonuçların değerlendirileceği bölge olacaktır. İşlem süresinin artması ile ses basıncı tayfsal yoğunluğu değerini artırmıştır.



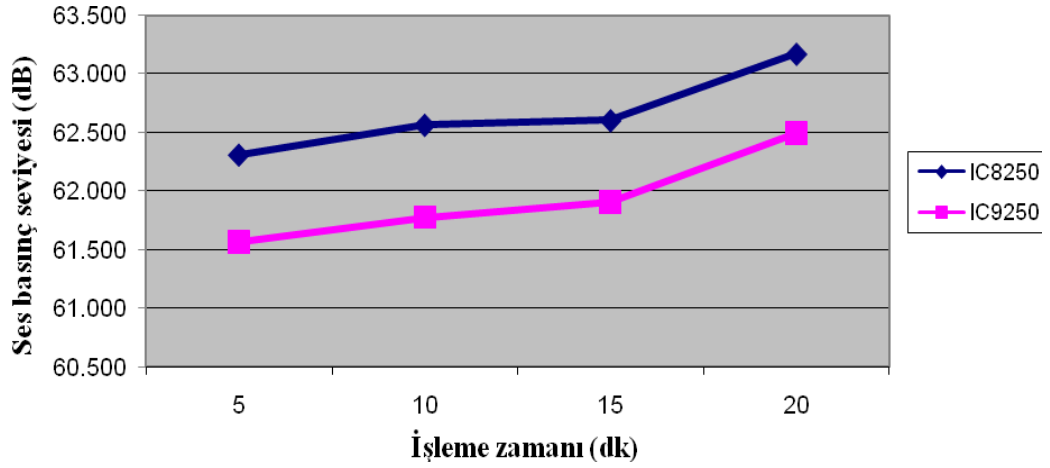
Şekil 6. 22. IC9250 kesme ucu ile 140 m/dk kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında oluşan ses düzeyi tayfsal yoğunluğu grafikleri

Yukarıdaki şekilden de görüleceği gibi, göz önüne alınan 7000 ila 25000 Hz bölgesinde IC9250 kesici uç malzemesi için elde edilen ses basıncı genliği değerleri IC8250 kesici uç malzemesi için bulunanlardan daha düşüktür. Farklı kesme parametrelerinden elde edilen ses basınç düzeyleri Çizelge 6.10' da tablo şeklinde gösterilmiştir.

Çizelge 6. 10. Sabit kesme hızı ve ilerlemede işleme süresine bağlı meydana gelen Ses Basınç Seviyeleri (dB)

KESİCİ TAKIM	SÜRE (dk)	SES BASINÇ SEVİYESİ (dB)	KESİCİ TAKIM	SÜRE (dk)	SES BASINÇ SEVİYESİ (dB)
IC 8250 r: 0,2	5	62,309	IC 9250 r: 0,4	5	61,567
	10	62,564		10	61,778
	15	62,603		15	61,909
	20	63,172		20	62,494

Tablodan elde edilen veriler, Şekil 6.23’de grafiksel olarak ifade edilmiştir.



Şekil 6. 23. IC8250 ve IC9250 kesici uçtaki süreye bağlı ses basınç ölçümleri (dB)



(a)



(b)



(c)

Şekil 6. 24. 140 m/dak kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında belirli zamanlardaki ses basınç seviyelerindeki değişim a) 5.dk b) 10.dk c) 15.dk d) 20.dk



(d)

Şekil 6. 24. (Devam) 140 m/dak kesme hızı 0,2 mm/dev ilerleme hızında belirli zamanlardaki ses basınç seviyelerindeki değişim a) 5.dk b) 10.dk c) 15.dk d) 20.dk

Yukarıdaki şekiller incelendiğinde sabit kesme hızı ve ilerleme hızında işleme zamanı arttıkça ses basınç seviyesindeki artış oluşan dalga boyundan açıkça görülmektedir.

6.9. Zamana Göre Takım Aşınmasının İşleme Sesine Göre Bağlantısı

Yapılan deneyler ışığında SAE 1030 dövme çelik malzemenin optimal kesme parametrelerini ve sese bağlı olarak kesici uç üzerindeki aşınmalar incelenmiştir. Elde edilen verilerden yola çıkarak Öncelikli kesme parametreleri olarak 140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızı elde edilmiştir.

140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızı sabit tutularak farklı zaman aralıklarındaki deney verileri Çizelge 6.11’de verilmiştir.

Çizelge 6. 11. 140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızında farklı zaman aralıklarındaki deney verileri

Kesici Takım	Süre (dk)	Ses Basınç Seviyesi (dB)	Yanak Aşınması $V_{B(mm)}$	Yüzey Pürüzlülük Değerleri (μm)
IC 8250 r: 0,2	5	62,309	0,074	2,65
	10	62,564	0,11	2,75
	15	62,603	0,17	2,74
	20	63,172	0,21	3,79
IC 9250 r: 0,4	5	61,567	0,067	1,9
	10	61,778	0,095	2,24
	15	61,909	0,13	2,49
	20	62,494	0,19	2,55

Deneylerden elde edilen veriler ışığında yanak aşınmasını süreye göre tanımlayan bir matematiksel model oluşturulmuştur. Modelleme çalışması iki aşamada gerçekleştirilmiş olup, ilk aşamada ses basıncı işlem süresinin fonksiyonu olarak ifade edilmiş, ikinci aşamada ise bir önceki safhada hesaplanan ses basınç seviyesi değeri kullanılarak yanak aşınmasını veren ifade, ölçüm verilerini gerçeğe en yakın şekilde ifade etmek üzere doğrusal olmayan bir fonksiyon halinde elde edilmiştir.

Verilen modele göre işleme süresi bilgisinin mevcut olması durumunda belirtilen her iki ifade kullanılarak ortalama yanak aşınması bulunabildiği gibi uygun şekilde seçilmiş bir ses kayıt cihazı yardımıyla alınan kesme gürültüsü verilerinin işlenmesi sonunda bulunan ses basınç seviyesi büyüklükleri kullanılarak, ilk ifadeye gereksinim duyulmadan doğrudan modelin ikinci eşitliğinden yanak aşınması değeri hesaplanabilmektedir. Yapılan deneyde iki farklı kesici uçla sabit kesme hızı ve ilerlemede 5. ile 20. dakika arasındaki aşınma değerleri ses basınç düzeyine göre belirlenmiştir. Aşağıdaki denklemde yer alan “s” ifadesi ses basınç seviyesini dB cinsinden, “t” zamanı dakika cinsinden ve “w” ise aşınma miktarını mm cinsinden belirtmektedir.

IC 8250 tipi kesici uç için model formülizasyonu

$$s = 0.0009947t^3 - 0.0342t^2 + 0.3893t + 61.0919$$

$$w = -11.48254 + 0.1857447 * s - 0.1567702 * (s - 62.662)^2$$

IC 9250 tipi kesici uç için model formülizasyonu

$$s = 0.000712t^3 - 0.02296t^2 + 0.262t + 60.74$$

$$w = -9.023451 + 0.1477564 * s - 0.0645597 * (s - 61.937)^2$$

Verilen model yardımıyla 5. ve 20. dakikalar arası aşınma miktarı ve ses basınç düzeyi ara değerleri hesaplanmıştır. Yukarıda verilen modellerden ve deney sonrasında elde edilmiş değerler Çizelge 6.12' de verilmiştir.

Çizelge 6. 12. 140 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme hızında farklı zaman aralıklarındaki deney verileri ve hesaplanan değerler

Kesici Takım	Süre (dk)	Ses Basınç Seviyesi (dB)	Yanak Aşınması (VB_mm)	Hesaplanan Ses Basınç Seviyesi (dB)	Hata (dB)	Hesaplanan Yanak Aşınması (VB_mm)	Hata (mm)
IC 8250 r: 0,2	5	62,309	0,074	62,308	0,001	0,071	0,002883
	6			62,411		0,100	
	7			62,482		0,118	
	8			62,527		0,129	
	9			62,551		0,134	
	10	62,564	0,11	62,564	0,000	0,137	-0,026886
	11			62,565		0,137	
	12			62,564		0,137	
	13			62,566		0,137	
	14			62,577		0,140	
	15	62,603	0,17	62,603	0,000	0,145	0,0249103
	16			62,651		0,154	
	17			62,725		0,168	
	18			62,833		0,184	
	19			62,980		0,200	
	20	63,172	0,21	63,172	0,000	0,211	-0,000549
IC 9250 r: 0,4	5	61,567	0,067	61,565	0,002	0,064	0,0027623
	6			61,639		0,078	
	7			61,693		0,088	
	8			61,731		0,095	
	9			61,757		0,099	
	10	61,778	0,095	61,776	0,002	0,103	-0,007675
	11			61,792		0,105	
	12			61,808		0,108	
	13			61,830		0,112	
	14			61,862		0,117	
	15	61,909	0,13	61,907	0,002	0,124	0,0063536
	16			61,971		0,133	
	17			62,057		0,145	
	18			62,169		0,159	
	19			62,313		0,175	
	20	62,494	0,19	62,492	0,002	0,190	-0,000256

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

SAE 1030 Dövme çeliklerde zamana karşı takım aşınmasını CNC tezgahında işleme esnasındaki sese dayalı olarak tespitini amaçlayan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

- 150m/dk kesme hızında 0,2mm/dev ilerleme hızında en az yanak aşınması olduğu görülmüştür. Kesme hızının artması yanak aşınmasını azaltmıştır[4].
- 130m/dk kesme hızında BUE oluşumu fazla iken 140m/dk kesme hızında kesici takımlar incelendiğinde BUE oluşumunun azaldığı gözlenmiştir. Alınan sonuçlar literatürü desteklemektedir [17][20].
- Kesme hızının 130 m/dk ‘dan 150 m/dk’ya artması talaşın malzeme üzerinden daha kolay bir şekilde akmasını sağlamış, talaş yarıçapı 1.27’den 1.37’ye yükselmiştir.
- Kesme hızı değeri 130m/dk’dan 140m/dk’ya artırıldığında ortalama yüzey pürüzlülük sabit ilerlemede (0,2mm/dev) 2.665 μ m ve 2.429 μ m, iken kesme hızı 150m/dk’ ya çıktıktan sonra deney numunesi yüzeyinde bozulmalar artmakta buna bağlı olarak yüzey pürüzlük değeri 3.036 μ m’ye bir artış gözlenmektedir.
- Yapılan ölçümler sonucu en düşük Ra yüzey pürüzlülük değeri 140 m/dk kesme hızında IC9250 kodlu kesici uçta gerçekleşmiştir.
- Tezgah eksenleri üzerinde oluşan yüklere bakıldığında kesme hızı 130m/dk dan 150 m/dk ‘ya çıkarıldığında %35 ‘den %23’lere kadar düşmüştür. Kesme hızı artıkça kesme yüklerinde azalma olmaktadır. Literatüre bakıldığında kesme hızı 120 m/dk’dan 150 m/dk’ ya çıktığında kesme kuvvetleri 620 N dan 570 N’a düşmüştür[17].
- Tezgahın ortalama gürültü seviyesi (rms değeri) 52.726 dB hesaplanmıştır. 130 m/dk kesme hızından 140 m/dk’ ya çıktığında basınç düzeyi 0,2mm/dev sabit ilerleme hızında 57,4 dB den 55,2 dB’e düşmüştür. Kesme hızı 150 m/dk’ya çıktığında ise ses basınç seviyesi 56,5 dB’e bir miktar artış gözlenmiştir. En uygun kesme parametrelerinin, işleme sesinin ses basınç düzeylerinin analiz edilmesiyle de belirlenebileceği gösterilmiştir [16].

- Zamana bağılı ses basınç seviyeleri hesaplanırken SAE 1030 Dövme çelik malzemesi için Öncelikli kesme hızı 140 m/dk, ilerleme ise 0,2 mm/dev kullanılmış ve işlenebilirlik parametrelerinin incelenmesi sonucu bulunmuştur.
- Sabit kesme hızı ve ilerlemede Zamana bağılı V_B yanak aşınması değerleri incelendiğinde 5. dakikadaki yanak aşınması 0,074 mm iken 20. dakikadaki yanak aşınması 0,20 mm'lere yükselmiştir. Fiziksel olarak aynı geometriye sahip farklı bir kesici uçla 19,9 mın işlemede 0,28 mm aşınma meydana gelmiştir. Bu sonuçta bize aşınma miktarının literatüre yakın bir değerde çıktığını göstermiştir[4]
- Kesici takım üzerinde yanak aşınmasını süreye bağlayan model oluşturulmuştur. Model iki farklı kesici uç için 5. dakikadan 20. dakikaya kadar herhangi bir zamandaki yanak aşınmasını ve ses basınç düzeyini sağlıklı bir biçimde vermektedir. 20. dakikadan sonraki aşınma verileri istendiğinde ise model lineer olmadığı için sağlıklı sonuç vermeyecektir.
- İleride yapılacak bir çalışmada deney işleme süresi arttırılıp veriler model formülüne işlenirse o anki aşınma ve ses basınç düzeyine erişilebilir.
- Belirlenen Öncelikli kesme sesi ile imalat sırasında oluşan işleme sesleri karşılaştırılarak seri üretim sırasında düşük maliyette verimli takım kullanma gibi üretici firmalar için çok önemli noktalar kontrol altına alınabilir.

KAYNAKLAR

1. Wilkowski J., Gorski A., “Correlation between tool wear and RMS of vibro-acoustic signals for different cutting parameters”, *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW*, 59: 363-366 (2006).
2. Deiab İ., Assaleh K. , Hammada F., “On modeling of tool wear using sensor fusion and polynomial classifiers”, *Journal Materials Processing Technology* , 23: 1719–1729 (2009).
3. Li X., “acoustic emission method for tool wear monitoring during turning”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 42:157–165 (2002).
4. Prateepasen A., Au Y.H.J., Jones B.E., “Acoustic Emission and Vibration for Tool Wear Monitoring in Single-Point Machining Using Belief network”, *IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*, Hungary, 21-23 (2001).
5. Kassim A.A., Mian Z., Manan M.A., “Connectivity oriented fast Hough transform for tool wear monitoring”, *Journal of Pattern Recognition* , 37: 1925–1933 (2004).
6. Jemielniak K., Wrzosek P., Kwiatkowski L. “Diagnosis of tool wear based on cutting forces and acoustic emission measures as inputs to neural network”, *Journal of Intelligent Manufacture* , 9: 447-455 (1998).
7. Choi D., Kwon W.T., Chu C.N., “Real-time monitoring of tool fracture in turning using sensor fusion”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 15: 305–310 (1999).
8. Kakade S., Vijayaraghavan L., Krishnamurthy R., “In-process tool wear and chip-form monitoring in face milling operation using acoustic emission”, *Journal of Material Processing Technology* 44: 207–214 (1999).
9. Zheng S.X., McBride R., Barton J.S., Jones J.D.C., Hale, B.E. Jones K.F., “Intrinsic optical fibre sensor for monitoring acoustic emission”, *Sensors and Actuators, A: Physical*, 31: 10–114 (1992).
10. König W., Kutzner K., Schehl U., “Tool monitoring of small drills with acoustic emission”, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* , 32: 487–493 (1992).
11. Blum T., Inasaki I., “A study on acoustic emission from the orthogonal cutting process”, *ASME Trans. Journal of Engineering for Industry* , 112: 203–211 (1990).

12. Moriwaki T., Tobito M., “A new approach to automatic detection of life of coated tool based on acoustic emission measurement”, *ASME Trans. Journal of Engineering for Industry* , 112: 212–218 (1990).
13. Roget J., Souquet P., Gsib N., “Application of acoustic emission to the automatic monitoring of tool condition during machining”, *ASNDT Materials Evaluation* , 46: 225–229 (1988).
14. Varma S., Baras J.S., “ToolWear Estimation from Acoustic Emissions: A Model Incorporating Wear-Rate”, *Center for Auditory and Acoustic Research* , 1051-4651 (2002).
15. Aksoy T., “Toz metalürjisiyle üretilen malzemelerin talaşlı üretiminde kesme aarametlerinin kesici takım performansı ve meydana gelen talaşlar üzerindeki etkisinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , Ankara, 6 (2009).
16. Yeşilyurt S., “AISI 304 Östenik paslanmaz çeliklerde kesme parametrelerinin torna tezgahında işleme esnasındaki sese dayalı olarak araştırılması” Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* , Ankara, 22-24 (2003).
17. Çiftçi İ., “Aısı 304 Ostenitik paslanmaz çeliğin kaplanmış sementit karbür kesici takımla işlenmesi esnasında oluşan takım aşınması” *Teknoloji*, 7(3): 489-495 (2004).
18. Taşlıyan A., Acarer M., Şeker U., Gökkaya H., Demir B., “İnconel 718 Süper alaşımının işlenmesinde kesme parametrelerinin kesme kuvveti üzerindeki etkisi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.* 22(1): 1-5 (2007).
19. Işık Y., Çakır M. C., “Takım çeliklerinin talaşlı imalatında kesme kuvvetleri ile takım ömrü arasındaki ilişkinin deneysel olarak incelenmesi” *Teknoloji Dergisi*, 3(4): 47-56 (2000).
20. M., Günay, E., Aslan, İ., Korkut, U., Şeker, “Çift Fazlı Çeliklerde Martensit hacim oranına bağlı olarak kesici uçta aşınma ve sıvanma (BUE) oluşumu eğiliminin kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerine etkisi”, *8. Uluslararası Makine Tasarım İmalat Kongresi* , 309-322 (1998).
21. Özdemir U., Erten M., “Talaşlı imalat sırasında kesici takımda meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri”, *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi* , 1(1): 37-50 (2003).
22. Çapan L. “Dövme Tanımı” Dövme Teknolojisi, 975-395-728-8, 128/2 *Makine Mühendisleri Odası*, (2004).

23. İnternet: Başkent Üniversitesi “Ses Dalgalarının Fiziksel Özellikleri”
<http://www.baskent.edu.tr/~scanan/sesweb/ses.htm> (2004).
24. İnternet: Türk Akustik Derneği yayınları “Akustik ve Sesin Özellikleri”
<http://www.takder.org/prod> (2008).
25. TS 10329, Torna Kalemli-Ömür Deneyi (*Tool Life Testing With Single - Points Turning Tools*), 128, (1992)
26. İnternet: Uludağ Üniversitesi “Frekans Nedir”
<http://kbb.uludag.edu.tr/HB-gurultu.htm>(2009)
27. İnternet: Yıldız Teknik Üniversitesi“Genlik Nedir”
http://www.fzk.yildiz.edu.tr/hbrdosya/20071_0221901_GU_11.pd (2009)
28. İnternet: Sesin Özellikleri “Tını Nedir”
<http://www.msxlab.org/forum/x-sozluk/305325-tini-nedir-tini.html>(2008)
29. İnternet: Dokuz Eylül Üniversitesi “Akustik Nedir”
<http://web.deu.edu.tr/gsf/?p=94&lang=1&referer=37> (2009)
30. İnternet: Aşınma Mekanizmaları “ Kesici Takım Teknolojisi”
<http://www.makinateknik.org/forum/forumdisplay.php?f=58> (2009)
31. Avuncan G., “Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar”, *Makine Takım A.Ş.*, İstanbul, (1998)
32. Can A., “AISI 5140 Çeliğinin Sermet PVD İle TiAlN-CVD İle TiN kaplanmış kesici uçlarla tornalanmasında kesme değişkenleri kaplama cinsi ve takım aşınmasının yüzey pürüzlülüğüne etkisinin deneysel incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*, Ankara, (2003)
33. Mills B., Redford A.H., “Machinability of Engineering Materials”, *Applied Science Publishers Ltd.*, London And New York, (1983)
34. Özdemir Ö., İpek M., Zeytin S., “Kesici Takım Malzemeleri”, *Makine Mühendisleri Odası Dergisi*, 4, 92, (2000)
35. Şahin Y., “Talaş Kaldırma Prensipleri 1”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, (2000)
36. Çakır M.C., “Modern Talaşlı İmalatın Esasları”, *Vipaş A.Ş.*, Bursa, (1999)
37. Kandemir K., “Kesici takım malzemesi olarak kullanılan Seramikler”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi*, Denizli, (1998)

38. Basmacı G., “Nikel esaslı süper alaşım malzemelerin CNC Freze tezgahlarında işlenmesinde kesme parametrelerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi**, İstanbul, (2002)
39. Uyanık C., “Talaşlı İmalatta Seramik Kesicilerin Verimliliği”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi**, Sakarya, (1997)
40. Aydın B., “AA2014 Alaşımında yaşlandırma ısı işleminin işlenebilirlik özellikleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi**, Ankara, (2002)
41. İnternet: Talaş Kaldırmanın Anatomisi “ EUT Üretim Yöntemleri”
<http://www.mkn.itu.edu.tr/~vuralmu/eut21.pdf> (2009)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : BAŞALTIN, Mustafa
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 06.02.1981 İZMİR
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (312) 590 93 51
 e-mail : mustafa_basaltin@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /Makina Eğitimi	-
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Kalıpcılık Eğitimi	2004
Lise	İzmir Çınarlı Teknik Lisesi	1999

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2004-2009	Mesa İmalat San.Tic.A.Ş.	Cad/Cam
2009- -	Tübitak-Sage	Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Hobiler

Futbol, Bilgisayar teknolojileri,