



T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MALZEME VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAKIM TALAŞ YÜZEYİ ÜZERİNE AÇILAN SOĞUTMA
YÖNTEMİNİN TAKIM AŞINMASI VE TALAŞ MORFOLOJİSİ
BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Gülçin ŞEKER

Haziran-2024
BATMAN

T.C.
BATMAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MALZEME VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TAKIM TALAŞ YÜZEYİ ÜZERİNE AÇILAN SOĞUTMA
YÖNTEMİNİN TAKIM AŞINMASI VE TALAŞ MORFOLOJİSİ
BAKIMINDAN İNCELENMESİ**

Gülçin ŞEKER

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Oktay ADIYAMAN

Haziran-2024
BATMAN

TEZ KABUL VE ONAYI

Gülçin ŞEKER tarafından hazırlanan “Takım Talaş Yüzeyi Üzerine Açılan Soğutma Yönteminin Takım Aşınması Ve Talaş Morfolojisi Bakımından İncelenmesi” adlı tez çalışması 10/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Malzeme ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Çetin ÖZAY

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Oktay ADIYAMAN

.....

Üye

Doç. Dr. Şehmus BADAY

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Ömer Murat ÖTER
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdür V.

Bu tez çalışması Batman Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) tarafından BTÜBAP-2022-YL-23 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Gülçin ŞEKER
Tarih: 10.05.2024

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TAKIM TALAŞ YÜZEYİ ÜZERİNE AÇILAN SOĞUTMA YÖNTEMİNİN TAKIM AŞINMASI VE TALAŞ MORFOLOJİSİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ

Gülçin ŞEKER

Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Malzeme ve İmalat Mühendisliği Ana bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Oktay ADIYAMAN

2024, 70 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Oktay ADIYAMAN

Prof. Dr. Çetin ÖZAY

Doç. Dr. Şehmus BADAY

Talaşlı imalat operasyonlarında ve kesme işleminde sıcaklık ve takım aşınması araştırma konuları olan başlıklar arasında en çok yer alan konulardandır. Araştırmalarda ve uygulamalarda farklı şekillerde soğutma işlemleri uygulanmaktadır. Talaş alma işleminde en yüksek sıcaklıklar takım talaş ara yüzeyinde oluşmaktadır. Sıcaklıkla birlikte kimyasal etkileşimler meydana gelmekte ve takım üzerinde farklı sürtünme kaynaklı aşınmalar oluşmaktadır. Sonuçta da takım körelerek ömrünü tamamlamaktadır. Bu nedenle takım talaş ara yüzeyindeki bir iyileştirme direkt olarak takım ömrüne etki ederek kesme performansını arttıracaktır. Bu çalışmadaki amaç sıcaklığın en fazla olduğu takım talaş ara yüzeyine soğutma işlemi uygulayarak sürtünmeyi azaltmak ve buna bağlı olarak sıcaklık artışını engellemeye yönelik bir uygulama yapmaktır. Böylece bu soğutma yönteminin, takım ömründe ve talaş morfolojisindeki etkilerini incelemektir. Bu amaca yönelik HSS bir takım üzerindeki talaş açısı yüzeyinde 1 mm çapında delik delinerek, bu delikten 25 bar basınçla soğutma suyu jetting soğutma yöntemiyle talaş takım ara yüzeyine uygulanmıştır. Klasik jetting soğutma yöntemi ile çalışmadaki soğutma yönteminin talaş, takım ömrü ve işleme uzunluğu bakımından etkileri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmada DNMG 150604 formunda HSS malzeme kesici takım kullanılmıştır. Jetting soğutma yöntemi için ayrı bir basınçlı soğutma ünitesi ve sistemi kurulmuştur. Farklı deney parametreleri ile her iki yöntemdeki bulgular değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çalışmada uygulanan soğutma yönteminin gerek takım ömrü gerek talaş morfolojisi ve gerekse işleme boyu açısından olumlu sonuçlar ürettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İşlenebilirlik, Jetting soğutma, Takım aşınması, Talaş morfolojisi, Triboloji

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF THE COOLING METHOD ADDED ON THE TOOL RAKE SURFACE IN TERMS OF TOOL WEAR AND CHIP MORPHOLOGY

Gülçin ŞEKER

**Batman University Graduate Education Institute
Materials Science And Engineering Department Of Science**

Advisor: Asst. Prof. Oktay ADIYAMAN

2024, 70 Pages

Jury

Asst. Prof. Dr. Oktay ADIYAMAN

Prof. Dr. Çetin ÖZAY

Assoc. Prof. Dr. Şehmus BADAY

Temperature and tool wear in machining operations and cutting processes are among the most frequently researched topics. Cooling processes are applied in different ways in research and applications. During the machining process, the highest temperatures occur at the tool-chip interface. With temperature, chemical interactions occur and different friction-induced wear occurs on the tool. As a result, the tool loses its cutting ability and ends its life. Therefore, an improvement in the tool-chip interface will directly affect tool life and increase cutting performance. The aim of this study is to reduce friction by applying cooling process to the tool-chip interface where the temperature is highest and to prevent the temperature increase accordingly. Thus, to examine the effects of this cooling method on tool life and chip morphology. For this purpose, a 1 mm diameter hole was drilled on the rake angle surface of an HSS tool, and through this hole, cooling water was applied to the chip-tool interface by jetting cooling method with 25 bar pressure. The effects of the classical jetting cooling method and the cooling method in the study in terms of chips, tool life and machining length were examined comparatively. HSS material cutting tool in DNMG 150604 form was used in the study. A separate pressurized cooling unit and system was established for the jetting cooling method. The findings of both methods were evaluated with different experimental parameters. As a result, it was determined that the cooling method applied in the study produced positive results in terms of both tool life, chip morphology and machining length.

Keywords: Chip morphology, Jetting cooling, Machinability, Tool wear, Tribology

ÖNSÖZ

“Talaş yüzeyi üzerindeki alternatif soğutma yönteminin takım aşınması ve sıcaklığa etkisinin incelenmesi” başlıklı yapmış olduğum bu tez çalışması 6 farklı bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler; Giriş, Tornalama ve talaş alma, Soğutma yöntemleri, Takım üzerindeki aşınmalar, Literatür araştırması, Materyal ve Yöntem, Deneysel Sonuçlar ve Bulgular, Genel Sonuçlar ve Önerilerdir. Giriş bölümü sonrası kesme teknolojisi ve alt başlıkları olan kesme parametreleri, yüzey pürüzlülüğü, talaş şekilleri, talaş alma modelleri, talaş alma sırasında oluşan sıcaklıklar, takım ömrü ve takım aşınması çeşitleri ve kriterleri gibi konu başlıklarında açıklamalar yapılmıştır.

Yüksek lisans tez çalışmamın her aşamasında katkı sağlayan, bilgi birikimlerini ve tecrübelerini benimle paylaşarak tezime yön veren, tez çalışmam boyunca deney numune, malzeme temini konusunda yardımını esirgemeyen, atölye çalışmalarında her zaman yanımda olan çok kıymetli hocam ve danışmanım Sayın Dr. Öğrt. Üyesi Oktay ADIYAMAN’a sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca deneysel çalışmada desteğini esirgemeyen değerli hocam Doç. Dr. Şehmus BADAY yardımlarını ve tecrübelerini ileten Sayın Doç. Dr. Musa KILIÇ’a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarına maddi destek olan Batman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BTÜBAP) Koordinatörlüğü’ne, Eğitim hayatım boyunca her türlü fedakârlığı yapan, sevgileriyle bana destek olan ve moral veren, aileme teşekkür ederim.

Gülçin ŞEKER
BATMAN-2024

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Araştırması	2
2. TORNALAMA	6
2.1. Torna İşlemine Etki Eden Etkenler	6
2.1.1. Kesme hızı	7
2.1.2. İlerleme	8
2.1.3. Talaş Derinliği	8
2.1.4. Takım Ömrü	8
2.1.5. Talaş Hacmi	8
2.2. Takım Malzemesi Ve İş Parçası Malzemesi	9
2.3. Takım Geometrisi	9
2.4. Kesici Takım Yarıçapı	9
2.5. Yüzey Pürüzlülüğü	10
2.5.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen durumlar	10
2.6. KESİCİ TAKIM	10
2.6.1. Kesici takımın Özellikleri	11
2.7. Tornalama İşlemini Etkiyen Kuvvetler	11
2.8. Titreşim	12
2.9. İşlenebilirlik	12
3. TALAŞLI İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU	13
3.1. Dik (Ortogonal) Kesme Yöntemi	13
3.2. Eğik (Oblik) Kesme Yöntemi	14
3.3. Talaş Tipleri	15
3.4. Takım Aşınması	16
3.4.1. Takım aşınma tipleri	16
3.5. Metal Kesme İşleminde Sıcaklık Oluşumu	18
3.6. Metal Kesme İşleminde Soğutma Sıvısı Kullanımı	19
3.6.1. Kesme sıvısı	19
3.6.2. Su esaslı kesme sıvıları	20
3.7. Minimum Miktarda Soğutma Yöntemi (Mmy)	21

3.8.	Soğutma Sıvısının Uygulama Yönleri	21
4.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
4.1.	Kesicinin Hazırlanması, Takım Tutucular Ve Deney Düzeneği	22
4.2.	Deneysel Tasarım Ve İşlem Parametreleri	26
4.3.	Optik Mikroskop Görüntüleri.....	27
4.4.	Sem Görüntüleri	28
5.	BULGULAR ve TARTIŞMA	22
5.1.	Üst Limitlerin Belirlenmesi.....	29
5.2.	Dıştan Jetting Soğutma Yöntemi İle Yapılan Tortalama İşlemleri	29
5.3.	Takım Talaş Yüzeyine İçten Jetting Soğutma Yöntemi İle Yapılan Tortalama İşlemleri.....	36
5.4.	Takım Aşınması	44
5.5.	Talaş Morfolojisi	54
6.	GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	62
6.1.	Sonuçlar.....	62
6.2.	Öneriler.....	63
7.	KAYNAKLAR	65
	ÖZGEÇMİŞ.....	70

ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. İş parçası üzerinden Tornalama İşlemi	6
Şekil 2.2. Tornalamada bazı işlemleri	7
Şekil 2.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki eden Faktörler	11
Şekil 3.1. Talaş Oluşumu	13
Şekil 3.2. Dik (Ortogonal) kesme yöntemi gösterimi	14
Şekil 3.3. Eğik (Oblik) Kesme	14
Şekil 3.4. Talaş tipleri	16
Şekil 3.5. Kesici takımda oluşan aşınma tipleri	17
Şekil 3.6. Kesme işleminde sonucu deformasyon bölgeleri ve sıcaklık dağılımı.....	18
Şekil 3.7. Soğutma sıvısının uygulama yönleri	21
Şekil 4.1. Kullanılan CNMG 120408 formlu kesici ölçü ve şekilleri	22
Şekil 4.2. Kesici imalatı için işlemler ve elde edilen kesici uçlar	23
Şekil 4.3. Soğutma yöntemlerine ait kater üzerine açılan sıvı akış yolları ve çıkış delikleri	24
Şekil 4.4. CNC Torna tezgahı basınçlı akışkan birimi elemanları, basınç değeri ve sıvı çıkışı	25
Şekil 4.5. Tornalanan iş parçası ve ölçüleri	27
Şekil 4.6. Optik mikroskop	28
Şekil 4.7. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)	28
Şekil 5.1. $V=100$ m/dk ve $f=0.15$ mm/dev değerlerinde elde edilen parça ve kesici görüntüleri	29
Şekil 5.2. Dıştan jetting yöntemi ile yapılan deneylere ait elde edilen parça resimleri	30
Şekil 5.3. Dıştan jetting soğutma yönteminde işleme uzunlarının parametrelere göre değişimi	33
Şekil 5.4. Dıştan jetting yöntemi ile soğutma işleminde elde edilen talaş şekilleri...	34
Şekil 5.5. Kesme işleminde oluşan kesme bölgeleri	36
Şekil 5.6. Metal işlemede ısı dağılımı	37
Şekil 5.7. Talaşlı kesmede oluşan sıcaklıkların izotermik dağılımları	37
Şekil 5.8. a) Klasik soğutma yöntemi b) içten talaş yüzeyine çıkış ile soğutma yöntemi	38
Şekil 5.9. İçten soğutma yöntemi ile yapılan deneylere ait elde edilen parça Resimleri	39

Şekil 5.10. İçten soğutma yönteminde işleme uzunlarının parametrelere göre değişimi	42
Şekil 5.11. İçten soğutma yöntemi ile soğutma işleminde elde edilen talaş şekilleri	43
Şekil 5.12. Dıştan jetting ile soğutmada oluşan takım aşınmaları	46
Şekil 5.13. İçten soğutmada oluşan takım aşınmaları	47
Şekil 5.14. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili krater aşınma genişliği (A) grafiği...	50
Şekil 5.15. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili yan kenar aşınması grafiği	50
Şekil 5.16. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili yan kenar aşınması grafiği	52
Şekil 5.17. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili burun aşınması (R) grafiği	53
Şekil 5.18. Genel olarak bir talaş biçimi ve unsurları	55
Şekil 5.19. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=30$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri	56
Şekil 5.20. İçten soğutma yönteminde, $V=30$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri	57
Şekil 5.21. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=50$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri	58
Şekil 5.22. İçten soğutma yönteminde, $V=50$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri	59
Şekil 5.23. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=75$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri	60

TABLÖLAR LİSTESİ

<u>Tablo No</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1. M35 HSS çeliği kimyasal içeriği	22
Tablo 4.2. Deney tasarımı ve işlem parametreleri	26
Tablo 4.3. Deney parametreleri	26
Tablo 4.4. AISI 1020 çeliği kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri	27
Tablo 5.1. Dıştan jetting soğutma yöntemi ile elde edilen işleme uzunlukları	31
Tablo 5.2. İçten soğutma yöntemi ile elde edilen işleme uzunlukları	40
Tablo 5.3. Takım aşınma ölçümleri (her iki soğutma yöntemi ile)	49

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

a	: Talaş Derinliği (mm)
A_s	: Talaşa ait Kesit (mm ²)
cm³	: Santimetreküp
dev	: Devir
dak	: Dakika
f	: İlerleme (mm/dev)
h	: Talaş kalınlığı (mm)
Hz	: Hertz
mm	: Milimetre
N	: Devir Sayısı (dev/dak)
V	: Kesme Hızı (m/dak)

Kısaltmalar

AISI	: Amerikan demir ve çelik enstitüsü
CNC	: Bilgisayarlı nümerik kontrol
GİA	: Gri ilişkisel analizi
TiC	: Titanyum karbür
WC	: Tungsten karbür
SEM	: Taramalı elektron mikroskop
EDX	: Enerji dağılım X ışını spektrometresi
ANOVA	: Varyans analizi
BUE	: Build-Up Edge
YSA	: Yapay sinir ağları
HSS	: Yüksek hız çeliği
MMY	: Minimum miktarda yağlama
QRY	: Qriyojenik soğutma
MQL	: Minimum miktarda yağlama (Minimum Quantity Lubrication)

1. GİRİŞ

Gün geçtikçe gelişen ve yenilikçi sanayide, talaşlı imalat önemli bir yer tutmaktadır. Kesici takım ve hammadde endüstrisi, talaşlı imalat için temeldir. Yeni ürünlerin maliyetlerini düşürmek ve performanslarını geliştirmek için yenilikçi hammaddeler gereklidir. Ham maddelerin farklı oranlarda birleştirilmesi, istenen maliyetleri ve performans parametrelerini sağlar. Teknolojik gelişmeler nedeniyle, birçok malzeme çeşidinin firmalar tarafından araştırılması, talaşlı imalat alanında işlenebilirliğinin sorgulanabilir olmasıdır (Özcan ,D., 2023).

Talaşlı imalat sürecinde en düşük maliyetle ve beklenen kalitede bir ürün üretmek çok önemlidir. Üretim aşamalarında, endüstride uygulanan tornalama işlemi, bu imalat süreçlerinden biridir. Bütün ürünlerin kalitesini etkileyen faktörlerden biri, torna işleme sonucunda meydana gelen son ürünlerin kalitesidir. Bu nedenle, parçaların kalitesini yükseltmek zorunlu hale gelmiştir. İşlenebilirliği yüksek olan bir parçanın talaş kaldırma işlemi kullanılarak işlemek, en kısa zamanda ve işlem yapılarak kaliteli bir yüzey elde etmek için önemlidir (Neşeli, S., 2009). Modern imalat teknolojilerindeki gelişmeler nedeniyle, daha hızlı ve daha kaliteli ürünler üreten sistemler kullanılmaktadır. Malzemelerin talaş kaldırılarak işlenmesi için tasarlanan CNC tezgâhları, yüksek kesme hızlarına ve ilerleme değerlerine sahiptir. Malzemenin gelişim evreleri, yüksek dayanıma sahip tasarımlar üretmek içindir. Takım imalatçıları ve akademisyenler, malzemelerin verimli bir şekilde işlenebilmesi için imalat sonuçlarının doğru şekilde tahmini için takım geometrisi ve malzemelerinin geliştirilmesine odaklanmaktadır (Bakır, B., 2005).

Talaşlı kaldırma da doğru kesici takımın seçilmesi, verimliliğin en üst düzeye çıkarılması için çok önemlidir. Mükemmel bir kesici takım seçilmiş olsa da kesme işlemleri için seçilen parametrelerin doğru seçilememesi verimliliğin düşmesine neden olmaktadır (Yılmaz, E., 2010).

Talaşlı işlemede mevcut soğutma yöntemleri incelendiğinde, jetting yöntemiyle yüksek basınçta soğutma suyu püskürtme ve MQL (Minimum Quantity Lubrication) yöntemiyle aralıklı ve pülverize şekilde soğutma suyu veya kesme yağları püskürtme şekilleri denenmektedir. Sıcaklığın en yoğun olduğu bölge, takım talaş ara yüzü olan ikinci kesme bölgesinde oluşmakta, sürtünmenin en yoğun olduğu bu bölgeden kaynaklanan takım aşınmaları görülmektedir. Sıcaklık bu bölgede 1000-1200 °C'lere kadar yükselebilmektedir. Bu nedenle bu bölgenin soğutulması takım ömrü, talaş

morfolojisi ve tribolojik anlamda en anlamlı müdahale anlamına gelecektir. Diğer soğutma yöntemleri yangının etrafından dolanarak soğutma olarak tanımlanabilirken, talaş takım arayüzünde (ikinci kesme bölgesi) yapılacak soğutma, direk soğutma şeklinde tanımlanabilir.

Bu soğutma yönteminin avantajına binaen bu çalışmada, takım talaş açısı yüzeyine 1 mm çapında delik delinerek, bu delikten yüksek basınçta soğutma suyu geçirilerek hem talaş sürtünmesi azaltılmış, hem etkin soğutma yapılmış hem de sürtünme kaynaklı oluşan sıcaklık bertaraf edilmiştir. Bu amaçla devir daim özelliği olan bir soğutma döngüsü sistemi oluşturulmuş, takım içi su verme pompası kater içinden açılan kanal sayesinde, takım talaş açısı yüzeyindeki açılan deliğe aktarılmıştır. Normal jetting soğutma yöntemlerinde, takım ucu yan kenarına ve takım ucunu tutan papuç üzerinde açılan deliklerden kesme bölgesine 2 ayrı delikten soğutma işlemi yapılmaktadır. Bu çalışmada ise bu soğutma şekline ilave olarak takım ucu talaş açısı yüzeyine açılan delikten de basınçlı soğutma sıvısı (jetting) gönderilerek 3 farklı noktadan soğutma yapılmıştır. Normal yöntemde (dıştan jetting soğutma) ve bu çalışmadaki uygulanan soğutma (içten soğutma) yöntemleri takım aşınması, talaş biçimleri ve işleme uzunlukları bakımından karşılaştırılmıştır. Talaş incelemeleri SEM analizi ile takım aşınmaları ise mikroskop ile büyütülerek incelenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada uygulanan soğutma yönteminin oldukça avantajlı sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

1.1. Kaynak Araştırması

Talaşlı imalat işlemlerinde soğutma üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde gerek soğutma yöntemleri, gerek soğutma parametreleri ve gerekse bunlarla ilgili ilişkinin incelenmesi yönünde çok genel bir sınıflandırma yapılabilir. Farklı zamanlarda yapılan bu çalışmalara ait konumuz çerçevesindeki çalışmalar aşağıda daha detaylı olarak anlatılmaktadır. Bu çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

C.Zhang ve ark. (2010), H13 çeliğinin frezelenmesini, MMY ve Kry+MMY (hibrit) soğutma/yağlama koşulları altında kesme kuvveti ve takım aşınmasını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda soğutma ve yağlama koşullarının takım aşınmasını önlemediğini ve kesme kuvveti değerlerinin düşmediğini belirtmişlerdir.

A.Shokrani ve ark. (2019), nemli, Kry, MMY ve hibrit soğutma/yağlama koşulları altında dondurulan Ti6Al4V malzemelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve aşınması üzerindeki kesilmelerin mevcut olup olmadığını araştırmışlardır. Hibrit soğutma/yağlamanın yüzey pürüzlülüğü ve ekipman ömrü açısından daha iyi araştırıldığını ifade etmişlerdir.

Sivaiah ve Chakradhar (2019), 17-4 PH çeliğinin kuru, nemli, MMY ve Krysoğutma/yağlama koşulları altında tornalanmasını incelemişlerdir. Bu soğutma şartlarının kesme parametreleri, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve talaş geometrisi üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduklarını incelemişlerdir. Deneysel araştırmanın sonucunda, kriyojenik soğutma/yağlama koşulunun diğer koşullara göre daha iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir

Y.Sun ve ark. (2015), Ti5553'ün malzemesinin ıslak, MMY, krysoğutma/yağlama koşulları altında tornalamasında yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması ve kesme kuvvetini incelemişlerdir. Deneysel sonuçlar sonucunda, kriyojenik soğutma/yağlama yöntemlerinin diğerlerine göre daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır.

O.Pereira ve ark. (2016), AISI 304 paslanmaz çeliğinin kuru, MMY, Kry ve hibrit soğutma/yağlama koşulları altında tornalamasında parça aşınması, kesme kuvveti, yüzey kalitesi ve parça aşınması arasında meydana gelen hasarları araştırmışlardır. Çalışmanın sonunda, hibrit soğutma ve yağlama koşullarının diğer koşullara göre daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Hüseyinoğlu ve ark. (2009), AA7075 alüminyum alaşımı bir malzemenin minimum soğutma yöntemiyle soğutulmasında, yüzey pürüzlülüğü üzerindeki işleme parametrelerinin etkisini incelemişlerdir. Farklı kesici takımlar, devir sayıları ve ilerleme hızları kullanılarak yapılan deneylerde, yüzey pürüzlülüğünün ilerleme hızının artması ile arttığını buna karşın devir sayısının artması ile azaldığını gözlemlemişlerdir.

D.U. Braga ve ark. (2002), alüminyum-silisyum alaşımlarında kaplamasız karbür ve elmas kaplamalı karbür takımları kullanılarak yaptıkları delme işleminde MMY tekniğinin geleneksel soğutma tekniğine göre daha iyi olduğunu fakat bazı koşullar için benzer sonuçlar elde ettiklerini görmüşlerdir.

Kishawy ve ark. (2005), otomobil endüstrisi için A356 alüminyum kaynağının yüksek hızda delme işleminde farklı soğutma uygulamalarının ortaya çıktığını gösteren bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, kuru kesme ve soğutma sıvısı kullanılarak MMY ve kuru kesme tekniklerinin kesme gücü, yüzey pürüzlülüğü ve takımların

aşınmasına etkisi incelenmiştir. MMY uygulamasında elde edilen sonuçlar, kuru kesme ve soğutma sıvısıyla soğutma tekniği kullanılan kesmeyle karşılaştırılmıştır. Bu araştırmada, MMY'nın soğutma sıvısı yaklaşımına bir alternatif olabileceği gösterilmiştir.

Sreejith (2008) tarafından yürütülen araştırmada, elmas kaplamalı karbür takımları ve AA6061 alüminyum alaşımının yağlanması için çeşitli yağlama teknikleri incelenmiştir. Kuru kesme, MMY ve geleneksel soğutma yöntemlerinin yanı sıra kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması dikkate alınarak üç farklı soğutma ortamı karşılaştırılmıştır. Yapılan araştırmalar, MMY'nın soğutma için bir alternatif olabileceği sonucuna varılmıştır.

Nas ve Ozbek yaptıkları çalışmada, çoklu performans özelliklerine sahip sertleştirilmiş DIN 1.2344 sıcak iş takım çeliğinin (54 HRC) tornalama parametrelerini en üst düzeye çıkarmak için gri ilişkisel analizli Taguchi yöntemini temel alan bir yaklaşımı ele almışlardır. Taguchi yöntemi kullanılarak, L18 ($2^1 \times 3^2$) deney tasarımı ile performans özelliğini belirlemek amacıyla deney verileri kullanılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınması için en iyi tornalama parametreleri belirlenmiştir. Kriyojenik olarak işlenmiş ve işlenmemiş kaplamasız karbür kesici takımlar, kuru tornalama testlerinde kullanılmıştır. Kesici takım (İşlenmemiş ve Derin Kriyojenik İşlem Görmüş), kesme hızı (200, 250 ve 300 m/dak.) ve ilerleme hızı (0,09, 0,12 ve 0,15 mm/dev.) deney parametreleri olarak seçilmiştir. Analiz sonuçları, ilerleme oranının (%72,84) yüzey pürüzlülüğünü etkileyen en önemli faktör olduğunu ve kesme hızının (%93,93) yan yüzey aşınmasını etkileyen en önemli faktör olduğunu göstermiştir.

Navas ve ark. (2012) AISI 4340'ın işlenmesi sırasında kesme parametrelerinin yüzey aşınmalarına etkisini araştırmışlardır. Kesici takımda kaplama kullanıldığında, yüzeyin pürüzlülüğünün iyileştiği ancak yüzey gerilemelerine neden olduğu belirlenmiştir. Kalıntı gerilmelerin, ilerleme ve kesme hızları ile birlikte yönelimin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Chinchanikar ve Choudhung (2013) tarafından yapılan araştırma da, AISI 4340 çeliğinin sertleştirilmiş farklı karbür uçlarının üzerinde çeşitli parametrelerin kesilmeye olan etkisini araştırmışlardır ve bu uçlara göre bir proses optimizasyonu geliştirmişlerdir.

Kumar ve ark. (2017), sertleştirilmiş AISI 4340 çeliğine minimum miktarda yağlama yöntemi uygulanarak yüzey pürüzlülüğüne bu soğutma yönteminin etkisini

araştırmışlardır. Takım köşe radyüsü, kesme hızı, iş parçası sertliği ve ilerleme oranı işlem parametreleri olarak kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre, yüzey kalitesi, kuru ve ıslak kesmeye göre minimum yağlama ile iyileşme göstermiştir.

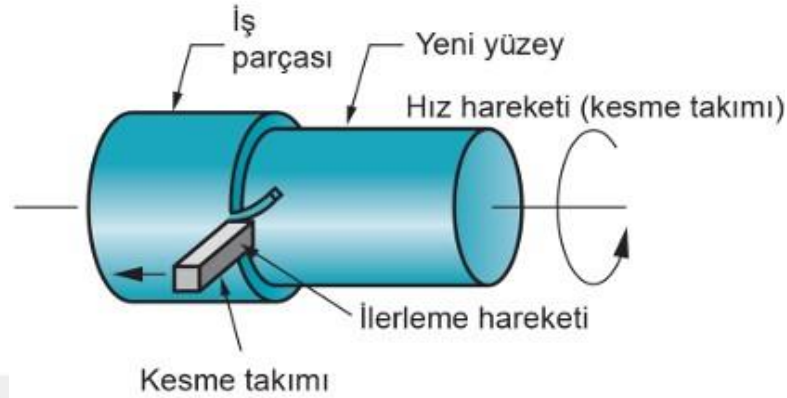
Gürbüz ve ark. (2017), yaptıkları çalışmada MQL ile ilgili yapılan çalışmaların tüm yönleriyle ele alınabilmesi ve araştırmacılara rehberlik etmesi açısından bir derleme çalışması yapmışlardır.

Baday ve ark. (2023), kriyojenik uygulanmış ve uygulanmamış kesici takımlar ile AISI 1050 çeliği işlenmesinde Taguchi deney tasarımına dayalı ve yapay sinir ağıları modeli ile kesme kuvvetlerinin tahmini için bir model geliştirmişlerdir. Modelde R^2 değeri 0,99 değeri olarak yüksek bir değerde çıkmış ve modelin tahmin yeteneğinin yüksek olduğu görülmüştür.



2. TORNALAMA

İş parçasının kendi yarıçapında takımının kesici ile hareket ederek iş parçası üzerinden talaş alma işlemi tornalama işlemi olarak bilinir.



Şekil 2.1. İş parçası üzerinden Tornalama İşlemi (Groover, M. P.,2010)

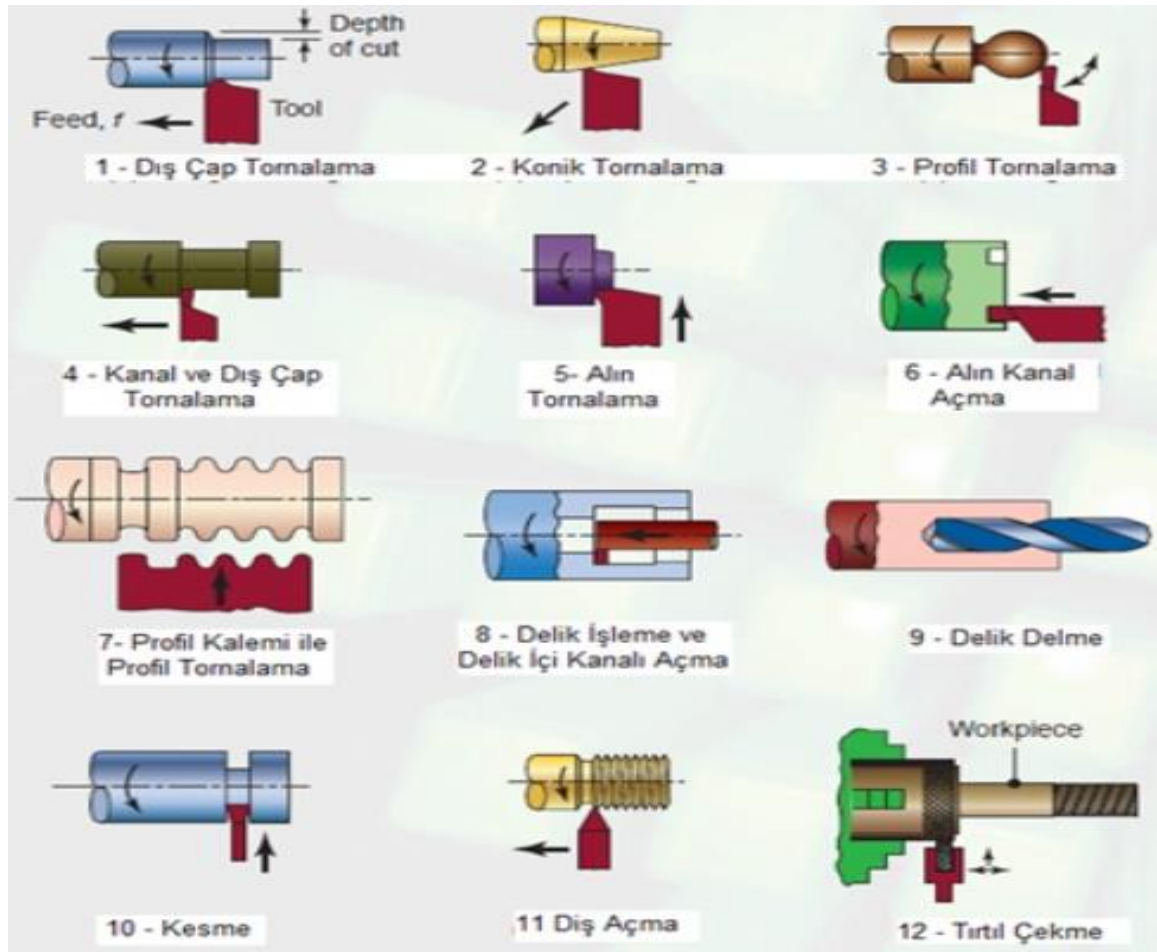
Torna tezgâhında iş parçasının uygulanmasında istenilen özelliklerin taşınabilmesi için talaş kaldırmanın birçok farklı yöntemi vardır. Bu metotlar aşağıda yer almaktadır. Bu işlemler Şekil 2.2’de gösterilmiştir (Özcan, E.A., 2019).

- 1) Dış Tornalama işlemi
- 2) Konik Tornalama işlemi
- 3) Profil Torna Tornalama işlemi
- 4) Kanal ve Dış Çap Tornalama işlemi
- 5) Alın Torna işlemi
- 6) Alın üzerinden Kanal Açma işlemi
- 7) Delik açma ve Delik İçi Kanal Açma
- 8) Kesme işlemi
- 9) Dış Açma işlemi
- 10) Tırtıl Çekme işlemi

2.1. Torna İşlemine Etki Eden Etkenler

Tüm fiziksel faktörler seçildikten sonra, kesme işlemi için tornalama işlemi yapılır. Talaş genişliği, ilerleme miktarı ve kesme hızı, tezgâhın verimli bir şekilde çalıştırılması için çok önemlidir. Tornalama işleminde, ilerleme ve devir kat sayısı seçilmezse zaman kaybı olur. Son yüzeyin kalitesinde bozulmaya ve işlem maliyetlerine

neden olabilir. Kaba ve son işlem için tezgah göstergesi seçimi, iş parçasının işlem süresi ve ilerleme miktarı gereklidir (Aydemir, O.A., 2006).



Şekil 2.2. Tornalamada bazı işlemleri

2.1.1. Kesme hızı

Talaş kaldırma işleminde, takım üzerinden hareket eden iş parçasının dakikada yol aldığı dönüş süresinin metre cinsinden karşılığı kesme hızı, talaş kaldırma işleminde zaman olarak adlandırılır. Kesme Hızı “V” ile gösterilir ve birimi metre/dak’dır.

Gerekli kesme hızını belirlemek için dikkat edilmesi gerekenler, önceki yapılmış olan deneylere bakarak uygun kesme koşullarının seçmektir. Çok düşük bir kesme hızı seçilirse çok az parça üretilmiş olur. Çok düşük bir kesme hızı seçilmesi durumunda, takımının ucunda talaş sıvanması gibi bir sorun ortaya çıkabilir. Çok yüksek kesme hızı seçilirse takımların kısa zamanda bozulma ve sürekli takım değişimi gibi sorunlar oluşur. Bu sebeple, talaşlı imalat parçaları için ideal kesme hızı, takım ömrü ve talaş kaldırma miktarı doğru seçmek gerekir (Akkuş, H. ,2010).

2.1.2. İlerleme

Kesici takımının bir devirden geçen mesafe ilerlemesi olarak adlandırılır. İlerleme hızı (mm /dev) olarak sağlar. İş parçasının yüzey kalitesi ve talaş oluşum özellikleri, ilerlemenin sonucudur.. İlerleme miktarının az olması durumunda, çalıştırılan yüzeyler aşınıyor ve takımın kullanım süresi azalıyor. İlerleme miktarının yüksek değerde olması durumundaysa kesme sırasında sıcaklık artar ve bu parçanın yüzey kalitesini düşürür. Bu nedenle işlemede ilerleme hızı dengeli bir şekilde artırılmalıdır. Kesme işlemini verimli kullanabilmeniz için ilerleme miktarı doğru seçilmelidir (Özcan, E.A., 2019).

2.1.3. Talaş derinliği

Talaş derinliği; işlenecek olan malzemenin ölçüsüne, talaş kalınlığına ve ilerleme miktarına bağlıdır.

2.1.4. Takım ömrü

Takım ömrü, takımın kesme işlemi bitene kadar geçen süre boyunca devam eder. Takım ömrünü etkileyen etkenler: takımın aşınması, soğutma sıvısı, iş parçası ve talaş malzemesi, kesme hızı ve takım ve talaş geometrisidir. Takım ömründeki en önemli etken kesme hızıdır.

Kesme prosesinde düzeltme yapmak için; takım ömrü (T) ve kesme hızının (V) birbirleriyle olan ilişkisi çok önem göstermektedir. Bu ilişki ile ilgili ilk çalışmayı Taylor yapmıştır (Aytürk, A. 2010).

2.1.5. Talaş hacmi

Talaş hacmi, iş parçasından alınan talaşın birim zaman içindeki hacmidir. Birimi cm^3 / dak 'dır. Talaş derinliğine, kesme hızına ve ilerleme miktarına bağlıdır.

2.2. Takım Malzemesi ve İş Parçası Malzemesi

Kesici takım malzemesi iş parçasına uygun olmalıdır. Kesme işleminin doğru bir şekilde sağlanması için kesici takım malzemeleri ve iş parçasının çiftinin doğru seçilmesi gerekir. Kullanılacak yere göre bu maddeleri şu şekilde sıralayabiliriz: Çelikler ve dökme demirler, alüminyum alaşımları, paslanmaz çelikler, sertleştirilmiş çelikler ve süper alaşımlar (İnce, A.M. 2015).

Kesici ucunun kalitesini P10, M30 ve K50 gibi sınırlamalar kullanılır. Bu kısaltmada bulunan harf, hangi malzemenin uygun olduğunu belirtir. Kesici ucun tokluk veya sertlik değerleri sayılarla gösterilir. 05, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 gibi değerler oluşur. Daha düşük değerler, kesici takımın sertliğinin arttığını ancak tokluğunun azaldığını gösteriyor. Sayının yükselmesi, sertliğinin azalması ve kesici ucun tokluğunun arttığını gösterir. Kesici ucunun hem tok hem de sert olmasını ister (İnce, A.M. 2015).

2.3. Takım Geometrisi

Takım geometrisini etkileyen faktörler arasında kayma açısı, kama açısı, serbest aç, talaş açısı ve takım ucunun yuvarlatma yarıçapı önemlidir. Kayma açısı en önemli faktördür (İnce, A.M. 2015).

2.4. Kesici Takım Yarıçapı

Talaşlı imalat işleminde kesici takım yarıçapı çok şeyi değiştirir. Kesici takımın yarıçapının belirlenmesi, kesme işleminin ideal olarak gerçekleşebilmesi için çok önemlidir. Kesici takımın yarıçapı düşük talaş derinliği özelliği taşıdığından bir ayar gereklidir. Talaş kaldırma da kesme yapılması gereken değerden daha yüksek bir kesici uç ile yapılırsa kesici ucun ömrünü kısaltır. Böyle bir durum kesme işlemi nedeniyle zarar gören yüzeylere neden olur. Kesici takım yarıçapının küçük seçilmesi durumunda, takım sadece zımparalama yapar. Bu durum kesici takımının aşınması, kırılması ve miktarlarının azalmasına neden olabilir (İnce, A.M. 2015).

2.5. Yüzey Pürüzlülüğü

Talaş kaldırma işleminde, işleme izleri çeşitli faktörlere bağlı olarak genellikle istenmeyen sonuçlar ortaya çıkar. Bu faktörler kesicinin çeşidine ve işlem sırasındaki fiziksel, kimyasal, ısı faktörlere bağlıdır (İşbilir F. 2006). Pürüzlülük, kesici takımındaki veya imalat aşamasındaki başka sorunlardan kaynaklanan yüzey değişikliklerinden kaynaklanır. Talaşlı imalatın temel hedeflerinden biri, iş parçalarının geometrik, boyutsal ve yüzeysel özelliklerinin istenilen tolerans aralıklarına göre biçimlendirilmesidir. Talaş kaldırma işleminin en önemli özelliği parçaların geometrik, yüzeysel ve boyutsal olarak doğru olmalarıdır (Nas, E. 2008).

2.5.1. Yüzey pürüzlülüğünü etkileyen durumlar

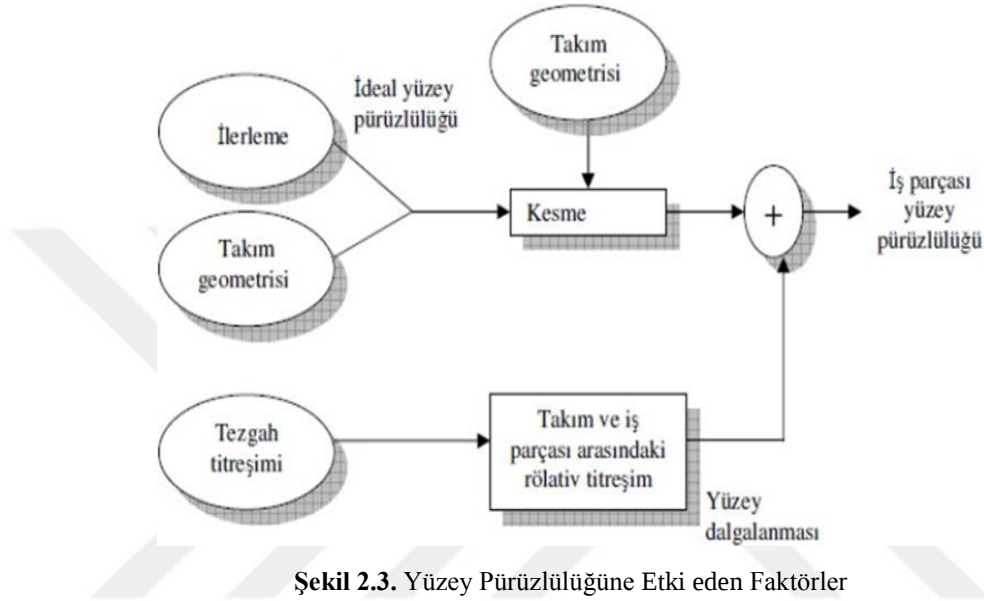
- Tezgâhın şekli
- İş parçasında oluşan deformasyonlar.
- İlerleme hızının dengesiz ayarlanması sonucu oluşan aksaklıklar.
- İş parçasının yapısındaki deformasyonlar
- Gevrek iş parçalarda yavaş kesme hızıyla işlem yapıldığında malzeme de meydana gelen deformasyonlar.
- Takım tezgâhlarının mukavemetinin düşük dolayı oluşan imalat hataları,
- Takım tutucu ve kesicilerin titreşimden kaynaklı üretim yanlışları.
- Kesici takım çeşidi, tasarımı ve Takımın bağlama yanlışları
- Kesici ucun aşınması sonucu oluşan aksilikler
- İş Parçasında meydana gelen talaşın kaldırma şekli, çevresel oluşan hatalar (Akkuş, H. 2010). (Şekil 2.3).

2.6. Kesici Takım

İş parçası, kesici takımlar kullanılarak kesilir. Talaş işlemi malzemeden talaş çıkarak yapılır. Talaşlı imalat işleminde kesici takım, belirli özelliklere sahiptir. Kesici takımının özellikleri, talaşlı imalat sürecinde çok önemlidir.

Talaş alma işleminde sırasında oluşan büyük kuvvetleri karşılamak için kullanılan kesiciler, maksimum ve minimum ebatlardaki makine ve makine parçalarını

üretmek için tasarlanmıştır (Günaydın, E. 2014). Kesici takım, iş parçasının istenilen yüzey, şekil ve ebat olarak işlenmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Talaş kaldırma işlemi sırasında ortaya çıkan kesme kuvvetleri, kesici takımın yıpranması, iş parçası ile takım arasında oluşan ısı vb. sorunlar oluşabilir. Talaşlamaya göre kullanılacak olan kesiciler, işlem sırasında ortaya çıkabilecek sorunlara dayanıklı olmalıdır. (Özcan, E.A. 2019).



Şekil 2.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki eden Faktörler

2.6.1. Kesici takımın özellikleri

Kesici takım, iş parçasının istenilen yüzey kalitesinde işlenmesini istenir. Kesici takımın özelliklerden biri olan sertlik, malzemenin işlenmesinde aşınmaya karşı dayanmalı olması istenir. Takımın istenilen sertlikte olması, darbeli kesme işleminde başarılı bir şekilde tamamlamasına izin verir. Darbeli kesme sürecinde sıcaklık hızla değiştiği için kesici ekipman termal şoka dayanıklı olmalıdır. Kesici takımdaki tokluk seviyesinin azlığı, kesme sırasında takım bütünlüğünün bozulması nedeniyle tercih edilmemektedir. Bu sebepten ötürü kesme işleminde takımların körlenmesine ve hasar görmesine neden olabilir (Çakmak, S. 2015).

2.7. Tornalama İşlemini Etkiyen Kuvvetler

Tornalama da motorun çalıştırılması sırasında ortaya çıkan karşı güçlerin üstesinden gelmek için yeterli bir talaş durdurma gücü gerekir. Bu talaş kaldırma

kuvveti üç faktörden oluşur. İlerleme, kesme ve radyal kuvvetler bunlardır. Kuvvetlerin birimi Newton'dur. Etki eden kuvvetleri ölçen alet dinamometredir(Özcan, E.A. 2019).

2.8. Titreşim

Talaş alma işlemlerinde iş parçasının istenilen ebat, şekil ve yüzey kalitesinde işlenmesini istenmektedir. Seçilen bir taraf üzerinde ya da çevresinde meydana gelen salınım olayı "titreşim hareketi" olarak bilinir. İş parçasının malzeme içyapısı veya dış kuvvetlere verdiği tepki, titreşime neden olabilir (Yılmaz, E. 2010).

2.9. İşlenebilirlik

Talaşlı imalat endüstrisinin çözmeye çalıştığı en büyük sorunlardan biri işlenebilirliktir. Üreticiler, istedikleri ürünü daha kısa sürede, daha ucuza, daha kaliteli hale nasıl getirebilecekleri noktasında çalışmalar yürütmektedirler. İşlenebilirlik tam olarak tanımlanamasa da literatürde farklı tanımlara rastlamak mümkündür. Bu tanımlara göre çalışabilme yeteneği; Kesme makinasının malzeme kesme yeteneği ile işlenecek malzemeyi kesme yeteneğinin birleşimidir. İşlenebilirliği farklı standart özellikler açısından açıklamanın zor olduğu belirtilmekte ve işlenebilirlik, işlenecek malzemenin kesici takım ile istenilen şekle sokulması olarak da tanımlanmaktadır.

Son çıkan teknikler, takımların değiştirilmesi ve sürelerini en aza indirme ve hızlı üretimde kullanmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, işlenebilirlik deneylerde işlenecek parça malzemeleri, kesici takımlar ve bunların özellikleri üzerinde de araştırma yapılmasını da kapsamaktadır (Savaş V. 2016)

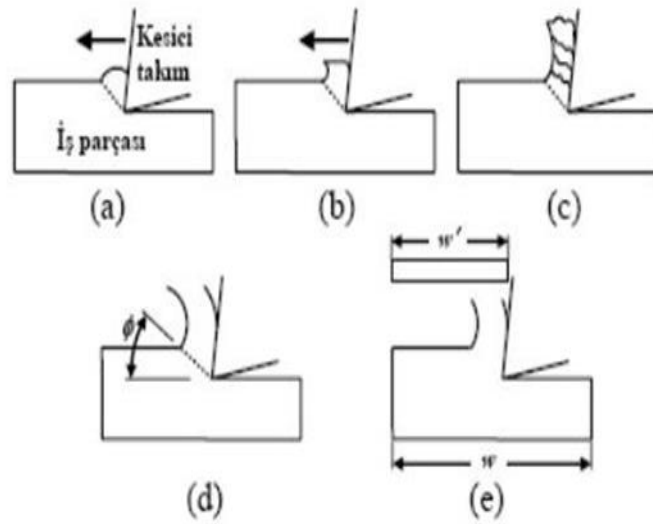
İşlenebilirlik aşağıdaki ölçüler dikkate alınarak yorumlanabilmektedir.

- Kesme yükleri,
- Talaş meydana gelmesi,
- Yüzey pürüzlülük değeri,
- Takım aşınması, kırılması (takım ömrü),
- Kaldırılan paso miktarı,
- Birikinti çıkan talaş.

3. TALAŞLI İMALAT VE TALAŞ OLUŞUMU

Talaş kaldırma işlemi, bir parçanın boyutsal, şekilsel ve yüzeysel parçaları kesici ekipman ve kuvvet kullanarak parçadan malzeme kaldırma işlemidir. Malzemenin dış yüzeyinde, malzeme yüzeyinden parça kaldırma, plastik ve elastik değişim, sürekli etkileşim veya dalgalanmalar nedeniyle ısı, talaş büzülmesi ve kırılması gibi birçok farklı fiziksel durum meydana gelir (Şekil 3.1).

İş parçasının takım malzemesinden daha yumuşak bir malzemeden oluşması ve takıma yeterli kuvvet uygulanması durumunda malzemenin deformasyona uğraması olayı meydana gelmektedir. Talaş kaldırma işlemi, kesici takımın kesici kenarından iş parçası ile temas eden yüzeyler üzerinde yerel bir kaymanın kopmasını gerektirmektedir (Kıdder, S.M., 2016).



Şekil 3.1. Talaş Oluşumu (Şeker U., Günay, M., 2008)

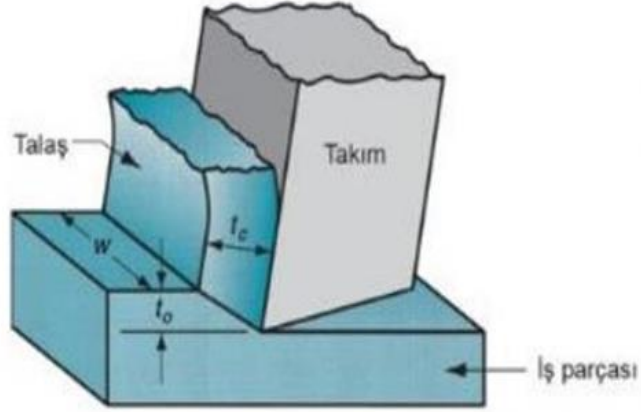
İki farklı kesme teorisi bulunmaktadır:

- a) Dik (Ortogonal) kesme modeli
- b) Eğik (Oblik) kesme modeli

3.1. Dik (Ortogonal) Kesme Yöntemi

Talaşlı imalat işlemlerinde, kesici takım ile işlenen parça arasındaki açı önemlidir. Takım malzemeye doğru hareket etmekte ve kayma düzleminde mekanik enerji kullanılmaktadır. Bu işlemde talaş açısı ve serbest yüzey açıları önem

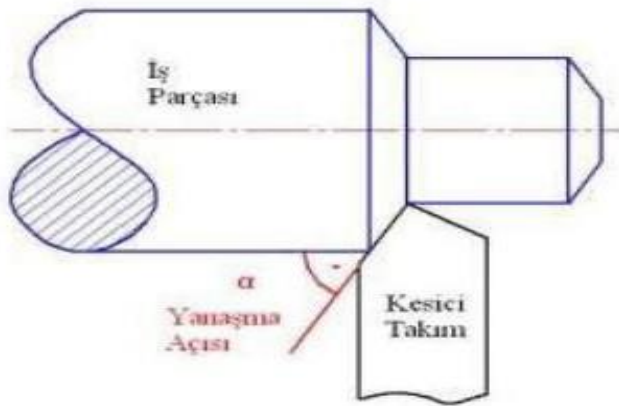
kazanmaktadır. İş parça ile kayma düzlemi arasındaki açıya kayma düzleminin açısı (Φ) denir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Dik (Ortogonal) kesme yöntemi gösterimi

3.2. Eğik (Oblik) Kesme Yöntemi

Eğik (oblik) kesme, işlem yapılacak parçanın kesici takım doğrultusunda hareket edip açı yapmasını ifade etmektedir (Şekil 3.3). Talaşlı imalatta kesme işlemi genellikle oblik kesme şeklindedir ancak bu modelin matematiksel ve sayısal analizi karmaşık programlama gerektirdiğinden, kesme işlemleri ortagonal kesme olarak kabul edilerek hesaplanmaktadır (Karagöl, T. 2008).



Şekil 3.3. Eğik (Oblik) Kesme (Yılmaz E., 2010)

3.3. Talaş Tipleri

Talaşlı imalat proseslerinde çok farklı tipte talaş edilmesine rağmen genel olarak tüm talaş tiplerinin kategorize olarak 4 talaş tipi olduğu kabul edilir. Bu talaş tipleri aşağıdaki gibidir;

Kesintili talaş

Döküm demir gibi kırılgan malzemelerin düşük kesme hızlarında işlenmesinde genel olarak bu tür talaş tipi oluşmaktadır. Aşağıdaki kesme şartlarında bu tür talaş görülebilmektedir.

- Gevrek malzemelerde,
- Kesici takım malzemeleri ile kesme yapıldığında küçük talaş açısı seçildiğinde,
- Kesme derinliği çok ve fazla ilerleme miktarında,
- Düşük kesme hızlarında,
- Yüksek tezgâh titreşimi ve takım atlaması varsa bu talaş tipi görülebilir.

Sürekli talaş

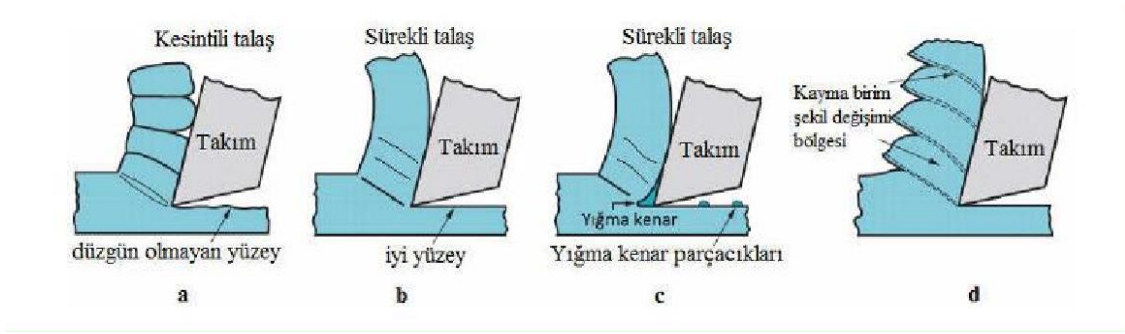
Sünek malzemelerin düşük ilerleme ve yüksek kesme hızlarında işlenmesinde uzun, sürekli talaşlar oluşmaktadır. Aşağıdaki kesme şartlarında bu tür talaş görülebilmektedir.

- Sünek malzemeler,
- Düşük ilerleme hızlarında,
- Keskin kesici takım ucunda,
- Talaş kesme açısı büyük olduğunda,
- Yüksek kesme hızlarında.

Yığılma kenarlı sürekli talaş

Sert malzemeler düşük hızda kesildiğinde, takım ile talaş arasındaki sürtünme yığılmış kenara neden olabilir. Bu durum alet ömrünü kısaltır ve yüzey kalitesini düşürür. (Da Silva, 2006).

Testere dişi şekilli talaş: Bu uç talaşlar, testere şeklinde olan yarı sürekli tiptir. Yüksek kesme gerilimi ve düzenli düşük kesme gerilimi ile alaşımları gibi işlenmesi zor metallerin yüksek hızlarında işlenmesi için kullanılır (Groover, 2010) (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Talaş tipleri (Groover, 2010)

3.4. Takım Aşınması

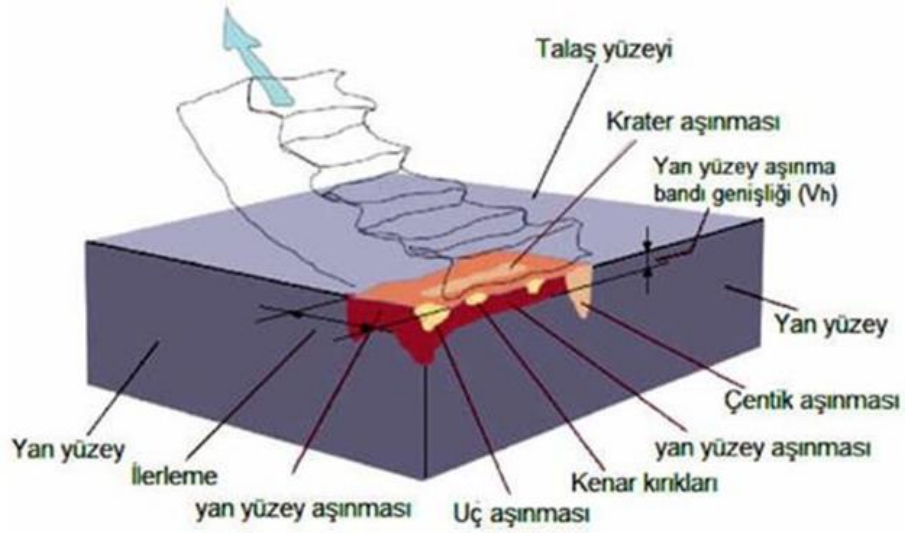
Talaş kaldırma, bir yüzeyin mekanik olarak zorlanması ve sürekli olarak temiz bir yüzeyin oluşmasıdır.

Kesme işlemi, sürtünme, malzemenin plastik deformasyonu ve talaş oluşumu nedeniyle kesme alanında yüksek ısı üretir. Kuvvetler, basınç ve sıcaklık zamanla aşınmaya, ufalanmaya ve takım ile iş parçası arasında reaksiyonlara sebep olur (Gündoğdu, 2006).

3.4.1. Takım aşınma tipleri

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımların aşınması işlem verimliliğini, iş parçası boyutunu ve yüzey kalitesini etkiler. Takım aşınması arttıkça kesme kuvvetleri, sıcaklık ve gürültü artar. Bu, iş parçası ve kesici takım üzerinde artan strese yol açarak aşınma direncini ve dayanıklılığı azaltır. Ayrıca takım ve iş parçası ölçülerindeki sapmalar hatalı parça üretimine neden olabilir.

Yüksek sıcaklıklar yüzeyde ve yüzey altında istenmeyen metalurjik dönüşümlere yol açarak artık gerilimlere neden olur ve yorulma direncini azaltır. Şekil 3.5.'de kesici takımda oluşan aşınma tipleri şematik olarak gösterilmiştir (Sandvik, 2014).



Şekil 3.5. Kesici takımında oluşan aşınma tipleri (Performance evaluation of cutting tool materials,2024)

Sınıflandırılmış aşınma türleri ve neden olduğu mekanizmalar şu şekilde tanımlanabilir:

- **Yan Yüzey (Yanak) Aşınması;** takımın ilerleme yönünde hareketi ile oluşan ve kesici kenar iş parçası aşınma mekanizmasının neden olduğu bir aşınma türü olup, tipik olarak kesici kenarın yan yüzeylerinde bölgesel hasara neden olmaktadır.

- **Krater Aşınması;** talaşın kayma düzleminde takım talaş yüzeyine akması ile oluşan basma kuvvetlerinden kaynaklı oluşan bir talaş tipidir. Oluşan bu durum talaş yüzeyindeki aşınma ve difüzyon mekanizmalarından kaynaklanmakta, bölgesel ve oyuk şeklinde hasara neden olmaktadır.

- **Plastik Deformasyon;** yüksek sıcaklık ve yüksek basınçtan kaynaklanan plastik deformasyon takım üzerinde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Bu durumda kesici kenarda plastik deformasyon meydana gelmektedir.

- **Çentik Aşınması;** kesici kenarın kesme esnasında parça malzemesi ile birleştiği yerde oluşmaktadır. Mekanik yüklerden kaynaklanan ve sert malzemelerin işlenmesi sırasında ve iş parçası malzemesi bünyesinde bulunan bazı süreksizlik ve partiküllerin kesici kenara denk gelmesi esnasında kesici kenarda çentik oluşarak bu aşınma tipi elde edilmektedir.

- **Termal (ısı) çatlaklar;** kesme sırasında aşırı termal yükselmeler ve sürtünmeden kaynaklı ısı şokları neticesinde kesici kenarda dik olarak ortaya çıkan termal çatlaklar, takım malzemesinin kesici kenardan kopmasına neden olmaktadır.

- **Mekanik yorulma çatlakları;** talaşlı imalat işlemlerinde oluşan kesme kuvvetlerinden dolayı oluşan mekanik darbeler mekanik yorulma çatlaklarına sebebiyet

vermektedir. Bu çatlakların termal çatlaklardan farkı ise genellikle kesici kenara paralel yönde oluşmasıdır.

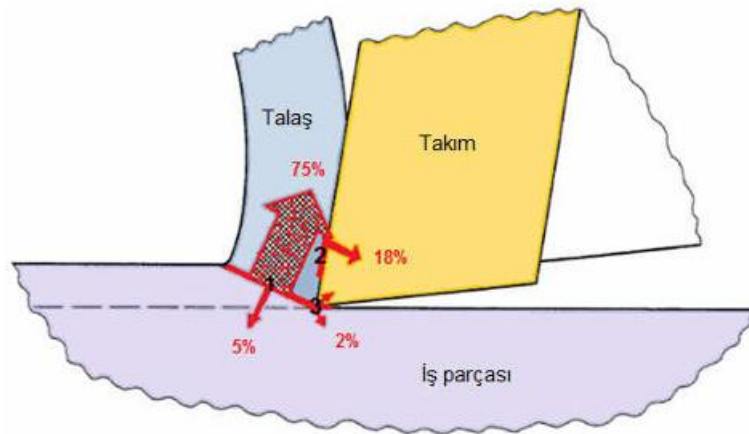
- **Çıtlama (çentiklenme);** kesici kenarda meydana gelen küçük boyutlu kırılmalar. Yük ve yükleme nedeniyle, kesici takım malzemesi yüzeyinden küçük parçacıklar halinde takımdan ayrılmalar oluşabilmektedir.

- **Kırılma;** kesici takımın görevinin sona ermesi durumudur. Kesici kenarın işlevi sona erdiğinde kırılma meydana gelir.

- **Yığılma;** Kesme hızı ve sıcaklık, kesici kenarda yığılma oluşmasına neden olmaktadır (Özdemir, 2006). Düşük kesme hızlarında kayma bölgesinden kopan parçaların kesici kenara yapışması sonucu oluşmaktadır.

3.5. Metal Kesme İşleminde Sıcaklık Oluşumu

Talaş kaldırma da uygulanan kuvvet ($F_c \cdot V$) büyük çoğunluğu ısıya dönüşerek talaş, iş parçası ve kesici takımın sıcaklığının artmasına sebep olmaktadır (Çevik, 2006). Talaş kaldırma bölgesinde ortaya çıkan bu sıcaklık takım aşınmasına, yüzey kalitesine ve talaş oluşumuna da etki etmektedir (Özek vd., 2004). Kesme işlemi boyunca takım ucundaki ısı miktarı artmakta ve belirli bir sıcaklıktan sonra plastik deformasyon başlamaktadır. Plastik deformasyon sonrası takım da kopma ve kırılmalar ortaya çıkmaktadır. Sonuç olarak kesici takımın gücü ve iş parçasının yüzey kalitesi etkilenmektedir. (Şahin vd., 2003). Şekil 3.6'da kesme işlemi sonucunda deforme olan bölgeler ve % sıcaklık dağılımı görülmektedir.



Şekil 3.6. Kesme işleminde sonucu deformasyon bölgeleri ve sıcaklık dağılımı.

Şekil 3.6'da da görüldüğü üzere plastik deformasyon birinci sıcaklık bölgesi olan talaş üzerinde ortaya çıkmaktadır. Oluşan sıcaklık (yaklaşık %75 oranında) talaşla birlikte kesme bölgesinden uzaklaşmakta ve bu bölgedeki ısının çoğu talaş içinde kalmaktadır.

İkinci sıcaklık bölgesi olan takım-talaş yüzeyinde ikinci bir ısınma ortamı oluşmaktadır. Talaş içinde yüksek plastik deformasyon oluşması ve yeni talaş oluşumu ile sürekli bir deformasyondan kaynaklanan ısı kaynağı, oluşan sıcaklığın bir kısmının talaşla atılması, diğer kısmının ise kesici takımın üzerinde (yaklaşık %18 oranında) birikmesine neden olmaktadır.

Üçüncü ısınma bölgesi ise, takım-iş parçası üzerinde işlem görmüş kenarda oluşmaktadır. Oluşan ısının bir miktarı talaşla, bir miktarı da iş parçası tarafından uzaklaştırılırken çok az bir kısmı iş parçası üzerinde (yaklaşık %2-5 oranında) kalmaktadır. Bu sıcaklık oranları işlem parametreleri, kesici takım yapısı, körelme, soğutma ortamı gibi çok farklı nedenlerden dolayı farklılaşabilmektedir.

3.6. Metal kesme İşleminde Soğutma Sıvısı Kullanımı

Metal kesmede kullanılan akışkanların temel amacı soğutma ve yağlamadır. Kesme sırasında oluşan ısının soğutma işlemi ile ortama taşınması ve bununla ısı miktarının azaltılması sağlanmakta ve yağlama ile ayrıca talaş-takım ve işlenen yüzey arasına nüfuz etmesiyle de sürtünme azaltılarak takım aşınması önlenmektedir. Çok farklı şekillerde soğutma ortamı ve şekilleri mevcuttur.

3.6.1. Kesme sıvısı

Kesme sıvıları talaş kaldırma işlemi sırasında takım aşınmasını azaltmak, yüzey kalitesini iyileştirmek ve takım ömrünü arttırmak için önemlidir. Aynı zamanda talaş akışını kolaylaştırmakta ve sistemi soğutmaktadır (Malyer E., 2001). Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği yüzey kalitesini geliştirirken, soğutma özelliği iş parçasının ısıl genişlemesini önleyeceği için boyutsal hassasiyeti sağlar (Nouari, M. Ve ark. 2003). Kesme sıvılarının çevreye ve sağlığa zarar vermemesi için minimum miktarda kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Bu konuda yapılan yeni çalışmalar sonucunda daha etkili işleme teknikleri geliştirilmiştir. Soğutma için 0°C altı soğutma, katı

soğutucular, basınçlı hava ile soğutma ve gaz soğutma gibi teknikler kullanılmaktadır. (Malyer E., 2001).

3.6.2. Su esaslı kesme sıvıları

Kesme sıvıları, su bazlı emülsiyonlar ve su içindeki yağ çözeltileridir. Daha düşük yağlama sağlamalarına karşın daha iyi soğutma ve talaş uzaklaştırma sağlamaktadırlar. Su, mineral yağlardan daha hızlı bir soğutucudur. Bu nedenle yüksek kesme hızları için kullanılmaktadır.

Bu kategorideki soğutma sıvılarının üç temel tipi vardır. Bunlar: Çözünebilir yağlar, yarı sentetik kesme sıvıları ve sentetik kesme sıvılarıdır.

Çözünebilir yağlar: Çözünebilir yağlar, genellikle -90 petrol veya mineral yağ, emülsiyon yapıcılar ve diğer katkı maddelerini içerir. Su ile karıştırılarak kesme sıvısı oluşturulur ve su ile yağ oranı genellikle 30:1'dir. Çözünebilir yağlar, su ve yağ karışımları oldukları için iyi bir soğutma ve yağlama özelliğine sahiptirler. Ayrıca, tezgâhın hareketli parçaları üzerinde yağ filmi bırakarak makine yağı ve kızak yağının emülsiyon oluşturmalarını engelleyerek koruyucu bir etki gösterirler. Bununla birlikte, mikrobiyal saldırılara karşı hassas olmaları, duman oluşturma eğilimleri, cilt hastalığı riskleri ve atık yönetim sorunları gibi olumsuz yönleri vardır.

Yarı sentetik kesme sıvıları: Yarı sentetik yağlar, küçük taneli mineral yağ ile karıştırılmış kimyasallardır. Emülsiyon yapıcılar ve suyun yanı sıra, korozyon önleyiciler ve bakteri önleyiciler gibi katkı maddeleri de içerirler. Yarı sentetik yağlar ısıyı hızlıca uzaklaştırabilir ve kolayca atık olarak bertaraf edilebilir. Ancak su sertliği ve kimyasal katkılar nedeniyle kararlılıkları etkilenebilir.

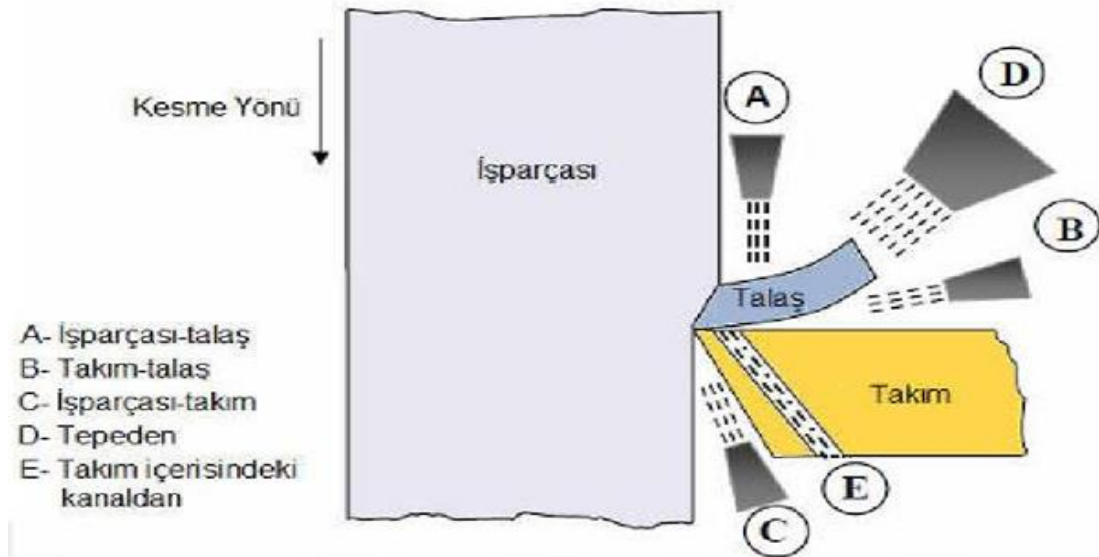
Sentetik kesme sıvıları: Sentetik kesme sıvıları, su bazlı kesme sıvılarına kimyasallar eklenerek elde edilir. İçeriklerinde kimyasal yağlayıcılar, yüksek basınç katkıları, pas önleyici katkılar ve bakteri önleyiciler bulunur. Yüksek soğutma kabiliyetleri ve korozyon önleme özellikleri vardır. Sentetikler yüksek kesme hızlarında kullanılır, dumansız ve köpüksüz ortamlarda tercih edilir. Ancak yağlayıcılıkları düşüktür, katkılar emülsiyon oluşumuna neden olabilir.

3.7. Minimum Miktarda Soğutma Yöntemi (MMY)

Minimum miktarda yağlama (MMY) literatürde MQL olarak adlandırılmakta, talaşlı imalatta yüksek ısıya ve kesici takımın kısa ömrüne sebep olan sürtünmeyi azaltmak için geliştirilmiş bir soğutma stratejisidir. Bu yöntemde, az miktarda ama etkili bir şekilde kesme sıvısı uygulanarak maliyet ve depolama sorunları minimize edilmektedir. Yeni sistem sayesinde yüzey pürüzlülüğü, kesme sıcaklığı ve takım ömrü gibi faktörler olumlu yönde gelişmektedir (Baday Ş., Gürbüz H., 2020, Varadarajan A., 2001).

3.8. Soğutma Sıvısının Uygulama Yönleri

Soğutma sıvıları ısının üretildiği kesme alanına dışarıdan yönlendirilir. Kullanılan yöntem kesme değişkenleri ve malzeme özelliklerine seçilir. Örneğin A yönünde yapılan soğutma uygulamak kolaydır ancak talaş takımı temas uzunluğunu artırır. Soğutma sıvısının B konumundan doğrudan nüfuz etmesi, talaş takımı temas uzunluğunu kısaltarak takım aşınmasının azaltılmasına yardımcı olur (Şekil 3.7) (Da Silva, 2006).



Şekil 3.7. Soğutma sıvısının uygulama yönleri (Da Silva, 2006).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

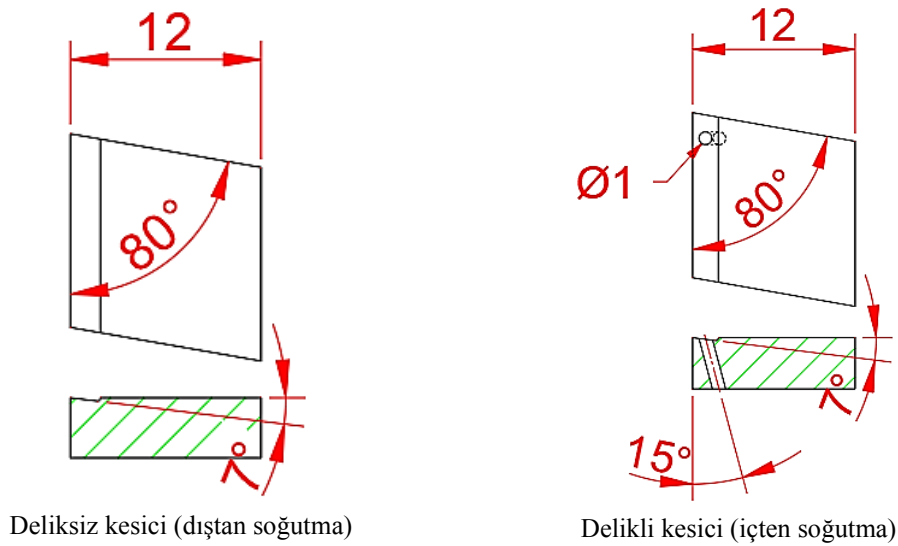
4.1. Kesicinin Hazırlanması, Takım Tutucular ve Deney Düzeneği

Deneylerin yapılmasında M35 (ASTM A600) HSS malzemeden kesiciler kullanılmış olup bu kesiciye ait kimyasal kompozisyon Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. M35 HSS çeliği kimyasal içeriği

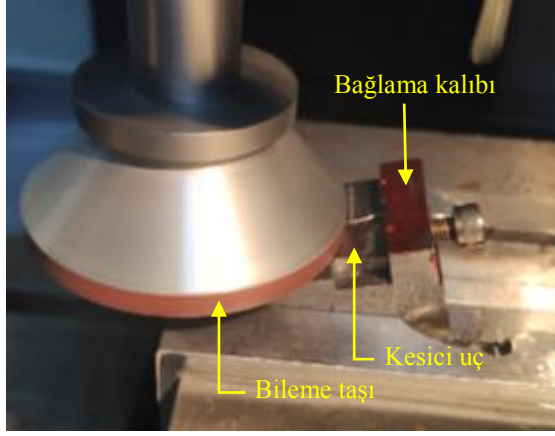
ASTM 600	C	Mn	P	S	Si	Cr	V	Mo	W
M35	0,82- 0,95	0,15- 0,40	0,03	0,03	0,20- 0,45	3,80- 4,50	1,75- 2,15	4,75- 5,25	5,50- 6,50

Kesiciler CNMG 120408 formunda kesilmiştir. Dıştan jetting yöntemi ile soğutma yönteminde kullanılacak HSS kesicilerin talaş yüzeyinde 7 derecelik talaş derinliği ve delik delme işlemi olmadan, içten soğutma yönteminde kullanılacak HSS kesiciler için ise 7° derecelik talaş açısı verilmiş olup takım talaş yüzeyinde 1 mm’lik delik delinmiştir. CNMG 120408 formundan farklı olarak uç radüsü kullanılacak kesicide verilmemiştir. Uç ile ilgili teknik resim Şekil 4.1’de görülmektedir.

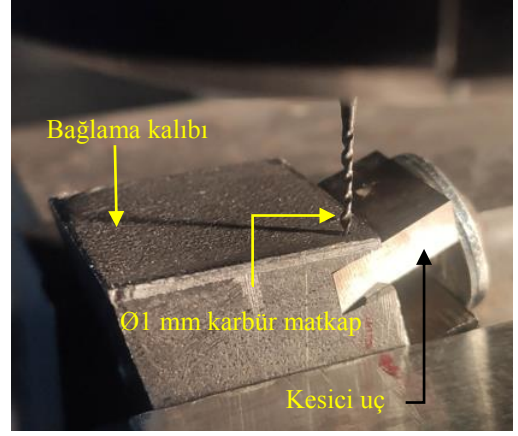


Şekil 4.1. Kullanılan CNMG 120408 formlu kesici ölçü ve şekilleri

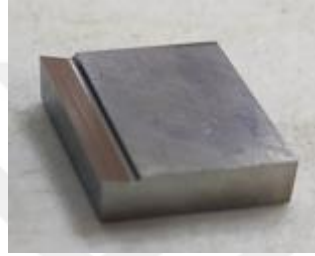
HSS kesici uça talaş açısı açılması verilmesi işlemi alet bileme taşı ile yapılırken, kesici talaş yüzeyine delik delinmesi işlemi ise CNC işleme merkezi tezgâhında yapılmıştır (Şekil 4.2).



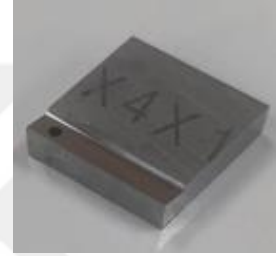
Talaş açısı açılması



Delik delme işlemi



Hazırlanan deliksiz kesici uç (dıştan soğutma için)



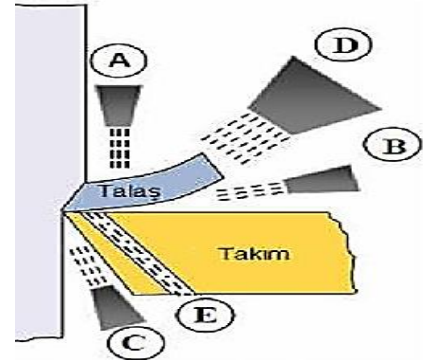
Hazırlanan delikli kesici uç (içten soğutma için)

Şekil 4.2. Kesici imalatı için işlemler ve elde edilen kesici uçlar

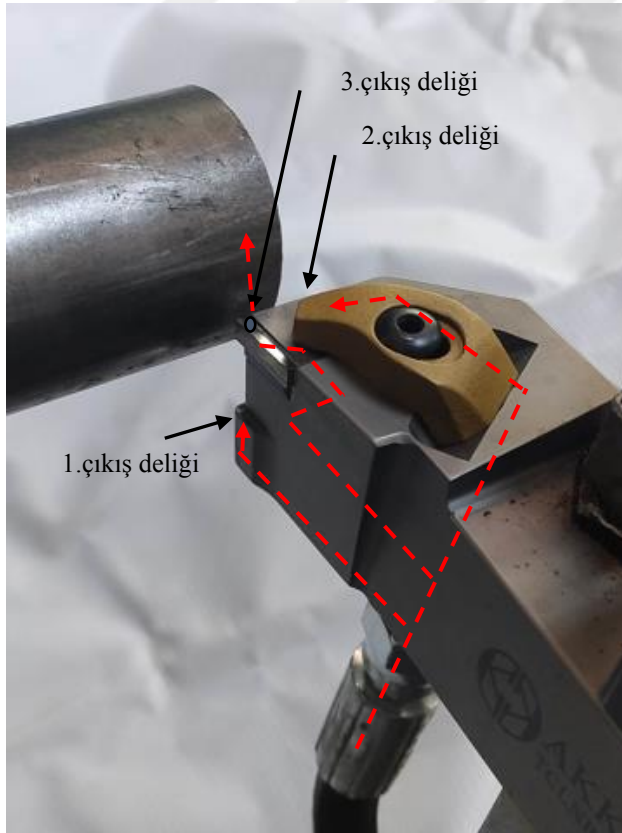
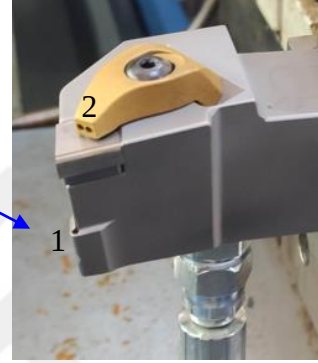
Tüm işlemleri bitmiş ve hazır hale getirilen CNMG formlu kesiciler jetting soğutma özelliğine uygun TCLNR 3232 P12-H koduna sahip AKKO marka kater üzerine monte edilmiştir. Soğutma yöntemi olarak iki farklı yöntem seçilmiştir. Birinci yöntemde katerdeki kesici sıkma pabucu içinden (Şekil 4.3, 2 no'lu) ve kater yan kenarındaki çıkış deliğinden (Şekil 4.3, 1 no'lu) jetting ile basınçlı soğutma sıvısı gönderilerek soğutma yöntemidir. Bu yöntem çalışmamızda dıştan jetting soğutma yöntemi olarak adlandırılmıştır. İkinci yöntemde ise birinci yöntemdeki basınçlı soğutmaya aynen kullanılarak buna ilave olacak şekilde, takım talaş yüzeyinde açılan bir delik vasıtası ile (Şekil 4.3, 3 no'lu) jetting ile basınçlı soğutma sıvısı gönderilerek elde edilen soğutma yöntemidir. Bu yöntem bu tez çalışmasında içten soğutma yöntemi olarak adlandırılacaktır. İçten soğutma yönteminde kullanılacak kesici takımın talaş yüzeyine 1 mm çapında delik delinmiştir. Açılan bu deliğe, soğutma sıvısının ulaşabilmesi için takım tutucu üzerinde, HSS kesicide açılan deliğe ulaşacak şekilde kater içinden soğutma sıvısı yolu açılmıştır (Şekil 4.3).



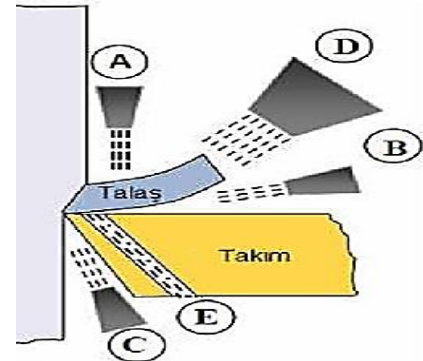
Dıştan Jetting ile soğutma sıvı akış yolları



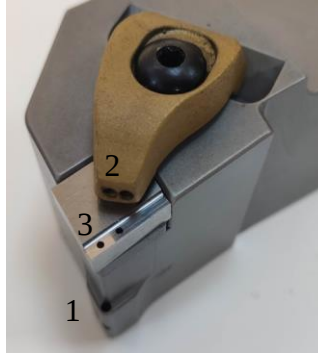
Sadece C ve D yönlerinde jetting ile soğutma yapılmakta



İçten soğutma yönteminde sıvı akış yolları

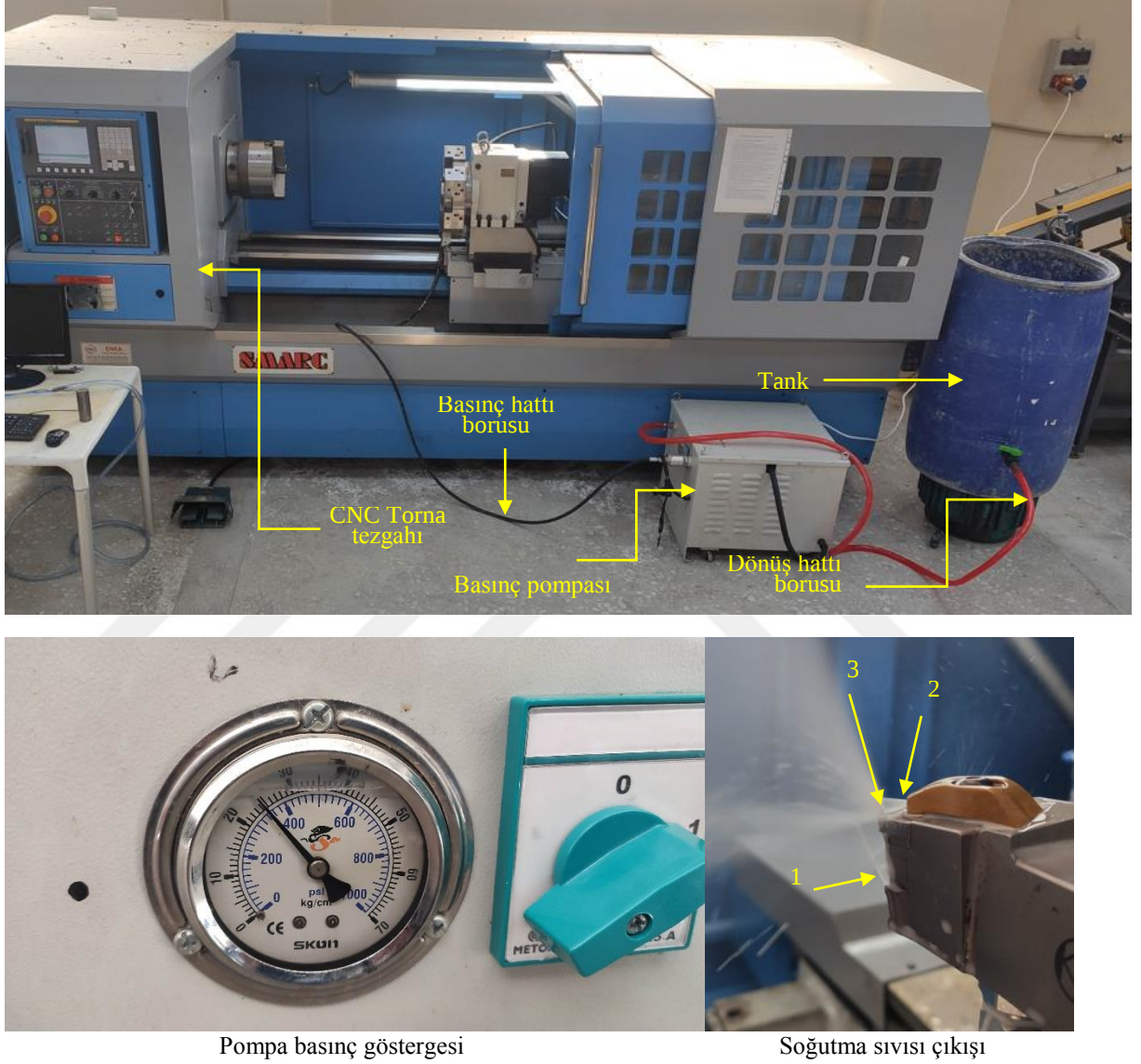


C, D ve E yönlerinde sıvı jetting ile soğutma yapılmakta



Şekil 4.3. Soğutma yöntemlerine ait kater üzerine açılan sıvı akış yolları ve çıkış delikleri

Hem içten soğutma yönteminde hem de dıştan jetting yönteminde kesici ve kater üzerindeki çıkış deliklerine 25 bar basınçta soğutma sıvısı pompalanmıştır. Bunun için bir pompa ünitesi kurulmuş ve devirdaim sistemi ile soğutma suyu tekrar tekrar kullanılmıştır. Basınçlı sıvı elde etmek için kurulan sistem Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Tüm deneylerdeki talaşlı imalat işlemleri, SMARC marka CAK6166B X200 model CNC torna tezgahında yapılmıştır. Deneylerde kesme yağı olarak Coldex marka TE 210 ES model sentetik standart bor yağı kullanılmıştır. Bor yağın kimyasal özellikleri olarak, görünüşü sarı renkte, % 5'lik emülsiyon ile süt beyazı rengine dönmektedir, pH (% 5'lik emülsiyon miktarında) değeri 8.00-8.50, yoğunluk 1.00 gr/ml

ve viskozitesi 14 cSt şeklindedir. Su ile 1/20 oranında karıştırılarak emülsiyon hazırlanmış ve kullanılmıştır.

4.2. Deneysel Tasarım ve İşlem Parametreleri

Tüm deneylerde L9 ortogonal deney tasarımı referans alınarak kesme hızı ve ilerleme değeri olacak şekilde 2 farklı işlem parametresi ve bu parametrelere ait her bir parametre için 3 seviye belirlenmiştir. Tablo 4.2’de deneylerde uygulanacak işlem parametreleri (faktörler) ve bu faktörlere ait seviyeler verilmektedir. Her 9 deney dıştan jetting soğutma ve içten soğutma yöntemi uygulamasında yapılmış, böylece toplamda 18 deney yapılmıştır.

Tablo 4.2. Deney tasarımı ve işlem parametreleri

Parametre	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme Hızı (m/dak)	30	50	75
İlerleme (mm/dev)	0,05	0,075	0,1
Soğutma Yöntemi	Dıştan jetting		İçten soğutma
Paso sayısı	2		
İşleme Ortamı	Emülsiyon olarak hazırlanmış bor yağı		

Her bir soğutma yönteminde yapılan 9 deneyde kullanılan parametreler ve bu parametrelerin deneylerdeki dağılımı Tablo 4.3’te gösterilmektedir.

Tablo 4.3. Deney parametreleri

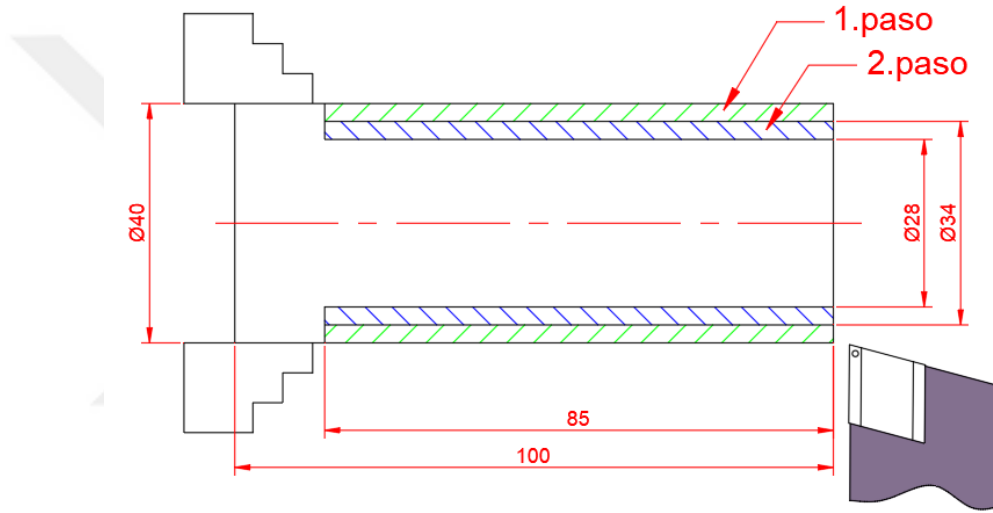
Deney sıra no	Kesme Hızı (m/dak)	İlerleme (mm/dev)
1	30	0,05
2	30	0,075
3	30	0,1
4	50	0,05
5	50	0,075
6	50	0,1
7	75	0,05
8	75	0,075
9	75	0,1

Tüm tornalama işlemlerinde deney numunesi AISI 1020 çeliğinden seçilmiştir. AISI 1020 çeliği düşük karbonlu bir çelik türü olup sünek olarak kabul edilebilecek sertlikte bir çelik cinsidir. Bu malzemeye ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 4.4’te verilmektedir.

Tablo 4.4. AISI 1020 çeliği kimyasal kompozisyonu ve fiziksel özellikleri

Kimyasal kompozisyon								
Malzeme	C%	Si%	Mn%	P	S	Cr	Mo	Ni
AISI 1020	0.22-0.25	0.15-0.40	0.50-0.80	0.01	0.01	0.01	0.05	0.01
Fiziksel özellikler								
Çekme dayanımı (Mpa)	Akma dayanımı (Mpa)		% Uzama		Sertlik (HB)			
380-420	165-205		15-25		100-120			

Tornalamada kullanılan AISI 1020 çeliğinden deney numuneleri 40 mm çapında ve 100 mm boyunda seçilmiş, talaş derinliği olarak sabit 3 mm olacak şekilde 85 mm boy ve 2 pasoda tornalanmıştır (Şekil 4.5).

**Şekil 4.5.** Tornalanan iş parçası ve ölçüleri

4.3. Optik Mikroskop Görüntüleri

Her iki soğutma yöntemi ile tornalama sonrası kesici takım üzerindeki aşınma bölgelerinin tespiti ve görüntülenmesi amacıyla Batman Üniversitesi bünyesindeki optik mikroskop cihazıyla takım üzerindeki aşınmış üst ve yan yüzey görüntüleri alınmıştır. Optik mikroskop gösterimi Şekil 4.6'da belirtilmiştir.



Şekil 4.6. Optik mikroskop

4.4. SEM Görüntüleri

Soğutma yöntemlerinin kıyaslanması amacıyla her deneyde elde edilen talaşların daha detaylı incelenmesi amacıyla SEM analizleri yapılmıştır. Talaşların görüntülerinin alınmasında içe doğru kıvrımlı olan yüzey üzerinden ve tırtıklı kenar büyütülerek görüntüler alınmıştır. Elde edilen görüntüler Dicle Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi SEM cihazları (Şekil 4.7) kullanılarak alınmıştır.



Şekil 4.7. SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. Üst Limitlerin Belirlenmesi

Deneylerde kullanılacak parametrelerin üst limitlerinin belirlenmesi ve kullanılan kesici uç ve işlenecek malzeme için hangi aralıktaki değerlerin tespit edilmesi amacıyla işleme parametreleri olan kesme hızı ve ilerleme için farklı değerler seçilerek ön deneyler yapılmıştır. Yapılan tornalama işlemlerinden kesme hızı için $V=100$ m/dak, ilerleme için ise $f=0.15$ mm/dev değerinde kesicinin deformasyona uğradığı ve takım ömrünün çok kısa sürede elde edildiği görülmüştür. Bu işlemlere ait parça ve kesici görüntüsü ve Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1. $V=100$ m/dk ve $f=0.15$ mm/dev değerlerinde elde edilen parça ve kesici görüntüleri

Şekil 5.1’de görüldüğü üzere kesicinin takım ömrünü tamamladığı görüldüğünden sonraki deneylerde kesme hızı üst limit olarak $V=75$ m/dak ve ilerleme üst limit olarak $f=0.1$ mm/dev değerleri ile devam edilmiştir.

5.2. Dıştan Jetting Soğutma Yöntemi ile Yapılan Tornalama İşlemleri

Bu tez çalışmasında, seçilen iki farklı soğutma yönteminden ilki olan dıştan jetting yöntemi ile yapılan tornalama işlemlerinde elde edilen iş parçalarının tamamı ile ilgili parça resimleri Şekil 5.2de görülmektedir. Parçaların işlenmesinde talaş derinliği 3 mm ve 2 pasoda işlenecek şekilde CNC programı oluşturulmuştur.



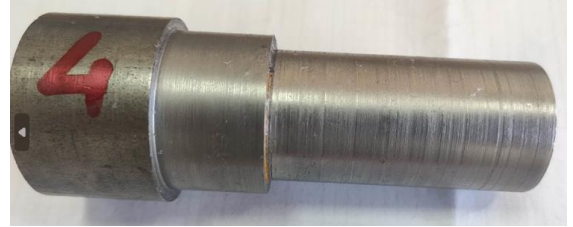
1 nolu deney



2 nolu deney



3 nolu deney



4 nolu deney



5 nolu deney



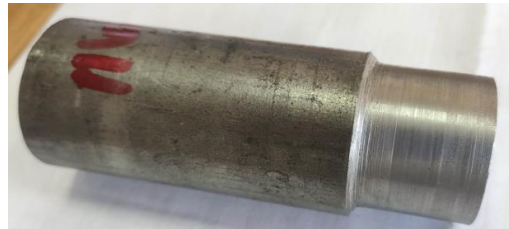
6 nolu deney



7 nolu deney



8 nolu deney



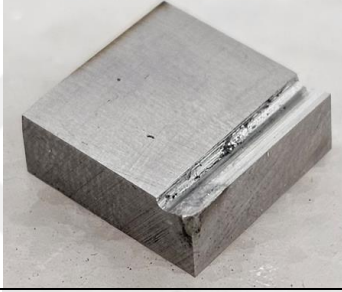
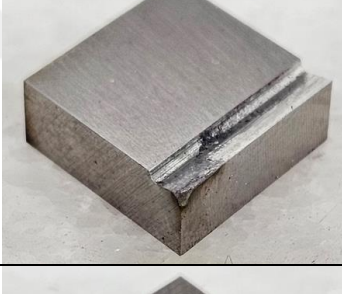
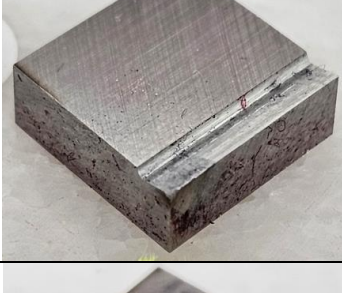
9 nolu deney

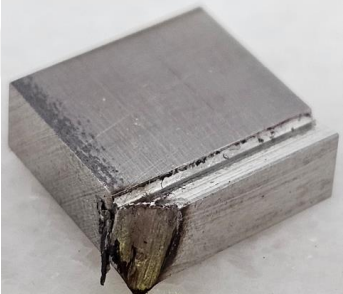
Şekil 5.2. Dıştan jetting yöntemi ile yapılan deneylere ait elde edilen parça resimleri

Şekil 5.2 incelendiğinde 1, 3, 5 ve 6 no'lu deneylerde iş parçalarının tamamen işlendiği, 2, 4 ve 7 no'lu deneylerde birinci pasonun işlendiği ancak ikinci pasonun tamamlanamadığı, 8 ve 9 no'lu deneylerde ise birinci pasonun tamamlanamadığı görülmektedir. Benzer şekilde işleme parametrelerine bağlı olarak kesicilerle ilgili

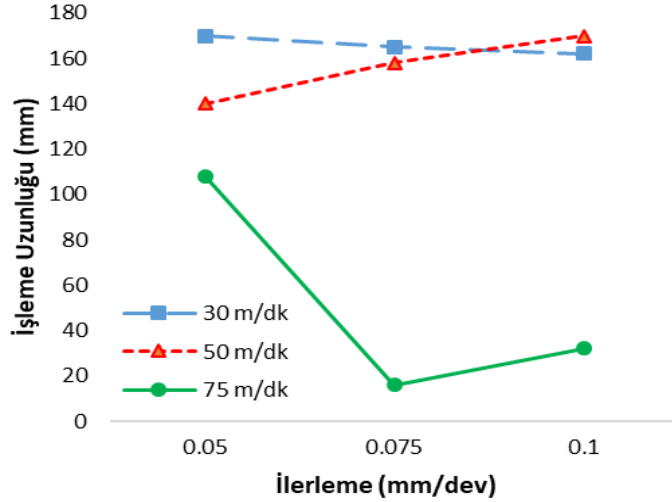
takım deformasyona uğrayana kadar veya tam işleme yapılabilmişse buna ait işlenen işleme uzunluğuna ait toplu değerler Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Dıştan jetting soğutma yöntemi ile elde edilen işleme uzunlukları

No	Kesme Hızı (V) (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	İşleme uzunluğu (mm)	Kesici uç durumu
1	30	0.05	170	
2		0.075	165	
3		0.1	162	
4	50	0.05	140	
5		0.075	158	

6		0.1	170	
7		0.05	108	
8	75	0.075	16	
9		0.1	32 mm	

Tablo 5.1'deki değerler incelendiğinde tüm deęerlere ait elde edilen işleme uzunlukları ile ilgili grafiksel gösterim şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Dıştan jetting soğutma yönteminde işleme uzunlarının parametrelere göre değişimi

Şekil 5.3 incelendiğinde kesme hızının en yüksek değeri olan 75 m/dak değerinde tam işleme uzunluğu olan 170 mm değerine ulaşamadığı görülmektedir. Bu nedenle HSS tipi kesici için 75 mm/dak kesme hızı değerinin uygun olmadığı anlaşılmaktadır. 30 m/dak kesme hızında genellikle yatay bir eğilimin olduğu görülmekte, düşük kesme hızı ile birlikte işleme uzunluklarının birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. 30 m/dak kesme hızında ilerleme değerinin etkisinin minimum olduğu görülmektedir. Bu nedenle bu kesme hızında işleme zamanı bakımından en yüksek ilerlemelerde işleme yapılmalıdır. 50 m/dak kesme hızındaki işleme uzunlukları değerlendirildiğinde ise ilerleme artışı ile işleme uzunluğu arasında lineer bir artış yönünde ilişkinin olduğu görülmektedir. Genel bir perspektif ile grafik değerlendirildiğinde ise hem takım ömrü hem de işleme uzunluğuna bağlı olarak işleme zamanı yönünden en iyi sonuçların, kesme hızının 50 m/dak ve ilerlemenin 0.1 mm/dev değerinde (6 no'lu deney) elde edildiği görülmektedir. 30 m/dak değeri ile 50 m/dak değerlerinde benzer sonuçlar görülmesine karşın işleme zamanı yönünden değerlendirildiğinde 50 m/dak kesme hızında işleme yapmak daha elverişli olarak görülmektedir. Tablo 5.1'deki kesici aşınma durumları incelendiğinde ise birinci ve yedinci birinci ve yedinci deneye kadar kesicilerde aşınmalara bağlı olarak körelmelerin meydana geldiği, sekizinci ve dokuzuncu sekizinci ve dokuzuncu deneylerde ise kesicinin deformasyona uğrayarak kesme özelliğini tümüyle yitirdiği görülmektedir.

İşleme parametrelerine bağlı olarak tormalanan iş parçası malzemesinden İşleme parametrelerine bağlı olarak tormalanan iş parçası malzemesinden elde edilen talaş şekilleri Şekil 5.4'te görülmektedir.



1 nolu deney



2 nolu deney



3 nolu deney



4 nolu deney



5 nolu deney



6 nolu deney



7 nolu deney



8 nolu deney



9 nolu deney

Şekil 5.4. Dıştan jetting yöntemi ile soğutma işleminde elde edilen talaş şekilleri

Şekil 5.4'teki talaş biçimleri kesicilerin körelme veya deformasyon sonucu kesme özelliklerini kaybetmeleri öncesinde elde edilen talaş biçimleridir. Talaş şekilleri

incelendiğinde 3, 6 ve 9 nolu deneylerde daha kısa talaşların oluştuğu görülmektedir. Bu deneylerde ilerleme değeri en yüksek olarak 0.1 mm/dev değerindedir. Düşük kesme hızı ve düşük ilerlemelerde ise uzun kıvrık talaşların oluştuğu görülmüştür. Uzun talaş hem takım ve kesiciye sarılma, iş güvenliği vb konularda tehlike oluşturduğundan dolayı istenmeyen bir talaş biçimidir. Bu açıdan değerlendirildiğinden kısa kıvrık talaşların kesme işleminde oluşması tercih edilmektedir. Bu nedenle Şekil 5.3'teki grafik ve Şekil 5.4'teki talaş şekilleri beraber değerlendirildiğinde 9 deney içerisinde en uygun talaş şeklinin 6 nolu deney olan $V=50$ m/dak kesme hızı ve 0.1 mm/dev ilerleme değerinde oluştuğu görülmektedir. Şekil 3'teki grafikte de işleme zamanı açısından da en uygun deney parametrelerinin 6 nolu deneyde oluştuğu da görülmüştür.

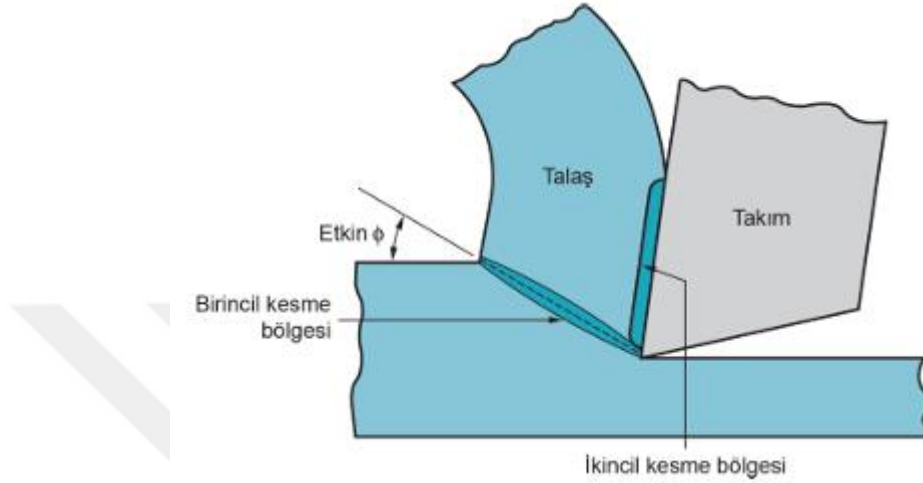
Düşük ilerleme ve düşük kesme hızlarında (1, 2, 4 ve 5 nolu deneyler) uzun talaş oluştuğu gözlenmekle beraber özellikle en düşük ilerleme değeri olan 0.05 mm/dev değerlerindeki talaşların (özellikle 1 nolu deney) hem uzun hem de düzensiz şekilde oluştuğu görülmektedir. Takım ömrü ve işleme uzunluğu bakımından uygun değerler olmasına karşın bu tip talaşların kesici uca, katere veya farklı aparatlara sarılma özelliğinden dolayı istenmediği literatür çalışmalarından da bilinmektedir. Açık kabin tornalamada bu durum çok daha büyük tehlikelere neden olmaktadır.

8 nolu deneyden elde edilen talaş şekline ve rengi incelendiğinde talaşın aşırı şekilde sıcaklık artışına bağlı olarak gevrek talaş şeklinde parlament mavisi rengini aldığı görülmektedir. Tablo 5.1'deki değerlerden, işleme uzunluğunun en kısa değerinin bu deneyde oluştuğu görülmektedir. Talaş renginden sıcaklık artışının kesiciyi de aşındırarak atıl duruma getirdiği görülmektedir. HSS tipi kesicilerin yüksek sıcaklıklardaki işlemlerde elverişli olmadığı da bilinmektedir. Bu deneydeki takımın aşırı ısınma sonucu hızlı bir şekilde köreldiği düşünülmektedir. Benzer deneylerin sıcaklığa karşı daha dayanıklı olan kesici tiplerinde denenmesi önerilebilir.

3 nolu deneyde de istenilen talaş biçimi elde edilmiştir. Ancak Tablo 5.1'deki işleme uzunluğuna bakıldığında 6 nolu deneydeki işleme uzunluğundan daha düşük değerler elde edildiği görülmektedir. Bu nedenle 6 nolu deneyin en uygun parametreleri içerdiği buradan da teyit edilmektedir.

5.3. Takım Talaş Yüzeyine İçten Jetting Soğutma Yöntemi ile Yapılan Tornalama İşlemleri

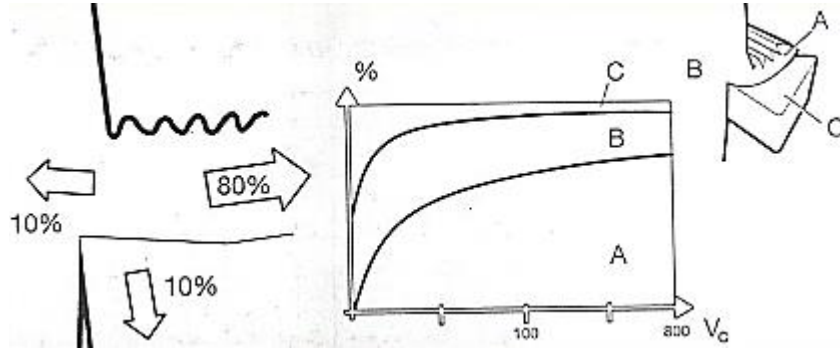
Talaşlı imalatta kesme işlemi incelendiğinde 2 farklı kesme bölgesinin olduğu görülmektedir (Şekil 5.5)



Şekil 5.5. Kesme işleminde oluşan kesme bölgeleri [Talaşlı İmalat, 2024]

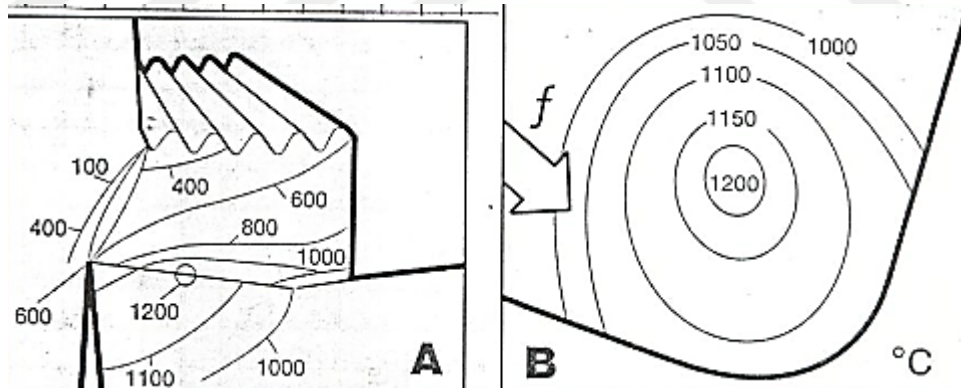
Talaşlı işlemede uygulanan kuvvetler nedeniyle oluşan mekanik enerjinin tamamına yakını ısıya dönüşmektedir. Bu nedenle kesme bölgesinde ısı oluşumu ve sıcaklık, talaş kaldırmadaki diğer önemli bir faktördür. Isı oluşumu ve sıcaklık, takımın performansı ve iş parçası yüzey kalitesi bakımından büyük önem taşır. Aşırı oluşan sıcaklık, öncelikle takım ömründe azalmaya ve yüksek kesme hızlarında sınırlamalara etki etmektedir. Belirli bir kesme hızında etkili olan teğetsel kesme kuvveti, enerjinin belli bir kısmını temsil eder. Bu enerji, talaş oluşturmak için deformasyon ve kesme işleminde tüketilir. Ek olarak diğer bir kısım enerji de, talaş yüzeyinde ve talaş kırıcı karşısında talaş biçimlendirilmesi için kullanılır. Isı oluşumu temel olarak üç bölgede oluşur. Yine yapılan önceki çalışmalar incelendiğinde en büyük sıcaklıkların 2. kesme bölgesinde meydana geldiği de ayrıca bilinmektedir. İşleme sırasında oluşan ısının büyük bir kısmı, ideal olarak kesme bölgesinden talaşla uzaklaştırılır. Talaş ısı, talaşla kesici takımın temasta olduğu boyda kesici takımı etkileyecektir. Şekil 5.6'da talaşlı işlemedeki ısı dağılımı şematik ve grafik olarak gösterilmiştir. Isının büyük bir kısmı kayma bölgesinde (Q_{ss}) ortaya çıkar. Bu sebeple, takım ve talaş arasındaki temas miktarı ve kalitesi takım performansını etkilemektedir. Talaş açısı küçülmesi ile

oluşabilen daha küçük kayma düzlemi açıları iş parçası üzerine aktarılan ısı girdisinin artışına neden olabilir (Talaş kaldırma sırasında oluşan ısı, 2024) (Şekil 5. 6).



Şekil 5.6. Metal işlemede ısı dağılımı (Talaş kaldırma sırasında oluşan ısı, 2024)

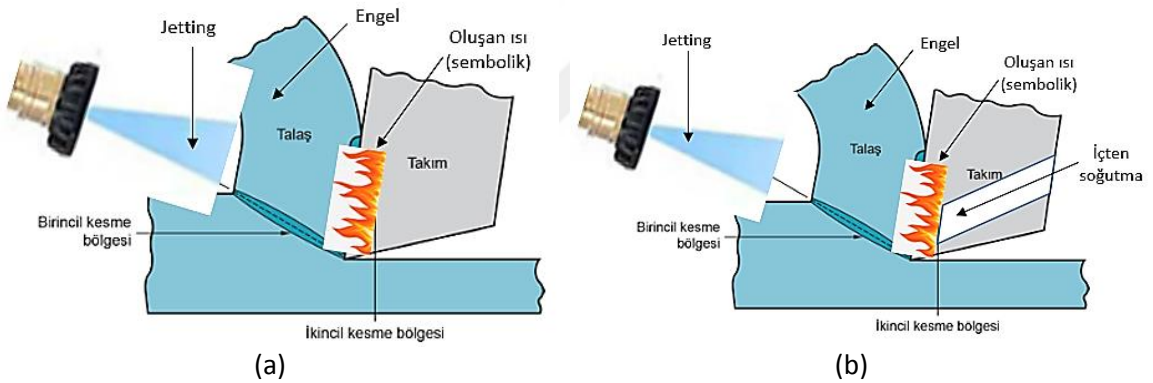
Oluşan ısıнын dağılımı ise malzeme ve işleme parametrelerine bağlı olarak değişmekle birlikte genel bir dağılım şekli Şekil 5.7’de gösterilmektedir. Burada talaş kaldırmada oluşan sıcaklık dağılımları talaş-takım arayüzünde ve iş parçası üzerinde (A) ve uç burun bölgesindeki dağılım (B) gösterilmektedir. Sıcaklık değerleri değişken olmakla birlikte dağılım genel olarak Şekil 5.7’deki gibi kabul edilmektedir.



Şekil 5.7. Talaşlı kesmede oluşan sıcaklıkların izotermik dağılımları (İmal Usulleri, 2024)

Şekil 5.7’de de görüldüğü üzere en yüksek sıcaklıklar takımın talaş ile temasının olduğu 2. kesme bölgesinde oluşmaktadır. Kesilmeye karşı direnç gösteren talaş, takım talaş yüzeyine baskı uygulamakta ve sürtünme ile birlikte oluşan sıcaklıklar takım ömrünü ve yüzey kalitesini düşürmektedir. Bu nedenle bu bölgenin soğutulması ve sürtünmenin azaltılmasına yönelik dokunuşlar direkt olarak takım ömrü ve yüzey kalitesini iyileştirecektir.

Tez konusu olarak seçilen iki farklı soğutma yönteminden ikinci olan takım talaş yüzeyinde jetting yöntemiyle soğutma, sürtünmenin ve talaşın 2. kesme bölgesindeki temasının azaltılması amacıyla yönelik denenmiştir. Klasik soğutma yöntemleri ister MQL, ister dıştan jetting yöntemi (yan kenardan veya üstten) ve isterse klasik soğutma hortumları ile soğutma yöntemleri, sıcaklığın en yüksek olduğu 2.kesme bölgesine direkt etki edememektedir. Bu bir bakıma bir yangının olduğu bir odanın duvarlarını dıştan soğutarak sıcaklığı düşürme şekline benzemektedir. Tez konusu olan soğutma yönteminde ise ısının en yüksek olduğu (Şekil 5.7) bölgeye diğer soğutma yöntemlerine ilave olarak ikinci bir soğutma işlemi ile takımın kendi içinden talaş yüzeyine doğru engelsiz ve direkt olarak uygulanmaktadır. Böylece oluşan ısının kaynağına direkt etki edilmektedir (Şekil 5.8). Bu yöntemin diğer bir avantajı da talaş ve takım talaş yüzeyi arasında bir film tabakası oluşturarak sürtünmeyi azaltmaktır. Böylece sürtünme kaynaklı ısı artışı da daha da azalacaktır. Yapılan deneylerde 25 barlık bir basınç ile 1 mm çaptaki delikten jetting işlemi uygulanmıştır.



Şekil 5.8. a) Klasik soğutma yöntemi b) içten talaş yüzeyine çıkış ile soğutma yöntemi

Takım talaş yüzeyine takım içinden açılan bir delik ile soğutma sıvısı göndererek soğutma işleminin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilecek içten soğutma yöntemi ile yapılan tornalama işlemlerinde, elde edilen iş parçalarının tamamı ile ilgili parça resimleri Şekil 5.9'da görülmektedir. Parçaların işlenmesinde dıştan jetting yöntemi ile karşılaştırma yapmak amacıyla aynı parametreler kullanılmış ve talaş derinliği olarak 3 mm şeklinde 2 pasoda işlenecek şekilde CNC programı oluşturulmuştur.



1 nolu deney



2 nolu deney



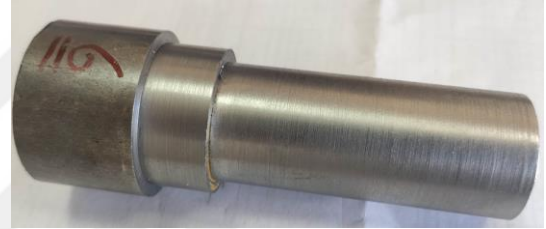
3 nolu deney



4 nolu deney



5 nolu deney



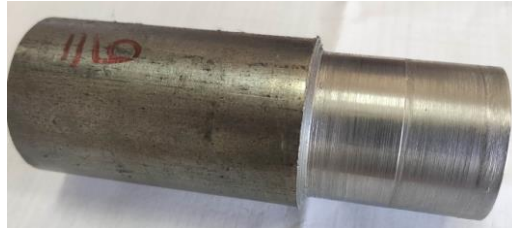
6 nolu deney



7 nolu deney



8 nolu deney



9 nolu deney

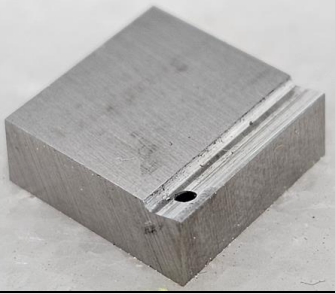
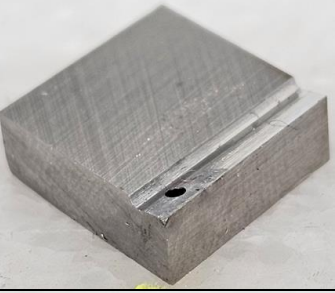
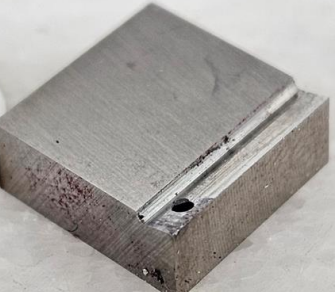
Şekil 5.9. İçten soğutma yöntemi ile yapılan deneylere ait elde edilen parça resimleri

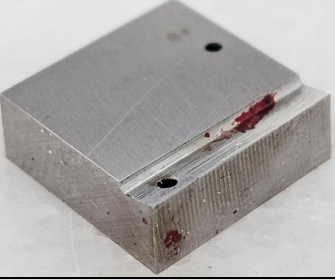
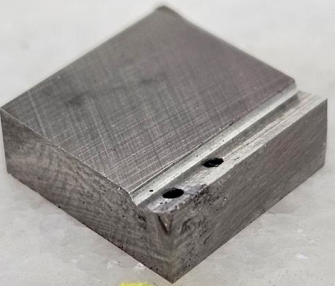
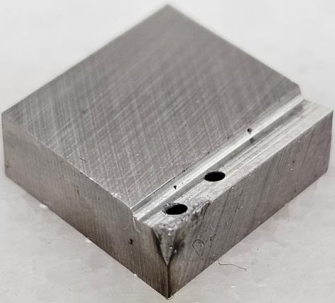
Şekil 5.9 incelendiğinde 5 ve 9. deney hariç tüm parçaların işlendiği görülmektedir. Burada 5. deneyinde kesme parametrelerinden daha çok parça içindeki bir süreksizlik veya sert tabakaya denk gelinmesi veya rijitlik, takım tutucusundaki bir problem gibi bazı farklı nedenlerden oluştuğu kanaatindeyiz. Daha yüksek kesme

değerleri olan 6, 7 ve 8. deneylerde herhangi bir problem yaşanmaması böyle bir kanaatin oluşması yönünde fikir oluşturmaktadır.

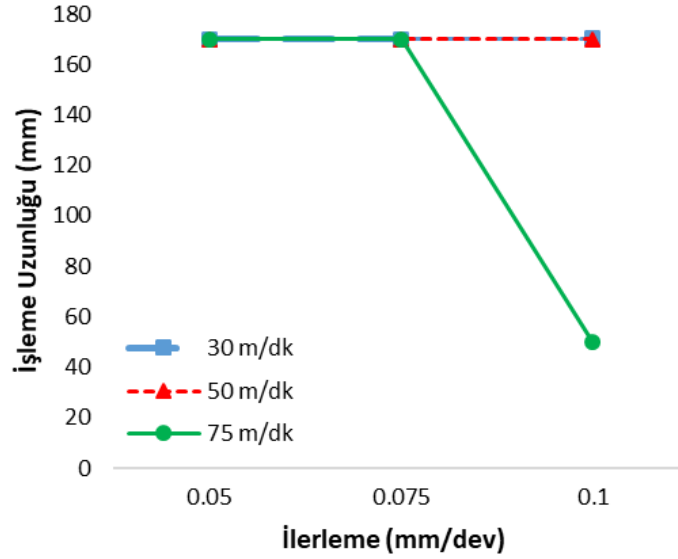
İçten soğutma yöntemindeki işleme parametrelerine bağlı olarak, kesicilerin değerlendirilmesi noktasında elde edilen işleme uzunluklarına ait toplu değerler ise Tablo 5.2’de verilmektedir.

Tablo 5.2. İçten soğutma yöntemi ile elde edilen işleme uzunlukları

Deney No	Kesme Hızı (V) (m/dak)	İlerleme (mm/dev)	İşleme uzunluğu (mm)	Kesici uç durumu
1	30	0.05	170	
2		0.075	170	
3		0.1	170	
4	50	0.05	170	

5		0.075	170	
6		0.1	170	
7		0.05	170	
8	75	0.075	170	
9		0.1	50	

Tablo 5.2'deki değerler incelendiğinde tüm deęerlere ait elde edilen işleme uzunlukları ile ilgili grafiksel gösterim şekil 5.10'da gösterilmektedir.



Şekil 5.10. İçten soğutma yönteminde işleme uzunlarının parametrelere göre değişimi

Tablo 5.2 ve Şekil 5.10 dikkate alındığında, içten soğutma yönteminde 9 no'lu deney hariç tüm deneylerde işleme yapıldığı, takım ömrünün işlemin sonuna kadar sürdüğü görülmektedir. 9 no'lu deneyde, kesme hızı ve ilerleme hızının artma ile takımın deformasyona uğradığı ve bundan dolayı ve bundan sonra kesme özelliğini yitirdiği görülmektedir. Ancak dıştan jetting yönteminde Tablo 5.2'de de görüldüğü üzere işleme uzunluğu 32 mm iken içten soğutma yönteminde bu değer 50 mm'ye çıkmıştır. Dıştan jetting yönteminde 2, 4, 7, 8 ve 9 no'lu deneylerde parçanın tamamının işlenememesine karşılık içten soğutma yönteminde 9 no'lu deney haricinde tüm parçalar işlenmiştir. Takım aşınma miktarları yönünden karşılaştırma ileriki sayfalarda ayrıca yapılacaktır. Eldeki verilerden de anlaşılacağı üzere, içten soğutma yöntemi, dıştan püskürtme yöntemine göre daha iyi sonuçlar üretmiştir.

İçten soğutma yönteminde elde edilen talaş şekillerinin genel gösterimi ise Şekil 5.11'de görülmektedir.



1 no'lu deney



2 no'lu deney



3 no'lu deney



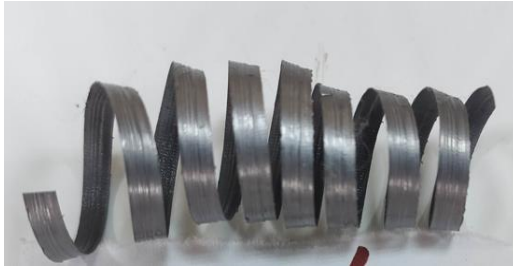
4 no'lu deney



5 no'lu deney



6 no'lu deney



7 no'lu deney



8 no'lu deney



9 no'lu deney

Şekil 5.11. İçten soğutma yöntemi ile soğutma işleminde elde edilen talaş şekilleri

Şekil 5.11'deki talaş şekilleri incelendiğinde tüm talaş biçimlerinin uzun talaş biçiminde olduğu görülmektedir. Şekil 5.4'teki dıştan jetting yöntemindeki talaş

biçimlerinde ise özellikle yüksek ilerlemelerde kısa talaşların oluştuğu görülmüştür (Demir & Adıyaman, 2019; Özer & Bahçeci 2009) . İçten soğutma yönteminde dıştan soğutmada elde edilen kısa talaşların aksine uzun talaşların oluşmasının nedeni olarak, içten soğutma yönteminde sıcaklık artışının engellenmesi, buna bağlı olarak talaşın gevrekleşmesinin önlenmesi ve tüm bu sonuçların bileşimi olarak gevrekliğe bağlı olan kırılmaların, talaş kopmasının oluşmaması şeklinde nedenlerin olduğu düşünülmektedir. Ayrıca düşük kesme hızları olan 30 ve 50 m/dak kesme hızlarında (Deney 1-6) talaşların spiral şekilden ziyade karmaşık şekilde oluştuğu görülmektedir. Bu durum düşük ilerleme olan 1 ve 4. deneylerde daha da belirgin olmaktadır. Yüksek kesme hızlarında ise (7, 8 ve 9 nolu deneyler) uzun talaş tipi spiral şekilde oluşmaktadır. İçten soğutmada yüksek kesme hızları ile işlemler yapılabilmesine göre daha yüksek üretim hızlarına bu yöntemin elverişli olduğu sonucuna varılabilir. Bu da daha yüksek karlılık anlamında önemlidir. HSS kesici Takım ile AISI 1020 çeliğinin işlenmesinde, yüksek kesme hızları ve orta seviye ilerleme miktarları daha da elverişli bir seçenek olarak değerlendirilebilir. Bu durum dıştan jetting soğutma yönteminde düşük kesme hızlarında geçerli olmaktadır. Böylece içten soğutmanın eldeki verilere dayanarak yüksek üretim hızlarına daha da elverişli olduğu anlaşılmaktadır. İçten soğutma yönteminde en yüksek kesme hızı ve ilerleme değerlerinde (8 nolu deney) 170 mm işleme uzunluğu ve sürekli, kısmi spiral formlu talaş elde edilirken, dıştan jetting yönteminde işleme uzunluğu sadece 16 mm olarak elde edilmiş, gevrek uzun talaş oluşmuş ve takım deformasyona uğrayarak kesme özelliğini yitirmiştir. İçten soğutma yönteminde sürekli talaş elde edilmesi, optimum şartlar oluşması durumunda kısa talaşların elde edilmesine yönelik daha yüksek ilerleme değerlerinin de denenebileceğini göstermektedir. Bu da ileriki çalışmalar anlamında bir öngörü oluşturmaktadır.

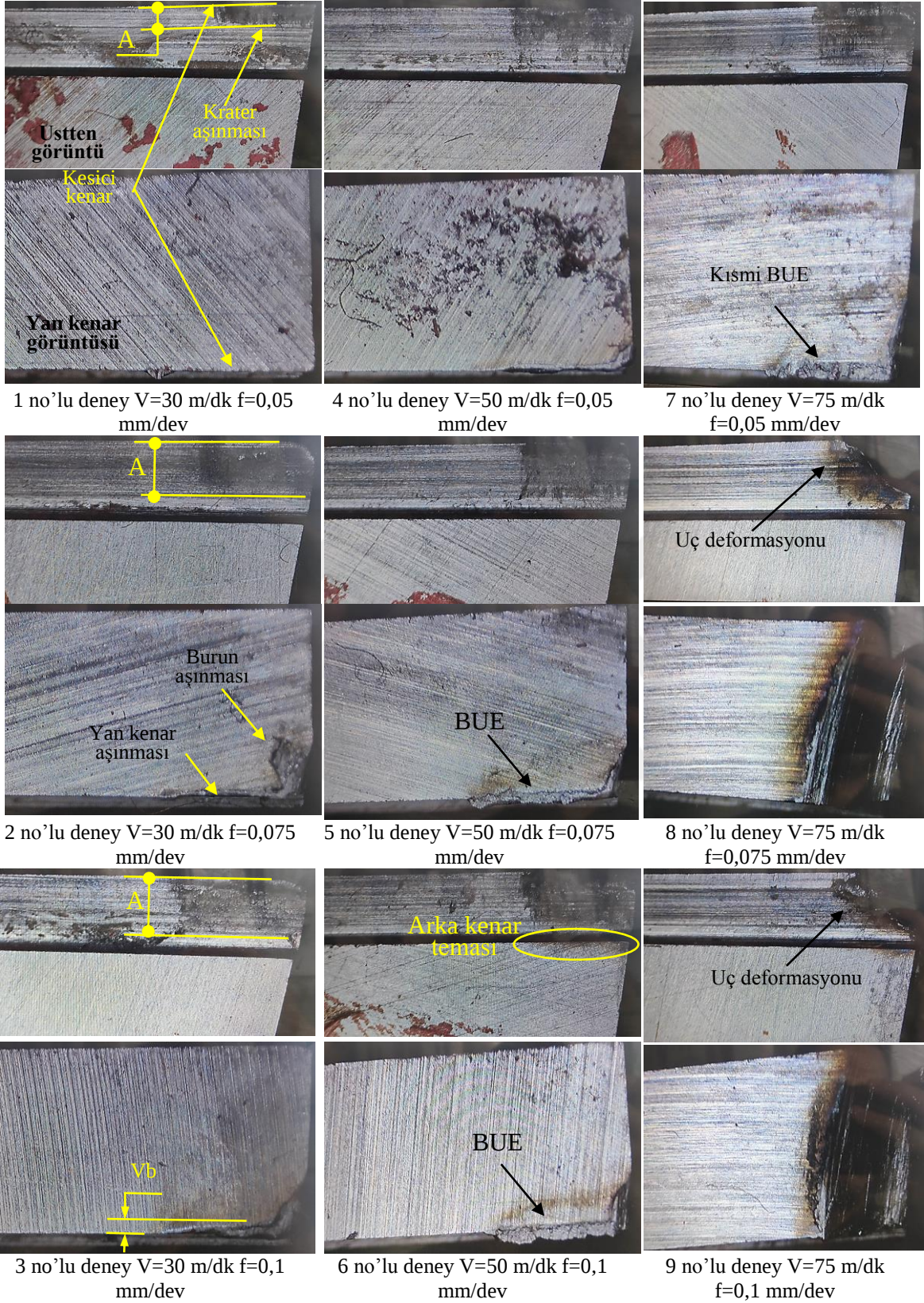
5.4. Takım Aşınması

Kesme parametrelerine bağlı olarak işlenen tüm iş parçası malzemelerinde oluşan talaşların biçimleri ve işleme uzunlukları bakımından dıştan jetting yöntemiyle soğutma ile içten soğutma arasındaki genel farklar gösterildikten sonra önemli diğer bir parametre de takım üzerinde oluşan hasarların incelenmesidir. Burada kesici takımın yan kenar (serbest yüzey) aşınması, talaş yüzeyinde oluşan krater aşınması ve takım burun bölgesinde meydana gelen aşınma biçimleri özellikle incelenmiştir. Takımların

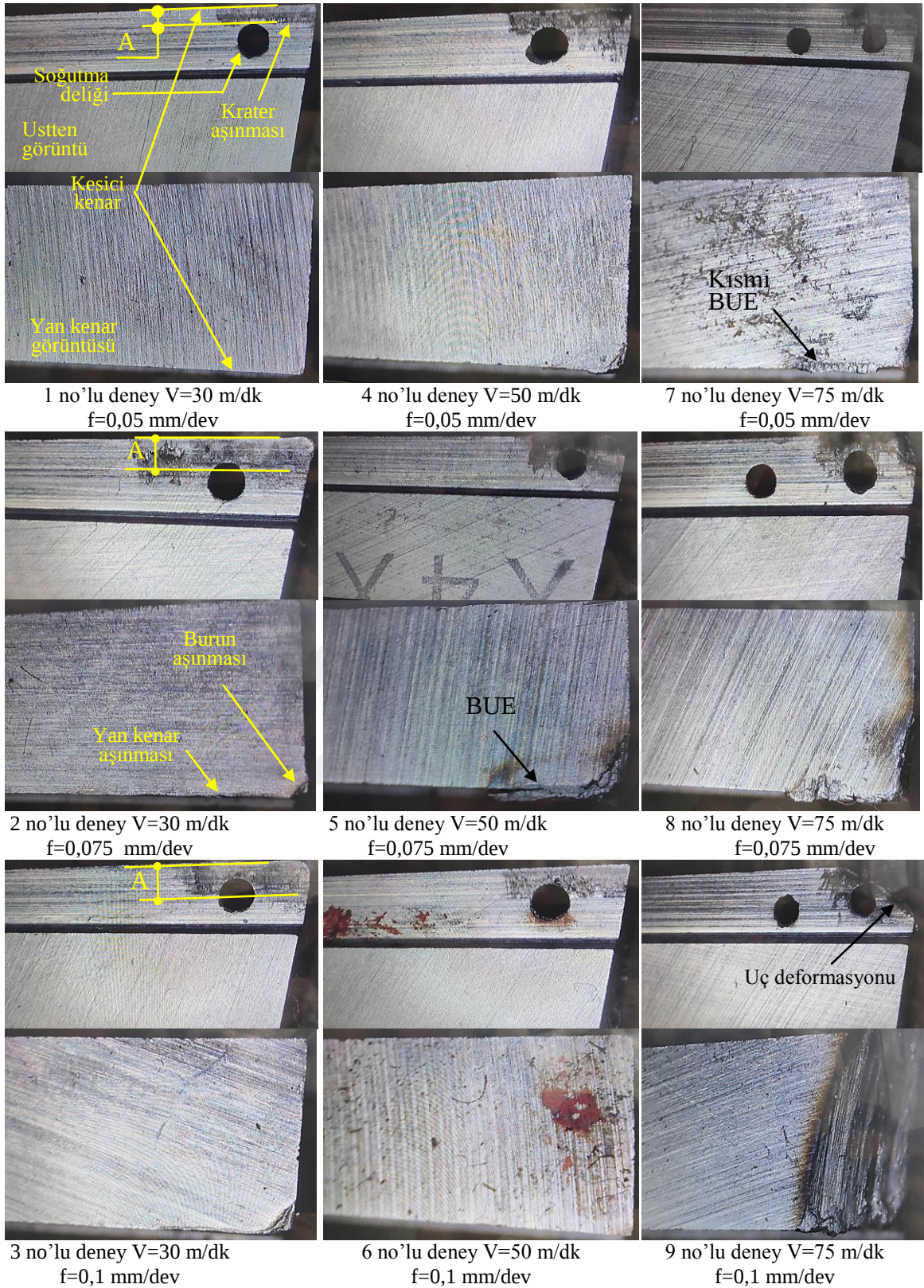
aynı soğutma yönteminde kendi içinde kıyaslanması yanında farklı soğutma yöntemlerinde birbirleri ile kıyaslanması doğru sonuçlara ulaşmada önemlidir. Aynı soğutma yöntemi ve aynı kesme hızı içinde takımların karşılaştırılmasında Şekil 5.12'deki takım aşınmaları görülmüştür. Burada krater genişliği (A) ile ifade edilmiştir.

Şekil 5.12 incelendiğinde aynı kesme hızlarında (1, 2, 3) (4, 5, 6) (7, 8, 9) ilerleme artışı ile birlikte krater aşınması genişliğinde (A) artış meydana geldiği görülmektedir. Bu durumun artan ilerleme değeri ile birlikte talaş kalınlığının artmasına bağlı olarak basma gerilmesi şeklinde takım talaş yüzeyine etkinin artmasına, artan talaş kalınlığının talaşın daha büyük çapta kıvrılma eğilimini arttırmasına bağlı olarak ikinci kesme bölgesindeki temas uzunluğunun artmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ancak yüksek kesme hızlarında 8 ve 9 no'lu deneylerde takım ucu tamamen deformasyona uğrayarak atıl duruma gelmiştir. Orta kesme hızı olan 50 m/dak değerinde artan ilerleme değeri ile birlikte BUE etkisi görülmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda genellikle düşük kesme hızlarında BUE olayına rastlandığı bilinmektedir. Bu durumda deneylerimizde kullanılan HSS kesici takım için düşük kesme hızının 50 m/dak olduğu sonucuna varılabilir. Benzer şekilde aynı ilerleme değerlerinde kesme hızının artışı ile birlikte (1, 4, 7) (2, 5, 8) (3, 6, 9) krater aşınması genişliğinin (A) arttığı görülmektedir. Kesme hızının artması, takım üzerine gelen kesme kuvvetlerini arttırdığından, oluşan durumun literatürle paralel sonuçlar oluşturduğu görülmektedir. Yan kenar aşınması yönünden incelendiğinde de benzer eğilimlerin olduğu görülmektedir. İlerleme artışının (1, 2, 3) (4, 5, 6) (7, 8, 9) yan kenar aşınma miktarını (Vb) arttırdığı, belli değerlerden sonra da yan kenar kesici kenarda BUE olduğu gözlenmiştir. Burun aşınması yönünden bakıldığında yine hem ilerleme artışının hem de kesme hızı artışının burun aşınmasını arttırdığı görülmektedir.

8 ve 9. deneylerde takım atıl duruma geldiğinden dolayı bu deneylerdeki değerlerin dıştan jetting ile soğutmada uygun olmadığı sonucu çıkarılabilir.



Şekil 5.12. Dıştan jetting ile soğutmada oluşan takım aşınmaları



Şekil 5.13. İçten soğutmada oluşan takım aşınmaları

İkinci soğutma yöntemi olan içten soğutma yönteminde elde edilen takım aşınmaları incelendiğinde Şekil 5.13'teki aşınma ve uç yapıları elde edilmiştir.

Şekil 5.13 incelendiğinde dıştan jetting soğutmada atıl duruma gelen kesiciler 8 ve 9 no'lu deneyde elde edilirken içten soğutma ile tornalamada bu durum sadece 9 no'lu deneyde oluşmuştur. Ayrıca genel olarak bakıldığında krater aşınma genişliği (A), yan kenar aşınma miktarı (Vb), burun aşınması ve oluşan BUE açısından içten soğutma yöntemi dıştan jetting soğutma yöntemine göre daha iyi sonuçlar üretmiştir. İçten soğutma yönteminde de dıştan jetting soğutmadakine benzer şekilde aynı kesme hızlarında (1, 2, 3) (4, 5, 6) (7, 8, 9) ilerleme artışı ile birlikte krater aşınması genişliğinde (A) artış meydana geldiği görülmektedir. İçten soğutma yönteminde BUE oluşumu sadece 5 ve 7 no'lu deneylerde oluşmuştur. 7 no'lu deneyde oluşan BUE ise çok düşük miktardadır. Bu nedenle BUE oluşumu anlamında hem daha az deneyde BUE oluşması hem de oluşan BUE miktarı açısından içten soğutma yöntemi daha elverişlidir. İçten soğutma yönteminde, benzer şekilde aynı ilerleme değerlerinde kesme hızının artışı ile birlikte (1, 4, 7) (2, 5, 8) (3, 6, 9) krater aşınması genişliğinin (A) arttığı görülmektedir ancak artış eğilimi dıştan jetting soğutmaya göre daha yatay bir seyir izlemektedir. Burun aşınması yönü ile incelendiğinde de oluşan aşınma burun radüsleri yönünden bakıldığında daha elverişli bir durumun olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Bu durum Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'deki burun aşınması görüntülerinden de net olarak belirgindir.

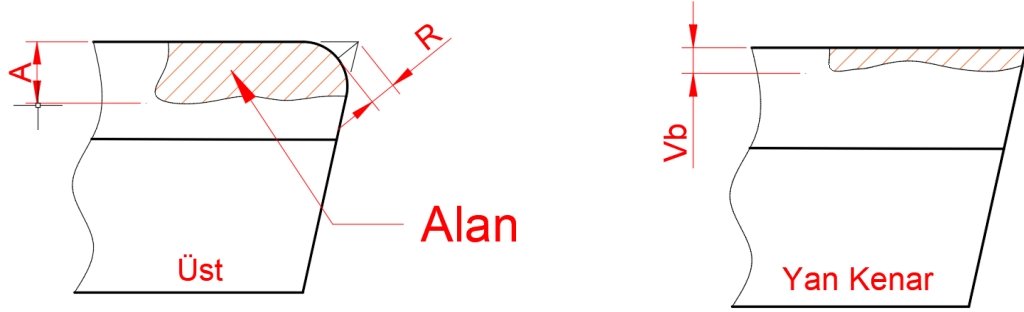
Konunun istatistiksel açıdan incelenmesi amacıyla kesici takım üzerindeki krater aşınma genişliği (A), Talaş yüzeyindeki krater aşınma bölgesi alanı, burun aşınması büyüklüğü ve yan kenar aşınması (Vb) büyüklüğü ölçülmüştür. Krater aşınması uzunluğu ise tüm deney ve pasolarda, talaş derinliği sabit tutulduğundan dolayı göz ardı edilmiştir. Tablo 5.3'te elde edilen ölçüm değerleri toplu olarak gösterilmektedir.

Tablo 5.3'teki elde edilen değerlerin değerlendirilmesi ve her iki soğutma yöntemindeki farklılıkların gösterimi amacıyla her bir parametreye ait grafiksel gösterimler çıkarılmıştır. En önemli kriterlerden olan krater aşınma uzunluğu (A) ile ilgili elde edilen grafik Şekil 5.14'te gösterilmektedir.

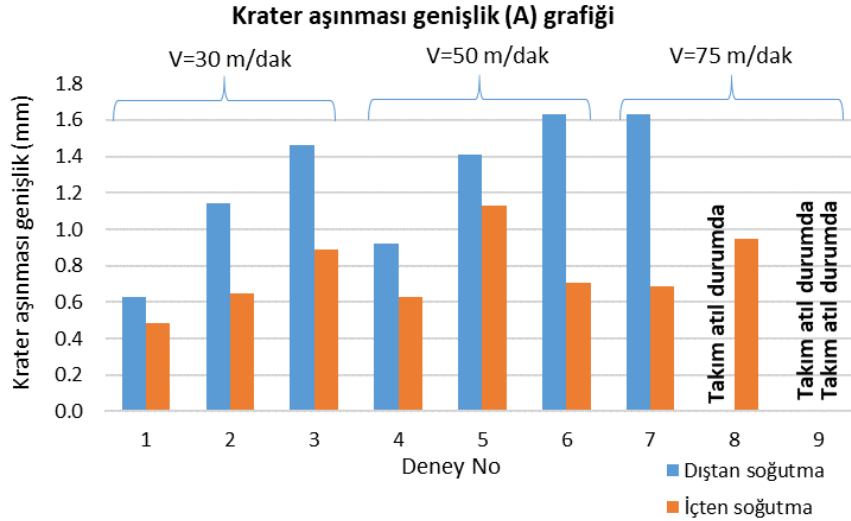
Takım talaş yüzeyine takım içinden soğutma sıvısı göndererek soğutma işleminin yapıldığı (Şekil 5.8) içten soğutma yöntemi, ikinci kesme bölgesinde bir film tabakası oluşturarak hem sürtünmeyi hem de sürtünmeden kaynaklanan ısınma ve aşınmayı azaltması amacıyla kurgulanmış bir soğutma yöntemidir. Dolayısıyla en önemli etkisini ve farklılığını takım talaş yüzeyindeki oluşan krater aşınması üzerinde oluşturması önemlidir. Şekil 5.14 incelendiğinde, dıştan jetting yöntemi ile soğutma ve

içten soğutma yöntemi arasındaki fark, daha önceki şekilsel farklılığa ek olarak sayısal olarak ta belirgin bir şekilde görülmektedir.

Tablo 5.3. Takım aşınma ölçümleri (her iki soğutma yöntemi ile)



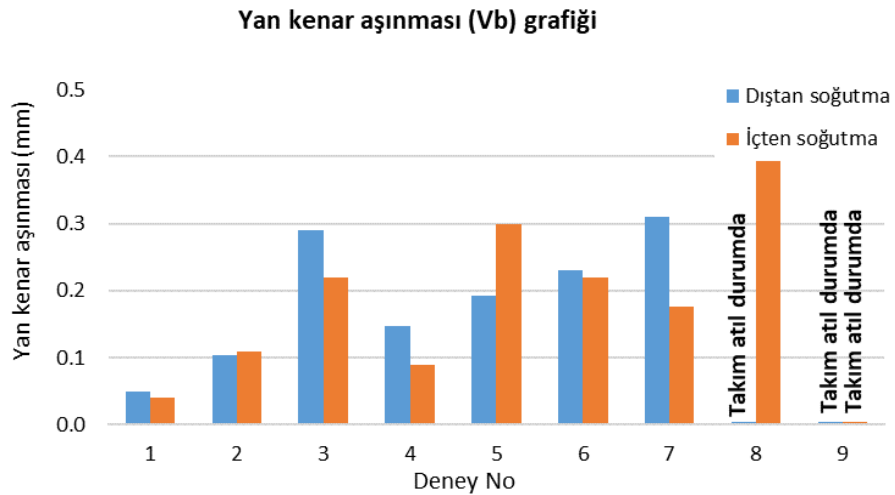
Dıştan jetting yöntemi ile soğutma				
Deney No	Krater aşınması genişliği (A) (mm)	Krater aşınması alanı (mm ²)	Burun aşınması (R) (mm)	Yan kenar aşınması (Vb)
1	0.63	1.63	0.05	0.05
2	1.14	2.99	0.22	0.10
3	1.46	3.68	0.29	0.29
4	0.92	2.41	0.18	0.15
5	1.41	3.39	0.19	0.19
6	1.63	4.37	0.34	0.23
7	1.63	4.12	0.29	0.31
8	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda
9	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda
İçten soğutma yöntemi ile soğutma				
Deney No	Krater aşınması genişliği (A) (mm)	Krater aşınması alanı (mm ²)	Burun aşınması (R) (mm)	Yan kenar aşınması (Vb)
1	0.49	1.11	0.04	0.04
2	0.65	1.86	0.15	0.11
3	0.89	2.29	0.18	0.22
4	0.63	1.62	0.19	0.09
5	1.13	3.30	0.20	0.30
6	0.71	1.68	0.10	0.22
7	0.69	1.71	0.21	0.18
8	0.95	2.25	0.36	0.39
9	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda	Takım atıl durumda



Şekil 5.14. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili krater aşınma genişliği (A) grafiği

Dıştan soğutmada atıl duruma gelme durumu 8. deneyde oluşurken, içten soğutma yönteminde bu durum 9. deneyde oluşmaktadır. Ayrıca krater aşınması genişlikleri % 10 ile 50 ye varan oranlarda azalma göstermiştir. Bu fark yüksek kesme hızı ve ilerlemelerde çok daha hissedilmektedir. Düşük ilerlemelerde krater aşınma genişlikleri (A) arasındaki fark az iken ilerleme değerinin artışı ile bu farkın arttığı görülmektedir. Aynı durum kesme hızı için de görülmekte ve kesme hızı artışına bağlı olarak krater aşınma genişliğinin arttığı görülmektedir.

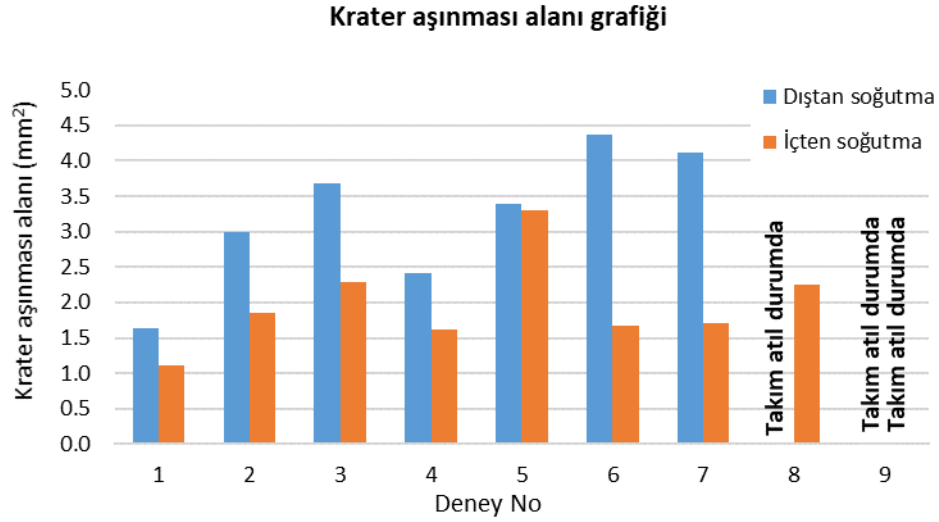
Takım aşınmasında diğer önemli bir kriter takım serbest (yan) yüzeyinde oluşan yan kenar aşınmasıdır (Vb). Bu değerle ilgili ölçülen değerlerin grafiksel gösterimi Şekil 5.15'te görülmektedir.



Şekil 5.15. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili yan kenar aşınması grafiği

İçten soğutma yöntemi her ne kadar takım talaş yüzeyinde direkt olarak etki etmekte ise de bunun yanında yan kenar aşınmasına da etki etmektedir. İçten soğutmada 1 mm'lik delikten 25 bar basınçta soğutma sıvısı talaş akışına etki etmekte, talaş lamellerine etki etmekte, yağlayıcı bir film oluşturmaktadır. İleriki çalışmalarda konu daha da detaylandırılmalı ve tüm yönleri ile araştırılmalıdır. Şekil 5.15 grafiği incelendiğinde içten soğutma yönteminin yan kenar aşınmasına (V_b) da olumlu katkı gösterildiği görülmektedir. İlerleme artışı ile birlikte artan talaş kalınlığında olumlu etkinin daha da arttığı görülmektedir. Takım ömrünü etkileyen en büyük kriter kesme hızıdır. Bu nedenle kesme hızı etkisini azaltacak her dokunuş, takım ömrünü logaritmik olarak etkileyerek fark oluşturacaktır. Gerek Şekil 5.14'teki grafik ve gerekse Şekil 5.15'teki grafik beraber incelendiğinde ve değerlendirildiğinde, yüksek kesme hızlarına içten soğutma yöntemi dıştan soğutma yöntemine göre olumlu yönde etki göstermektedir. Yan kenar aşınması dolaylı yoldan da olsa olumlu olarak etkilenebilmektedir. En yüksek kesme hızı olan 75 m/dak (7, 8 ve 9. deney) değerinde yan kenar aşınması (V_b) içten soğutmada 0,18 mm elde edilirken, dıştan soğutmada %90 artışla 0,31 mm olarak ölçülmüştür. 8. deneyde içten soğutmada bu değer 0,39 mm iken dıştan soğutmada takım atıl duruma gelmiştir. Bu deneylerin HSS kesici yerine Al_2O_3 esaslı insert uçlarda denenmesi halinde çok daha yüksek kesme hızları denenerek bu olumlu etki ölçülebilir. Düşük ilerleme değerlerinde her iki soğutma yöntemi arasında çok belirgin farklar oluşmamasına karşın takımın stres altında çalıştığı yüksek ilerleme ve kesme hızlarına doğru soğutma yöntemleri arasındaki fark belirginleşmektedir. Deneylerde su bazlı soğutma sıvıları kullanılmıştır. Kesme yağı ve MQL kullanımı ile işlemlerin yapılması da ayrıca gerekmektedir. İleri çalışmalar için bu önerilmektedir. Şekil 5.8'de bahsedildiği gibi içten soğutma yöntemi takım talaş arayüzünde etki etmesi ile direkt olarak sıcaklığın ve sürtünmenin olduğu kaynağa etki etmektedir. Dolayısıyla diğer soğutma yöntemlerine göre çok iyi sonuçlar elde edileceği kanaatindeyiz.

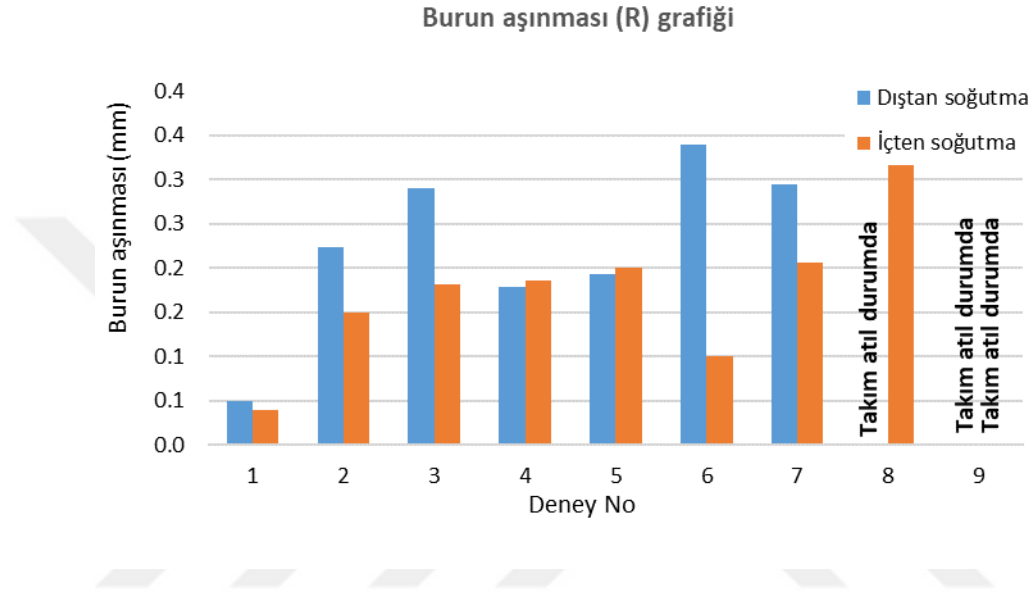
Takım ömründe ele alınan diğer bir parametre, takım talaş yüzeyinde talaşın etki ettiği krater aşınması ile elde edilen toplam alandır. Esasında içten soğutma yönteminde takım talaş arasında oluşturulan film tabakası, talaşın yüzey üzerine baskısını azaltarak talaş yüzeyinde oluşan alanı azaltmaktadır. Bu da krater aşınmasını azaltmaktadır. Bu amaçla takım talaş yüzeyinde, talaşın etki ettiği toplam alan bu yönüyle ölçülerek değerlendirilmelidir. Şekil 5.16'da ölçülen değerlerle ilgili grafik gösterilmektedir.



Şekil 5.16. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili yan kenar aşınması grafiği

İçten soğutma yöntemi çoğunlukla takım talaş yüzeyi ile ilgili etkili olduğu için bu yüzey ile ilgili parametrelerde daha büyük farklar göstermektedir. Şekil 5.16'da bu etki görülmekte ve her iki soğutma yöntemi ile elde edilen aşınmış bölgenin alanı ile ilgili farklar çok keskin bir şekilde kendini göstermektedir. Düşük kesme hızlarında en yüksek ve en düşük ilerleme değerlerinde (1 no'lu ve 3 no'lu deney arasında) her iki soğutma yönteminde aradaki fark içten soğutma yöntemi lehine % 68 ve % 62 iken, yüksek kesme hızlarında en yüksek ve en düşük ilerleme değerlerinde (4 no'lu ve 6 no'lu deney) bu fark % 66 ve % 260 olarak görülmektedir. 7, 8 ve 9 no'lu deneylerde takım atıl duruma geldiği için çok fazla karşılaştırma yapılamamaktadır. Ancak en yüksek kesme hızı değeri olan 75 m/dak ve en düşük ilerleme değeri olan 0,05 mm/dev ilerleme değerinde, 1 ve 7 no'lu deneylerini karşılaştırdığımızda sırasıyla %68 ve % 240 değerlerini elde etmekteyiz. Aynı ilerleme değerlerinde kesme hızlarının etkisini karşılaştırdığımızda (1, 4 ve 7 no'lu deneyler) sırasıyla % 68, % 148 ve % 240 şeklinde değerler elde edildiği görülmektedir. Bu sonuçlar içten soğutma yönteminin krater aşınma bölgesi anlamında kesme hızına etkisinin çok fazla olduğunu göstermektedir. Aynı kesme hızı değerinde ilerleme değeri artışına bağlı olarak değerlendirme yapıldığında (1, 2 ve 3 no'lu deney) (4, 5 ve 6 no'lu deney) (7, 8 ve 9 no'lu deney) içten soğutma yönteminde krater aşınma bölgesinin azaldığı, belirgin bir şekilde görülmektedir.

Son olarak takım aşınmasında bir diğer aşınma türü burun aşınmasıdır. Burun aşınmasına bağlı olarak parça yüzeyindeki yüzey pürüzlülüğü ve yüzey mikro yapısı büyük oranda etkilenmektedir. Talaş üzerinde oluşan tırtıklı bölge çoğunlukla takım burun ve parça yüzeyi etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle her iki soğutma yöntemi ile elde edilen takımlarda burun aşınması (R) ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin grafiksel gösterimi ise Şekil 5.17’de verilmektedir.



Şekil 5.17. Her iki soğutma yöntemi ile ilgili burun aşınması (R) grafiği

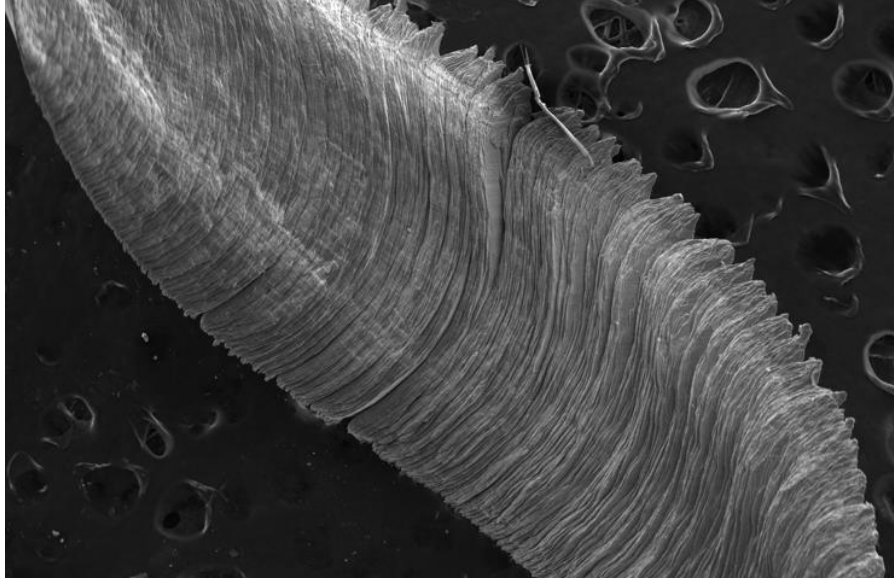
Burun aşınması en zor ölçülebilen değerler arasındadır. Hem krater aşınması hem de yan kenar aşınması ile iç içe olduğundan dolayı sınırların keskin olarak belirlenmesi zordur. Bu nedenle diğer tüm aşınma değerleri sonrasında ikincil olarak değerlendirmelere katılabilecek bir değerdir. Ancak buna rağmen önemli bir parametredir. Yapılan deneylerde uç radüsü değeri başlangıçta 0 mm olarak seçilmiştir. Her iki soğutma yönteminde burun kısmındaki etkiyi daha net olarak görmek için bu değer seçilmiştir. Şekil 5.17 grafiği incelendiğinde içten soğutmanın burun aşınması miktarını genel olarak azalttığını söylemek mümkündür. Diğer parametrelerdeki etkiye benzer şekilde burun aşınmasında da her iki soğutma yöntemi karşılaştırıldığında düşük ilerleme değerlerinde (1 ve 3 no’lu deney) (4 ve 6 no’lu deney) bu aşınma miktarı daha az iken, ilerleme değerinin artışı ile birlikte aşınma miktarları arasındaki fark daha da artmaktadır. Genel anlamda her iki soğutma yönteminde literatüre paralel olarak hem ilerleme hem de kesme hızı artışı ile burun aşınması arasında doğru orantı bulunmaktadır. Yapılan deneylerde de benzer durum söz konusudur. İlerleme artışı ile

birlikte iki soğutma yöntemi karşılaştırıldığında burun aşınması değerinde de içten soğutma yöntemi lehinde %30-50 arasında bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir. İleriki çalışmalarda farklı burun radüsüne sahip takımlarla konu takım burun radüsü çerçevesinde değerlendirilebilir.

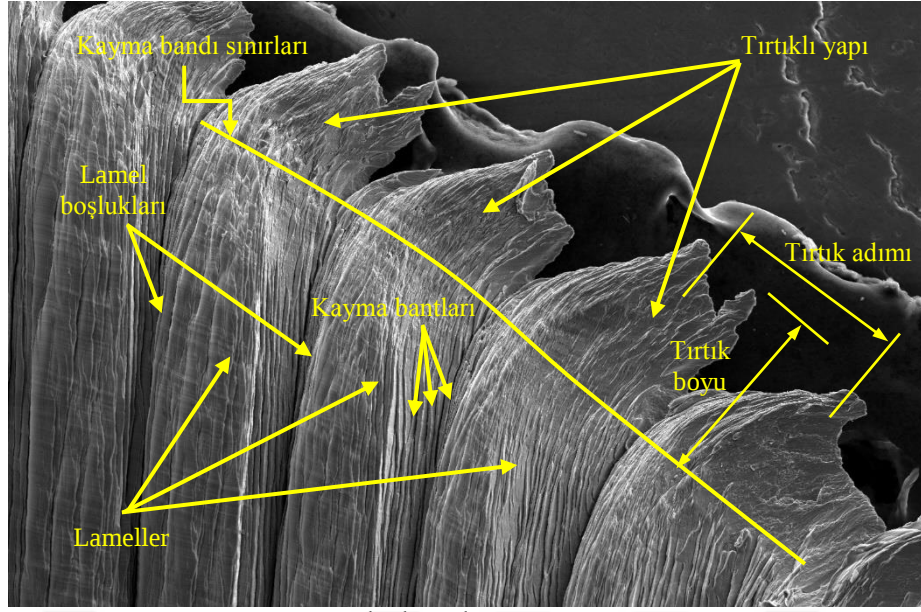
Tüm sonuç ve grafikler beraber değerlendirildiğinde, takım ömrü açısından önemli olan parametreler açısından takım talaş yüzeyine içten soğutma yöntemi olumlu yönde etki etmiştir. Takımın kabul ettiği en yüksek kesme hızlarına kadar takım kesme özelliğini devam ettirmiş, aynı kesici takım malzemesi ve formu söz konusu olduğunda dıştan jetting yöntemi soğutma yöntemine göre daha yüksek hızlarda ve ilerleme değerlerinde işleme olanağı vermiştir. Bu da sonuç olarak daha iyi yüzey pürüzlülüğü, daha fazla üretim veya daha kısa işleme süreleri elde edilmesi anlamında kayda değer bir etkidir.

5.5. Talaş Morfolojisi

Dıştan jetting yöntemiyle soğutma ve içten soğutma arasındaki farkın daha iyi anlaşılması için her iki yöntemde elde edilen talaşların SEM görüntüleri alınmıştır. Temel bir talaş kesitinde başlıca elemanlar Şekil 5.18'deki gibidir.



Şekil 5.18. Genel olarak bir talaş biçimi ve unsurları



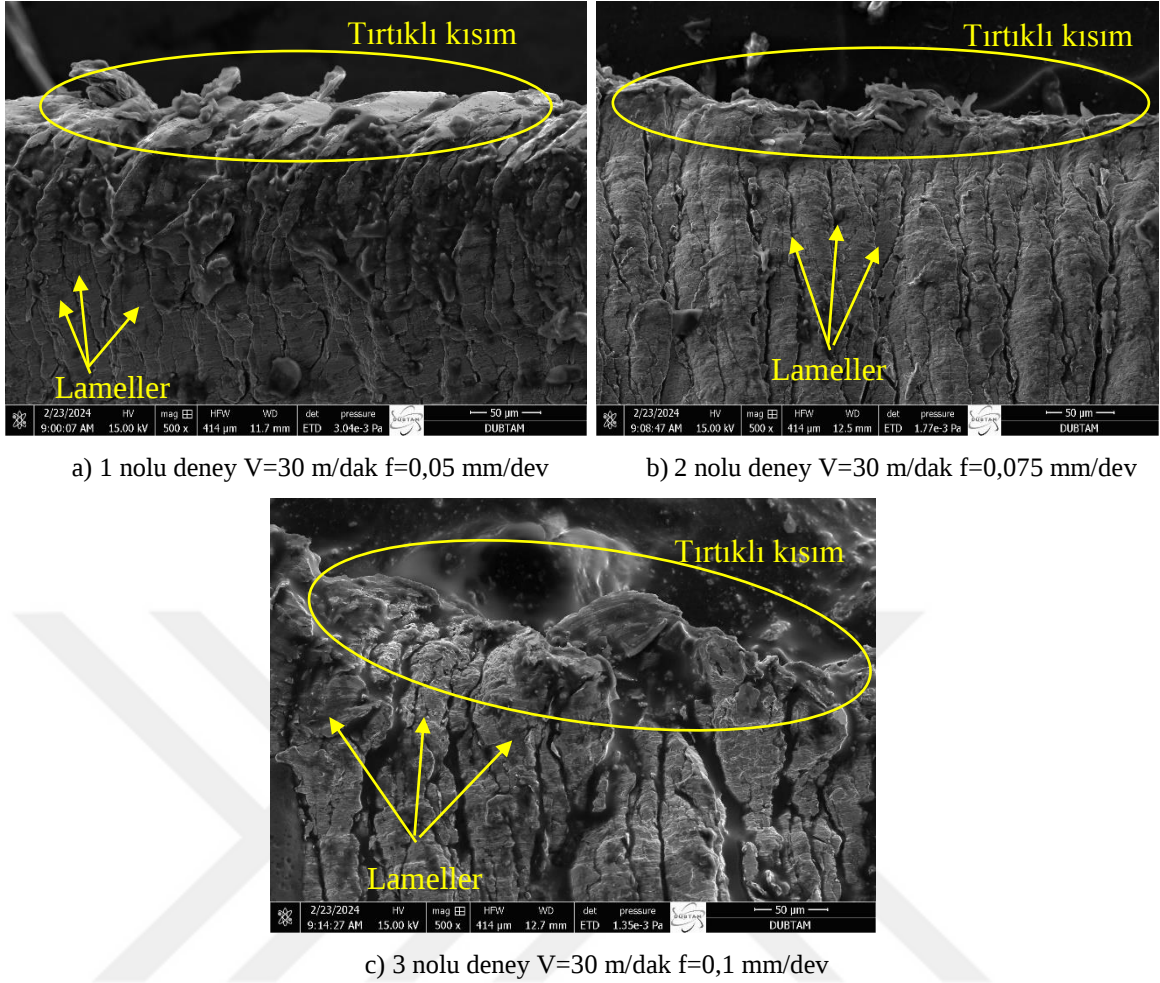
Yakınlaştırılmış görüntü

Şekil 5.18 (Devamı). Genel olarak bir talaş biçimi ve unsurları

Talaş biçiminde oluşan tırtıklı (testere-serration) yapı, lamelli yapının yapısı ve lameller arası uzaklıklar, kayma bantları vb. yapılar talaş alma süreci hakkında bizlere bilgiler vermektedir. Bu nedenle hem tez konusu olan içten soğutma yöntemi hem de dıştan jetting soğutma yöntemi arasında kıyaslama yapmak için talaş kesitlerinin SEM görüntüleri alınmıştır. Düzgün bir işlemede, körelmemiş bir takım ile talaş alındığında, talaş üzerinde lamelli yapının olduğu ve düzgün bir senkron hareketi şeklinde birbirini takip eden lamellerin olduğu görülmektedir. Bu yapıya yakın elde edilecek talaş biçimleri düzgün kesme işleminin elde edildiğinin en belirgin özelliklerindendir.

SEM ile elde edilen görüntüler, takımların atıl duruma gelmeden önceki görüntüleri olup, özellikle dıştan jetting soğutma yöntemi ile daha kısa işleme uzunluklarının elde edildiği, önceki başlıklarda belirtilmişti. Burada iki yöntem arasında takım körelme öncesi talaş yapısı “hangi durumlarda oluşmuş ve bunun sonraki takım ömrüne etkisi neler olmuştur” sorusu cevaplanması istenen sorudur.

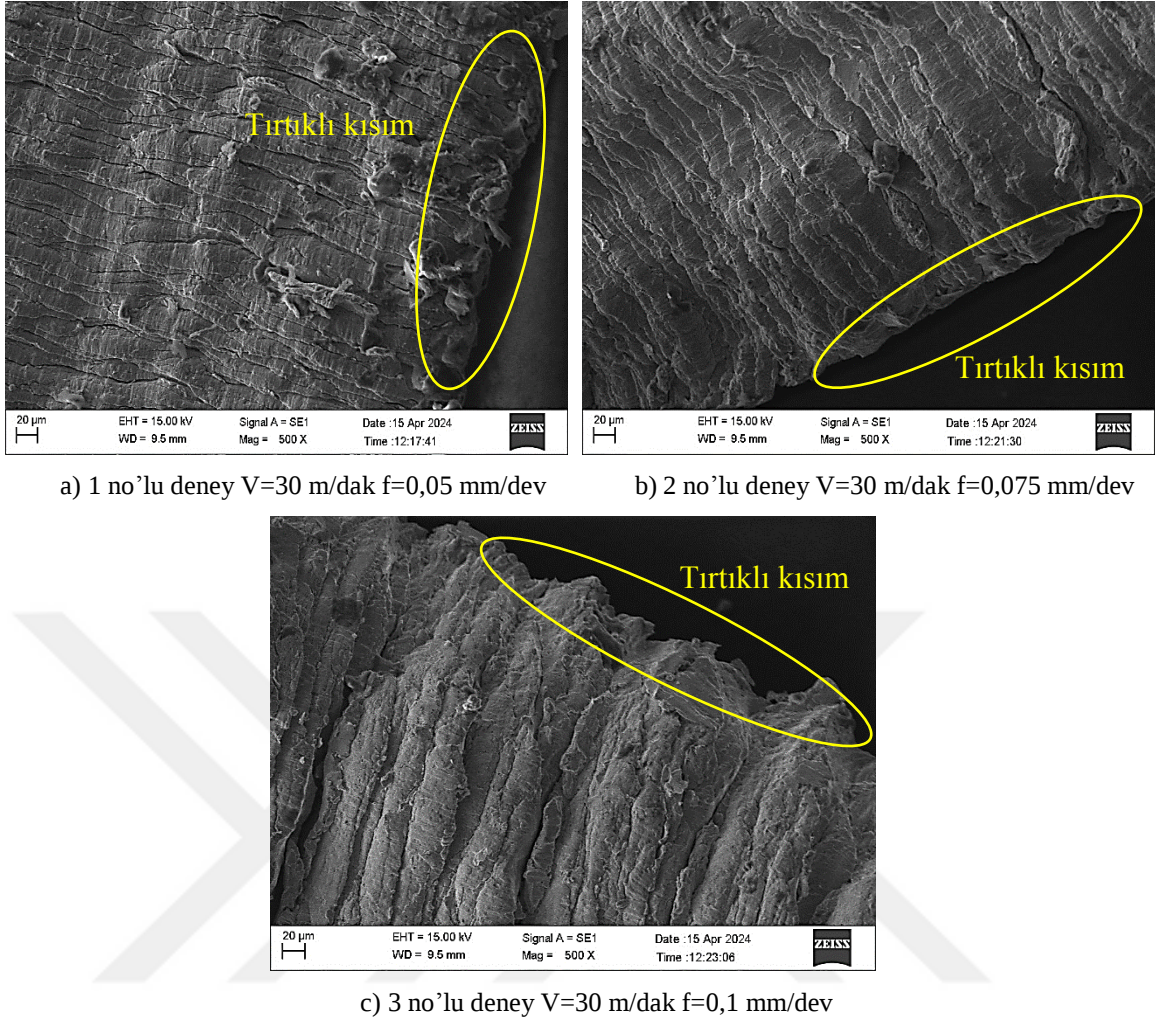
Dıştan jetting soğutma yöntemi ile farklı ilerlemelerde elde edilen talaş görüntüleri Şekil 5.19’da görülmektedir.



Şekil 5.19. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=30$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme

Şekil 5.19'daki talaş görüntüleri'deki talaş görüntüleri incelendiğinde, 2 no'lu deneyde (Şekil 5.19, b) lamellerin daha da belirginleştiği, 3 nolu deneyde (Şekil 5.19, c) ise bunun çok daha fazla artıp lameller arası boşlukların daha da derinleştiği görülmektedir. Şekil 2'deki işlenen parçalar da incelendiğinde yüzeydeki bozulmaların en kötü 3 no'lu deneydeki (Şekil 5.19, c) parçada, en iyi yüzeyin ise 1 no'lu deneydeki (Şekil 5.19, a) parçada olduğu görülecektir. Lamellerin düzgünlüğü ve lamel boşlukları arasındaki mesafenin az oluşu yüzeyin düzgün formda çıktığını daha da kuvvetlendirmektedir. Ayrıca tırtıklı bölgenin derinliği ve varlığı da yüzeye etki eden diğer bir unsurdur. En düşük kesme hızlarında nispeten düzgün lamel yapısının elde edildiği de ayrıca görülmektedir.

Aynı deneylerin içten soğutma yöntemi ile elde edilmiş olan talaş kesitlerinin SEM fotoğrafları Şekil 5.20'de verilmiştir.

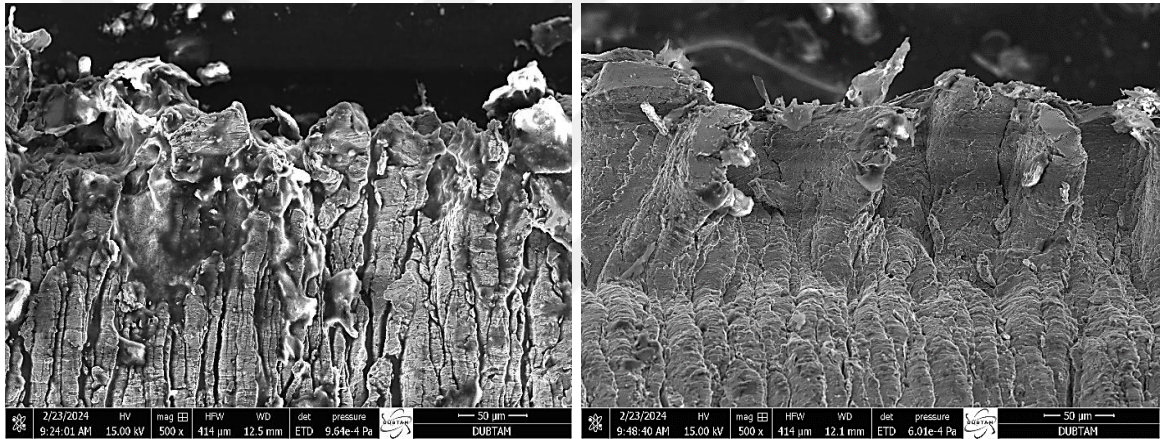


Şekil 5.20. İçten soğutma yönteminde, $V=30$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme

Şekil 5.20’de içten soğutma yöntemindeki en düşük kesme hızı değeri olan 30 m/dak değerindeki görüntüler elde edilmiştir. Hem dıştan jetting yöntemi ile soğutma, hem de içten soğutma yönteminde ilerleme değerinin artmasıyla, lameller arası uzaklığın elde edilen SEM görüntülerinden artış yönünde bir eğilim gösterdiği görülmektedir. İçten soğutma yönteminde daha düzgün lameller elde edilmiş, tırtıklı kenar yapısı dıştan jetting soğutma yöntemine göre oldukça azalmıştır. Lamellerin düzgün formda çıkması ve kayma bantlarının daha belirgin olması, daha düzgün bir kesmenin elde edildiğini göstermektedir. Dıştan jetting yönteminde, 3 nolu deneyde görülen görülen lamelli yapıları bozulurken, içten soğutma yönteminde görülen lamelli yapılar devam etmekte (Şekil 5.20, c), sadece lamellili plakaları arasındaki mesafenin bir miktar arttığı görülmektedir. Bunlara ek olarak tırtıklı bölgeler incelendiğinde, dıştan jetting yönteminde tırtıklı bölgenin hem düzensiz olduğu hem de belli bir forma

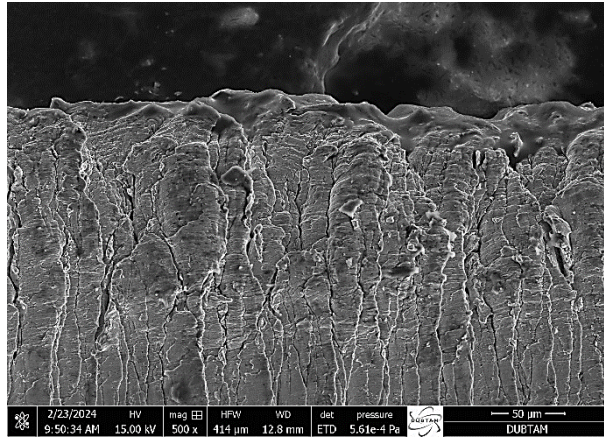
sahip olmadığı, içten soğutma yönteminde ise daha düzgün bir tırtıklı bölgenin elde edildiği ve vedüzgün adımlı bir tırtıklı bölgenin (Şekil 5.20, c) oluştuğu görülmektedir. Sert malzemelerde tırtıklı bölgenin oluşması ve tırtık yüksekliğinin fazla olduğu yapılan önceki çalışmalarda (Bartarya & Choudhury, 2012; Komanduri, & Hou, 2002) görülmektedir. Bu çalışmadaki deneylerde iş parçası malzemesi olarak AISI 1020 çeliği kullanılmıştır ve bu çeliğin sünek bir yapıda olması SEM fotoğraflarında belirgin bir tırtıklı bölgenin oluşmasını engellemiştir.

Orta seviye kesme hızı olan 50 m/dak kesme hızındaki dıştan jetting soğutma ile içten soğutma yöntemleri arasındaki kıyaslamanın yapılması için bu kesme hızındaki SEM görüntüleri alınmıştır. İki yönetime ait SEM görüntüleri sırasıyla Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de görülmektedir.



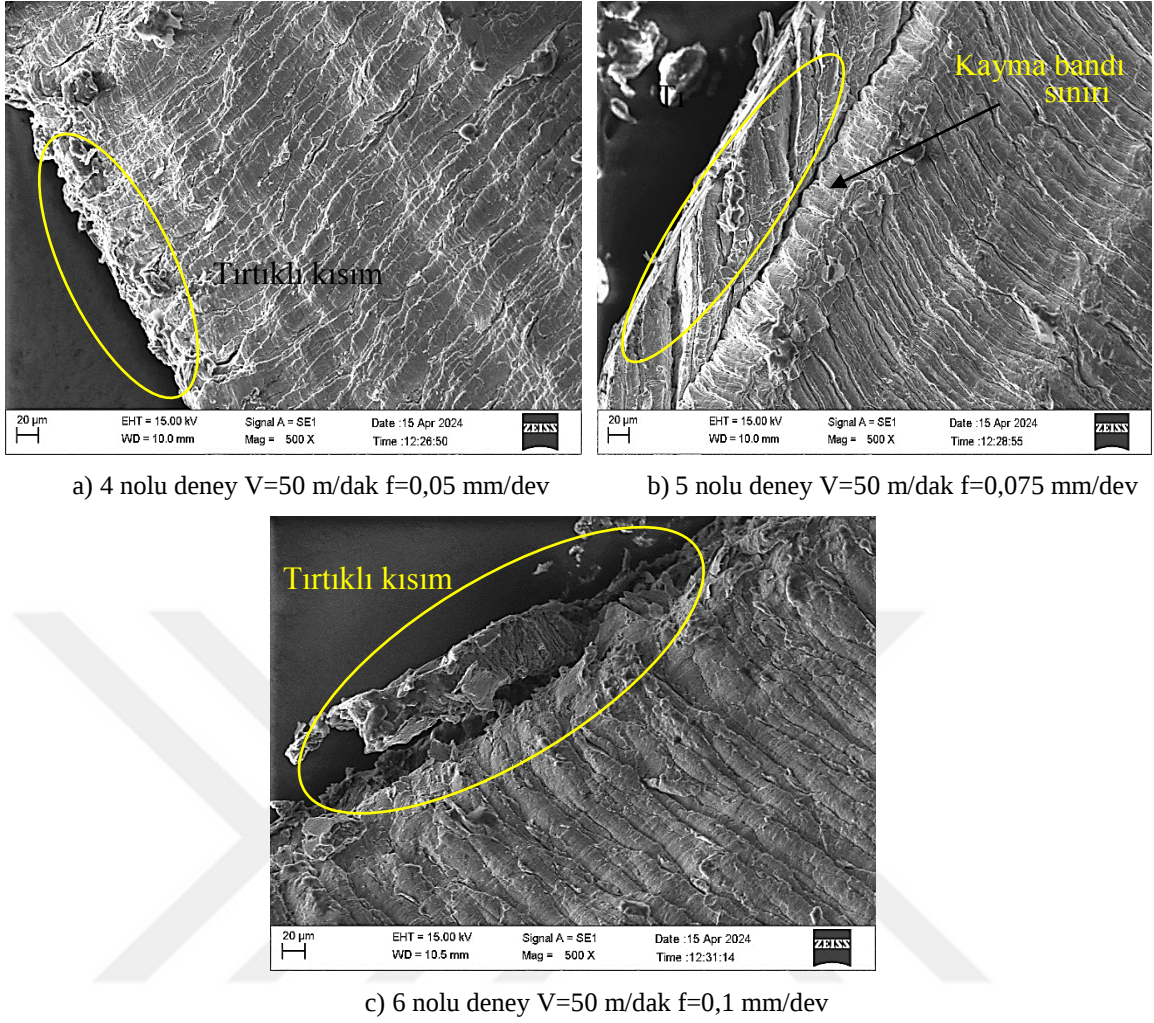
a) 4 nolu deney $V=50$ m/dak $f=0,05$ mm/dev

b) 5 nolu deney $V=50$ m/dak $f=0,075$ mm/dev



c) 6 nolu deney $V=50$ m/dak $f=0,1$ mm/dev

Şekil 5.21. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=50$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme

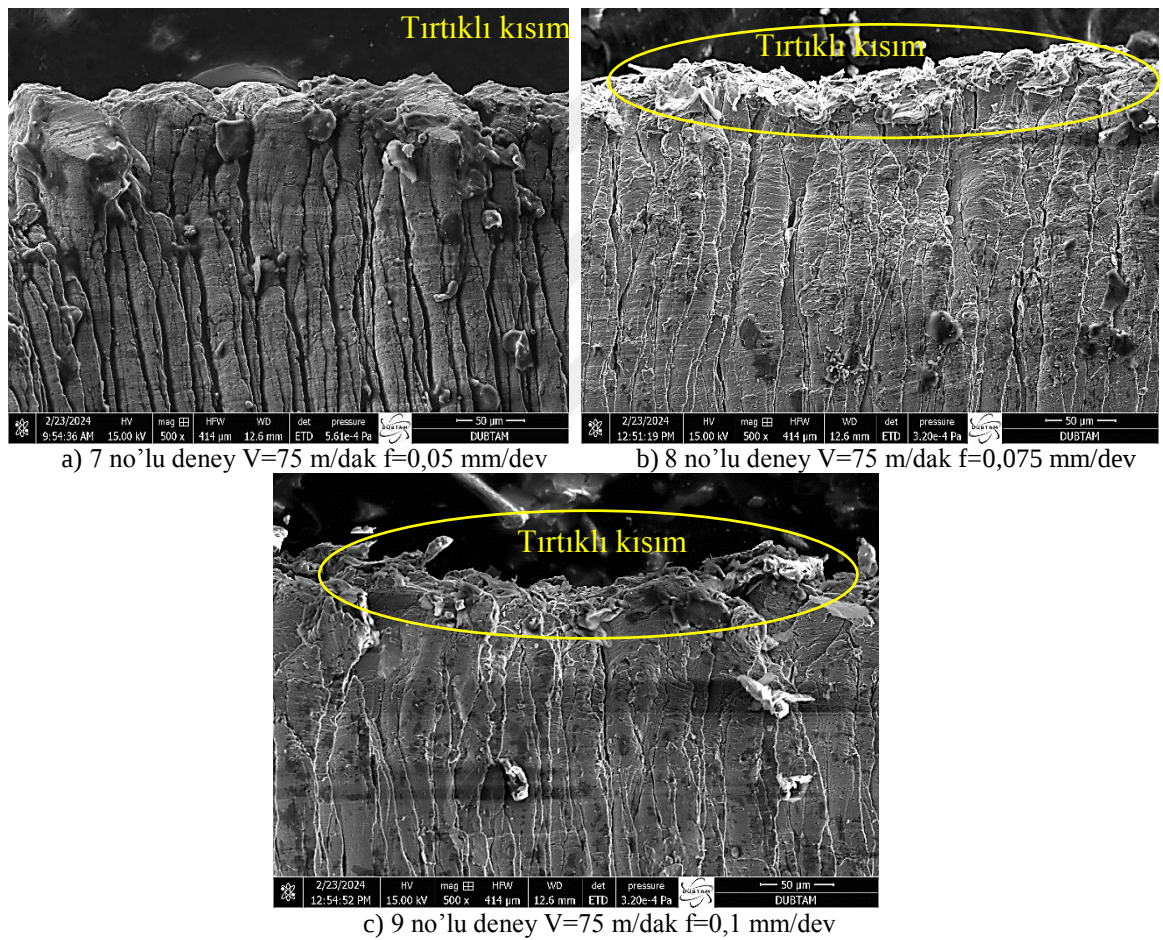


Şekil 5.22. İçten soğutma yönteminde, $V=50$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme

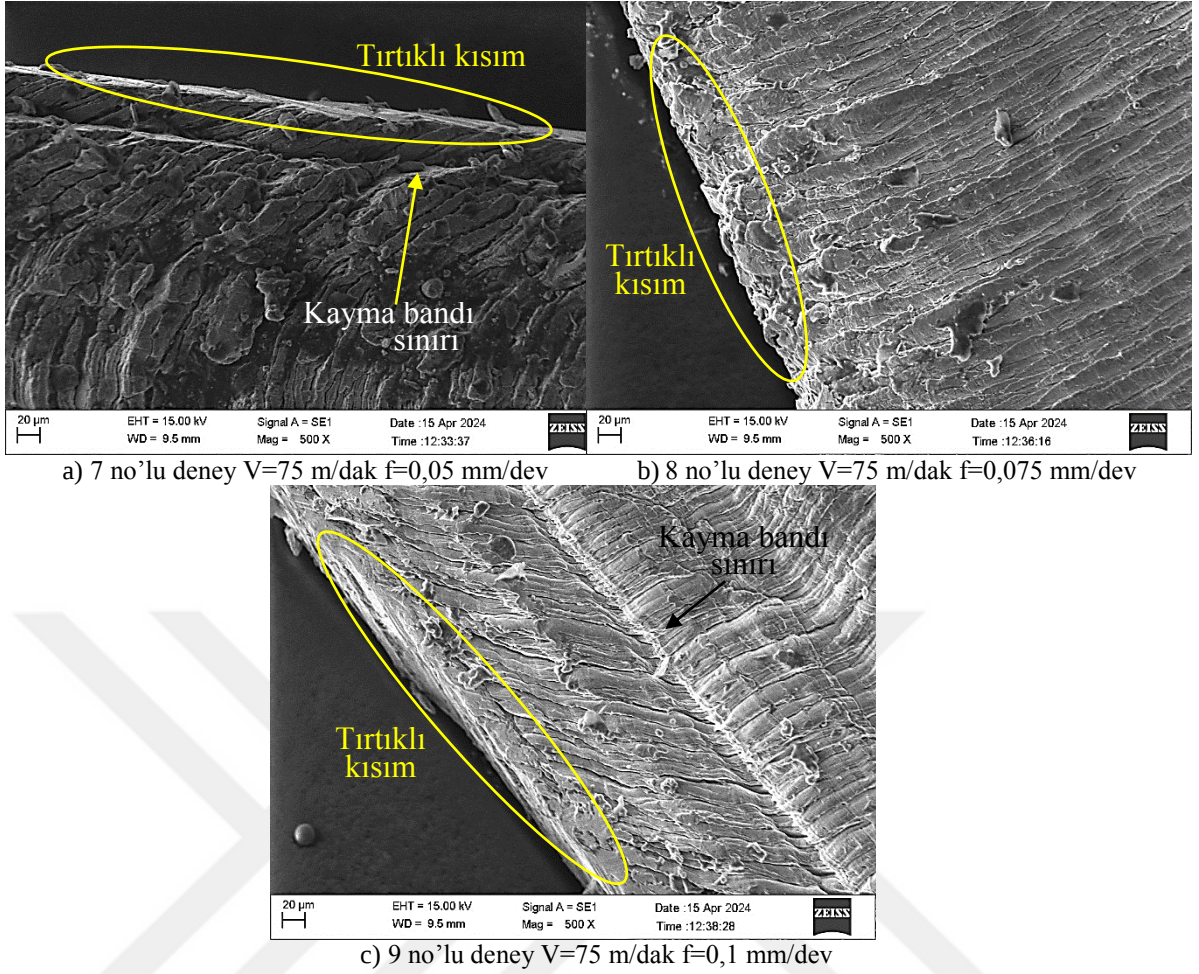
Şekil 5.21 ve Şekil 5.22'deki SEM görüntüleri karşılaştırıldığında,, ilerleme artışı ile dıştan jetting soğutma yönteminde daha düzensiz talaş yapısının oluştuğunu söylemek mümkündür. Tırtıklı bölgenin çok düzensiz olduğu görülmekte, sadece 6 no'lu deneyde tırtıklı bölge düzgün yapıda görülmektedir. Dıştan soğutmada (Şekil 5.21) lameller arası mesafe de içten soğutmaya (Şekil 5.22) göre daha fazladır. İçten soğutmada daha ince bir lamel katman yapısı görülmektedir. Sadece 5 no'lu deneyde (Şekil 5.22, b) kayma sınırı bandı belirgin bir şekilde görülmektedir. Dıştan jeeting soğutmada talaşlardaki yapı üzerinde daha fazla kalıntı unsurlar da ayrıca görülmekte, 4 no'lu deneyde (Şekil 5.21, a) lameller arasında boşluklarda oldukça derin bir yapı görülmesine karşın içten soğutmada 4 no'lu deneyde çok daha düzgün bir lamelli yapı oluşmakta ve derin boşluklar görülmemektedir (Şekil 5.22, a). İlerlemenin en fazla olduğu ($f=0.1$ mm/dev) deneyler karşılaştırıldığında, içten soğutmalı 6 nolu deneydeki

(Şekil 5.22, c) lameller dıştan soğutmalı yöntemdeki 6 no'lu deneydeki (Şekil 5.21, c) lameller arası mesafeye göre daha sıkı bir doku üretmektedir. Dıştan jetting yöntemi ile soğutmada en iyi talaş yapısı 6 no'lu deneyde (Şekil 21, c) elde edilmiştir. Tüm bu sonuçlar, içten soğutma yönteminde talaşın takım talaş yüzeyinden daha rahat aktığını, daha az sürtünmeye maruz kaldığını ve buna paralel olarak ta daha az ısı artışının oluştuğunu, bunun da takım ömrü ve işleme zamanı anlamında olumlu neticeler ürettiğini göstermektedir.

En yüksek kesme hızı olan 75 m/dak değerinde elde edilen talaşlar ile ilgili SEM görüntüleri Şekil 5.23 ve Şekil 5.24'te görülmektedir.



Şekil 5.23. Dıştan jetting soğutma yönteminde, $V=75$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme



Şekil 5.24. İçten soğutma yönteminde, $V=75$ m/dak kesme hızındaki deneyler ile elde edilen SEM görüntüleri a) 0,05 mm/dev ilerleme, b) 0,75 mm/dev ilerleme, c) 0,1 mm/dev ilerleme

Dıştan soğutma yönteminde (Şekil 5.23) sadece 7 no'lu parça işlenmiş, 8 ve 9 no'lu parçalar işlenememiştir. İçten soğutma yönteminde ise sadece 9 no'lu parça işlenebilmiştir. Önceki başlıklar altında (Başlık 5.2 ve Başlık 5.3) ayrıca işleme mesafeleri ayrı ayrı tartışılmıştı. Burada da Şekil 5.23 ve 5.24 incelendiğinde dıştan jetting ile soğutmada tırtıklı talaş yapısının daha belirgin ve düzensiz olduğu göze çarpmaktadır. Lamelli yapının düzgün yapısı içten soğutma yöntemindeki deneylerde daha belirgindir. Ayrıca dıştan soğutmada talaş üzerindeki kalıntıların daha fazla olduğu ayrıca görülmektedir. İçten soğutma yöntemindeki kayma bantları (Şekil 5.24, a) belirgin şekilde görünürken, dıştan jetting ile soğutmada kayma bant bölgesi ile lamelli bölge iç içe geçmiş, belirsiz bir şekilde (Şekil 5.23 a, b ve c) görülmektedir.

6. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Soğutma işleminin dıştan kesici takım üzerinden ve yan kenar tarafından jetting yoluyla soğutma işlemine ilave olarak, takım içinden açılan bir delik yoluyla soğutucu sıvının takım talaş yüzeyinden jetting ile kesme bölgesindeki talaş takım ara yüzüne iletilmesi şeklinde olan soğutma yöntemi ile sadece dıştan kesici takım üzerinden ve yan kenar tarafından jetting yoluyla soğutma işlemi uygulanmış parçaların tornalanması ile ilgili ulaşılan sonuçlar aşağıdaki şekildedir:

- İçten soğutma yöntemi ile daha uzun işleme uzunlukları elde edilmiştir.
- Dıştan soğutma yöntemi ile 7 parça işlenebilirken, içten soğutma yönteminde 8 parça işlenmiştir. İşlenmeyen parçalarda ise içten soğutma yönteminde, takım körelmesine kadar daha fazla işleme uzunluğu elde edilmiştir.
- İçten soğutmada elde edilen talaşlar dıştan soğumaya göre daha küçük sarmal çapta, daha uzun olacak şekilde elde edilmiştir.
- Dıştan jetting yoluyla soğutmada hem takım ömrü hem de işleme uzunluğuna bağlı olarak işleme zamanı yönünden en iyi sonuçların, kesme hızının 50 m/dak ve ilerlemenin 0.1 mm/dev değerinde elde edilmiştir.
- İçten soğutma yönteminde 9 no'lu deney hariç tüm deneylerde işleme yapıldığı, takım ömrünün işlemin sonuna kadar sürdüğü görülmüştür.
- Yapılan deneylerle ilgili olarak HSS tipi kesici için yüksek kesme hızları ve orta seviye ilerleme miktarları daha da elverişli bir seçenek olarak belirlenmiştir.
- Aynı kesme hızlarında ilerleme artışı ile birlikte krater aşınması genişliğinde (A) artış meydana geldiği görülmektedir.
- Dıştan jetting soğutmada orta kesme hızı olan 50 m/dk değerinde artan ilerleme değeri ile birlikte BUE etkisi görülmüştür.
- Dıştan jetting soğutmada İlerleme artışının yan kenar aşınma miktarını (Vb) arttırdığı, belli değerlerden sonra da yan kenar kesici kenarda BUE oluştuğu gözlenmiştir. Burun aşınması yönünden bakıldığında yine hem ilerleme artışının hem de kesme hızı artışının burun aşınmasını arttırdığı görülmektedir.
- Genel olarak bakıldığında krater aşınma genişliği (A), yan kenar aşınma miktarı (Vb), burun aşınması ve oluşan BUE açısından içten soğutma yöntemi dıştan jetting soğutma yöntemine göre daha iyi sonuçlar üretmiştir.

- İçten soğutma yönteminde, aynı ilerleme değerlerinde kesme hızının artışı ile birlikte karater aşınması genişliğinin (A) arttığı görülmektedir ancak artış eğilimi dıştan jetting soğutmaya göre daha yatay bir seyir izlemektedir.

- İçten soğutma yöntemi en önemli etkisini ve farklılığını takım talaş yüzeyindeki oluşan krater aşınması üzerinde oluşturmaktadır.

- İçten soğutma yönteminde dıştan jetting soğutma yöntemine göre, krater aşınması genişlikleri % 10 ile 50 ye varan oranlarda azalma göstermiştir. Bu fark yüksek kesme hızı ve ilerlemelerde çok daha hissedilmektedir. Düşük ilerlemelerde krater aşınma genişlikleri (A) arasındaki fark az iken ilerleme değerinin artışı ile bu farkın arttığı görülmektedir.

- Aynı kesme hızı değerinde ilerleme değeri artışına bağlı olarak değerlendirme yapıldığında içten soğutma yönteminde krater aşınma bölgesinin azaldığı belirgin bir şekilde görülmektedir.

- İlerleme artışı ile birlikte iki soğutma yöntemi karşılaştırıldığında burun aşınması değerinde de içten soğutma yöntemi lehinde %30-50 arasında bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

- İçten soğutma yönteminde talaş yüzeyinde daha düzgün lameller elde edilmiş, tırtıklı kenar yapısı dıştan jetting soğutma yöntemine göre oldukça azalmıştır. Lamellerin düzgün formda çıkması, kayma bantlarının daha belirgin olması, daha düzgün bir kesmenin elde edildiğini göstermektedir.

6.2. Öneriler

İçten soğutma yöntemi ile ilgili yapılan değerlendirmeler ve ulaşılan sonuçlar açısından, sonraki çalışmalarda araştırmacıların aşağıda belirtilen alanlarda bilimsel çalışmalar önerilmektedir:

- Farklı parametrelerle işlemler tekrarlanabilir, farklı parametrelerin seviyeleri artırılarak deney sayısı çoğaltılabilir. Böylece kıyaslama daha da sağlıklı bir yapıya kavuşmuş olacaktır.

- Takım içine thermocouple takılarak sıcaklık değişimleri gözlemlenebilir ve içten soğutma yönteminin farkı bu anlamda daha derin analiz edilebilir.

- HSS tipi kesici yerine farklı kesici uçlarla deneyler genişletilebilir.

- Talaş yüzeyi üzerine kesici kenar boyunca birden fazla delik açılarak, daha derin talaş derinlikleri ile işlemler tekrarlanabilir.

- Darbeli çalışma ortamında kesici takım üzerine açılan deliklerin takım dayanımına etkisi araştırılmalıdır.
- Sünek ve sert malzeme işlemlerindeki içten soğutma yönteminin etkileri incelenmelidir.
- Frezeleme takım tutucularına takılan kesici uçlara da delik açılarak içten soğutma yöntemi araştırılmalıdır.
- İçten soğutma yönteminin işlenen parça yüzeyindeki kalıntı gerilme, yüzey pürüzlülüğü, mikrosertlik ve yüzeyin tribolojik yapısı bakımından daha derin araştırılmalı ve içten soğutma yönteminin etkileri diğer soğutma yöntemleri ile karşılaştırılmalıdır.
- Farklı soğutma sıvıları ve karışımları, kesme yağları veya MQL tipi farklı soğutma yöntemlerinin içten soğutmada kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Soğutma sıvısı basıncı vb. parametrelerin değiştirilmesi ile hangi etkilerin elde edileceği araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Agrawalla, Y. (2014). Optimization Of Machining Parameters In A Turning Operation Of Austenitic Stainless Steel To Minimize Surface Roughness And Tool Wear. Bachelor Degree, Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology, Odisha, India
- Akkuş, H. (2010). Tornalama İşlemlerinde Yüzey Pürüzlülüğünün İstatistiksel ve Yapay Zekâ Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Attanasio, A., Gelfi, M., Giardin, C., Remino, C. (2006). Minimal quantity lubrication in turning: effect on tool wear, *Wear*, Vol.260 (3), No.333–338.
- Aydemir, O.A. (2006). Torna ve Freze Tezgahlarında Bilgisayar Destekli Kesici Takım Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Aytürk, A. (2010). AISI 316 Ti Paslanmaz Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Baday, Ş., Gürbüz, H., Ersöz, O. (2020). Prediction of Cutting Forces Obtained through Cryo-Treated and Untreated Cutting Tools Using Optimum ANN Determined by Taguchi Design. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 13(2), 13-27.
- Bakır, B. (2005). CNC Freze takımlarında Kullanılan Karbür Parmak Freze Takımı Geometrisinin İşlenebilirliğe Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Bartarya, G., Choudhury, S. K. (2012). State of the art in hard turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 53(1), 1-14.
- Braga, DU., Diniz, AE., Miranda, GWA., Coppini, NL. (2002). Using a minimum quantity of lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum–silicon alloys", *Journal of Materials Processing Technology*, 122(1), 127-138.
- Chinchanikar, S., Choudhury, K.S. (2013). Investigations on machinability Aspects Of Hardened AISI 4340 Steel At Different Levels Of Hardness Using Coated Carbide Tools. *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 38 (2013), 124–133.
- Çakmak, S. (2015). AISI 4140 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Uç Geometrisinin Talaş Kırmaya Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, Türkiye.
- Çevik, E. (2006). Tornalama İşleminde Kesici Takım Ömrünün İyileştirilmesine Yönelik Alternatif Bir Yaklaşım. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 84s, Ankara.

- Da Silva, R. B., 2006. Performance of Different Cutting Tool Materials in Finish Turning Of Ti6Al4V Alloy With High Pressure Coolant Supply Technology. Universidade Federal De Uberlândia Faculdade De Engenharia Mecânica, Ph. D. Thesis, 327p,
- Demir, Z., Adiyaman, O. (2019). Investigation of influence of approach angle and chip slenderness ratio on vibration, chip formation and surface quality in turning of AISI 1050 steel. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 41(10), 467. Doi: 10.1007/s40430-019-1977-3
- Groover, M. P. (2010). Fundamentals Of Modern Manufacturing: Materials, Processes And Systems (4th Edition). Pennsylvania: John Wiley and Sons Inc.
- Günaydın, E. (2014). Mikro Frezeleme Uygulamalarında En Uygun Takım Yolunun Ve Kesme Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik Ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
- Gündoğdu, H. E., 2006. Kesme Sıvılı ve Kuru Talaşlı İşlemenin İş Parçası ve Kesici Takım Üzerindeki Etkileri. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 180s, İstanbul.
- Gürbüz, H., Baday, Ş., Gönülaçar, Y. E. (2017). Minimum miktarda yağlamanın frezeleme işlemleri üzerine etkisinin araştırılması: Derleme. Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, 7(2/2), 59-78.
- Gürbüz, H., Gönülaçar, Y. E., Baday, Ş. (2020). Effect of MQL flow rate on machinability of AISI 4140 steel. Machining Science and Technology, 24(5), 663-687.
- Hüseyinoğlu, M., Tosun, N. (2009). 7075 Alüminyum alaşımlarının frezelenmesinde minimum soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi" 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)
- İmal Usülleri, 2024, <https://slideplayer.biz.tr/slide/10319116/>, [Erişim Tarihi: 20/04/2024]
- İnce, A.M. (2015). Co28Cr6Mo Dövülmüş Çelikleri İşlenmesinde Kesici Uç Yarıçapının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- İşbilir, Ferit. Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması, yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi. MS thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- Karagöl, T. (2008). Al 7075 Alaşım Malzemesinin DLC Kaplamalı Kesici Takımlarla CNC Torna Tezgâhında İşlenebilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

- Kayl, Y. (2006). Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerinin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu İle İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye.
- Kıdder, S.M. (2016). Tornalama İşleminde Kesme Parametrelerinin Karşılaştırılmalı Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Kishawy, H.A., Dumitrescu, M., Ng, E.-G., Elbestawi, M.A. (2005). Effect of coolant strategy on tool performance, chip morphology and surface quality during high speed machining of A356 aluminum alloy, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, 219–227.
- Komanduri, R., Hou, Z. B. (2002). On thermoplastic shear instability in the machining of a titanium alloy (Ti-6Al-4V). *Metallurgical and Materials Transactions A*, 33, 2995-3010.
- Kumar, S., Singh, D., Kalsi, S.N. (2017). Analysis of Surface Roughness During Machining Of Hardened AISI 4340 Steel Using Minimum Quantity Lubrication.
- Küçük, Z. (2017). Taguchi Deney Tasarım Yöntemi Kullanılarak Teğetsel Ve Ortogonal Tornalama-Frezeleme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Türkiye.
- Malyer, E., (2001). Kesici takımlarda aşınma, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa
- Nas, E. (2008). Frezeleme İşleminde Kesici Uç Sayısını Titreşim ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi. Bilim Uzmanlığı Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye
- Navas, G.V., Gonzalo, O., Bengoetxea, I. (2012). Effect Of Cutting Parameters In The Surface Residual Stresses Generated By Turning In AISI 4340 Steel. *International Journal Of Machine Tools and Manufacture*, 61 (2012) 48–57.
- Neşeli, S., Taşdemir Ş., Yıldız S. (2009). Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı İle Tornalamada Yüzey Pürüzlülüğünün Tahmin Edilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, XXVI Sayı:3.
- Nouari, M., Lıst, G., Gırot, F., Coupard, D. (2003). Experimental analysis and optimization of tool wear in dry machining of aluminium alloys, *Wear*, 255, 1359-1368.
- Özbay, Y., (1999). EKG aritmilerini hızlı tanıma, Doktora Tezi, *Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Batman, 10-15.
- Özcan, D. (2023). Kesici Takım Geometrisinin Kesme Performansı Ve Delik Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi *Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sakarya*.

- Özcan, E.A. (2019). Minimum Miktarda Yağlama Sistemine Katılan Aşındırıcı Toz Miktarının Kesme İşlemine Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Özdemir H., 2006. Tornalama İşleminde Kesme Kuvveti Ölçümünde Kullanılacak Dinamometre Tasarımı ve Üretimi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Sakarya.
- Özek, C., Tosun, N., (2004). Tornalama İşleminde TakımTalaş Ara Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi. On Birinci Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi, 110. Antalya.
- Özer, A., Bahçeci, E. (2009). AISI 410 Martensitik Paslanmaz Çeliklerin Kesici Takım Ve Kaplamasına Bağlı İşlenebilirliği. Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University, 24(4), 693-698
- Pereira O., Rodriguez, A., Fernández-Abia, A., Barreiro AI, Lacalle, LL.de (2016). Cryogenic and minimum quantity lubrication for an eco-efficiency turning of AISI 304, *Journal of Cleaner Production*, c. 139, 440-449.
- Savas, V., Ozay, C., Ballikaya, H. (2016). Experimental investigation of cutting parameters in machining of 100Cr6 with tangential turn-milling method. *Advances in Manufacturing*, 4, 97-104.
- Shokrani, A., Al-Samarrai, I.ve Newman, S. “Hybrid cryogenic MQL for improving tool life in machining of Ti-6Al-4V titanium alloy,” *Journal of Manufacturing Processes*,2019.
- Sivaiah P., Chakradhar, D. (2018). Effect of cryogenic coolant on turning performance characteristics during machining of 17-4 pH Stainless Steel: A comparison with mql, wet, dry machining,” *Journal of Manufacturing Science and Technology*, c. 21, 86-96.
- Sreejith, P.S. (2008). Machining of 6061 aluminium alloy with MMS, dry and flooded lubricant conditions, *Materials Letters* 62, 276–278.
- Sun, Y., Huang, B., Puleo D.A, ve Jawahir I.S. (2015). Enhanced machinability of Ti5553 alloy from cryogenic machining: comparison with mql and flood-cooled machining and modeling,” *Procedia Cirp*.
- Şahin, H. M., Acır, A. (2003). Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım ve talaş arasında oluşan sıcaklık dağılımının sonlu farklar metodu ile analizi. aısı 4140 çeliğinde sertlik, yorulma dayanımı ve kalıntı gerilme ilişkisi. *Politeknik Dergisi*, 6 (3), 541549.
- Şeker, U., Günay, M. (2008). Kesme Teorisi Ve Kesici Takımlar Ders Notları. Ankara.
- Taylan, D. (2009). Taguchi Deney Tasarımı Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Isparta.

- Varadarajan, A.S., Philip, P.K., Ramamoorthy, B. (2001). Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning
- Yılmaz, E. (2010). Dış Tornalama İşleminde, Takım Tutucu Malzemesinin Ve Sertliklerinin (HRC) Yüzey Pürüzlülüğü ve Kesme Kuvvetlerine Etkisinin Gri İlişkisel Analiz Yöntemi İle Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Zhang, C., Zhang, S. Yan, X. ve Zhang, Q.. (2016). Effects of internal cooling channel structures on cutting forces and tool life in side milling of H13 steel under cryogenic minimum quantity lubrication condition, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology,
- Performance evaluation of cutting tool materials, 2024, https://www.slideserve.com/cosette/performance-evaluation-of-cutting-tool-materials#google_vignette, [Erişim Tarihi: 26/03/2024]
- Talaşlı İmalat, 2024, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/eminerdin@hititedutr110520185B2N4W5 Y.pdf, [Erişim Tarihi: 20/04/2024].
- Talaş kaldırma sırasında oluşan ısı, 2024, <https://slideplayer.biz.tr/slide/2022928/> [Erişim Tarihi: 20/04/2024].
- <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/knowledge/materials/wear-on-cutting-edges> (2.06.2023)