

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AA 7075-T6 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA
YÖNTEMİYLE TALAŞLI İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Salih AĞAR

102119104

Anabilim Dalı: Makine Eğitimi

Programı: Talaşlı Üretim

Danışman: Doç. Dr. Ahmet HASÇALIK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 17.01.2014

OCAK-2014

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AA 7075-T6 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA
YÖNTEMİYLE TALAŞLI İŞLENEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Salih AĞAR

102119104

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 18 Aralık 2013
Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Ocak 2014**

Tez Danışmanı :

Doç. Dr. Ahmet HASÇALIK (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri :

Prof. Dr. Niyazi ÖZDEMİR (F.Ü)

Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ (F.Ü)

OCAK-2014

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın yürütülmesinde bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam sayın Doç. Dr. Ahmet HASÇALIK'a ve yaptığım çalışmaların her aşamasında beraber çalıştığımız, bana yol gösteren ve zorlandığım anlarda bana çalışma azmi veren Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ hocama,

Çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan ve yardımlarını esirgemeyen Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi araştırma görevlilerinden Cihad FİDAN, Eray SABANCI, Çınar LALOĞLU ve aynı kurumda teknisyen olarak hizmet eden Adem AKPINAR'a,

Tunceli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (TÜNİBAP) yönetim birimi tarafından maddi olarak desteklenen MFTUB013-13 no' lu projeme katkıda bulunan bütün TÜNİBAP yönetici, personel ve projede bana danışmanlık sağlayarak vaktini aldığım sayın hocam Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU'na,

Daha ismini saymadığım maddi ve manevi desteğini esirgemeyen hocalarıma ve arkadaşlarıma,

Yüksek lisans çalışmalarım boyunca kendilerine zaman ayıramadığım, Annem'e, Babam'a, benimle birlikte tüm zorluklara katlanan ve sabreden bütün güzellikleri hak eden eşim Melike AĞAR ve biricik oğlum Alper AĞAR'a,

Teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Salih AĞAR
ELAZIĞ 2013

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ	IX
TABLolar LİSTESİ	XII
SEMBOLLER LİSTESİ	XIII
KISALTMALAR	XIV
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI	6
3.1. Alüminyumun özellikleri.....	8
3.2. Alüminyum Alaşımlarının Sınıflandırılması.....	9
3.2.1. 1XXX Alüminyum Alaşımları	10
3.2.2. 2XXX Alüminyum Alaşımları	10
3.2.3. 3XXX Alüminyum Alaşımları	11
3.2.4. 4XXX Alüminyum Alaşımları	11
3.2.5. 5XXX Alüminyum Alaşımları	11
3.2.6. 6XXX Alüminyum Alaşımları	11
3.2.7. 7XXX Alüminyum Alaşımları	11
3.2.8. 8XXX Alüminyum Alaşımları	12
3.3. Alüminyum Alaşımlarına Uygulanılabilen Isıl İşlemler	12
3.3.1. Çözündürme Tavlama.....	18
3.3.2. Hızlı soğutma.....	18
3.3.3. Çökeltiye Alma.....	18
3.4. Alüminyum Alaşımlarının Kullanım Alanları.....	19

4.	KESME SIVILARI	21
4.1.	Kesme Sıvılarının Görevleri.....	22
4.1.1.	Soğutma.....	22
4.1.2.	Yağlama.....	24
4.1.3.	Talaşı Uzaklaştırma	26
4.1.4.	Kaynak Oluşumunu Engelleme	26
4.1.5.	Korozyonu Engelleme	26
4.1.6.	Güç Sarfiyatını Düşürme	27
4.1.7.	Takım Ömrünü ve Verimliliği Artırma	27
4.1.8.	Belli Bir Tipte Talaş Oluşturma	28
4.2.	Kesme Sıvılarının Uygulanması.....	28
4.2.1.	Sıvı Püskürtme.....	29
4.2.1.1.	Takım Dışından Soğutma	29
4.2.1.2.	Takım İçinden Soğutma	30
4.2.2.	Minimum Miktarda Yağlama (Pülverizasyon).....	31
5.	TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ.....	33
5.1.	Talaş Kaldırma Mekanizması	33
5.2.	Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler	34
5.2.1.	Takım Geometrisi	35
5.2.2.	Kesme Hızı	36
5.2.3.	Kesme Kuvveti	37
5.2.4.	Talaş Derinliği ve İlerleme Miktarı	39
5.2.5.	Takım Uç Yarıçapının Etkisi.....	40
5.2.6.	Titreşimin Etkisi	40
6.	TAKIM AŞINMASI	42
6.1.	Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler.....	42
6.2.	Takım Aşınma Mekanizmaları	43

6.2.1.	Abrasiv Aşınma Mekanizması.....	44
6.2.2.	Difüzyon Aşınma Mekanizması.....	45
6.2.3.	Oksidasyon Aşınma Mekanizması	45
6.2.4.	Yorulma Aşınma Mekanizması.....	45
6.2.5.	Adheziv Aşınma Mekanizması.....	46
6.3.	Takım Aşınma Çeşitleri.....	47
6.3.1.	Serbest Yüzey Aşınması(Yanak Aşınması).....	47
6.3.2.	Krater Aşınması.....	48
6.3.3.	Çentik Aşınması	48
6.3.4.	Burun Yarıçapı Aşınması	49
6.3.5.	Isıl ve Mekanik Çatlaklar	49
6.3.6.	Talaş Sıvanması (BUE)	50
6.3.7.	Plastik Deformasyon	50
6.3.8.	Kenar Çentiklemesi	51
6.3.9.	Talaş Vurması.....	52
6.3.10.	Takım Kırılması.....	53
7.	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ	54
7.1.	Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu	55
7.1.1.	İdeal Yüzey Pürüzlülüğü	55
7.1.2.	Doğal Yüzey Pürüzlülüğü	56
7.2.	Pürüzlülük Parametreleri	57
7.2.1.	Örnekleme Uzunluğu ve Örnekleme Sayısı	57
7.2.2.	Ortalama Çizgisi	57
7.2.3.	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü (Ra)	58
7.2.4.	Genlik Dağılım Eğrisi (Rsk).....	58
7.3.	Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler	59
7.3.1.	Kesme Parametrelerinin Etkileri	59

7.3.2.	Kesici Takım Aşınmasının Etkisi	60
7.3.3.	Kesme Kuvvetlerinin Etkisi.....	60
7.3.4.	İlerleme ve Köşe Radyüsünün Etkisi.....	61
8.	MATERYAL VE METOD	62
8.1	Çalışmanın Amacı	62
8.2.	Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Özellikleri	63
8.3.	İşleme Parametreleri	63
8.4.	Kesici Takım ve Takım Tutucu.....	65
8.5.	Takım Tezgahı	65
8.6.	Sıcaklık ve Titreşim Ölçüm Ekipmanları	65
8.7.	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	66
8.8.	Takım Aşınması ve Talaş Sıvanmasının (BUE) Ölçümü	67
8.9.	Soğutma Yöntemleri ve Soğutma Sıvısı.....	67
9.	DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA	68
9.1.	İşleme Parametreleri ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey pürüzlülüğüne Etkileri... 69	
9.1.1.	Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	69
9.1.2.	İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	73
9.1.3.	Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	76
9.2.	İşleme Parametreleri Ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Sıcaklıkları Üzerine Etkisi.....	79
9.3.	İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin İşleme Titreşimine Etkisi	81
9.4.	İşleme Parametreleri Ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Aşınması ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi	85
9.5.	İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin Talaş Oluşumuna Etkisi	90
10.	GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	97
10.1.	Genel Sonuçlar	97
10.2.	Öneriler	99

KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	104

ÖZET

Bu çalışmada, AA 7075-T6 alüminyum alaşımı kuru, geleneksel soğutma sıvılı ve minimum miktarda yağlama yöntemi olmak üzere 3 farklı soğutma yöntemi uygulanarak işlenmiştir. İşleme parametreleri ($V=125, 150, 175$ m/dk; $f=0.1, 0.15, 0.2$ mm/dev ve $a= 0.75, 1.0, 1.25$ mm) ve soğutma tekniklerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü, takım sıcaklığı, işleme titreşimi, takım aşınması, talaş sıvanması ve talaş tipi üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

En düşük takım aşınma değerleri minimum miktarda yağlama şartlarında elde edilirken, sulu işleme şartlarında talaş sıvanmasının oluşmadığı görülmüştür. Kuru işleme şartlarında talaş sıvanması nedeniyle kesici takım aşınma değerleri ölçülmemiştir. En kötü yüzey pürüzlülüğü değerleri kuru işleme şartlarında oluşurken; diğer soğutma yöntemlerinde birbirine yakın değerler elde edilmiştir.

Sonuç olarak, minimum miktarda yağlama yöntemiyle, çok daha az soğutma sıvısı kullanarak geleneksel soğutma şartlarında elde edilen yüzey pürüzlülüğü, kesici takım sıcaklığı ve talaş sıvanma değerlerine yakın, hatta daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yağlama yöntemleri, Yüzey pürüzlülüğü, Titreşim, Kesici takım sıcaklığı, Kesici takım aşınması, Talaş formları

SUMMARY

The Investigation of The Machinability of AA 7075-T6 Aluminium Alloy with Minimum Quantity Lubrication Technique

In this study, AA 7075-T6 aluminium alloy was machined using three different types of cooling techniques, namely conventional, dry and minimum quantity of lubrication (MQL). The effects of machining parameters ($V=125, 150, 175$ m/min ; $f=0.1, 0.15, 0.2$ mm/rev and $a=0.75, 1.0, 1.25$ mm) and cooling techniques on the average surface roughness, cutting tool temperature, machining vibration, cutting tool wear, BUE and chip formation were experimentally determined.

The lowest cutting tool wear values were achieved in MQL machining. The tendency of BUE was reduced in wet machining. Due to the BUE tendency, cutting tool wear was not measured in dry machining conditions. The worst surface roughness were revealed in dry machining, while other two techniques showed almost near results.

It is experimentally found that is possible to achieve better surface roughness in MQL machining than conventional and dry conditions by using less cooling liquid.

Key Words: Lubrication Techniques, Surface Roughness, Vibration, Cutting Tool Temperature, Cutting Tool Wear, Chip Formations

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 3.1. Amerikan Alüminyum Birliğinin dövme alaşımları için isimlendirme kriterleri	9
Şekil 3.2. Isıl işlem durumlarına göre hadde alüminyum alaşımları	14
Şekil 3.3. Al-Mg faz diyagramı	15
Şekil 3.4. Al-Si faz diyagramı.....	16
Şekil 3.5. Al-Cu faz diyagramı	17
Şekil 3.6. Çökeltme sertleştirme veya yaşlandırma işleminde yapı değişikliği	18
Şekil 3.7. Alüminyum alaşımlarının kullanım alanları ve oranları.....	19
Şekil 4.1. İyi ve kötü ıslatma.....	22
Şekil 4.2. Kesme sırasında Oluşan Isının Uzaklaştırılması.....	23
Şekil 4.3. Kesme sıvısının nüfuz ettiği kapiler bölgeleri gösteren takım-talaş ara yüzeyi.....	25
Şekil 4.4. Takım dışından soğutma.....	30
Şekil 4.5. Takım İçinden Soğutma.....	31
Şekil 5.1. Takım modeli ve ortogonal kesme.....	34
Şekil 5.2. Standart kesme açılarının gösterilmesi	37
Şekil 5.3. Talaş kaldırma kuvvetleri	38
Şekil 5.4. Takım uç yarıçapı	40
Şekil 6.1. Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi	43
Şekil 6.2. Abrasiv aşınma mekanizması	44
Şekil 6.3. Serbest Yüzey Aşınması	47
Şekil 6.4. Krater Aşınması	48
Şekil 6.5. Çentik Aşınması.....	49
Şekil 6.6. Ağız Birikimi Oluşumu (BUE).....	50
Şekil 6.7. Plastik Deformasyon.....	51
Şekil 6.8. Kenar Çentiklenmesi.....	52
Şekil 6.9. Talaş Vurması	52
Şekil 6.10. Takım Kırılması	53
Şekil 7.1. Takım uç yarıçapı	56
Şekil 7.2. Örnekleme uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu	57

Şekil 7.3.	Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi	58
Şekil 7.4.	Profil ve genlik dağılım eğrisi	59
Şekil 7.5.	İlerleme köşe radyüsünün yüzey kalitesi üzerine etkileri	61
Şekil 8.1.	Titreşim ve sıcaklık ölçümleri için Labwiew paket programının ara yüzü	66
Şekil 8.2.	Kesici takım sıcaklığı ve titreşim ölçümü	66
Şekil 8.3.	Deney düzeneğinin gösterimi	67
Şekil 9.1.	Sabit ilerleme oranı (0,1mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	69
Şekil 9.2.	Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	70
Şekil 9.3.	Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	70
Şekil 9.4.	Kuru işleme şartlarında oluşan takım aşınmaları	71
Şekil 9.5.	Sabit kesme hızı (125 m/dk) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	73
Şekil 9.6.	Sabit kesme hızı (150 m/dk) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	74
Şekil 9.7.	Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	74
Şekil 9.8.	Sabit kesme hızı (125 m/dk) , sabit ilerleme miktarı (0,1 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	76
Şekil 9.9.	Sabit kesme hızı (150 m/dk), sabit ilerleme miktarı (0,15 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	77
Şekil 9.10.	Sabit kesme hızı (175 m/dk), sabit ilerleme miktarı (0,2 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	77
Şekil 9.11.	Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi	79
Şekil 9.12.	Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi	80
Şekil 9.13.	Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit ilerleme miktarı (0,2 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi.....	80

Şekil 9.14. Kuru işleme şartlarında ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik	82
Şekil 9.15. Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik	82
Şekil 9.16. MMY yöntemiyle ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik	83
Şekil 9.17. Kuru işleme yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi	84
Şekil 9.18. Sulu işleme yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi	84
Şekil 9.19. MMY yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi	85
Şekil 9.20. Kuru işleme yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi	86
Şekil 9.21. Geleneksel soğutma yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi	87
Şekil 9.22. MMY yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi	88
Şekil 9.23. Kesici takım sıcaklığı ve titreşim ölçümü	90

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 3.1. Saf alüminyumun fiziksel özellikleri	7
Tablo 3.2. Alüminyum ve alüminyum alaşımlarına dayanım artırıcı yöntemlerin etkisi	7
Tablo 3.3. Alüminyum alaşımlarının gösterilmesi.....	10
Tablo 8.1. AA 7075-T6 alüminyum alaşımının fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi .	63
Tablo 8.2. İşleme parametreleri ve faktör seviyeleri.....	63
Tablo 8.3. Deneysel tasarım tablosu	64
Tablo 9.1. Ortalama yüzey pürüzlülük ve kesici takım sıcaklık değerleri	68
Tablo 9.2. Talaş formlarının sınıflandırılması	96

SEMBOLLER LİSTESİ

γ	: Talaş açısı ($^{\circ}$)
β	: Kama açısı ($^{\circ}$)
α	: Serbest açısı ($^{\circ}$)
λ	: Eğim açısı ($^{\circ}$)
V	: Kesme hızı (m/dak)
D	: İşlenecek iş parçası çapı (mm)
n	: devir sayısı (dev/dak)
ϵ	: Uç açısı ($^{\circ}$)
χ	: Kesme kenar açısı ($^{\circ}$)
F_z	: Talaş kaldırma kuvveti (N)
F_s	: Kesme kuvveti (N)
F_r	: Radyal kuvvet (N)
F_a	: Makaslama kuvveti (N)
F_f	: Sürtünme kuvveti (N)
F_n	: Normal kuvvet (N)
ϕ	:Sürtünme açısı ($^{\circ}$)
μ	: Sürtünme katsayısı
τ_k	: Kesme mukavemeti (N/mm ²)
r	: Takım ucunun yarıçapı (mm)
R_a	:Yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (μ m)
R_t	:Yüzey pürüzlülüğünün derinliği (μ m)
R_p	:Yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (μ m)
l	:Yüzey pürüzlülüğü örnekleme uzunluğu (mm)
R_{sk}	: Genlik Dağılım Eğrisi
R_t	: Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri
f	: İlerleme miktarı (mm/dev)

KISALTMALAR

AA	: Alüminyum alaşımları
Al	: Alüminyum
Mn	: Mangan
Mg	: Magnezyum
Zn	: Çinko
Si	: Silisyum
Cu	: Bakır
Li	: Lityum
BUE	: Built Up Edge
ML	: Minimum Quantity Lubrication
MMY	: Minimum Miktarla Yağlama

1. GİRİŞ

Alüminyum ve alaşımları; düşük yoğunluk, yüksek ısı ve elektrik iletkenlikleri, artırılabilen mukavemet özellikleri ve korozyona karşı dirençleri sebebiyle günümüzde birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda, enerji tasarrufuna dönük çalışmalar, daha az yakıt harcayan hafif ve ekonomik taşıtların üretimini gündeme getirmiş ve alüminyum alaşımları, ulaşım araçlarının imalatında tercihli hale gelmiştir. Ayrıca uzun yıllardır havacılık endüstrisinde kullanılmakta olan bu alaşımlar artırılmış mukavemet ve darbe özellikleri sayesinde savunma sanayinde de kullanıma girmişlerdir.

Al-Zn-Mg alüminyum alaşımlarından biri olan AA 7075 alaşımı genellikle talaşlı imalat yöntemleriyle şekillendirilmektedir. Tornalama işlemleri talaşlı imalatın büyük bir kısmını oluşturmaktadır. İdeal talaşlı işleme özelliklerinin sağlanmasında, malzemenin mekanik özelliklerinin yanında işleme parametreleri de etkili olmaktadır. Alüminyum ve alaşımlarının sünek yapılarından dolayı talaşlı imatları oldukça güçtür. Sünek malzemelerin işlenmesinde istenilmeyen talaş formlarının oluşması, iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü kötüleştirir. Ayrıca BUE oluşumu kesici takımın geometrik formunu bozarak işlenen parçanın ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülüğünü bozarak bu malzemelerden uygun nihai ürünlerin elde edilmesini zorlaştırır.

Talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvıları soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri sebebiyle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak kullanılan soğutma sıvıları çevre ve insanlar için potansiyeli bir tehlike oluşturmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden olmaktadır [1]. Önemli fonksiyonlarına rağmen talaşlı imalat çalışmalarında kesme sıvısı kullanımını azaltmak için çalışmalar yapılmaktadır. MMY yöntemi talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvısı miktarını azaltmanın bir çözümü olarak göz önüne alınabilir. Bu yöntem özellikle alüminyum alaşımlarının işlenmesinde kullanılmaktadır [2]. Geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak alüminyumun işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelerinkine göre daha pahalıdır. Çünkü karışımdaki yağın daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir [3].

Dolayısıyla MMY tekniği alüminyumun ve alaşımlarının işlemleri için büyük yarar sağlayacaktır. MMY tekniği, geleneksel yağlama tekniklerine alternatif ve gelişime açık yeni bir yöntemdir. MMY tekniği, yalnızca talaşın kaldırıldığı noktaya işlemin gerekli kıldığı miktardaki kesme sıvısının etkin bir şekilde gönderilmesini sağlar. Yaklaşık kuru işleme olarak da adlandırılan MMY yönteminde geleneksel soğutma yöntemine nazaran çok az miktarda soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Soğutma sıvısı konsantrasyonu havayla karıştırılarak aerosol oluşturulmakta ve takım kesici kenarına gönderilmektedir [4]. MMY yönteminde, ısı geçişi ağırlıklı olarak buharlaşmayla sağlanmakta ve geleneksel işlemedeki taşınım ile ısı aktarımına göre daha etkilidir [5]. Bu işlem sayesinde tezgâhın çevresi temiz kalmakta ve artıkların temizlenmesi için gerekli olabilecek masraflar ve zaman azaltılmaktadır. Bu konu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Kesme sıvısını MMY yöntemiyle takım-talaş ara yüzüne göndermeye yönelik yapılan çalışmalarda takım ömrünün daha uzun olduğu [6], daha iyi yüzey kalitesi [3,7], daha düşük kesme kuvvetleri ve daha iyi talaş biçimleri [8] ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmada, endüstriyel uygulamaları hızla artmakta olan AA 7075 T6 alüminyum alaşımı, farklı işleme parametreleri (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği) ve soğutma yöntemleri kullanılarak (kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı işleme ve MMY yöntemiyle işleme) tornalanmış ve yüzey pürüzlülüğü, takım sıcaklığı, sistem titreşimi, takım aşınması, talaş sıvanması ve talaş tipi gibi işlenebilirlik karakteristikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Çalışmada, MMY yöntemi, diğer soğutma sıvısı uygulama teknikleriyle karşılaştırılmış ve elde edilen veriler ilgili literatür ışığında değerlendirilerek yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Talaşlı imalat, istenilen şekil, boyut ve yüzey kalitesinde bir ürün elde etmek için iş parçasından istenilmeyen malzemenin kaldırılmasıdır [9]. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının bir birine nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında gerilim oluşturarak gerçekleştirilir. Talaş kaldırma esnasında kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve buna bağlı meydana gelen plastik deformasyon sonucu yüksek ortaya çıkar [10]. Talaş kaldırma için kullanılan mekanik enerjinin büyük oranı ısı enerjisine dönüşür. Meydana gelen ısı üç yolla kesme bölgesinden uzaklaştırılır (talaş-takım-iş parçası). Eğer iş parçası fazla ısınır, genleşmeden dolayı işlenen parçanın ölçü hassasiyeti azalır ve bundan dolayı iş parçasının yüzeyine zarar verebilir. Kesici takım fazla ısınır, takım ucu kısa zaman diliminde bozulabilir ve böylelikle takım ömrünün azalmasına, işlem maliyeti ve zamanının artmasına neden olur [11]. Talaşlı işlemlerde kesme sıvısı kullanılması durumunda talaş-takım-iş parçası ara yüzeylerinde oluşan ısının taşınması ve takım-iş parçasından uzaklaştırılması daha kolay olmaktadır. Uygun bir soğutma sıvısı kullanarak oluşan bu ısının büyük bölümü kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir [12].

Talaşlı imalat endüstrisinde kullanılan soğutma sıvılarının, yüksek yüzey kalitesi ve hassas boyutlu parça imalatı için büyük önemi vardır. Soğutma sıvılarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, imalat işlemi sırasında iş parçasında ortaya çıkan ısı ve mekanik nedenli hasarların azalmasını hatta önlenmesini sağlar. Soğutma sıvıları doğru kullanıldıkları takdirde iş parçalarında daha iyi yüzey pürüzlülüğü sağlarken takımlar için de daha uzun kullanım ömrü elde edilir [1].

Talaşlı imalat, kesme sıvıları soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak kesme sıvılarının bu gibi olumlu faydalarının yanı sıra çevre ve insanlar için tehlike potansiyeli oluşturmakta ve imha edilmeleri devamlı artan masraflara neden olduğu için olumsuz yönleri de vardır. Önemli fonksiyonlarına rağmen talaşlı imalat çalışmalarında kesme sıvısı kullanımını azaltmak için yoğun uğraşlar verilmektedir [2].

Kesme sıvılarının neden olduğu olumsuz yönlerini azaltmanın bir yolu, imalat işlemlerinde kullanılan kesme sıvılarının optimum seçimini yapmaktır [13]. Ayrıca geleneksel soğutma teknikleri kullanarak alüminyum alaşımlarının işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğ r malzemelerinkine göre daha pahalıdır.       soğutma sıvısının daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir [14]. Minimum miktarda soğutma sıvısı kullanılması halinde kesme sıvısının gereksiz kullanımının azaltılarak maliyet ve  evre açısından arzulanan bir durumun ortaya çıkması sağlanır.

Soğutma teknikleri ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Soğutma teknikleri ile ilgili yapılan çalışmaların amacı; kesme kuvvetlerini azaltmak, işleme verimliliğini artırmak, daha düşük kesme sıcaklıkları, daha uzun takım ömrü ve daha iyi yüzey kaliteleri elde etmek açısından alışıla gelmiş emülsiyon ile soğutma/yağlama ile elde edilen kaliteye ulaşıp ulaşamayacağı ve hatta bu kaliteyi aşıp aşamayacağının belirlenmesidir [15].

Yaklaşık kuru işleme olarak da adlandırılan MMY yönteminde geleneksel soğutma yöntemine nazaran çok az miktarda soğutma sıvısı kullanılmaktadır. Soğutma sıvısı konsantrasyonu havayla karıştırılarak aerosol oluşturulmakta ve takım kesici kenarına gönderilmektedir [4]. MMY yönteminde, ısı geçişi ağırlıklı olarak buharlaşmayla sağlanmakta ve bu geleneksel sulu kesme yöntemiyle işlemedeki taşınımla yapılan ısı aktarımına göre daha etkilidir [5]. Kesme sıvısını MMY yöntemiyle takım-talaş ara yüzeyine göndermeye yönelik yapılan çalışmalarda takım ömrünün dört kat daha uzun ömürlü olduğu [6], daha iyi yüzey kalitesi [7], daha düşük kesme kuvvetleri ve daha iyi talaş biçimleri [8] ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır. Khan ve arkadaşları bitkisel esaslı kesme sıvısıyla; MMY yöntemi, kuru ve geleneksel soğutma yöntemleriyle yapılan işlemleri karışılaştırarak düşük alaşımlı AISI 9310  eliğinin tornalanmasında talaş-takım ara yüzey sıcaklığı, talaş oluşumu, takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değerlerini araştırmışlardır. MMY yöntemiyle işlemede uygun talaşlar oluşmakta ve kesme bölgesi sıcaklığının önemli ölçüde azalmasından dolayı kuru ve kesme sıvılı işlemeye nazaran iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, MMY yöntemiyle yapılan işlemede, takım aşınması önemli derecede azalmış, takım ömrü ve yüzey kalitesi artmıştır [16].

Dhar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada AISI 1040 çeliğinin kuru ve MMY yöntemleri ile işlenebilirliğini karşılaştırmışlardır. Çalışmada kesme sıcaklığı, talaş büzülme faktörü, kesme kuvvetleri, kesici takımda meydana gelen aşınmalar, yüzey kalitesi ve boyutsal hassasiyet gibi birçok farklı durum incelenmiştir. Sonuç olarak MMY sistemi ile yapılan deneylerde kuru işleme şartlarına nazaran daha düşük kesme sıcaklığı ve kuvvetleri oluşurken, takım aşınması azalmış, yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal hassasiyetin daha yüksek olduğu belirlenmiştir [17].

Dhar ve arkadaşları kaplanmamış karbür takımla AISI 4340 çeliğinin tornalanmasında MMY yönteminin kesme sıcaklığı, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal sapmaya olan etkilerini araştırmışlardır. Sonuçlar, MMY yönteminin talaş-takım, iş parçası-takım ara yüzeylerinde sıcaklığın düşmesine ve takım aşınma oranı, boyutsal hatalar ve yüzey pürüzlülüğünün önemli derecede azaldığını göstermiştir [18].

Dinesh ve arkadaşları Inconel 718 alaşımının yüksek hızlarda tornalanmasında işlenebilirlik karakteristiklerini artırmak için bir çalışma yapmışlardır. İşleme parametreleri olarak yağlayıcı miktarı, nozzle iletim basıncı, püskürtme aralığı, kesme sıvısının uygulama yönü, kesme hızı ve ilerleme miktarı seçilmiştir. Sonuç olarak, darbeli jet modu altında optimize edilmiş MMY parametrelerinin düşük kesme kuvveti, kesme sıcaklığı ve yanak aşınması sağladığı görülmüştür [19].

M. Rahman ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ASSAB 718 çeliğini geleneksel soğutma (42 L/dk) ve MMY (8.5mL/saat) yöntemiyle işleyerek kesme kuvvetleri, takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve talaş şekli bakımından karşılaştırmışlardır. Geleneksel soğutma yöntemiyle yapılan deneylerde ani takım kırılması gözlenirken, MMY yöntemiyle yapılan deneylerde kesme kenarının yüksek miktarda aşınmasına rağmen takımın sağlam kaldığı gözlenmiştir. Bu çalışmada MMY yönteminin kabul edilebilir, ekonomik ve çevreyle uyumlu bir teknik olduğunu vurgulamışlardır [1]. J. Sun ve arkadaşları yaptıkları çalışmada Ti6Al4V titanyum alaşımının frezelenmesinde kuru işleme, geleneksel soğutma yöntemi ve MMY yönteminin takım ömrü ve kesme kuvvetlerine olan etkilerini araştırmışlardır. Deneysel sonuçlardan MMY yönteminin takım ömrünü artırdığı ve kesme kuvvetlerini düşürdüğü gözlenmiştir [20].

3. ALÜMİNYUM ALAŞIMLARI

3.1. Alüminyumun özellikleri

Demir esaslı malzemeler dışında Al ve alaşımları saf ve alaşımlı olarak sık ve yaygın olarak kullanılan malzeme grubuna yer almaktadır. Bu malzemelerin etkin kullanıma sebepleri;

- Dayanım/özellik ağırlık oranının yüksek oluşu,
- Elektrik iletkenliği/özellik ağırlığının yüksek oluşu,
- Atmosfere ve diğer ortamlara karşı yüksek korozyon direncine sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Bunlara ilaveten, şekillendirme ve ince levha haline getirilmesi diğer bir özelliğidir. Ancak saf alüminyumun oksijene olan ilgisinden dolayı döküm kabiliyetinin kötü oluşu, daha düşük mekanik özellikler göstermesi, talaşlı imalatla işlenebilirliğinin iyi olmaması ve kaynakla birleştirmenin güçlüğü gibi problemler oluşturmaktadır.

Çizelge 3.1.'de saf alüminyumun bazı fiziksel özellikleri gösterilmiştir. Ancak alaşımlama yapılarak bu özelliklerde gelişmeler sağlanabilmektedir. Diğer taraftan alüminyum belli bir yorulma sınırı göstermediği için kırılma oldukça düşük gerilmelerde bile gerçekleşir. Düşük ergime noktası dolayısı ile yüksek sıcaklık özelliği de iyi değildir. Ancak saf alüminyum düşük mekanik dayanımlarına karşılık iyi korozyon dayanımından dolayı kullanılır.

Tablo 3.1. Saf alüminyumun fiziksel özellikleri [21].

Özgül ağırlığı	2.78 gr/cm ³
Erime sıcaklığı	660 °C
Erime ısısı	-390 Kj/kg
Elastiklik modülü	66 GPa
Isıl genleşme katsayısı	24x10 ⁻⁶ 1/K
Isı iletim katsayısı	230 W/mK
Elektrik iletim katsayısı	40 m/Ωmm ²

Bazı alüminyum alaşımlarının akma mukavemetleri 500 MPa değerini geçmektedir ki, bu değer pek çok çelik türünün akma sınırı değerlerinin üzerindedir. Alüminyum alaşımları bu özelliklerinden dolayı, özellikle hafiflik istenen uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadırlar. Alüminyum genellikle ağırlığın önemli bir faktör olduğu uçaklarda ve otomobillerde kullanılmaktadır. Alüminyum, dayanım artırma tekniklerine kolayca cevap vermektedir. Tablo 3.2’de tavllanmış saf alüminyum özelliklerinin çeşitli yöntemlerle kuvvetlendirilmiş olan alüminyum alaşımlarının, özelliklerine göre karşılaştırılması görülmektedir. Alaşımların saf alüminyumdan 30 kez daha mukavemetli olduğu görülmektedir. Fakat bu özelliklere karşın alüminyum, yorulmada dayanma sınırı göstermemektedir ve sonuçta kırılma çok düşük gerilimlerde olmaktadır. Ayrıca alüminyum düşük ergime sıcaklığına sahiptir ve bu nedenle yüksek sıcaklıklarda kullanılamaz. Alüminyum alaşımları düşük sertliğe sahip olduğundan dolayı kötü bir aşınma direnci gösterirler.

Tablo 3.2. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarına Dayanım Arttırıcı Yöntemlerin Etkisi [21].

Malzeme	Çekme Dayanımı (MPa)	Akma Dayanımı (MPa)	% Uzama	Akma Dayanımı(alaşım)/ Akma Dayanımı (saf)
Tavllanmış saf Al (%99,999Al)	45	17	60	2,0
Ticari Saf Al (tavlanmış,%99)	90	34,5	45	2,4
Katı eriyikle dayanım kazanmış (%1,2 Mn)	110	41	35	8,8
%75soğuk işlenmiş saf Al	165	152	15	8,8
Dağılımla dayanım kazanmış (%5 Mg)	290	152	35	8,8
Yaşlandırılmış (%5,6Zn - %2,5Mg)	572	503	11	29,2

Alüminyumun elektrik ve ısı iletkenliği, bakıra göre daha azdır. Fakat özgül elektrik iletkenliği (elektrik iletkenliği/yoğunluk) ve özgül ısı iletkenliği (ısı iletkenliği/yoğunluk) değerleri karşılaştırıldığında bakırdan daha iyi olduğu görülür. Bundan dolayı, hava elektrik hatlarında alüminyum alaşımları kullanılır. Ayrıca alüminyumun fiyatı da bakıra göre daha düşüktür. Korozyon ortamlarında alüminyumun yüzeyi bir oksit tabakası ile kaplanarak, alüminyumun korozyona dayanıklılığını sağlar. Bu özelliğinden dolayı alüminyum pek çok korozyon ortamında kullanılabilir.

Alüminyum alaşımlarının içindeki diğer elementler alüminyum ile galvanik pil oluşturmaya uygun olduklarından dolayı, korozyon açısından alüminyumun mümkün olduğu kadar saf olarak kullanılması tavsiye edilir. Fakat mekanik özelliklerindeki dayanım düşüklüğü (zayıflık) nedeniyle uygulamalarda saf alüminyum kullanımı yaygın değildir.

Alüminyumun, sıcak ve soğuk şekillendirilebilme kabiliyeti iyidir. Ekstrüzyon yöntemiyle çok karışık geometrik yapıya sahip alüminyum profiller üretilebilir. Kalınlığı bir kaç mikrona ulaşılabilen folyolar üretilerek paketlemede işlemlerinde kullanılabilir. Gıda endüstrisinde kullanılan paketleme folyoları saf alüminyumdan yapılır.

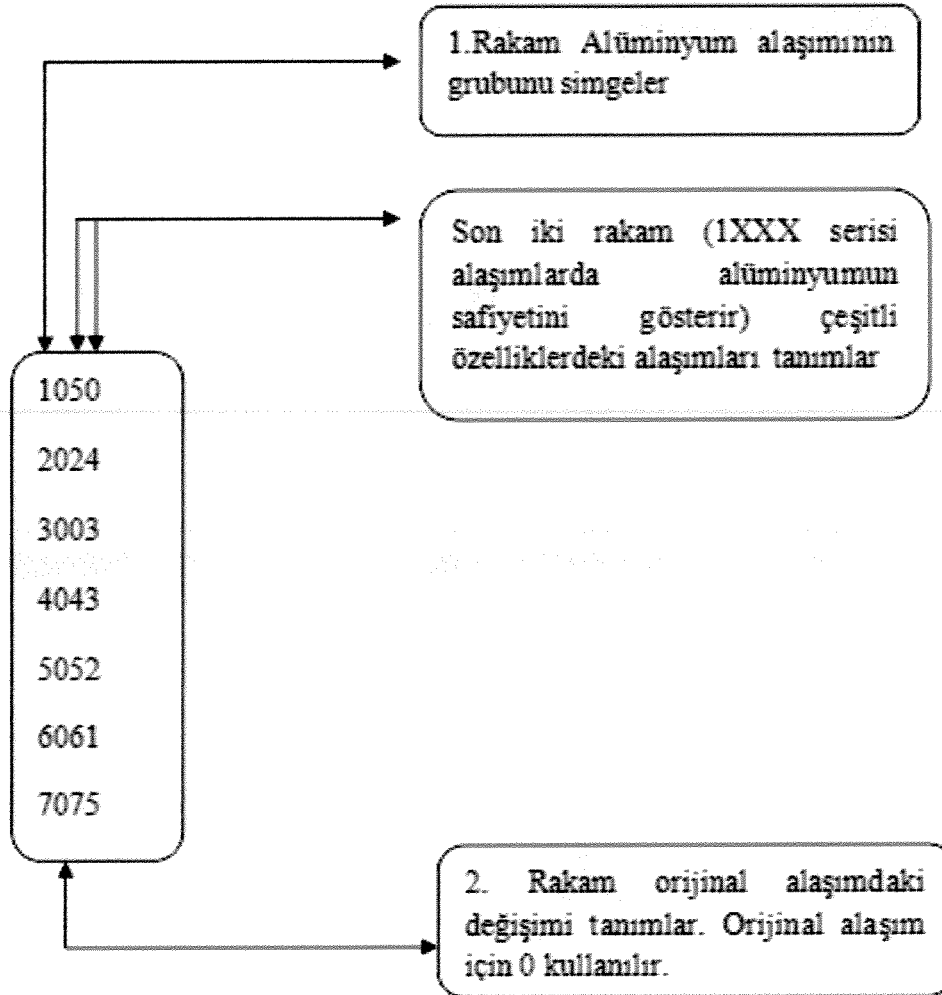
Alüminyum, elektrolitik olarak oksitlendirilerek değişik renklerde üretilebilir. Elokstal denilen bu işlem ile hem korozyona dayanıklı, hem de değişik renklerde mimaride kullanılan profiller üretilerek pencere, kapı vb. yapımında kullanılabilir. Bazı durumlarda sertliği ve dayanımı yüksek alüminyum alaşımlarının üstü saf alüminyum ile kaplanarak korozyon özellikleri iyileştirilebilmektedir.

3.2. Alüminyum Alaşımlarının Sınıflandırılması

Alüminyum alaşımları, üretim yöntemlerine göre işlem alaşımları ve döküm alaşımları olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bu iki grup içerisinde sertleşebilen ve sertleşemeyen alaşım olarak da gruplandırılır. Alüminyum esaslı malzemelerde başlıca alaşım elementleri; Mg, Mn, Si, Cu ve Zn olup bunlar tek tek veya birkaçı birlikte belirli özellikleri sağlamak için ilave edilmektedir. Bunlardan Al-Mg ve Al-Mn alaşımları

sertleşmeyen alaşım oluştururken Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si ve Al-Zn-Mg alaşımları çökeltme sertleşmesi ile sertleşebilen alaşım meydana getirirler.

Alüminyum alaşımları sayı sistemine göre 4 sayı ile gösterilmekte olup bunlardan ilk iki sayı temel alaşım elementlerini ve diğer sayı ise alaşımın belirli bir bileşimini gösterir.



Şekil 3.1.Amerikan Alüminyum Birliğinin dövme alaşımları için isimlendirme kriterleri [22].

Her iki alaşım türüne ait gösterim ve içerikleri Tablo 3.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Alüminyum alaşımlarının gösterilmesi [21].

Alaşım türü	Isıl-işlem alaşımları	Bileşimi	Isıl-işlem durumu
1XXX		Saf Al(%99)	Yaşlanmaz
2XXX		Al-Cu	Yaşlanır
3XXX		Al-Mg	Yaşlanmaz
4XXX		Al-Si-Cu ve Al-Mg-Si	Mg eklenirse yaşlanır
5XXX		Al-Mg	Yaşlanmaz
6XXX		Al-Mg-Si	Yaşlanır
7XXX		Al-Mg-Zn	Yaşlanır
Döküm alaşımları			
1XX.X		Saf Al	Yaşlanmaz
2XX.X		Al-Cu	Yaşlanır
3XX.X		Al-Si-Cu ve Al-Mg-Si	Bazıları Yaşlanır
4XX.X		Al-Si	Yaşlanmaz
5XX.X		Al-Mg	Yaşlanmaz
7XX.X		Al-Mg-Zn	Yaşlanır
8XX.X		Al-Sn-Li	Yaşlanır

3.2.1. 1XXX Alüminyum Alaşımları

Saf alüminyumu ifade eder ve bu seri en az %99 alüminyum içerir. Bu serideki malzemelerin, elektrik iletkenlikleri ve korozyon dirençleri yüksektir. Bu seride son iki rakam %99 değerinden sonraki kısmı belirlemede kullanılır. Örneğin 1060 malzemesinin %99.60 oranında saf alüminyum olduğunu belirtir.

3.2.2. 2XXX Alüminyum Alaşımları

Bu grubun alaşım elementi, yüksek dayanım ve düşük korozyon direncine sebep olan bakırdır. 2024 alaşımı bu grupta en çok bilinen, havacılık ve otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan alüminyum alaşımıdır.

3.2.3. 3XXX Alüminyum Alaşımları

Bu serinin alaşım elementi manganezdır. Alaşımda, düşük oranlarda (%1,2) manganez dayanımı arttırmaktadır. Bu serideki, 3003, 3004 ve 3105 alaşımlarının, korozyon direnci ve işlenebilirliği yüksektir. 3XXX serisi alaşımlar, yaygın olarak konstrüksiyon ve mimari alanlarda kullanılır.

3.2.4. 4XXX Alüminyum Alaşımları

Bu serideki alaşımlara, silisyum ilave edilerek, kaynak ve lehimleme işlemlerinde ergime noktası düşürülmekte ve böylece, alaşımın kaynak ve lehimleme kabiliyeti iyileştirilmektedir. Silisyum, alaşımın akıcılık özelliğini arttırması nedeni ile, döküm teknolojisinde, geometrisi karmaşık şekillerin üretilmesine imkan sağlar. 4043 alaşımı, yaygın olarak kaynak dolgu teli olarak kullanılmaktadır.

3.2.5. 5XXX Alüminyum Alaşımları

Bu seri, yüksek dayanım ve korozyon direnci sağlayan magnezyum elementini içerir. Gemi iskeletleri ve diğer denizcilik uygulamalarında, kaynak tellerinde kullanılır. Bu serideki alaşımların dayanımı, magnezyum miktarının oranına bağlı olarak değişir.

3.2.6. 6XXX Alüminyum Alaşımları

Bu alaşımlar, belirli oranlarda magnezyum ve silisyum içermesi nedeni ile Mg_2Si çökeltisi oluşturur. İyi derecede dayanım ve korozyon direncine sahiptir. 6061 alaşımı ise, düşük karbon çelikleri ile kıyaslanabilecek akma dayanımına sahip, en yaygın kullanılan alaşımlardan biridir.

3.2.7. 7XXX Alüminyum Alaşımları

Bu serinin en önemli alaşım elementi çinkodur. 7XXX serisi, alüminyum-çinko-magnezyum alaşımları (örneğin 7005) ve alüminyum-çinko-magnezyum-bakır alaşımları

(örneğin 7075 ve 7178) olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Minimum çekme mukavemeti 580 MPa olan 7178 alaşımı, uçak kafesleri ve yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bakır ile desteklenen 7XXX serisi alüminyum alaşımlarının korozyon direnci, 1XXX, 3XXX, 5XXX veya 6XXX serisi alüminyum alaşımlarına kıyasla daha düşüktür.

3.2.8. 8XXX Alüminyum Alaşımları

Al-Li alaşımlarıdır. Esas alaşım elementi lityum olup, kalay eklentisi de yapılabilmektedir. Özellikle uçak ve uzay yapılarında kullanılmaya başlanan bu malzeme, iyi yorulma direnci ve iyi tokluk özelliklerine sahiptir. Fakat diğer Al alaşımları ile karşılaştırıldığında üretim maliyetleri yüksektir [23].

3.3. Alüminyum Alaşımlarına Uygulanılabilen Isıl İşlemler

Alüminyum alaşımlarına yapılan ısıl işlemler değişik şekillerde uygulanabilir. Sertleştirilmenin derecesi alaşımın ısıl işlemine veya deformasyon sertleşmesine bağlı olarak temper sınıflandırılmasında T veya H ile gösterilir. T veya H harflerini izleyen sayı, deformasyon sertleştirilme miktarını, ısıl işlem tipini veya alaşımın işlemi sırasındaki diğer özel durumlarını belirtir. Uygulanan işlem sembolleri ile alaşım numarasının yanına yazılır. Bu işlemler şu şekilde ifade edilmektedir:

➤ **O:** Tavlanmış,

➤ **F :** Üretildiği gibi,

➤ **H:** Soğuk işlem görmüş (Sertleştirilmiş),

H1x: Sadece soğuk işlenmiş (x soğuk işlem miktarını ve dayanım artışını göstermektedir.)

➤ **H12:** Çekme mukavemeti O ile H14 arasında olacak şekilde soğuk işlem yapılmıştır.

➤ **H14:** Çekme mukavemeti O ile H18 arasında olacak şekilde soğuk işlem yapılmıştır.

- **H16:** Çekme mukavemeti O ile H14 ile H18 arasında olacak şekilde soğuk işlem yapılmıştır.
- **H18:** %75 kesit daralması olacak şekilde soğuk işlem uygulanmış.
- **H19:** Çekme mukavemeti H18 işlemi ile elde edilenden 14Mpa daha fazla olacak şekilde soğuk işlem görmüş.

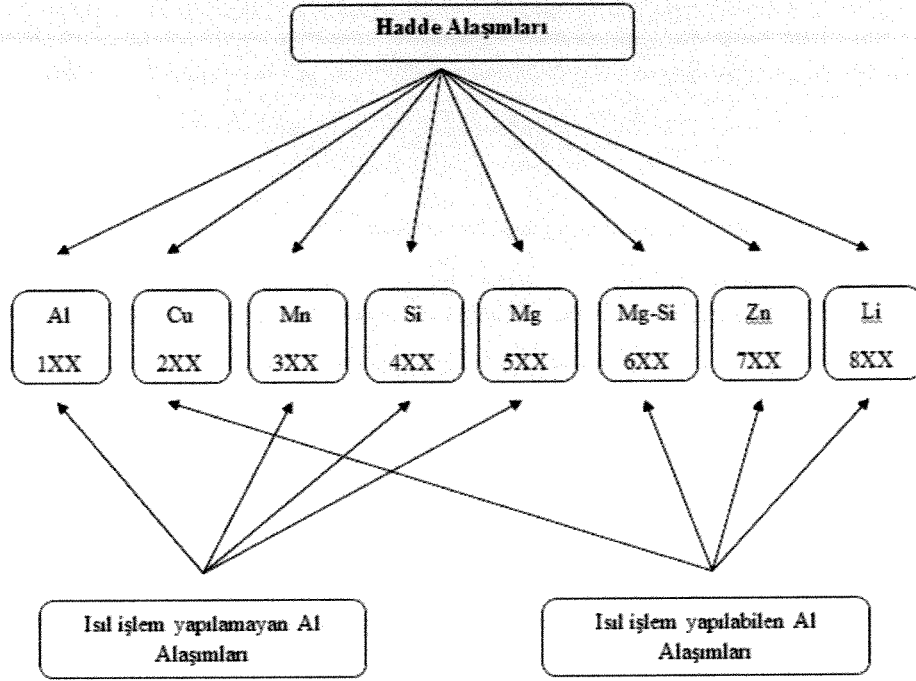
H2x: Soğuk işlem görmüş ve bir miktar tavlanmış.

H3x: Soğuk işlem görmüş ve düşük sıcaklıkta yaşlanmayı engelleyecek kararlı bir yapı elde edilmiş.

T-M, F, O ve H' den başka ısıtılma işlemi görmüş, ancak T harfinden sonra daima işlemlerin belirli sırasını gösteren ikinci bir harf de kullanılır.

➤ **T:** Isıl işleme tabi tutulmuş (Yaşlandırılmış)

- **T1:** Sıcak şekillendirme işleminden sonra soğutulmuş ve tabii yaşlanmaya bırakılmış.
- **T2:** Sıcak şekillendirme işleminden sonra soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve tabii yaşlanmaya bırakılmış.
- **T3:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış, soğuk şekillendirilmiş ve tabii yaşlanmaya bırakılmış.
- **T4:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve tabii yaşlanmaya bırakılmış.
- **T5:** Sıcak şekillendirme işleminden sonra soğutulmuş ve suni yaşlandırma yapılmış.
- **T6:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve suni yaşlandırma yapılmış.
- **T7:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış ve aşırı yaşlandırma yapılmış, kararlı hale getirilmiş.
- **T8:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış, soğuk şekillendirilmiş ve suni yaşlandırma yapılmış.
- **T9:** Çözeltiye alma işlemi yapılmış, suni yaşlandırma yapılmış ve soğuk şekillendirilmiş.
- **T10:** Sıcak şekillendirme işleminden sonra soğutulmuş, soğuk şekillendirilmiş ve suni yaşlandırma yapılmış. Hadde alaşımları 1XXX, 3XXX, 5XXX ve çoğu 4XXX alaşımları yaşlandırma ısıtılma işlemi uygulanarak sertleştirilemez [22].



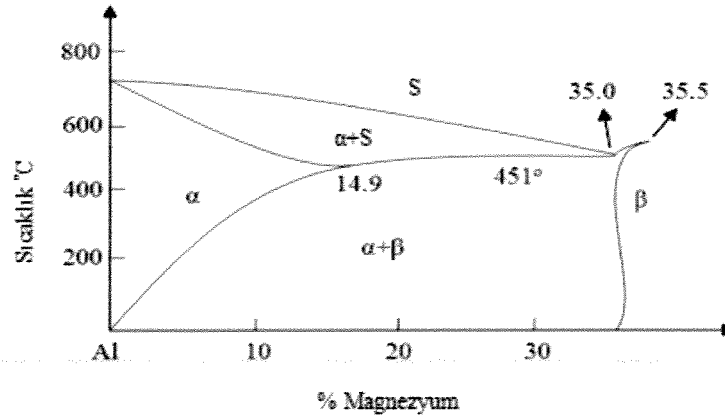
Şekil 3.2. Isıl işlem durumlarına göre hadde alüminyum alaşımları [22].

Alaşımlar elementlerinin Al özellikleri üzerine etkisi faz diyagramları ile daha iyi açıklanabilir. Magnezyum için katı çözünebilirlik sınırı ötektik sıcaklıkta % 15,35'den oda sıcaklığında yaklaşık % 2'ye düşmektedir. Bu da alaşımların eriyiğe sokma ve yaşlandırma ısıl işlemlerine tabi tutulmasına imkan sağlar. Denge şartları altında % 15den az magnezyum içeren alaşımlarda sadece bir α katı eriyiği bulunmaktadır, ancak dendritik segregasyona aşırı eğilimi, % 4 kadar az Mg bulunduğu zaman $\alpha+\beta$ (Mg_2Al_3) arasında ötektik oluşumuna neden olabilir. Eriyiğe sokma işlemi dendritik segregasyonu ve oluşmuş aşırı ötektiği ve böylece tane sınırlarında meydana gelen katı eriyiği gidermek için kullanılabilir. Alüminyum-magnezyum alaşımları iyi korozyon direncine sahiptir, ancak gerilmeli korozyona ve doğal yaşlanma sertleşmesine duyarlıdırlar. Sıvı halde magnezyum oksidasyona çok eğilimli olup bu problemin çözümü için özel işlemler gerekmektedir. Al-Mg-Si alaşımlarında çubuk şeklindeki β' kaynak çökeltisi β (Mg-Si) denge çökeltisine dönüşerek, Al-Mg-Cu alaşımında ise çubuk veya küre şeklindeki S' kaynak çökeltisi, S (Al_2CuMg) denge çökeltisine dönüşerek mukavemet özelliklerinin iyileşmesi sağlanmaktadır. Al-Si alaşımlarına göre Al-Mg alaşımları, döküm özellikleri daha az uygundur. Her ne kadar % 7-8 Mg bileşimine sahip alaşımlar kokil döküm ve

basınçlı dökümle sınırlı olmakla beraber, birçoğu kum döküm yöntemi ile üretilmektedir [21].

Al-% 10 Mg alaşımı ısıtılma işlemi cevap vermekte ve T4 ısıtılma işlemi ile yüksek mukavemet, süneklik ve darbe direnci kombinasyonu elde edilebilmektedir. Döküm parçalar eriyiğe sokma ısıtılma işlem sıcaklığından yavaşça su verilmelidir, aksi takdirde artık gerilmeler gerilmeli korozyona neden olabilmektedir. Ayrıca alaşım tropik şartlarda tane sınırlarında Mg_5Al_8 (muhtemelen Mg_2Al_3) çökmesine neden olan kararsız olma eğilimi göstermekte, bu da hem sünekliği düşürmekte, hem de belirli bir süre sonra gerilmeli korozyona neden olabilmektedir. Sonuç olarak Al-% 10 Mg alaşımının daha yüksek mukavemet ve sünekliğine gereksinim duyulmadığı sürece Al-Si-Mg gibi diğer alaşımlar kullanılmaktadır [22].

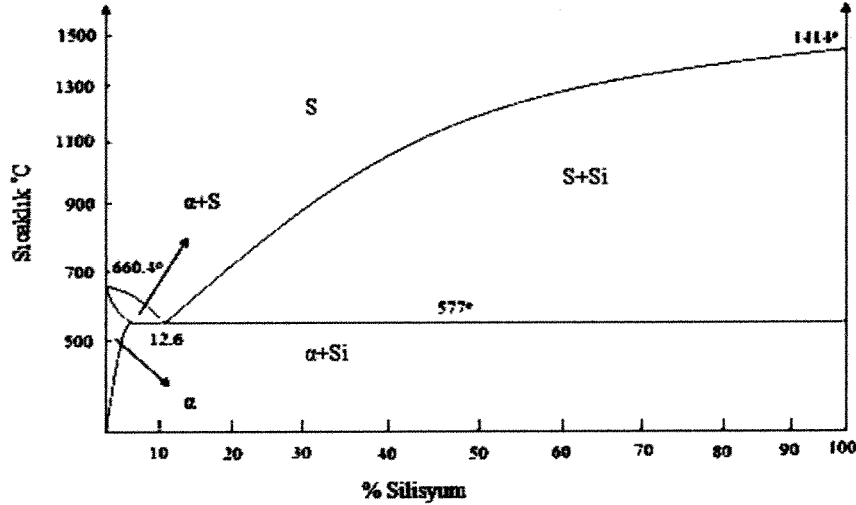
Sertleşebilen alüminyum alaşımlarının özellikleri, sertleşme, katı eriyik ve tane boyutu ile kontrol edilebilir. Ancak Al içinde alaşım elementlerinin çözünürlüğü az olduğu için katı çözelti sertleşmesi sınırlıdır. 5XXX alaşımları oda sıcaklığında iki faza (α, β) sahip olup, dayanım artışı Al içinde magnezyum katı eriyiği ile gerçekleşir. Fakat bu gevrek ve sert olan Mg_2Al_3 bileşimi korozyon dayanımını azaltır. Al-Mg alaşımları bu Mg_2Al_3 ağırlık çökeltme sertleşmesi ile tane boyutunu homojenleştirme işlemi ile dağıtılarak sertleştirilir. Ancak Mg_2Al_3 dağılımı uyumlu olmadığı için genellikle %2-12 arasında Mg ilavesi tercih edilir. Şekil 3.3.'de Al-Mg faz diyagramı gösterilmiştir [21].



Şekil 3.3. Al-Mg faz diyagramı [21].

4XXX serisi alaşımlarda hem (α) ve hem de hemen hemen saf silisyum (β) ihtiva eden iki faz mevcuttur. Hem Mg hem Si içeren bu alaşımlar, Mg-Si sistemlerden farklı olarak ara bileşik fazı olup, çökmeyi sağlamak için dağılarak yaşlanmayla sertleştirilebilir. Burada uygun bileşimli alaşımlar, Al-Mg veya Al-Si sistemlerden farklı olarak çökeltme sertleşmesi gösterirler. Benzer davranış Mg-Zn bileşiğinin bulunduğu Al-Mg-Zn üçlü sistemlerde de bu rastlanır. Buradan hareketle birçok alüminyum alaşımı çökeltme sertleşmesi uygulanarak geliştirilmektedir. 2XXX, 6XXX ve 7XXX alaşımları üçlü yaşlanma ile sertleştirilebilir.

Al-Si faz diyagramı da Şekil 3.4. 'de gösterilmiş olup yaklaşık %11.5 Si noktasından ötektik alaşımın iç yapısı %10 saf silisyum ile %90 α katı eriyiğinden oluşur. Böylece gerçek silisyuma göre sünek alüminyum silisyum katı eriyiği çok etkili olarak alaşımın özelliklerini tayin eder. Bu durum ise ince tane yapısı ve kalıbı iyi doldurma, yani iyi dökülebilirlik özelliklerinden dolayı Al-Si ötektik alaşımının pratikte döküm malzemesi olarak kullanılmasını sağlar.

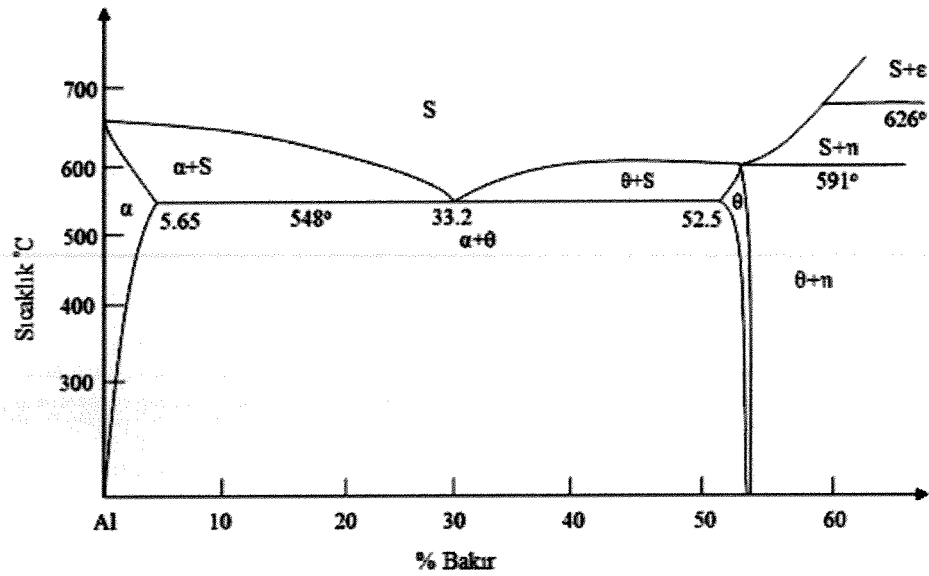


Şekil 3.4. Al-Si faz diyagramı [23].

Al-Cu faz diyagramında Şekil 3.5.'de gösterildiği gibi Al_2Cu bileşiği mevcuttur. Bu bileşik malzemenin gevrekleşmesine sebep olduğundan döküm tekniği bakımından ötektik bileşime yakın olması gereken Al-Cu alaşımlarının pratikte kullanılmasını engeller. Öte yandan, yapısal aşırı doymadan dolayı katılaşma aralığının genişliği nedeniyle Al-Cu

alaşımının bileşimindeki Cu miktarı ötektik yatayının başladığı %5,6 değerinin daha altında kalacak şekilde yaklaşık % 4,5 ile sınırlıdır.

Şekil 3.5.'de Al-Cu faz diyagramı gösterilmiş olup bakırın alüminyum kafesindeki çözünürlüğü, ötektik sıcaklığın altında azaldığı için çökelme sertleşmesi koşullarından biri yerine gelmiş olur. İlk defa çökelme sertleşmesi ile dayanım artışı bu alaşımlarla sağlanmıştır. Burada kısaca çökelme sertleşmesini ve aşamalarını açıklamakta fayda vardır.



Şekil 3.5. Al-Cu faz diyagramı [21].

Çökelme sertleşmesi için, ana metal içerisindeki alaşım elemanlarının düşen sıcaklıklarla çözülebilirliklerinin azaltılması gereklidir.

Çökelme sertleşmesinin aşamaları şunlardır:

- Çözündürme tavlaması
- Hızlı soğutma
- Çökeltiye alma (yaşlandırma)

3.3.1. Çözündürme Tavlama

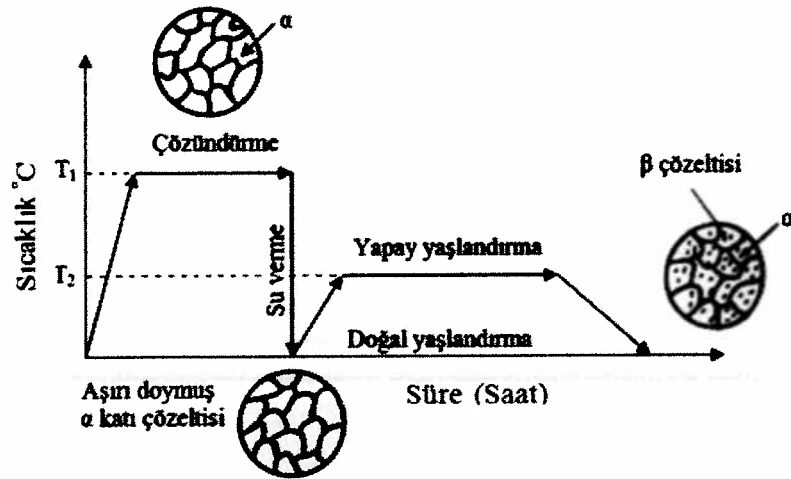
Eriyiğe sokma ısı-ışlemleri veya homojenleştirme olarak da adlandırılır. Al alaşımlarında 500°C civarında birkaç saatlik ısıtma esnasında çökelme sertleşmesine iştirak edebilen alaşım elementleri katı çözelti içerisinde çözülür. Yavaş soğuma sonrasında oda sıcaklığında Al_2Cu , Mg_2Si ve $MgZn$ gibi fazlar meydana gelir.

3.3.2. Hızlı Soğutma

Homojen katı çözelti alanından yapılan soğutma, alaşım elementlerinin aşırı doymuş çözeltide kalabileceği şekilde hızlı yayılır. Bu durumda yapı aşırı doymuş homojen katı çözelti şeklinde bulunur ve alaşımlar henüz yumuşaktır ve iyi şekil alabilir.

3.3.3. Çökeltiliye Alma

Oda sıcaklığında yada yüksek sıcaklıkta yapılır. Oda sıcaklığında yapılan doğal yaşlandırma tek fazlı yarı kararlı faz teşekkül eder. Çökeltiler yapı içerisinde küçük boyutta atom yığılması olarak görülürler ve uyumludurlar. Daha yüksek sıcaklıkta yapılan yapay yaşlandırmada Al-Cu-Mg alaşımları için yaklaşık 200 °C sıcaklığa kadar yarı-kararlı faz olarak büyük atom yığılması meydana gelir.

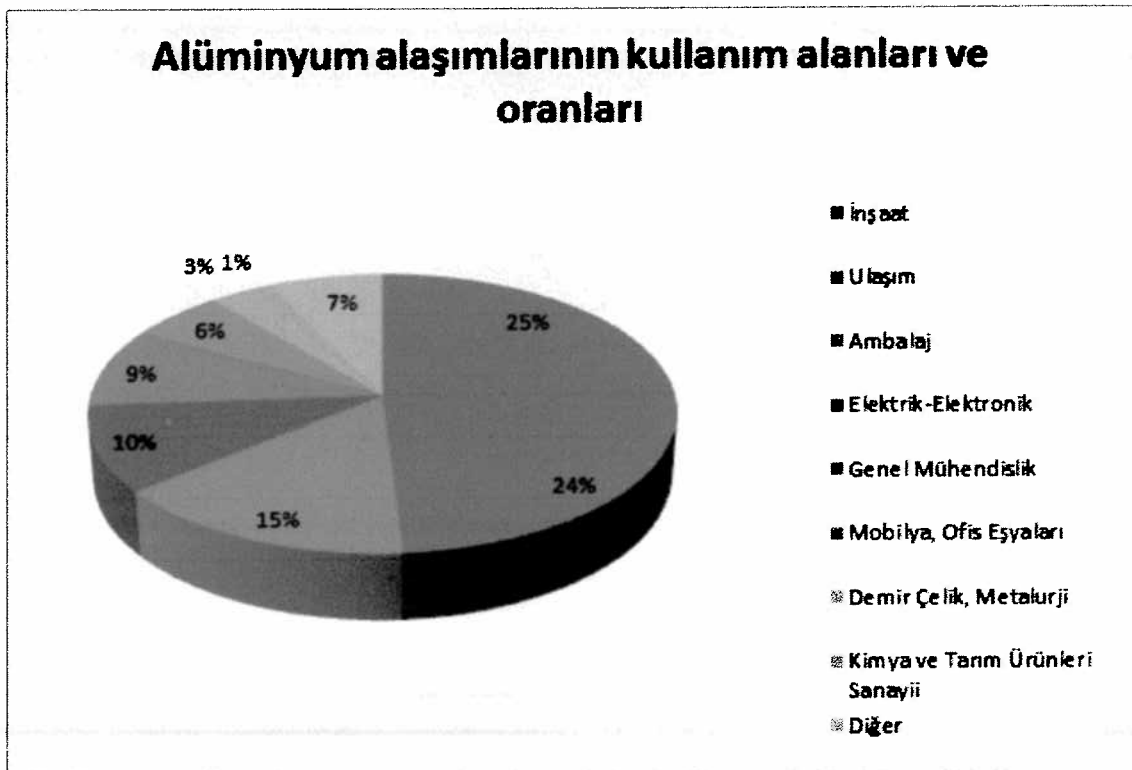


Şekil 3.6. Çökeltilme sertleştirilmesi veya yaşlandırma işleminde yapı değişikliği [21].

Soğuk ya da sıcak sertleştirilmiş çok ince dağılmış yarı kararlı faz partikülleri plastik şekil vermede dislokasyonların hareketini zorlaştırır. Bu plastisite kaybı sertlik ve dayanımın artmasını sağlar. Daha yüksek sıcaklıklarda yada sıcak sertleştirmede süre çok uzun tutulursa partiküllerde kabalaşma olur. Sertlikle birlikte dayanım tekrar düşmeye başlar [9].

3.4. Alüminyum Alaşımlarının Kullanım Alanları

Alüminyum hafif bir metal olması nedeniyle otomotiv sektöründe yoğun olarak kullanılmakta olup, kullanımı sürekli artış göstermektedir. Otomobil endüstrisinde radyatörlerin, motor parçalarının, gövde saclarının, yapısal parçaların üretimlerinde alüminyum kullanılmaktadır. Uçaklarda, tren ulaşım sisteminde yük taşıma ve yolcu kompartımanlarının yapımında, gemi sanayisinde, gemi gövdesinde ve pervanelerin üretiminde alüminyumdan faydalanılır.



Şekil 3.7 Alüminyum alaşımlarının kullanım alanları ve oranları [24].

Gıda endüstrisinde nispeten düşük asitliğe sahip sıvıların proses edildiği tank ve iletildiği borular korozyona dayanıklı alüminyum alaşımlarından üretilmektedir. Yine aynı sıvıların ve kimyasalların taşımacılığında benzer alaşımlardan üretilen tanklarla yapılmaktadır. Yakıt tankları, rafinerilerde tankların ve boruların ısı yalıtım elemanları yoğun olarak alüminyum alaşımlarından imal edilmektedir. Alüminyumun homojen yapısı, ince folyo (alüminyum kağıt) şeklinde üretilmesi, hava geçirmezliği ve kolay şekillenebilmesi onu ideal bir ambalaj malzemesi yapar. Alüminyum folyo, hava ve morötesi ışınları geçirmediğinden, gıdaları doğal renk ve tatları ile korur [24].

4. KESME SIVILARI

Talaşlı imalat işlemlerinde, iş parçasının kesilmesinde kayma düzleminde meydana gelen plastik deformasyon, takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme ve kesici takım serbest yüzeyi ile iş parçası arasındaki sürtünmeden dolayı bu bölgelerde önemli derecede sıcaklık açığa çıkmaktadır. Bu sıcaklıklar işlenen malzemeye bağlı olarak 1000°C'ye kadar hatta daha yüksek değerlere ulaşmaktadır. Oluşan bu yüksek sıcaklık, işlenen parçaların kalitesini (ölçü hassasiyeti ve yüzey kalitesini) olumsuz olarak etkiler. Aynı zamanda iş parçasında çarpılmalara, kesici takımın hızla aşınmasına ve plastik deformasyonlara neden olur. Bundan dolayı, oluşan ısının hızlı bir şekilde kesme bölgesinden uzaklaştırılması gerekir.

Günümüzde kaliteli kesme sıvılarının geliştirilmesi ile işlenmesi zor olan makine parçalarının, işlenebilmelerinde büyük kolaylıklar sağlanmıştır. Kesme sıvılarının soğutma fonksiyonlarını iyi bir şekilde yapılabilmesi için yüksek ısı iletme ve özgül ısı kapasitesine sahip olmaları gerekir.

Kesme sıvısı iş parçası yüzeyini iyi ıslatmalı ve yüzeye yayılmalıdır. Bu durumda sıvı ile metal arasındaki yüzeysel gerilim sıfır olur ve sistemin enerjisi azalır. Kesme sıvısı içinde katkı maddeleri varsa bunlar metal ile kimyasal reaksiyon yapıp sürtünmeyi azaltan iyi bir film tabakası oluştururlar [25].

Kesme sıvılarından istenen özellikler şöyle sıralanabilir:

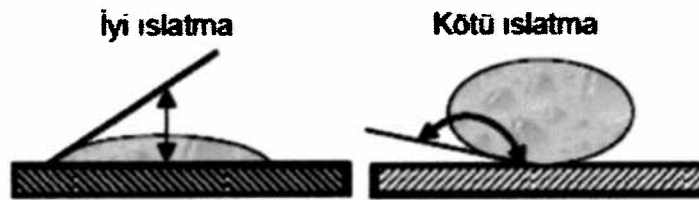
- Soğutma özelliğine sahip olmaları
- Yağlama özelliğine sahip olmaları
- Özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri
- Korozyon etkileri az olmalı
- İnsan sağlığına zararsız olmaları

- Tezgaha zarar vermemesi
- İyi ısı transfer yeteneğine sahip olması
- Uçucu olmaması
- Köpürmemesi
- Kıvılcımlanma tehlikesi taşımamaları

4.1. Kesme Sıvılarının Görevleri

Metal işleme sırasında kesici takım ucu ile iş parçası arasında çok büyük bir sürtünme oluşur ve bu sürtünmeyi aşmak için uygulanması gereken kuvvet çok yüksektir. İşlem sırasında bir sıvı kullanılması durumunda bu sıvı, takım ucu ile parça arasında bir film tabakası oluşturarak yağlayıcılık yapar ve aynı işin daha az bir kuvvetle yapılabilmesini sağlar. Aynı zamanda takım-talaş ve takım- iş parçası arasındaki sürtünmeyi azalttığı için takım aşınmasını azaltarak ve düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlar. Kesme sıvısı takım ve iş parçasının sıcaklığını kontrol ederek çarpılmayı azaltır. Temizleme özelliği ile oluşan talaşları sistemden uzaklaştırarak daha iyi yüzey düzgünlüğü elde edilebilmesini sağlar [26].

Talaşlı imalatta kesme sıvılarının ana görevi soğutma ve yağlama sayesinde sıcaklığı kontrol altında tutmaktır [27].



Şekil 4.1 İyi ve kötü ıslatma [27].

4.1.1. Soğutma

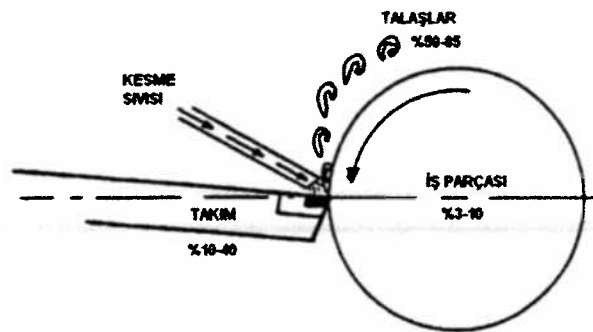
Termodinamiğin 2. kanununa göre ısı daima daha sıcak bir maddeden daha soğuk bir maddeye akacağı için; iş parçası, kesici takım ve talaşta sürtünme ile ortaya çıkan ısı,

soğutucu özellikteki kesme sıvısı ile absorbe edilmeye çalışılır. Kesme sıvısı ısınır ve devamlı olarak bir diğer sıvı ile değiştirilemediği için soğutma kabiliyetini kaybeder. Bu nedenle kesme sıvıları sürekli olarak, büyük oranlarda kesici takım ve parça üzerine akmalıdır. Yeterli hızda akan akışkan kesme bölgesine uygulanırsa, ısı üretildiği oranda bu bölgeden uzaklaştırılacaktır.

Bütün talaş kaldırma işlemleri yüksek miktarda ısı oluşumuna neden olur. Kesme hareketi sırasında oluşan ısı; kesici takım ucunda metalin plastik deformasyonundan ve takım-talaş ara yüzeyi boyunca kayan talaşın sürtünmesinden dolayı oluşur [11].

Talaşlı imalat sırasında uygulanan kesme sıvısı; ısıyı, kesici takım-iş parçası ara yüzeyinden uzaklaştırarak takımların yumuşamaya ve aşınmalarının artmaya başladığı kritik sıcaklığı aşmasını engellemektedir [28-29].

İdeal olan bir kesici takım, kesici uç bölgesinden ısıyı çabuk bir şekilde transfer edebilmelidir. Oluşan ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olduğundan talaş renginin değişmesine neden olur. Eğer çok az ilerleme ve çok az talaş derinliğinde malzeme kesiliyorsa, oldukça küçük talaş oluşacağından, ısı bu oluşan küçük talaş parçası tarafından emilemez. Bu durumda depolanamayan ısı, takıma ve iş parçasının içine nüfuz etmeye zorlanır. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş-takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması veya tahliye edilmesi daha kolay gerçekleşir. Uygun soğutma veya yağlama sıvısı ile takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısının % 50-85'i kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Kesme sırasında oluşan ısının uzaklaştırılması [27].

Takım-talaş ara yüzeyindeki takımı ve talaşı soğutması yanında; kesme sıvıları iş parçasını, fikstürü ve tezgâhı da yıkamaktadır. Sıvı, bu şekilde sistemin ısı kararlılığını sağlar ve istenen boyutların elde edilmesine yardımcı olur [25].

4.1.2. Yağlama

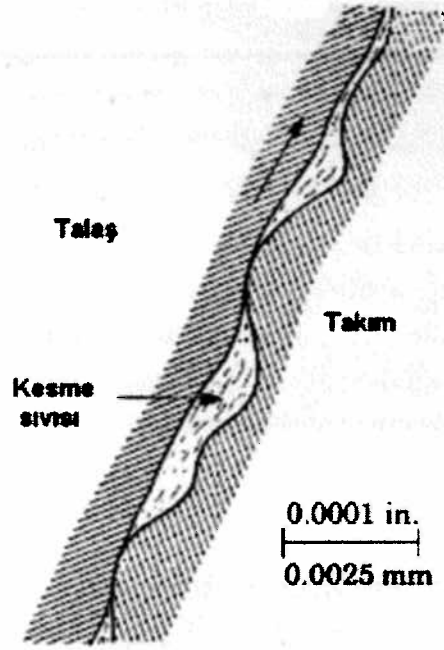
Kesme sıvısının ilk görevi takımı, iş parçasını ve talaşı yağlamasıdır. İş parçasından talaş kaldırılırken kesici takım, iş parçası ve talaşın bulunduğu yerde kısmi bir vakum oluştuğu düşünülür. Bu olay kapiler hareketle bağlantılı olarak kesme sıvısını, iş parçası, kesici takım ve talaşın karşılaştığı noktaya çekmeye eğilim gösterir. Sonuçta metalin metalle teması ile ortaya çıkan sürtünme büyük ölçüde azaltılmış olur.

Yağlama görevini yerine getirebilmek için, sürtünme yüzeylerinde birkaç molekül kalınlığında, yapışmış bir sıvı (yağ) tabakası oluşturmak gerekir. Sıvıların bu özelliğine yapışma kabiliyeti denir. Bu olayda sıvının kimyasal yapısı önemlidir.

Bütün sıvılar yapışmış bir tabaka oluşturamaz; ancak molekülleri polar gruplara sahip sıvılar, özellikle yağlar, yapışmış bir tabaka meydana getirebilirler. Yapışma kabiliyetini artırmak için sıvılara aditif denilen az miktarda ilave maddeler katılır [30]

Kesme sıvıları, takım ile iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltarak, sürtünme nedeniyle oluşan ısıyı en aza indirir [28].

Yüksek temas basınçları etkisinde ve talaş-takım ara yüzeyindeki kayma hareketi esnasında kesme sıvısının bu ara yüzeye nasıl nüfuz ettiği şu şekilde açıklanabilir: Takım ile talaş arasında, yüzey pürüzlülüklerinin oluşturduğu ağ bölgelerinde meydana gelen kapiler etki, kesme sıvısını bu bölgeye çeker (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Kesme sıvısının nüfuz ettiği kapiler bölgeleri gösteren takım-talaş ara yüzeyi [28].

Bu konudaki çalışmalar, kesme sıvısının bu ara yüzeye talaşın kenarlarından girebildiğini göstermektedir. Bu kapiler ağ bölgesinin boyutunun küçük olmasından dolayı kesme sıvısının küçük moleküllere ve uygun ıslatma kabiliyetine sahip olması gerekmektedir. Ancak işleme sırasında takım-talaş ara yüzeyinde oluşan çok yüksek basınçlar, takım ve talaşın sıvı bir filmle ayrıldığı hidrodinamik yağlayıcılığın tam bir şekilde oluşmasına imkân tanımaz. Aslında, kesme sıvılarının yağlayıcılık mekanizması kimyasal bir yapıya sahiptir [27].

Düşük kesme hızlarında yapılan işlemler yüksek yerel kesme kuvvetleri oluşturarak ağız birikintisi oluşumuna neden olabilmektedir. Eğer basınç, malzemenin takıma kaynamasına neden olacak kadar yüksek olursa, bu oluşum gittikçe büyür, sürtünmeler artar ve kritik bir noktada talaş yüzeyinde, akan talaş nedeniyle kırılarak takım malzemesinin de kopmasına neden olabilir. Bunun sonucunda takım geometrisi değişir ve parça boyutunda ve yüzey kalitesinde bozulmalar meydana gelir. Düşük kesme hızlarındaki işlemler, kesme sıvılarının soğutucu özelliklerinden çok, yağlayıcı özelliklerinden faydalanırlar.

Kesme hızı arttıkça ağız birikintisi oluşumu azalır. Yerel kesme kuvveti azalır ancak kesme bölgesinde daha fazla ısı oluşur. Hız arttıkça soğutucu ihtiyacı, yağlayıcı ihtiyacının üzerine çıkar. Ancak daha iyi bir yüzey kalitesi için yağ, suya tercih edilir. Su etkili bir soğutucudur ve yağdan 2,5 kat daha hızlı soğutur ancak yağlayıcılığı düşüktür [27].

4.1.3. Talaşı Uzaklaştırma

Kesme sıvılarının önemli işlevlerinden biri de talaşı kesme bölgesinden uzaklaştırmak, aynı zamanda talaşı soğutmak ve toz gibi küçük parçacıkların havaya karışmasını önleyerek sıvının içinde kalmasını sağlamaktır. Bitirilmiş yüzeyin bozulmasını önlemek için, işleme sırasında kesme bölgesinin oluşan talaşlardan sürekli olarak temizlenmesi gerekmektedir [31].

Kesme sıvısı, talaşı soğutmakla kalmayıp, aynı zamanda talaşın tezgâhtan uzaklaştırılarak bir filtreleme sistemine ulaşmasını da sağlamaktadır. Burada talaş, sıvıdan ayrılır ve kurutulmuş bu talaş tekrar kullanılabilir [27].

4.1.4. Kaynak Oluşumunu Engelleme

Kaynak oluşumu; düşük kesme hızlarında görülen ağız birikintisi oluşumunda görüldüğü gibi, yüksek sıcaklıklarda malzemenin, kesici takımın kesme kenarı üzerine yapışması anlamındadır. Kesme sıvıları kaynak oluşumunu önlemeye yardımcı olur. Burada farklı malzemelerin kimyasal yapılarından yararlanılabilir. Demir esaslı malzemelerin işlenmesinde, kesme sıvısının içine bakır bileşimi katılarak kaynak oluşumu engellenebilir [27].

4.1.5. Korozyonu Engelleme

Kesme sıvıları bir miktar korozyon koruma özelliği sunmalıdır. Demir esaslı malzemelerin işlenmiş yüzeyi, koruyucu tabakanın ortadan kalkmasından dolayı hızlı bir şekilde paslanma eğilimi gösterir. İyi bir kesme sıvısı, paslanmayı önleyerek tezgâh parçalarının ve iş parçasının zarar görmesini engeller. Ayrıca talaş üzerinde koruyucu bir

tabaka oluşturarak, bakımı zorlaştıran topaklanma ve cüruf gibi oluşumların da önüne geçilir.

Korozyonu önlemek için; metal, nem ve oksijenin bir araya gelmesi engellenmelidir. Kimyasal kesme sıvıları, korozyonu görünmez ve gözeneksiz bir film tabakası oluşturarak önlemek için katkı maddeleri içermektedir. Bu film tabakaları polar ve pasifleştirici olmak üzere ikiye ayrılır. Polar filmler, metal yüzeyi üzerinde koruyucu bir kaplama oluşturarak kimyasal reaksiyonu engelleyen organik bileşimler (protein ve yağ asidi) içerir. Pasifleştiriciler ise oksijen içeren inorganik bileşimlerden (borat, fosfat, silikat) oluşur. Bu bileşimler metal yüzeyiyle reaksiyona girerek korozyonu önleyen bir tabaka oluştururlar [27].

4.1.6. Güç Sarfiyatını Düşürme

Çoğu kesme sıvısı sürtünmeyi azaltarak belli bir malzemeyi işlemek için gereken güç miktarını düşürür. Bu, sadece enerji tasarrufu anlamına gelmemektedir; ayrıca daha az güç, daha az ısı oluşumu demektir. Daha az ısı oluştuğunda da takımın ömrü artar ve iş parçasının yüzey bütünlüğü korunur. Genel olarak, sistem daha kararlı olma eğilimi gösterir. Sistem sıcaklığı, çevre sıcaklığına ne kadar yakın tutulabilirse, işlem de ısıl olarak o kadar kararlı olur ve bu da iş parçasının metalürjik ve boyutsal bütünlüğünü olumlu yönde etkiler. Bu yüzden belli durumlarda kesme sıvısının soğutulması fayda sağlayacaktır [27].

4.1.7. Takım Ömrünü ve Verimliliği Artırma

Talaşlı imalatla kesme sıvısı öncelikle, daha hızlı bir üretim ve daha uzun takım ömrü sağlamaya yardımcı olmalıdır. Geliştirilmiş ıslatıcı madde kimyasıyla, yüzey etkin sıvılar, iş parçasının yüzeyine nüfuz ederek yüzeyle ve yüzeyin altıyla kimyasal reaksiyona girer ve kayma gerilmesini düşürür. Bu sayede güç sarfiyatı ve ısı oluşumu da azalır. Neticede üretim hızı ve belli bir kesme hızı için takım ömrü artmış olur.

4.1.8. Belli Bir Tipte Talaş Oluşturma

Kesme sıvısı uygulaması talaş oluşumunu etkilemektedir. Yüksek basınçlı sistemlerde, sıvı bir talaş kırıcı rolü oynarlar. Talaşın arkasından yapılan püskürtme talaşı soğutmakla kalmayıp aynı zamanda talaşın küçük parçalara ayrılmasını da sağlar. Yüksek basınçta takım içinden uygulama, özellikle delmede iki kat fayda getirir. Talaşın soğutulması ve küçük parçalara ayrılmasının yanında, delikten hızlı bir şekilde dışarı atılması da sağlanır. Böylece delikte oluşabilecek çizilmeler ve talaşın takım yivlerinin içinde sıkışma ve tıkama yapmasından kaynaklanabilecek sürtünmenin oluşturacağı fazladan ısı oluşumu azaltılmış olur [27].

4.2. Kesme Sıvılarının Uygulanması

Kesme sıvılarının takım-iş parçası ara yüzeyine doğru bir biçimde uygulanması, kesme sıvısının etkin olarak kullanılmasına bağlıdır. Kesme sıvısının kullanıldığı zaman etkin bir şekilde kullanılmalıdır.

Kesme sıvısının akıtılması en iyi, bir ya da daha çok sayıda düşük basınçlı üfleçle doğrudan doğruya kesme noktasına ve kesicinin her iki yanına yönlendirilerek yapılır [32].

Uygulama yöntemi sadece yağlama ve soğutmayı etkilemez, ayrıca kesme işleminde çıkan talaşın uzaklaştırılmasının verimliliğini de etkiler.

Soğutucu uygulamasının üç temel yöntemi vardır: Sıvı fişkırtma, MMY ve elle uygulama. Yağdanlık veya boya fırçası kullanarak yapılan elle uygulama, kesme hızlarının düşük olduğu ve sürtünmenin problem olduğu diş açma ve diğer işlemlerde yağlama sağlamak amacıyla kullanılabilir.

Ancak kesme sıvısını sürekli uygulamak ve iş parçasını etkili bir şekilde soğutmak bu yöntemle kolay olmadığı için, bu uygulama sadece az sayıda üretimin olduğu atölyelerde kullanılır [27].

4.2.1. Sıvı Püskürtme

En yaygın kullanılan yöntemdir. Frezeleme, delik delme, tornalama ve taşlama operasyonlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem, işlenen alanın kapalı bir sistemin parçası olmasını gerektirmektedir. Metal kesme operasyonlarında akıtma sistemi aynı zamanda soğutma ve kesici takım ile iş parçası arasındaki kritik alanlara kesme sıvısının etkin bir şekilde ulaşmasını sağlar. Bu sistem yüksek hacimde kesme sıvısı kullanmayı gerektirmektedir. Akış hızı, tornalama için 10 litre/dakikadan yüzey frezeleme için 200 litre/dak. değişebilmektedir [33].

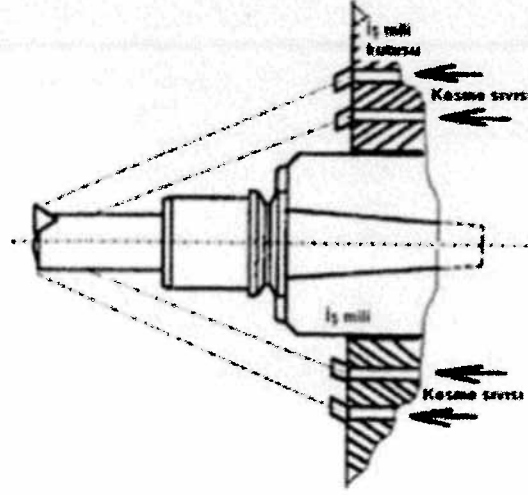
Akıtma yönteminde kesme sıvısı kesici takım-iş parçası ara yüzeyine boru, hortum veya nozzle sistemi aracılığıyla gönderilmektedir.

Sıvı fişkirtma yöntemi de kendi içinde takım dışından soğutma ve takım içinden soğutma olarak ayrılabilir

4.2.1.1. Takım Dışından Soğutma

Takım dışından soğutmada sıvı, düşük basınçta akıtılabilir ya da yüksek basınçta fişkırtilabilir. Düşük basınçta akıtma sistemlerinde soğutucu, nozullar vasıtasıyla kesme bölgesine su hattı basıncıyla sevk edilir. Soğutucu sabit veya esnek borularla uygulanabilir. İki durumda da nozullar yeterli miktarda sıvıyı kesmenin ardına uygulayacak ve iş parçasını ve kesici takımın önünü bu sıvıyla kapatacak şekilde yönlendirilmiş olmalıdır. Özellikle frezelemede yetersiz veya kesintili soğutucu uygulanması durumunda kesici takımda ısı yorulma oluşabilir. Eğer soğutucu miktarı yeterliyse, düşük basınçta akıtma uygulaması talaşları uzaklaştırma ve iş parçasını boyutsal toleransları sağlayacak şekilde soğutma konusunda etkili olur ancak bu uygulamanın yağlama etkisi düşüktür.

Yüksek basınçta fişkirtma uygulamasında ise soğutucu, nozullar vasıtasıyla yüksek basınçta kesici takımın önüne çarpacak şekilde yönlendirilmiştir (Şekil 4.4).

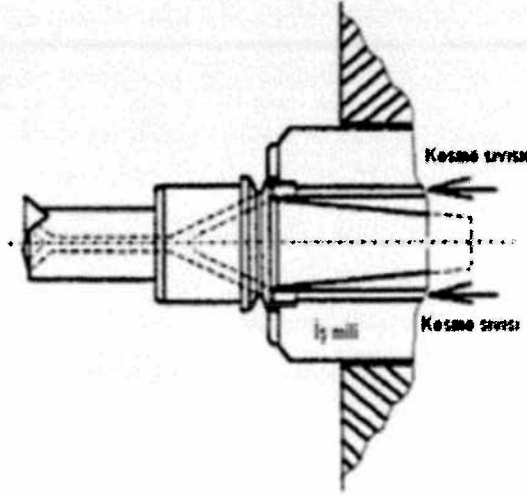


Şekil 4.4 Takım dışından soğutma

Nozul iç basıncı borunun çapına göre geniş bir aralıkta olabilir ancak genelde 5-50 bar'dır. Bazı taşlama işlemlerinde ve talaş kırıcı jet sistemlerinde göreceli olarak daha yüksek basınçlar kullanılır. Delik delme, frezeleme ve delik işleme işlemlerinde soğutucu, genellikle mil burnunun çevresindeki bir halkaya monte edilmiş nozullar vasıtasıyla rijit bir boru içinden geçirilerek uygulanır. Tornalamada bu nozullar takım tutucuya; taşlamada ise taşın önündeki bir boruya monte edilir. Yüksek basınç uygulaması daha etkin bir yağlama ve talaşı uzaklaştırma işlevi görürken; eğer düzgün bir toplama ve filtreleme sistemi yoksa operatöre zarar verebilecek duman oluşumuna neden olur. Ayrıca soğutucu bu uygulamada havayla temas etmeye ve köpürmeye daha meyilli olur [27].

4.2.1.2. Takım İçinden Soğutma

Takım içinden soğutma uygulamasında soğutucu, mil içinden takımdaki soğutucu yoluna yüksek basınçla verilir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Takım içinden soğutma

13 bar'lık basınçlar birçok tezgâh için standarttır ve 35-100 bar'lık basınçlar delik delme işlemlerinde genellikle kullanılır hale gelmiştir. Takım içinden soğutma, yüksek üretim hızlarındaki delik delme işlemlerinde talaşı uzaklaştırmak için gereklidir. Genellikle takım tezgâhına sızdırmazlık elemanları ve pompa koyulması gereklidir. Kesme kenarını soğutmada, delik delme işlemlerinde talaşı uzaklaştırmada ve taşlamada taşı soğutmada çok etkili bir uygulamadır. Mil yatağına soğutucu yağ sızmasını engellemek için etkili sızdırmazlık elemanları kullanılmalıdır. Kesme sıvısının yeniden kullanıldığı sistemlerde delik delme işleminde soğutucu yollarının tıkanmasını önlemek için iyi bir filtreleme yapılmalıdır. Sızdırmazlık elemanlarının, pompanın ve döner bağlantıların bozulmadığından emin olmak için çok iyi bakım yapılması gerekmektedir. Duman oluşumu ve fazla köpüklenme de bu uygulamanın diğer dezavantajları arasında sayılabilir [27].

4.2.2. Minimum Miktarda Yağlama (Pülverizasyon)

Soğutucu uygulanmasında kullanılan diğer temel yöntem MMY'dir. Aerosol doğrudan basınç uygulanmasıyla oluşturulabilir ve kesme bölgesine püskürtülür. Hava akımı içinde yağ olan açık bir tüpün ucuna yönlendirilerek vakum oluşturulur ve bu sayede yağ damlacıkları hava akımına karışır. Doğrudan basınç uygulamasında ise basınçlı hava, yağa

yönlendirilerek aerosol oluşturulur. Oluşturulan aerosol kesme bölgesine dışarıdan nozullarla veya takım içinden püskürtülebilir.

Bu uygulamasının sonucunda oluşan sıvı parçacıklarının operatör veya yakındaki insanlar tarafından solunmasını önlemek için havalandırmaya ihtiyaç vardır. Bu yöntemde soğutma kapasitesi de sınırlıdır. Ancak soğutucuyu başka şekilde göndermenin mümkün olmadığı yerlere ulaştırabilmesi ve parçanın işleme sırasında görünebilmesi bu yöntemin avantajlarıdır [27].

5. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ

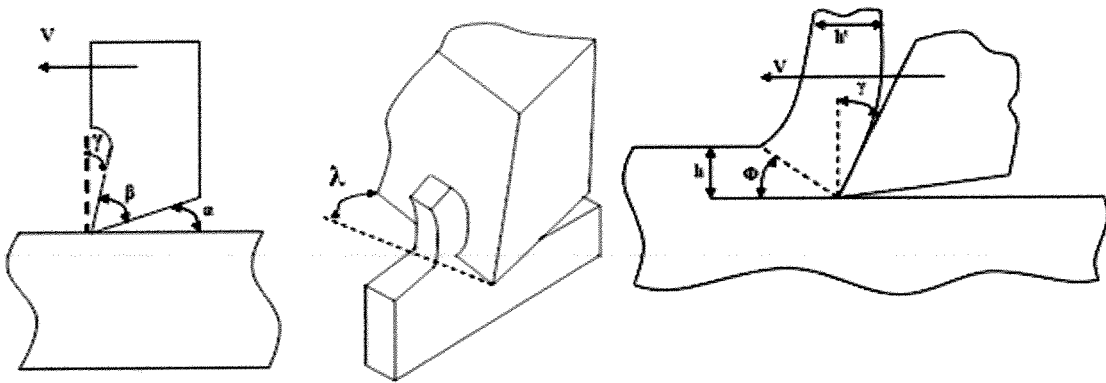
5.1. Talaş Kaldırma Mekaniği

Talaş kaldırma belirli boyut, şekil ve yüzey kalitesine sahip bir parça meydana getirmek için ucu keskin bir kesici takımla ve güç kullanarak, iş parçası üzerinden malzeme kaldırma işlemidir. Ayrılan malzeme tabakasına talaş denir. Fiziksel bakımdan Talaş kaldırma işlemi, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme, ısı oluşumu, talaşın kırılması ve büzülmesi, işlenen parçanın yüzeyinin sertleşmesi, kesici takım ucunun aşınması gibi olaylardan meydana gelen fiziksel bir olaydır.

Esasen talaşın iş parçasından ayrılması bir mekanik kopmadır; bu kopma burada makaslama(kesme) şeklinde gerçekleşmektedir. Bilindiği gibi genelde kopma sünek ve gevrek olmak üzere iki çeşittir. Sünek kopmada malzeme kopmadan önce büyük plastik şekil değiştirmeler göstermektedir. Sünek şekilde kopan malzemelere sünek malzemeler denilmektedir. Gevrek kopmada kopmadan önce çok az veya hiç bir plastik şekil değiştirme meydana gelmez. Bu malzemelere gevrek malzeme denilmektedir.

Buna göre işlenen malzemenin cinsine göre talaş kaldırma olayı şu şekilde meydana gelir. Sünek malzemelerde takımın kesme ağzının önünde bir plastik şekil değiştirme bölgesi meydana gelmekte ve bu bölgede malzeme talaş şeklinde sürekli olarak iş parçasından ayrılmakta ve talaş akışında bir kopma meydana gelmektedir. Bununla beraber konuyu teorik açıdan basitleştirmek için talaşın ayrılmasının bir bölge içinde değil Şekil 5.1’de gösterildiği gibi kesme düzlemi denilen bir düzlemde meydana geldiği varsayılır. Burada takımın kesme ağzının önünde aşırı plastik şekil değiştirme bölgesi oluşmakta ve malzeme talaş şeklinde hem iş parçasından ayrılmakta hem de talaş akışından dolayı kopmakta yani kesintili bir talaş tipi oluşmaktadır. Bu esas oluşum mekanizmalarına göre pratikte sürekli, yapışık ve kesintili olmak üzere üç talaş tipi vardır. Bant veya sarılmış şeklinde olabilen sürekli talaş tipi yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme ile işlenen sünek malzemelerde yapışık talaş tipi orta kesme hızlarında ve yüksek ilerleme oranları ile işlenen sünek malzemelerde ve kesintili talaş tipi de gevrek malzemelerde meydana gelir.

Sünek malzemelerde sürekli talaş tipinin oluşması kesme koşullarının iyi, işlenen yüzeyin kalitesinin de çok iyi olduğunu gösterir. Ancak bant şeklinde sürekli talaş, tezgâhın çeşitli tertibatlarına ve iş parçasına sarılarak işlenen yüzeyi bozabilir, gerek tezgâh, gerekse işçi için bir tehlike unsuru oluşturabilir. Bu nedenle bu gibi hallerde talaşın kırılması için çeşitli yöntemler uygulanabilir. Yapışık talaş tipi yüzey bakımından çok kötü olmakla beraber takımın ağzına yapışarak, takım üzeri sıvanma ve takım ağzının kısa zamanda aşınmasına ya da kırılmasına yol açar. Kesintili talaş tipi sert malzemelerde çok iyi bir yüzey meydana getirir.



Şekil 5.1 Takım modeli ve ortogonal kesme [30].

5.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

Yüksek verimle üretim yapabilmek için üretim esnasında optimum işleme şartlarının oluşturulması gerekir. Talaş kaldırma işleminde üç önemli faktör olan; kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliğinin takım ömrüne ve talaş kaldırma miktarına önemli etkisi vardır. Talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanan, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş malzemesi yüzeyinin sertleştirilmesi ve kesici takım ucunun aşınması ve kırılması gibi olaylardan meydana gelen karmaşık fiziksel bir olaydır. Her hangi bir iş malzemesi yüzeyinden belirli miktarda malzeme tabakasının kaldırılması için kesici takım olarak adlandırılan bir kalemin o malzemenin içine batması gerekir. Bunun içinde takım olarak kullanılan kesicinin, işlenecek iş parçasından daha sert, dayanıklı olması ve takıma kâfi derecede bir kuvvetin uygulanması ile yine kesme olayının gerçekleşmesi için kesici takımın belirli bir takım geometrisine sahip olması ve belirli

kesme şartlarının uygulanması lazımdır. Tornalamada yapılan kesme işleminin sürekliliğinden ve talaş kaldırma işlemini en iyi şekilde temsil etmesinden dolayı, tek noktalı kesme işlemi ele alınmaktadır. Aynı şekilde diğer takım tezgâhlarında da benzer olaylar daha basit olarak ortaya çıkmaktadır.

5.2.1. Takım Geometrisi

Kesici takımlar görünürde birbirinden çok farklı olmalarına rağmen, tüm takımlar kesici ve tutturma olmak üzere iki kısımdan meydana gelirler. Keskin uç, ağız veya diş denilen takımların kesici kısmı tüm takımlar için geçerli olmak üzere ortogonal bir tarzda temsil edilebilir. Bu haliyle kama şeklinde olan takımın kesici kısmı, talaşın temas ettiği talaş yüzeyi ve parçanın işlenmiş yüzeyine dönük serbest yüzey ile sınırlıdır. Bu iki yüzeyin kesişmesi takım ucunu meydana getirir.

Parçanın işlenmiş yüzeyi ve ona dik bir doğru, koordinat sistemi olarak seçilirse, bu koordinat sistemine göre takımın kesme özelliğini tayin eden; dikey doğru ile talaş yüzeyi arasında talaş açısı(γ), kesici kısmın kama açısı(β) ve serbest yüzey ile parçanın işlenmiş yüzeyi arasında boşluk açısı (α) vardır. Ayrıca eğik kesmede takım ağzının kesme hızı doğrultusu ile yaptığı ve eğim açısı (λ) denilen bir açı daha vardır. Bu açı dik kesmede 0° 'dir. Bu açıların en önemlisi kayma açısı olup, kayma düzlemi ile takımın hareket yönü arasındaki açıdır. Kayma açısı değiştiği zaman talaş kalınlığını değiştirdiği için bu açının önemi büyüktür. Boşluk açısı; kesici takım ucunun ve taban alt yüzeyinin işlenecek iş parçasına sürtünmesini önlemek amacıyla verilir. Bu açının değeri genelde $3-110^\circ$ arasında olmakla beraber kesici takım iş parçasına göre de değişmektedir. Kama açısı; kesici takım ucunun kesme özelliğinin sağlanması yani batmanın kolaylaştırılması için verilmekte olan bu açının değeri hem takım malzemesi hem de iş malzemesi çifti için deneye tespit edilen tecrübeyle sağlanır. Ancak bu açının değişmesi talaş açısını da değiştirir ve dolayısıyla bu açı talaş açısındaki değişmeye bağlıdır. Talaş açısı; talaşın kesici takım yüzeyinden akarak uzaklaşmasını sağlayan açı olup, bu açı genellikle pozitif olarak verilir. Ancak bazı hallerde özellikle seramik takımla kesme yapıldığında, talaş açısının negatif değer olabilmektedir. Bu dik kesme işleminde boşluk açısı, kama açısı ve talaş açıları toplamı her zaman 90° olmalıdır.

5.2.2. Kesme Hızı

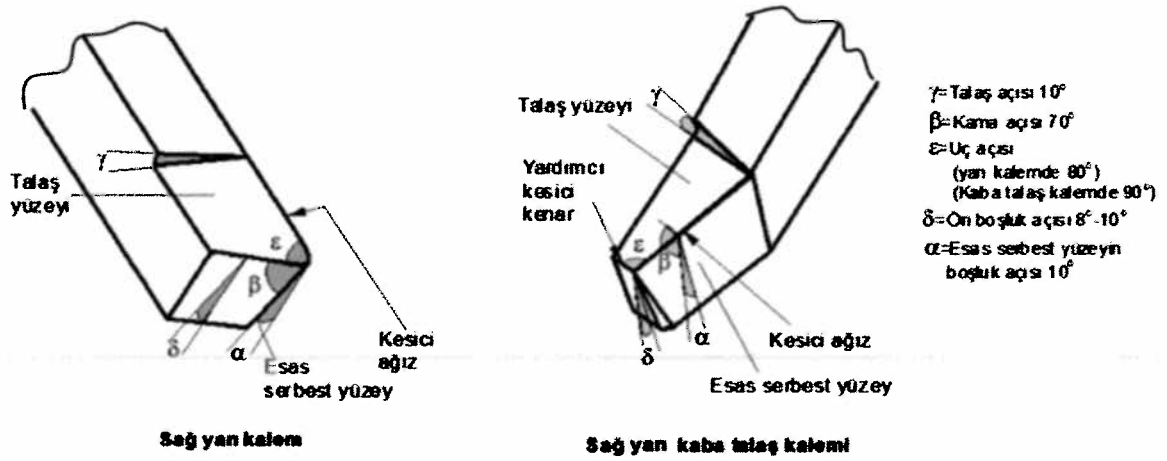
Kesme hızı, talaş kaldırma esnasında, kesici takımın dönen iş parçası üzerinden dakikadaki metre cinsinden aldığı yol olup, tornalama ile talaş kaldırma işleminde V formül 5.1'deki gibi ifade edilir. Burada; V: Kesme hızı (m/dak), D: İşlenecek iş parçasının çapı (mm), n: İş parçasını işlemek için kullanılan tezgâha verilmesi gereken devir sayısını (dev/dak) göstermektedir. Talaş kaldırma esnasında uygulanması gereken kesme hızı işlenecek malzemeye, kesici takım malzemesine, talaş derinliğine, ilerleme miktarına, soğutma sıvısına ve tezgâh rijitliğine bağlıdır.

$$V = \frac{\pi D n}{1000} \text{ (m/dk)} \quad (5.1)$$

Her iki kesme konumunda da kesme hızı dış çapa göre verilir. Ancak özellikle alın tornalama işleminde, kesici takım dış çevreden iç merkeze doğru ilerleyerek kesme yaptığından dolayı kesme hızı merkezde 0 (sıfır) olurken dış çap işlerken ise maksimum değere sahip olmaktadır. Bu nedenle, iş parçalarının işlenmesinde, iş parçası merkezine yaklaştıkça daha kötü yüzey elde edilir. Bunu önlemek için özellikle büyük parçaların üretiminde, devir kontrollü tezgah kullanılması gibi gerekli tedbirler alınmalıdır. Aksi takdirde farklı kalitede parçası üretilmiş olacaktır. Kesmede genel kural olarak, ideal kesme şartlarının belirlenmesinde düşünülmesi gereken en önemli faktör, önceki deneylerden yararlanılarak, uygun kesme hızı seçiminin yapılmasıdır. Kesme hızı oldukça düşük seçilirse az parça üretilir ve çok düşük kesme hızlarında takım ucunda, talaş sıvanması meydana gelebilir. Bu durum takım değişikliğini gerekli kılabilir. Ancak, kesme hızı çok yüksekse, takım hızla bozulacak ve sıkça kesici takım değişikliği gerekecektir. Bu nedenle herhangi bir talaş kaldırma işlemi için optimum kesme hızı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengeleyecek şekilde seçilmelidir.

ISO' ya göre standart kesici takım kesme açıları Şekil 5.2'de gösterilmektedir. Burada; boşluk açısı (α), kama açısı (β), talaş açısı (γ), eğim açısı (λ), uç açısı (ϵ), ve yerleştirme açısı veya kesme kenar açısı (χ) gösterilmektedir. Bu kesici takım açıları, kesicinin istenilen şekilde olmasını ve bilenmesini sağlayan açılardır. α ve γ açıları kesici takım parçasının tam ekseninde bulunduğu durumda geçerlidir. Kesici takım iş parçası eksenin

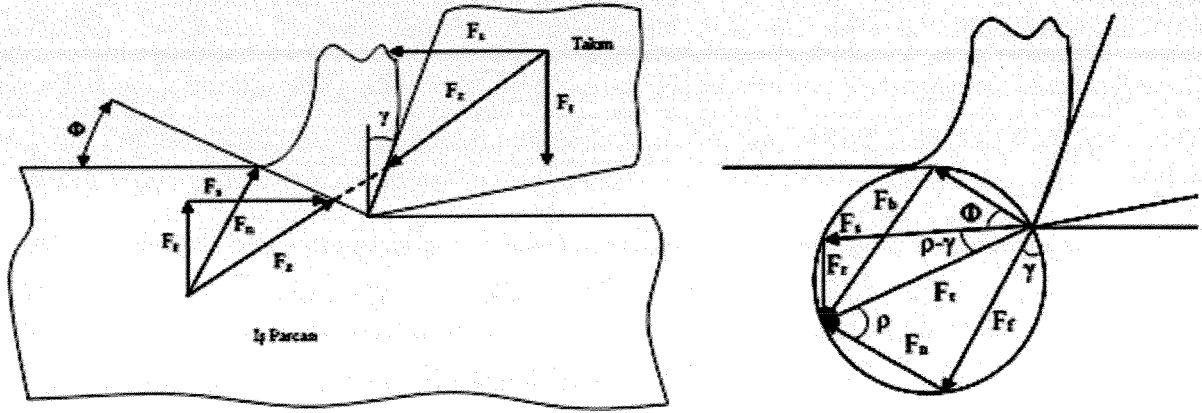
altında veya üstünde bulunursa kayma açısı değişir. Bu açıya bağlı olarak da α ve γ açısının değerleri değişir. Kesici takım eksenin altında olduğunda γ artarken α azalır. Kesici takım eksenin üzerinde olduğu zaman ise α artar ve γ azalır. Bu açıların değişmesi de kesme kuvvetleri ve takım ömrünün kısalmasına ve takımın otlamasına (boşa çalışma) yol açar. Bu nedenle kesme işlemi esnasında etkili talaş kaldırma işlemi elde etmek için kesici takımın uç noktası iş parçası veya fener mili merkezinde olmalıdır [11].



Şekil 5.2 Standart kesme açılarının gösterilmesi [30].

5.2.3. Kesme Kuvveti

Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı, talaş kaldırma kuvveti (F_z) adı taşıyan bir kuvvet uygulanır (Şekil 5.3.a). Kesme düzlemindeki kuvvetler kesme kuvveti, takım, talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Düzlem boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler, kesme düzlemin ortasında veya takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir (Şekil 5.3.b). Bu son durumda takım ucuna uygulanan kuvvet talaş kaldırma kuvveti F_z olursa, bu kuvvetin aşağıda gösterilen bileşenlerden meydana geldiği düşünülebilir. Kesme yönünde kesme kuvveti (F_c), bu yöne dik yönde radyal kuvvet (F_r); kesme düzleminde makaslama kuvveti (F_a) ve bu yöne dik yönde basma kuvveti (F_b); sürtünme kuvveti (F_f) ve bunu meydana getiren normal kuvvet F_n , F_n ile F_z arasındaki ρ açısı sürtünme açısıdır.



Şekil 5.3 Talaş kaldırma kuvvetleri [30].

Sürtünme katsayısı μ ile ifade edilirse;

$$\mu = \frac{F_f}{F_n} = \tan \rho \quad (5.2)$$

$$\rho = \arctan (\mu) \text{ olur.} \quad (5.3)$$

Bu kuvvetlerden en önemlisi kesme kuvveti F_s ve radyal kuvvet F_r dir. Şekil 5.3’de görüldüğü gibi kesme düzleminde, kesme direnç kuvvetinin yanı sıra kesici takımı parçadan ayırmaya çalışan bir radyal direnç meydana gelmektedir. Dolayısıyla takımı parça üzerinde tutmak için takıma radyal bir kuvvetin uygulanması gerekir, bu da takımın takım tutturma tertibatına bağlanması ile gerçekleştirilir. Kesme kuvveti ve kesilen kesiti alanı A_k , malzemenin kayma mukavemeti τ_k olmak üzere;

$$F_c = A_k \tau_k \quad (5.4)$$

$$A_k = h b / \sin \phi \quad (5.5)$$

Şeklinde ifade edilirse, Şekil 5.3b’den kesme ve radyal kuvvetler;

$$F_c = h b \tau_k \cos (\rho - \gamma) / \sin \phi \cos (\phi + \rho - \gamma) \quad (5.6)$$

$$F_r = h b \tau_k \sin (\rho - \gamma) / \sin \phi \cos (\phi + \rho - \gamma) \quad (5.7)$$

olarak bulunur. Bu denklemlerde görüldüğü gibi, talaş kaldırma için harcanan güç için önemli olan F_s kesme kuvveti; malzemenin kesme kopma mukavemetine (τ_k), talaşın

boyutlarına (b,h) talaş açısı(γ), kayma açısı (ϕ) ve sürtünme açısına bağlıdır. Kesme açısı optimum kesme açısı olduğu durumda belirli bir malzeme ve talaş boyutları için en düşük kesme kuvveti ve dolayısıyla en düşük talaş kaldırma gücünü oluştur [30].

5.2.4. Talaş Derinliği ve İlerleme Miktarı

Talaş kaldırma miktarı, bitirilmemiş iş parçasından kaldırılan malzeme miktarı olup dakikada mm^3/dak veya cm^3/dak cinsinden ölçülür. Bu değişkenlerden herhangi biri değiştirildiği zaman bunun sonucu olarak talaş kaldırma miktarı da değişir. Örneğin, kesme hızı veya talaş derinliği % 25 artırılırsa talaş kaldırma miktarı da % 25 artacak fakat kesici takımın ömrü azalacaktır. Her bir parametredeki değişiklik, kesici takım ömrüne farklı olarak yansıyacaktır. Kesme şartlarının değişmesinin etkileri, işlenen bir iş parçası üzerinde düşünülecek olursa; torna tezgâhı işlenecek malzeme için uygun devire ayarlanır. İlerleme miktarı seçilmiş ve genellikle minimum derinlik kabul edilen talaş derinliği, ilerleme miktarının 10 katı kadar seçilir. İşlem yapıldıktan ve takım ömrü belirlendikten sonra her değişken % 50 kadar arttırılacak olursa;

- Talaş derinliğinin % 50 oranında artırılması halinde takım ömrünü % 15 oranında azalacağı,
- İlerleme miktarının % 50 oranında artırılması halinde takım ömrünü % 70 oranında azalacağı,
- Kesme hızının % 50 oranında artırılması da takım ömrünü % 90 kadar azalacağı,
- Talaş derinliğindeki değişmelerin, takım ömrü üzerine en az etkiye sahip olduğu,
- İlerleme miktarındaki değişmelerin, takım ömrü üzerine talaş derinliğindeki değişikliklerden daha büyük etkisi olduğu,
- Herhangi bir malzemede kesme hızındaki değişikliklerin takım ömrü üzerine hem talaş derinliği hem de ilerleme miktarından daha büyük etkiye sahip olduğu görülebilmektedir.

En uygun ilerleme miktarı ve talaş derinliği düşünüldüğü zaman, mümkün olan en derin talaş derinliği ve yüksek ilerleme miktarı seçilir. Çünkü bunlar takım ömrü üzerine kesme hızından daha az etkiye sahip olduğundan takım ömrünü daha düşük oranda azaltacaktır.

Optimum ilerleme miktarı, kesici takım ömrü ve talaş kaldırma miktarını dengelemelidir [11].

5.2.5. Takım Uç Yarıçapının Etkisi

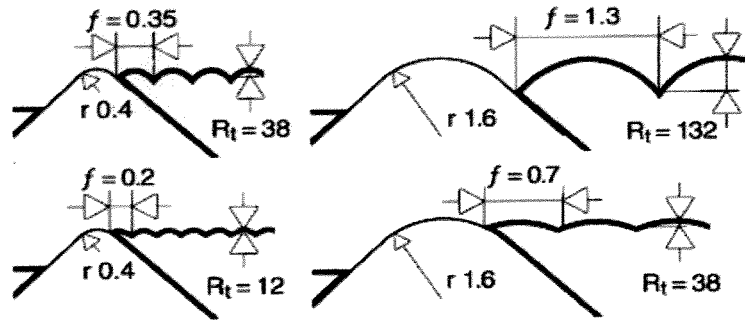
Takım ucunun yuvarlatılmış olması, talaş kesitinin dik değil de Şekil 5.4.'deki gibi yuvarlatılmış olarak oluşmasına neden olur. Böylece gerçek talaş kesiti (A_{sg}) teorik;

$$A_s = b \cdot h = f \cdot a \quad (5.8)$$

talaş kesitinden daha küçük olur ve parça üzerinde “ $A_{sv} = A_s - A_{sg}$ ” değerinde kaldırılmamış talaş kalır. Kaldırılmamış bu talaş kesiti yüzey pürüzlülüğünü oluşturur. Bununla beraber takım ucunun yarıçapı (r), işlenen yüzeyin yüzey pürüzlülüğünü de tayin eder.

$$R_a = \frac{f^2}{8r} \quad (5.9)$$

olarak bulunur.



Şekil 5.4 Takım uç yarıçapı [30].

5.2.6. Titreşimin Etkisi

Titreşimin kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine, kesici takım iş parçası arasında sürekli oluşan bir relatif titreşimin mevcut olması nedeniyle, kötü etkisi vardır.

Talaş kaldırma esnasında, genellikle, zorlanmış titreşim ve kendiliğinden doğan titreşim olmak üzere iki tür titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden dolayı ileri gelirken kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma olayından dolayı meydana gelen titreşimdir. Genelde kendiliğinden doğan titreşim, kesme hızı arttığı zaman kesme kuvvetlerinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu titreşimlerin en kötü hali ise, işlenen yüzeyde titreşimden doğan takım izleri bırakacak derecede büyük olan "tırlama" veya "otlama" olarak adlandırılan titreşimin ortaya çıkmasıdır ki bu doğrudan yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Her hangi bir kesme işleminde titreşim veya otlama iş parçası yüzeyinde kuvvetli dalgalanmalar ile sonuçlanır. Otlama meydana geldiğinde farklı bir ses oluşur. Talaş kaldırma esnasında oluşan bu olayı önlemek için aşağıdaki faktörler dikkate alınmalıdır. Bunlar kısaca şöyle özetlenebilir:

- İş parçası bağlama mesafesi mümkün olduğunca en aza indirilmeli,
- İş parçası dengeli tespit edilmeli ve kesici takım altına altlıklar konulmalı,
- Rijit tezgâh ve takımlar kullanılmalı,
- Tezgâhın hareket eden elemanlar arasındaki boşluklar en aza indirilmeli,
- Kesme şartları (kesme hızı, İlerleme miktarı ve talaş derinliği) optimize edilmeli ve kesmede oluşan kuvvetleri azaltmak için talaş derinliği ve ilerleme miktarı azaltılmalı,
- Kesme kuvvetini azaltmak için kesici takım tasarımında gerekli değişiklikler yapılmalı ve aşınma kriterine ulaşmış olan aşınmış bir takımla talaş kaldırma işlemi devam ettirilmemeli,
- İşletme hızları takım tezgâhı kontrol sisteminin doğal frekansına yaklaşılmamasına müsaade edilmemelidir [11].

6. TAKIM AŞINMASI

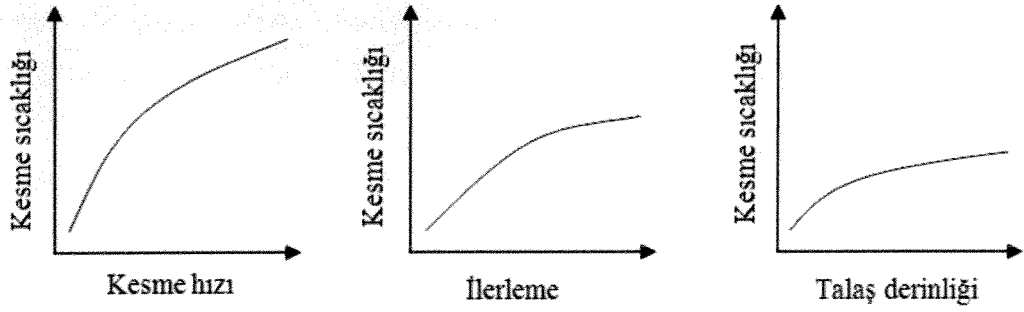
6.1. Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler

Takım aşınması, kesici takımdan kopan küçük parçacıkların kaybı olduğundan, işlenen yüzey üzerine de doğrudan negatif etkiye sahiptir. Çünkü parçanın kopmasıyla takım aşınmış ve kesici takımın serbest açısı 0 (sıfır) yaklaşacağından, daha çok uç alan bölgesi sürtünme işlemi yapacak ve kesme işlemi esnasında bu daha da büyüyecektir. Bu durumda kesici takım kesme işleminden ziyade iş parçasını zorlamakta, sıvama veya iş parçası yüzeyinin sertleşmesine yol açmakta, dolayısıyla takım aşınmaktadır. Bunun belirli kriterlere bağlı olarak etkili kesme zamanını tayin etmek için belirlenmesi gerekir.

Bu nedenle kritik değerlerin ne olduğunun bilinmesi ve nelere bağımlı olduğunun anlaşılması gerekir. Bunlar,

- Takım malzemesi,
- İş parçası malzemesi,
- Kesme hızı,
- İlerleme miktarı,
- Talaş derinliği,
- Talaş geometrisi,
- Takım geometrisi,
- Soğutma sıvısı vb. olarak özetlenebilir.

Şekil 6.1’de talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı üzerine dolayısı ile takım aşınması üzerine etkisi gösterilmiş olup, buradan görülebileceği gibi takım aşınması üzerine en büyük etkiyi kesme hızı bunu ilerleme oranı gösterirken en az etkiye ise talaş derinliğinin sahip olduğu görülmektedir. Takım ömrü de, aşınma sonucu gerçekleşen bir olay olduğundan, bunlar takım ömrüne de etki eden faktörler olarak ele alınmıştır.



Şekil 6.1 Talaş kaldırma parametrelerinin takım sıcaklığı ve aşınma üzerine etkisi [35].

6.2. Takım Aşınma Mekanizmaları

Bütün kesici takımlar talaş kaldırma işlemleri sırasında aşınır ve bu aşınma, kesici takım ömrünü tamamlayıncaya kadar devam eder. Kesici kenarın ömrü dakika olarak ifade edilir ve günümüzde takım ömrü eskiden olduğundan daha azdır.

İş parçalarının kabul edilebilir sınırlar dahilinde işlenmesi sırasında gerçekleşecek üretim zamanına kesici uçun takım ömrü denir. Takım aşınması kesici kenar üzerine etkiyen yük faktörlerinin bir sonucudur. Kesici kenarın ömrü birçok yüke bağlı olarak belirlenir. Aşınma olayı ise takım ve iş parçası malzemesi ile işleme koşullarının etkileşiminden kaynaklanan bir olaydır. İlk zamanlarda takım ömrü parametresi, takımın artık talaş kaldıramaması şeklinde basitçe ifade edilirdi. Günümüzde yüzey dokusu (yüzeyin yapısı, görünümü), hassasiyet, takım aşınma biçimi, talaş oluşumu ve önceden kestirilebilir güvenli takım ömrü gibi yaygın parametreler söz konusudur.

Talaş kaldırma işlemi sırasında kesici kenar üzerinde etkili olan yük faktörlerinin sonucu olarak bazı temel aşınma mekanizmaları metalden talaş kaldırma işlemine etki eder. Bunlar:

- Abrasiv aşınma
- Difüzyon Aşınma
- Oksidasyon Aşınma
- Yorulma İle Aşınma (Statik veya Dinamik)

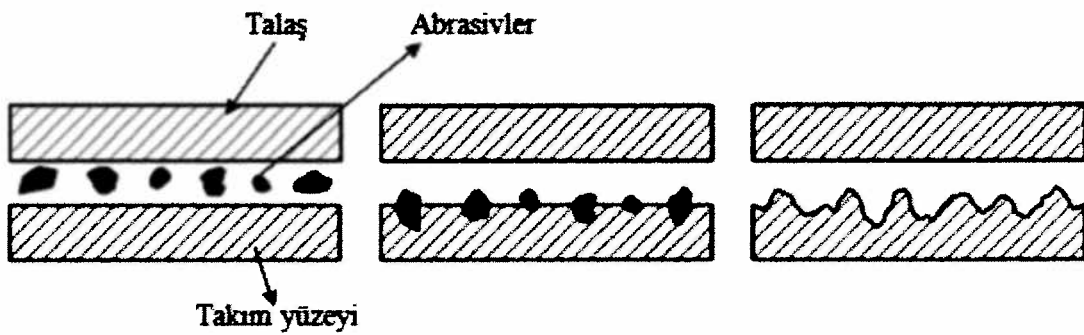
➤ Adhesiv aşınma

Takım malzemesinin yüklere karşı dayanımı, takımın metal işlemedeki aşınma mekanizmaları tarafından nasıl etkileneceğini belirler.

6.2.1. Abrasiv Aşınma Mekanizması

Abrasyon aşınma (aşındırıcılarla aşınma- abrasiv aşınma) aşınma mekanizmaları arasında çok yaygındır ve çoğunlukla iş parçası malzemesinin içerisindeki sert parçacıklarla meydana gelir. Sert parçacıklar iş parçası ile takım yüzeyi arasına geldiklerinde taşlama işlemine benzer bir durum oluşur. Kesici kenarın yan yüzeyinde aşınma, uç üzerindeki mekanik yüklerin bir sonucudur.

Kesici kenarın abrasiv aşınmaya karşı dayanımı büyük ölçüde kesici takımın sertliğine bağlıdır. Sert parçacıkların yoğun bir şekilde sıkıştırılması ile oluşan takım malzemesi abrasiv aşınmaya karşı dayanıklıdır. Fakat işleme sırasında meydana gelen diğer yük faktörleriyle başa çıkacak şekilde tasarlanmış olmayabilir. Abrasiv aşınma takım talaş ara yüzeyinde ise yüzeyde bir krater oluşmasına sebep olur. Şekil 6.2 Abrasiv aşınma mekanizmasını temsil etmektedir.,



Şekil 6.2 Abrasiv aşınma mekanizması [36].

6.2.2. Difüzyon Aşınma Mekanizması

Bu aşınma modelinde, talaş kaldırma esnasında oluşan kimyasal faktörleri daha etkilidir. Takım malzemesinin kimyasal özellikleri ve iş parçası malzemesine olan birleşme eğilimi difüzyon aşınma mekanizmasını belirleyecektir. Bu mekanizmada takım malzemesinin sertliği pek etkili değildir. Malzemeler arasındaki metalürjik ilişki aşınmanın büyüklüğünü tayin eder. Bazı takım malzemeleri bazı iş parçası malzemelerine karşı çok yüksek çekiciliğe sahipken bazıları iş parçası malzemelerine karşı asaldır.

Tungsten karbür ve çelik, bu mekanizmanın oluşması için gerekli kimyasal çekiciliğe sahiptirler. Bunun sonucu olarak takım yüzeyi üzerinde krater oluşması söz konusudur. Difüzyon aşınma mekanizması daha çok sıcaklığa bağlıdır. Dolayısıyla kesme hızı artırıldığı zaman mekanizmanın oluşma olasılığı artmaktadır. Wolfram karbür kesici takımlar ile çelik malzeme işlenirken difüzyon aşınma mekanizması meydana gelirse talaştan takıma doğru ferrit, takımdan talaşa doğru kobalt atomlarının geçişi olur.

6.2.3. Oksidasyon Aşınma Mekanizması

Pek çok malzeme için oksitlenme farklı olmakla birlikte metal malzemelerin çoğu için yüksek sıcaklık ve havanın varlığı oksidasyonu oluşturur. Tungsten ve kobaltta oksidasyon, talaş tarafından daha kolay kazanıp aşındırılabilen gözenekli oksit filmi şeklinde oluşur. Bununla birlikte alüminyum oksit gibi bazı oksitler daha güçlü ve daha serttir. Bazı kesici takım malzemeleri oksidasyon sebebiyle aşınmaya diğerlerinden daha fazla eğilimlidir. Özellikle kesici takım kenarı ile iş parçası ara yüzeyinde talaş derinliğinin bittiği yerde ortama hava karışarak havadaki nem v.b. korozyon faktörlerinden dolayı talaşın bittiği yerde çentik şeklinde bir aşınmaya sebep olur. Ancak bu tip bir aşınma günümüz teknolojisinde pek ender rastlanan bir durumdur.

6.2.4. Yorulma Aşınma Mekanizması

Yorulma aşınma mekanizması daha çok termo-mekanik bir olaydır. Sıcaklık dalgalanmaları ve kesme kuvvetindeki kararsızlık kesici kenarda çatlaklara ve kırılmalara

sebepe olur. Bazı takım malzemeleri yorulmaya diğerlerinden daha duyarlıdır. Ayrıca kesme kuvvetleri kesici kenarın mekanik dayanımından çok yüksek olduğunda sadece mekanik yorulma ortaya çıkabilir. Bu durum işlenebilirliği kötü olan malzemelerin yüksek ilerleme değerleriyle işlenmesinden veya takım malzemesinin yeterince sert olmamasından kaynaklanabilir. Bununla beraber bazı durumlarda plastik deformasyon görülebilir.

6.2.5. Adheziv Aşınma Mekanizması

Bu aşınma aynı zamanda yıpranma aşınması olarak da adlandırılır ve takım talaş ara yüzünde daha çok düşük işleme sıcaklıklarında oluşur. Alüminyum ve dökme demir gibi uzun talaş oluşumunun söz konusu olduğu malzemelerde görülür. Bu aşınma mekanizması genellikle kenar ile talaş arasında yığılma kenar oluşumuna neden olur.

Bu mekanizma genellikle kesici kenarla talaş arasında, kenarda yığılmış talaş oluşmasına sebep olur. Bu mekanizma sürecinde talaştan kopan ve birbirini takip eden katmanlar kesici kenara kaynaklanarak sertleşir ve kesici kenarın bir parçası haline alır. Oluşan yeni katmana BUE “Built Up Edge” denir.

BUE tabakası yerinden kopup uzaklaşsa da yeniden oluşabilir ve kırılması esnasında takım malzemesinden küçük parçacıklar kopartıp beraberinde götürebilir. Bazı kesici takım malzemeleri ve bazı iş parçası malzemeleri örneğin süne çelikler gibi, basınçla birlikte kaynamaya daha fazla eğilim gösterirler.

Daha fazla yüksek işleme sıcaklıklarında bu durumun oluşması için gerekli şartlar büyük ölçüde ortadan kalkar. Belli bir sıcaklık aralığı, takım ve iş parçası malzemesi arasındaki yakınlık ve kesme kuvvetleri ile oluşan yüklerin kombinasyonu adhezyon aşınma mekanizmasını oluşturur.

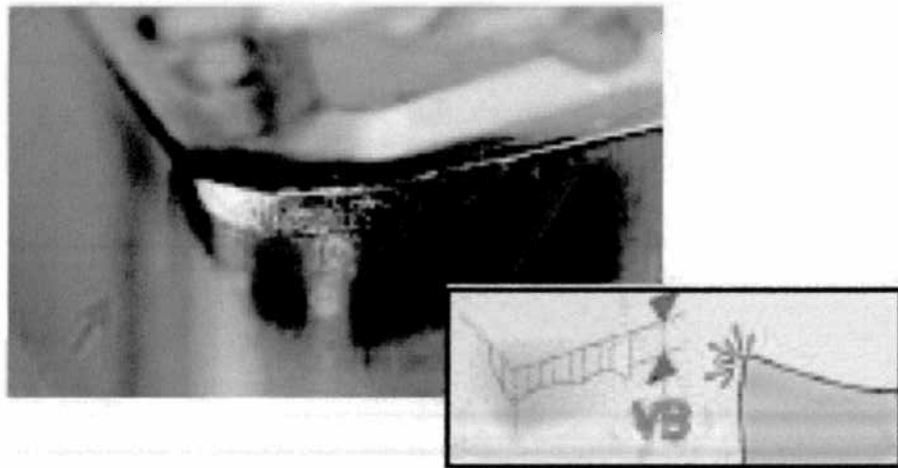
Deformasyonla sertleştirilmiş malzemeler (örneğin; östenitik paslanmaz çelikler) işlenirken talaş derinliğinin maksimum sınırında bu aşınma mekanizması, bölgesel aşınmanın hızlanmasına sebep olur. Bu durum en yaygın çentik aşınma tipidir ve aynı zamanda kesici takım malzemesi ile iş parçası malzemesinin yakınlığına bağlıdır [36].

6.3. Takım Aşınma Çeşitleri

Takım aşınma tiplerinin sınıflandırılması gerçekleştirilecek talaş kaldırma işleminin belirlenmesi ve optimize edilmesi açısından temel unsurdur. Belli başlı aşınma tipleri; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, plastik deformasyon, çentik oluşumu, ısıl çatlaklar, mekanik yorulma çatlakları, kesici kenardan parçacık kopmaları, kesici ucun kırılması ve yığılma kenar oluşumu sayılabilir.

6.3.1. Serbest Yüzey Aşınması (Yanak Aşınması)

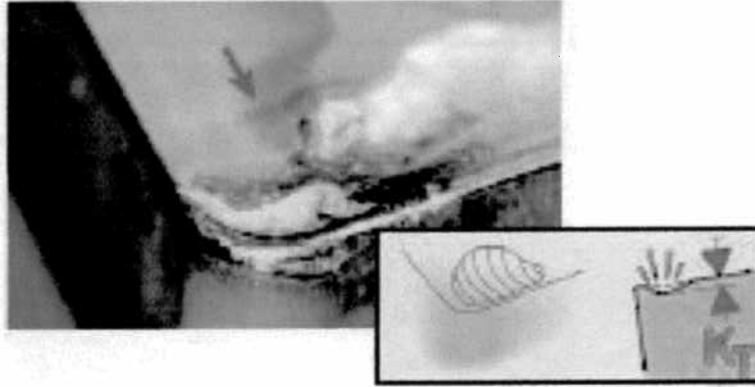
Kesici takımın, işlenen iş parçasıyla temas halinde olan yüzeyinde meydana gelen aşınma serbest yüzey aşınması olarak adlandırılır ve bir aşınma bölgesi oluşur. Bu aşınma bölgesinin işlenmiş yüzeyle sürtünmesiyle, talaş kaldırılan parça yüzeyinde hasar meydana gelir ve böylelikle oluşan yüksek serbest yüzey kuvvetleri nedeniyle boyutsal doğrulukta azalma ve sapmalar meydana gelir. Serbest yüzey aşınması genellikle kesme kenarlarının abrazyonu ile oluşur. Serbest yüzey aşınmasının büyüklüğü, ortalama serbest yüzey aşınması veya takım ucuna olan maksimum mesafesi ile ifade edilir. Serbest yüzey aşınma bölgesi genellikle üniform genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur. Zamana göre serbest yüzey aşınmasının gelişimi Şekil 6.3' de verilmiştir.



Şekil 6.3 Serbest Yüzey Aşınması [35].

6.3.2. Krater Aşınması

Kesici takımın talaş yüzeyinde krater aşınması adı verilen krater seklinde bir aşınma oluşur. Takımın talaş yüzeyi, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinde kaydığı yüzeydir. Genellikle krater aşınması takım ömrünü sınırlamaz. Krater oluşumu takım talaş açısının etkinliğini artırır ve böylece kesme kuvvetleri azalır. Fakat aşırı krater aşınması kesme kenarlarını zayıflatır ve bu durum takımın deformasyonuna veya kırılmasına yol açar. Buradan da anlaşılacağı gibi takım ömrünü kısalttığı ve takımın yeniden bilenmesini zorlaştırdığı için aşırı krater aşınmasından kaçınılmalıdır. Krater aşınmasının zamana göre değişimi, serbest yüzey aşınmasının zaman göre değişimi gibidir. Aşırı krater aşınması, difüzyon veya kimyasal aşınma mekanizmalarıyla meydana gelir. Krater aşınması, takım malzemelerinin kimyasal kararlılığının artırılması veya takımın talaş içinde çözünürlüğünün azaltılmasıyla azaltılabilir. Zamana göre krater aşınmasının gelişimi Şekil 6.4’ de verilmiştir.

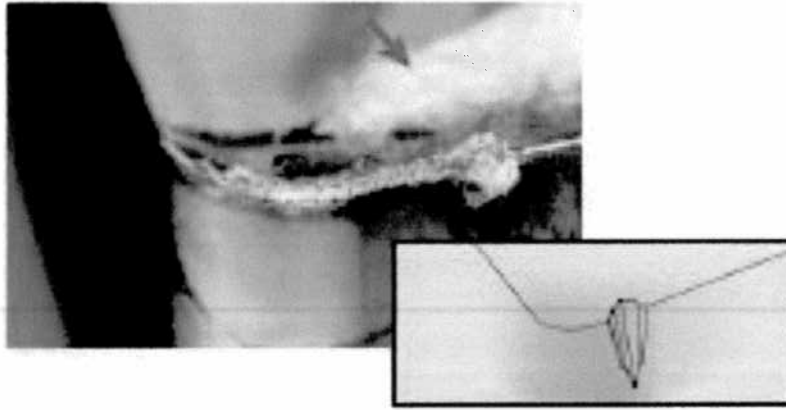


Şekil 6.4 Krater Aşınması [35].

6.3.3. Çentik Aşınması

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

Kullanılan bir soğutucunun neden olduğu, takım ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon veya korozyon nedeniyle oluşan oksidasyon da çentik aşınmasına neden olur. Aşırı çentik aşınması takımın yeniden bilenmesini zorlaştırır ve özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur. Çentik aşınması, takım ile iş parçası yüzeyi arasındaki temas alanının arttıran dalma açısının artırılmasıyla, çok pasolu talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve takım malzemesinin ısıl sertlik ve deformasyon direncini artırarak, azaltılabilir. Zamana göre çentik aşınmasının gelişimi Şekil 6.5’de verilmiştir



Şekil 6.5 Çentik Aşınması [35].

6.3.4. Burun Yarıçapı Aşınması

Bu aşınma takım burun yarıçapında, serbest yüzeyinin sonuna yakın bölgede iz kenarı üzerinde meydana gelir. Bu aşınma serbest yüzey ile çentik aşınmasının kombinasyonuna benzer ve öncelikle abrazyon ile korozyon ya da Oksidasyon nedeniyle oluşur. Aşırı burun aşınması işlenmiş yüzeyin kalitesini azaltır.

6.3.5. Isıl ve Mekanik Çatlaklar

Bu çatlaklar, kesintili talaş kaldırmada takımın değişken yüklerle yüklenmesi veya talaş kaldırma sırasında yüksek takım talaş sıcaklıkları nedeniyle oluşur. İki tip çatlak oluşur; özellikle bir soğutucu kullanıldığında değişken ısıl yükler altında kesme kenarlarına dik olarak oluşan çatlaklar ve değişken mekanik yükler nedeniyle kesme kenarlarına paralel

olarak oluşan çatlaklar. Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur.

6.3.6. Talaş Sıvanması (BUE)

Genellikle, yumuşak malzemelerin (örneğin Al) düşük hızlarda işlenmesi durumunda oluşur. Ağız birikimi; işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışması, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmasıyla meydana gelir. Özellikle delmede ağız birikimi önemli bir problemdir. Ağız birikimi oluşumu, etkili kesme derinliğini (veya delik çapını)değiştirdiği, böylelikle kesme derinliğinin kararsız olmasına ve dolayısıyla kalitesiz bir işlenmiş yüzeyin meydana gelmesine neden olduğu için istenilmez. Ağız birikimi oluşumu, pozitif talaş açılı takımlar kullanılarak, yağlayıcılık özelliği artırılmış soğutucular kullanılarak, yüksek basınçlı soğutucuyu direk talaş yüzeyine sevk ederek ve yüksek kesme hızları kullanılarak minimize edilebilir. Zamana göre ağız birikimi oluşumunun gelişimi Şekil 6.6' da verilmiştir

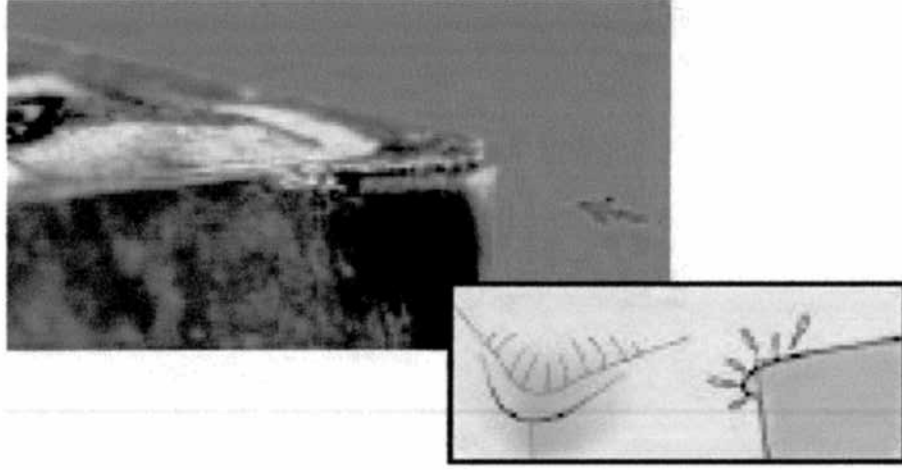


Şekil 6.6 Ağız Birikimi Oluşumu (BUE) [35].

6.3.7. Plastik Deformasyon

Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları, takım tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek

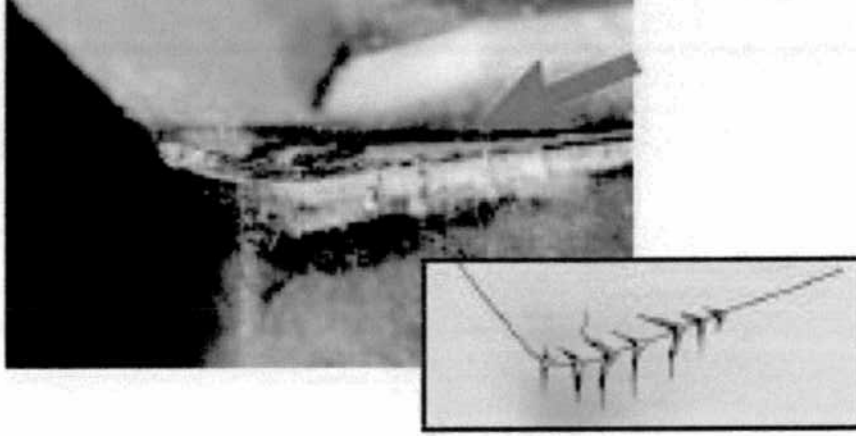
ilerleme hızlarında veya takım sertliğinin artan kesme hızı ve sıcaklıkla birlikte azaldığı yüksek kesme hızlarında oluşur. Kesme kenarındaki aşırı deformasyon boyutsal doğruluğun azalmasına, kötü bir yüzey kalitesine ve aşırı serbest yüzey aşınmasına veya takımın kırılmasına neden olur. Zamana göre plastik deformasyon aşınmasının gelişimi Şekil 6.7’ de verilmiştir.



Şekil 6.7 Plastik Deformasyon [35].

6.3.8. Kenar Çentiklemesi

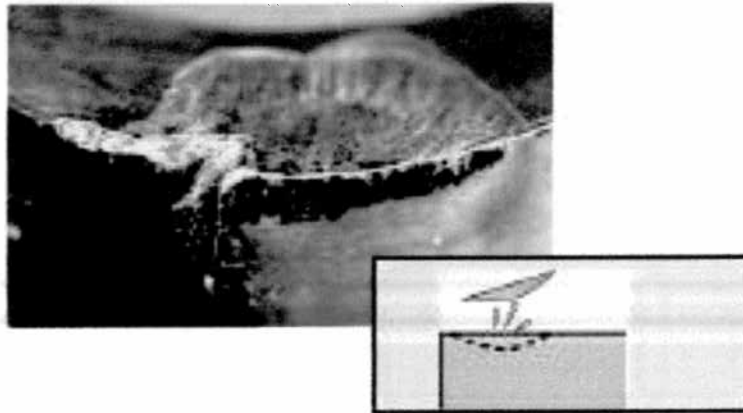
Kenar parçalanması seramik gibi gevrek takımlarla yapılan talaş kaldırmada veya sert ya da abraziv parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin işlenmesi durumunda oluşur. Aşırı kesme kuvvetleri veya düşük sistem rijitliği nedeniyle meydana gelen titreşim de kenar çentiklemesine neden olur. Kenar çentiklemesi nedeniyle işlenen yüzeyin kalitesi düşer, serbest yüzey aşınması artar ve sonuçta takım kırılabilir. Bu mekanizma; takım kenarlarının değiştirilmesiyle veya takımların kırılma dayanımlarının artırılmasıyla kontrol edilebilir. Zamana göre kenar çentiklenme aşınmasının gelişimi Şekil 6.8’de verilmiştir.



Şekil 6.8 Kenar çentiklenmesi [35].

6.3.9. Talaş Vurması

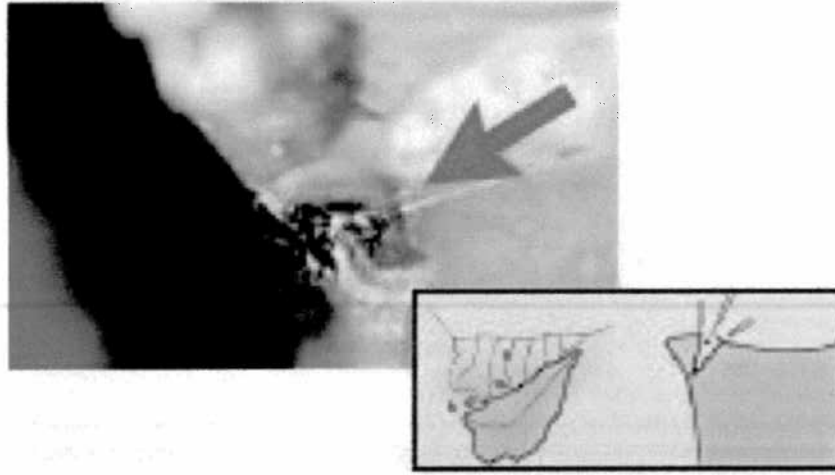
Bu durum tok veya abraziv talaş meydana getiren malzemelerin (örneğin paslanmaz çelik) seramik takımlarla işlenmesi durumunda meydana gelir. Talaş vurması, talaş geriye doğru kıvrıldığında ve kesme kenarından uzakta takım yüzeyine çarptığında oluşur. Böylece takım yüzeyinde çukurcuklar oluşur ve bu durumun devam etmesi halinde takım hasara uğrar. Talaş vurması yanlış talaş kontrolü nedeniyle oluşur. Talaş akış yönünü değiştirmek için dalma açısı, talaş derinliği, ilerleme oranı veya takım burun yarıçapı değiştirilerek talaş vurması önlenabilir. Zamana göre talaş vurma aşınmasının gelişimi Şekil 6.9' da verilmiştir.



Şekil 6.9 Talaş vurması [35].

6.3.10. Takım Kırılması

Takım kırılması, takımın önemli bir parçasının veya kesme kenarının parçalanması anlamındadır. Bu tip hasarı önlemek için genel stratejiler; kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu artırılmış takımlar kullanılması şeklindedir. Zamana göre takım kırılmasının gelişimi Şekil 6.10'da verilmiştir [30].



Şekil 6.10 Takım kırılması [35].

7. YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ

Talaş kaldırma işleminde, tezgâha girişlerin ve tezgâha dâhil diğer önemli işlemlerle birlikte çıkışlarında dikkate alınması gerekir. Bunlar arasında kesici takım malzemeleri, işlenecek iş parçası, tezgâhın kinematigi, rijitliği ve ekonomikliğı sayılabilir. Yüzey pürüzlülüğü ve hassasiyet ürünün son amacını belirlediğinden en önemli çıkış parametreleridir. İmalatta işlenmiş yüzey hassasiyetinin elde edilmesi her zaman önemli çıkış parametrelerinden biri olmaktadır. Yüzey hassasiyeti pek çok parametreyi içine alan bir terim olup, bunlar özetle yüzey bitimi ve çatlaklardan arınma, kimyasal değişme, yanma, dönüşme ve aşırı temperleme şeklinde termal hasar ve kalıcı çekme gerilmesi olarak sayılabilir. Bunlardan son bitirme yüzeyi talaş kaldırma işleminde en önemli unsur olup, diğerleri esas olarak taşlanmış yüzeylerle alakalıdır.

Talaşlı işlemlerde amaç, parçanın yapım resminde belirtilen tolerans derecesine göre parçaların istenilen geometrik ölçü ve yüzey kalitesinde parça imal edilmesidir. Makine parçasının geometrisi, boyutu ve yüzey kalitesi işleme kalitesini oluşturur. Ancak parça yapım resminde gösterilen ideal ölçülere göre üretimi tamamlanan parça üzerinde boyut, yüzey kalitesi ve geometrisi yüzünden bazı hatalar ortaya çıkabilir. Bu hatalar “tolerans” olarak adlandırılır ve parçanın kullanıldığı yere göre müsaade edilen belli bir değerde tutulduğu takdirde parçanın çalışmasına engel teşkil etmez. Bu toleranslar da parçanın hem boyut hem de yüzey kalitesini meydana getirirler. Ancak hatalar (tolerans) ne kadar küçük olursa o kadar yüksek yüzey kalitesi elde edilir. İmalat mühendisliği açısından parçaların kullanılacağı yere göre ekonomiklik de dikkate alınarak parçanın uygun yüzey kalitesinde işlenmesi gerekir. Bu işlemlerde gerçekleştirilerek üretim metodunun yanında yüzey kalitesi, toleransı ve maliyet arasında bir uyum sağlanmalıdır [36].

Malzemelerin işlenmesi esnasında kullanılan her bir parametre yüzey hassasiyetini etkilemektedir. Yüzey pürüzlülüğü de yüzey kalitesini belirleyen parametrelerden biridir. Ayrıca ilerleme miktarı, paso derinliği, kesme hızı, devir sayısı, soğutma sıvısı ve tezgâhın rijitliği gibi parametreler yüzey kalitesini etkileyen başlıca parametrelerdir.

İşlenmiş parça yüzeylerinin tribolojik özellikleri, yüzey dokusundan birinci derecede etkilenmektedir. Yüzey pürüzlülüğü sadece aşınma, sürtünme ve yağlama gibi tribolojinin geleneksel konularında değil aynı zamanda sızdırmazlık, hidrodinamik, elektrik, ısı iletimi vb. farklı alanlarda da dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Bu yüzden makine parçalarında yüzey pürüzlülük değerinin tespiti oldukça önemlidir [37].

Yüzey pürüzlülüğü, kullanılan imalat metotları ve başka etkilerle ortaya çıkan, genellikle başka düzensizliklerle sınırlanan, oldukça küçük aralıklı yüzey düzensizlikleridir. Kesici takımdan veya üretim sürecindeki diğer problemlerden kaynaklanan yüzey düzensizlikleri pürüzlülük olarak tanımlanır. Pürüzlülük çapraz ilerleme izleri ile diğer düzensizlikleri kapsar. Talaş kaldırma işleminin amacı, parçalara sadece bir şekil vermek değil, bunları geometri, boyut ve yüzey bakımından parça resminde gösterilen belirli bir doğruluk derecesine göre imal etmektir. Buna işlem kalitesi denilmektedir. Parçanın geometri, boyut ve yüzey doğruluğunu kapsayan yüzey kalitesi, günümüzde talaş kaldırma işleminin en önemli özelliğidir. Boyut kalitesi, parçanın gerçek boyutları arasında müsaade edilen sapmalardır. Bu sapmalar boyut toleransları ile ifade edilir. Boyut toleransları imalat kalitesine ve boyutun büyüklüğüne göre tayin edilirler. Geometri kalitesi, müsaade edilen şekil ve konum sapmalarını içerir. Bunlar ideal silindirik şekle göre sapmalar, ideal yüzeye göre sapmalar ve eksenel sapmalar olmak üzere üç gruba ayrılır [38].

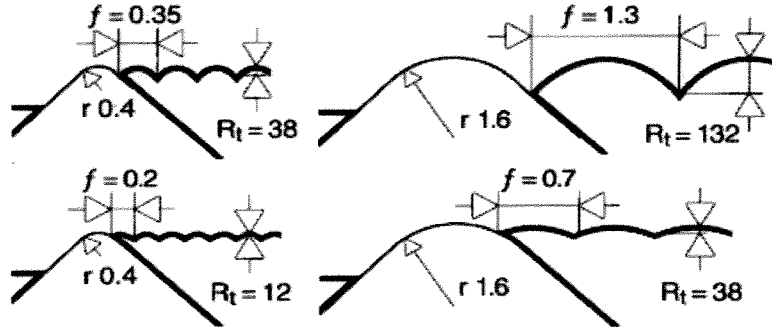
7.1. Yüzey Pürüzlülüğünün Oluşumu

Kesme işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi 2 bağımsız değişkenle özetlenebilir.

7.1.1. İdeal Yüzey Pürüzlülüğü

Kesici takımlardaki hatalar, vuruntular, kesici takıma yapışan talaş yığılması gibi faktörler azaltıldığında, kesici uç biçimine ve ilerlemeye bağlı oluşturulan en iyi bitirme değerlerini gösterir. Sayısal karşılaştırmalar ve analizler için, bir dizi veya tek bir faktöre göre işlenmiş yüzeyin pürüzlülüğünü belirlemek çok kullanışlı bir yöntem olabilir. Bu amaçla en genel kullanılan dizi “ R_a ” aritmetik ortalama değeri olarak bilinir.

Genellikle, pratik kesme işlemlerinde kullanılan takımların uçları yuvarlatılmıştır. İdeal şartlarda bu tür bir takım ile işlenen yüzey Şekil 7.1.'de gösterilmiştir. Böyle bir yüzey için matematiksel ortalama pürüzlülük değerini veren teorik eşitliğin esası, uç kavis yarıçapı ve ilerleme ile yakından bağlantılıdır.



Şekil 7.1 Takım uç yarıçapı [30].

7.1.2. Doğal Yüzey Pürüzlülüğü

Tabii yüzey pürüzlülüğü, gerçek yüzey pürüzlülüğünün büyük bir kısmını içerir. Tabii yüzey pürüzlülüğünü takım tezgâhı, iş bağlama sistemi, takım sistemi ve çalışma ortamı gibi faktörler etkiler. Bununla birlikte kesici kenardaki yığılmalar da tabii yüzey pürüzlülüğünü arttıran faktörlerdendir. Kesme hızındaki artışla ideal yüzey pürüzlülüğüne yaklaşılabılır. Uç yarıçapı sabit kalmak şartıyla, ilerleme hızındaki artış ise yüzey pürüzlülüğünü artırır.

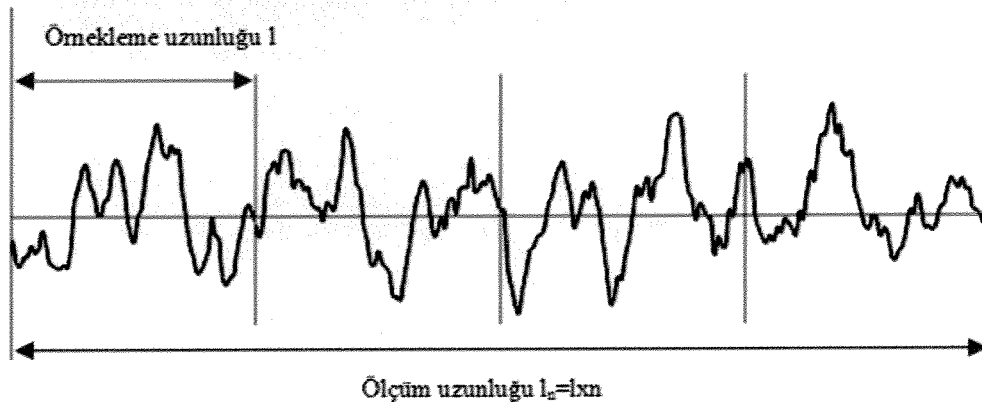
Talaş kaldırma işlemi ile işlenen yüzeylerde dalga ve pürüzlülük olmak üzere iki türlü yüzey sapması meydana gelir. Dalga geometrik sapmalar grubuna dahildir; dolayısıyla yüzey kalitesini esasen yüzey pürüzlülüğü tayin eder. Standartlara göre yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi belirli kıstaslara göre yapılır. Bu kıstaslara göre pürüzler, yüzeye dik olan bir kesitte, belirli bir numune uzunluğu boyunca, belirli bir referans profiline ve profil ortalama çizgisine göre tayin edilir. Referans profil olarak genellikle geometrik profil alınır. Profil ortalama çizgisinin yeri, bu çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olacak şekilde belirlenir. Yüzey pürüzlülüğü

yüzey pürüzlülüğünün derinliği (R_t), yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (R_p) ve yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalama değeri (R_a) gibi kıstaslara göre değerlendirilir. (R_t) referans profile göre en derin pürüzün değeri, (R_p) referans profil ile profilin ortalama çizgisi arasındaki mesafe, (R_a) ise ortalama çizgiye göre pürüz yüksekliklerinin veya derinliklerinin mutlak değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Pratikte yüzey kalitesi genellikle (R_p) veya (R_a)'nın değerleri ile ifade edilir.

7.2. Pürüzlülük Parametreleri

7.2.1. Örneklem Uzunluğu ve Örneklem Sayısı

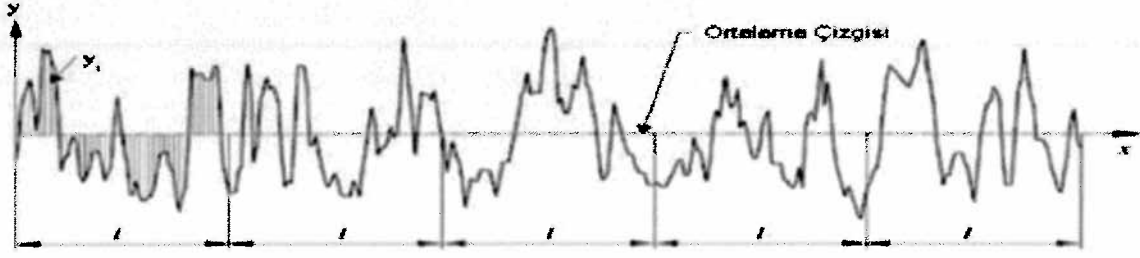
Şekil 7.2'de (l) ile ifade edilen örneklem uzunluğu kesicinin ilerlemesini temsil edecek büyüklükte seçilmelidir. Profil üzerinde değerlendirilen bütün örneklem uzunluklarının bir araya gelmesi ile l_n ile ifade edilen ölçüm uzunluğu oluşur. l_n uzunluğu $n \geq 5$ olmak üzere, örneklem uzunluğu (l) ile n çarpılarak elde edilir ($l_n = l \times n$) [39].



Şekil 7.2 Örneklem uzunluğu ve sayısı ile ölçüm uzunluğu [39].

7.2.2. Ortalama Çizgisi

Ölçme uzunluğu içinde profilin üstte ve altta kalan alanlarının eşit olduğu yerden geçen doğrudur [33]. Şekil 7.3'de tipik yüzey pürüzlülüğü üzerinde ortalama çizgisi gösterilmiştir.



Şekil 7.3 Ortalama yüzey pürüzlülüğünün grafiksel ifadesi [39].

7.2.3. Ortalama Yüzey Pürüzlüğü (R_a)

Şekil 7.3’de gösterildiği gibi ortalama çizgisinin altında ve üstünde oluşan mutlak yükseklik değerlerinin aritmetik ortalama değeridir. Kalite kontrolünde dünya çapında kabul görmüş bir yüzey pürüzlülük parametresidir. Bu parametrenin tanımlaması ve ölçmesi kolaydır. Yükseklik dağılımları hakkında genel bir tanımlama getirdiği için dalga boyu ve profildeki hassas değişimler hakkında yeterli bir bilgi vermez. Matematiksel tanımlaması aşağıdaki şekilde ifade edilebilir [39].

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l y(x) dx \text{ (}\mu\text{m)} \quad (7.1)$$

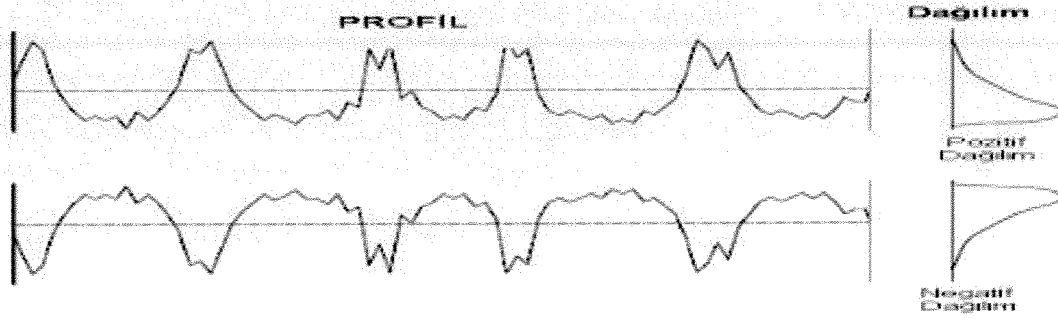
$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i) \text{ (}\mu\text{m)} \quad (7.2)$$

7.2.4. Genlik Dağılım Eğrisi (R_{sk})

Şekil 7.4’de gösterildiği gibi bu parametre profil genlik yoğunluğun ortalama çizgiye göre simetrisini belirten dağılım eğrisidir. Aynı R_a ve R_q değerine sahip profilleri ayırt etmeye yarayan bir değişkendir. Matematiksel ifadesi aşağıdaki gibidir [39].

$$R_{sk} = 1/Rq^3 \int_{-x}^x y^3 p(y) dy \quad (7.3)$$

$$R_{sk} = 1/NRq^3 \sum_{i=1}^N Y_i^3 \quad (7.4)$$



Şekil 7.4 Profil ve genlik dağılım eğrisi [39].

7.3. Yüzey Pürüzlülüğüne Etki Eden Faktörler

- Kesici uç üzerine talaşın yapışması
- Takım ve iş parçasının elastik deformasyonu
- Takım ve iş parçası arasındaki titreşim
- Kesme kenarının pürüzlülüğü, birinci ve ikinci kesici kenarda oluşan izler ve aşınma
- İş parçasının talaş kaldırılan yüzeyinde 100 μm 'luk derinlikteki fiziksel ve kimyasal özellikler.
- Talaşın plastik akışı.

7.3.1. Kesme Parametrelerinin Etkileri

İşleme kalitesini etkileyen faktörler dört grupta incelenir. Takım tezgahına ait sapmalar; tezgahın kinematik mekanizmasındaki mevcut olan hataların etkisinden, ana mil ile kızak yüzeylerinin paralel olmamasından, tezgahın tüm mekanizmaları ve yataklama sistemlerindeki mevcut olan sapmalar ve boşlukların etkisinden, gövde ve ana milin yeterince rijit olmamasından dolayı oluşur.

Bağlama sistemine ait hatalar; ana elemanların imalat hatalarından, tertibatın yeteri kadar rijit olmamasından, ana elemanlarda oluşan aşınmalardan kaynaklanır.

Takım sistemine ait hatalar; takımın konum bakımından hatalı bir şekilde tutturulmasından, kesme kuvvetlerinin etkisi altında şekil değiştirilmelerin oluşması ve takımın aşınmasından kaynaklanır.

Ortamın etkisi altında meydana gelen hatalar; sıcaklığın oluşturduğu şekil değiştirmeleri ve diğer tezgâhlardan gelen titreşimlerden kaynaklanır [39].

7.3.2. Kesici Takım Aşınmasının Etkisi

Talaş kaldırma işleminde takım aşınması belirlenmesi gereken parametrelerden biridir. Serbest yüzey aşınması üretilen parçanın çapını ve yüzey kalitesini doğrudan etkiler. Takım aşınmasının belirlenmesinde başlıca amaç üretime ara verilmeden aşınmanın tespit edilebilmesidir. Bu amaçla modern tezgâhlarda adaptif denetim mekanizmaları geliştirilmiştir. Otomatik talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımın ömrünü tamamlamadan önce değiştirilmesi gerekir. Aksi durumda üretim devam etmesine rağmen üretilen parçaların tolerans değerleri uygun olmayacaktır.

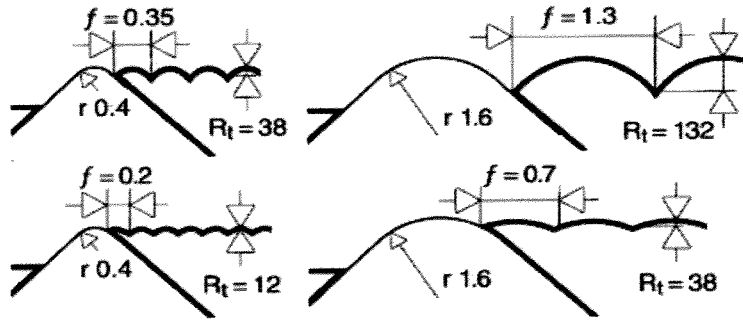
7.3.3. Kesme Kuvvetlerinin Etkisi

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen dirençleri yenmek için gerekli talaş kaldırma kuvveti F_s kesme kuvveti, F_v ilerleme kuvveti ve F_r radyal kuvvet olmak üzere üç bileşene ayrılır. Kesme kuvvetleri gerek takım, gerekse iş parçası üzerinde bir takım şekil değiştirmelere neden olarak takım iş parçası konumunu değiştirirler ve yüzey kalitesini etkilerler.

Parça takım tezgâh zinciri esnek bir sistemdir. Dolayısıyla, talaş kaldırma sırasında, kesme kuvvetinin değişken olmasından dolayı titreşimler meydana gelebilir. Bu titreşimler şiddetli oldukları durumda, kötü bir yüzey kalitesine neden olan tırlama olayını oluştururlar.

7.3.4. İlerleme ve Burun Uç Radyüsünün Etkisi

Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri (R_t) daha yüksek kesme hızları ve daha pozitif bir kesme geometrisi kullanılarak artırılabilir. Şekil 7.5' de teorik yüzey pürüzlülüğü (R_t) değerinin ilerleme (f) ve köşe radyüsüne bağlı (re) (veya kesici uç çapına) değişimini göstermektedir [40].



Şekil 7.5 İlerleme köşe radyüsünün yüzey kalitesi üzerine etkileri [12].

$$R_t = \frac{f^2}{8re} 1000 (\mu m) \quad (7.5)$$

Şekil 7.6'da ve formül 7.5'de görüldüğü gibi daha büyük bir köşe radyüsü, aynı yüzey pürüzlülüğü değeri için daha büyük ilerleme değeriyle elde edilebilir. İlerleme ve köşe radüsüne bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün aritmetik ortalaması olarak adlandırılan (R_a) değeri de formül 7.6'daki gibi ifade edilir.

$$R_a = \frac{0.321f^2}{re} (\mu m) \quad (7.6)$$

Yukarıda belirtildiği gibi kesme hızı, ilerleme hızı ve köşe radyüsü yüzey kalitesinin elde edilmesinde ana faktörleri oluşturmaktadırlar. Kesme hızının artırılmasının talaşın yapışmasına, titreşime ve aşınmaya olan etkisinden dolayı ikinci dereceden bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir [41].

8. MATERYAL VE METOD

8.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada dünyada ve ülkemizde endüstriyel uygulamaları hızla artan AA 7075 T6 alüminyum alaşımının tornalama işleminde, farklı işleme parametrelerinin (kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği) ve soğutma yöntemlerinin (kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı işleme ve MMY yöntemiyle işleme) yüzey pürüzlülüğüne, takım sıcaklığına, sistem titreşimine, takım aşınmasına, takım üzeri sıvanmaya ve talaş oluşumuna olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

Talaşlı imalatta, kesme sıvıları soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle önem arz etmektedir. Ancak kullanılan soğutma sıvıları çevre ve insanlar için bir tehlike potansiyeli doğurmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden olmaktadır. Önemli fonksiyonlarına rağmen talaşlı imalat çalışmalarında kesme sıvısı kullanımını azaltmak için yoğun uğraşlar verilmektedir. MMY yöntemi kesme sıvısını azaltmanın bir çözümü olarak göz önüne alınmaktadır. Özellikle alüminyum alaşımlarının işlenmesindeki gibi pratik uygulamalar için kullanılmaktadır. Geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak alüminyumun işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelere göre daha pahalıdır. Çünkü karışımdaki yağın daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir. Böylece minimum miktardaki yağlama alüminyumun işlenmesi için büyük yarar sağlayacaktır. Minimum yağlama tekniği, alışıla gelmiş geleneksel yağlama tekniklerine oranla geliştirilmeye açık bir alternatif oluşturmaktadır. Minimum yağlama tekniği, yalnızca talaşın kaldırıldığı noktaya işlemin gerekli kıldığı miktardaki kesme sıvısının etkili bir şekilde gönderilmesi durumudur.

Endüstriyel işleme parametrelerinde MMY yönteminin, kuru ve geleneksel kesme sıvılı işleme şartlarına göre işlem karakteristiklerine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

8.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Özellikleri

Deneylerde ticari olarak temin edilmiş AA 7075-T6 alüminyum alaşımı malzemeden, Ø30x300 mm boyutlarında hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi Tablo 8.1’de verilmiştir.

Tablo 8.1 AA 7075-T6 alüminyum alaşımının fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi

Kimyasal Bileşimi								
Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Ti	Zn	Al
0,19	1,4	0,19	2,5	0,22	0,17	0,08	5,4	89,85
Fiziksel Özellikleri								
Yoğunluk (gr/cm ³)	Sertlik (Hv)	Çekme dayanımı (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Kopma uzaması (%)	Elastisite modulu (GPa)	Poisson oranı	Ergime sıcaklığı (°C)	Termal iletkenlik (W/mK)
2,81	176	572	503	11	71,7	0,33	635	130

8.3. İşleme Parametreleri

Bu çalışmada; kuru, geleneksel soğutma sıvılı ve MMY şartlarında, kesme hızı, ilerleme oranı ve talaş derinliği olmak üzere 3 farklı işleme parametresi kullanılmıştır. Tablo 8.2’de işleme parametreleri verilmiştir.

Tablo 8.2. İşleme parametreleri ve faktör seviyeleri

İşleme Parametreleri	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Kesme hızı (m/dak)	125	150	175
İlerleme oranı(mm/dev)	0.1	0.15	0.2
Talaş derinliği(mm)	0.75	1	1.25

Tablo 8.3. Deneysel tasarım tablosu

Deney grubu: Kuru, Geleneksel soğutma sıvılı ve MMY			
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği
1	125	0.10	0,75
2	125	0.10	1,00
3	125	0.10	1,25
4	125	0,15	0,75
5	125	0,15	1,00
6	125	0,15	1,25
7	125	0,2	0,75
8	125	0,2	1,00
9	125	0,2	1,25
10	150	0.10	0,75
11	150	0.10	1,00
12	150	0.10	1,25
13	150	0,15	0,75
14	150	0,15	1,00
15	150	0,15	1,25
16	150	0,2	0,75
17	150	0,2	1,00
18	150	0,2	1,25
19	175	0.10	0,75
20	175	0.10	1,00
21	175	0.10	1,25
22	175	0,15	0,75
23	175	0,15	1,00
24	175	0,15	1,25
25	175	0,2	0,75
26	175	0,2	1,00
27	175	0,2	1,25

8.4. Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde K10 kalitesine sahip, yanaşma açısı 75° , talaş açısı 30° , takım uç yarıçapı 4 mm olan CCGT 120404FN-ALU ISO standart numaralı değiştirilebilir karbür kesici takımlar kullanılmıştır.

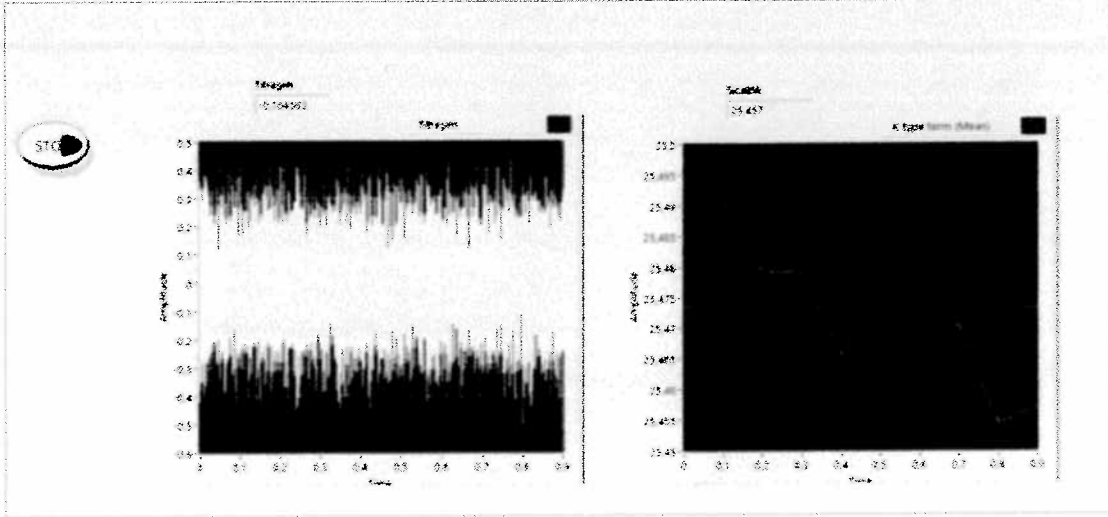
Takım tutucu olarak ISO 5608'e göre deneylerde kullanılan değiştirilebilir uçlara uygun SCRCR 25x25 L12 sol yan takım tutucu kullanılmıştır.

8.5. Takım Tezgâhı

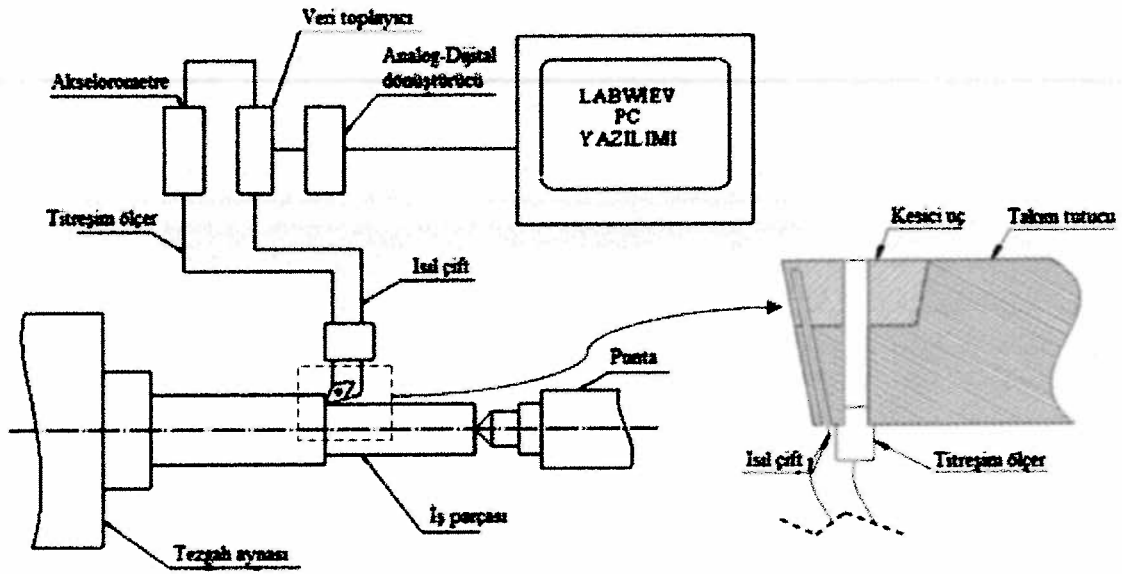
Deneylerde 10 KW gücünde maksimum 3000 devir yapabilen DMTG CKEE6136Z tipi bir CNC torna tezgâhı kullanılmıştır.

8.6. Sıcaklık ve Titreşim Ölçüm Ekipmanları

Sıcaklık ve titreşim ölçümü için National Instrument marka veri toplama cihazları kullanılmıştır. Labview analiz programında uygun bir ara yüz hazırlanarak toplanan veriler dijital ortama aktarılmıştır. Hazırlanan bu ara yüzde sıcaklık ölçümü için saniyede 10 veri, titreşim ölçümü için saniyede 30000 veri kazanımı olacak şekilde oluşturulmuştur. Hazırlanan ara yüzün resmi 8.1'de gösterilmiştir. Sıcaklık ölçümü takım tutucudan takımın kesme kenarına 1 mm kalacak şekilde delinmiş bir kör deliğe K tipi bir ısıl çift yerleştirilerek ölçülmüştür. Titreşim ölçer ise kesici uç bağlama kanalının sonuna takılarak titreşim verileri elde edilmiştir. Şekil 8.2'de sıcaklık ve titreşim ölçüm yöntemini göstermektedir.



Şekil 8.1 Titreşim ve sıcaklık ölçümleri için Labview paket programının ara yüzü



Şekil 8.2 Kesici takım sıcaklığı ve titreşim ölçümü

8.7. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, örnekleme uzunluğu 7.2 mm ve kafa tarama hızı 0.8 mm/s olan Mitutoyo Surftest SJ-210 marka portatif test cihazında (Ra) parametresinde ölçülmüştür. Ölçümler 3 defa tekrarlanmış ve bu 3 değerın aritmetik ortalaması alınmıştır.

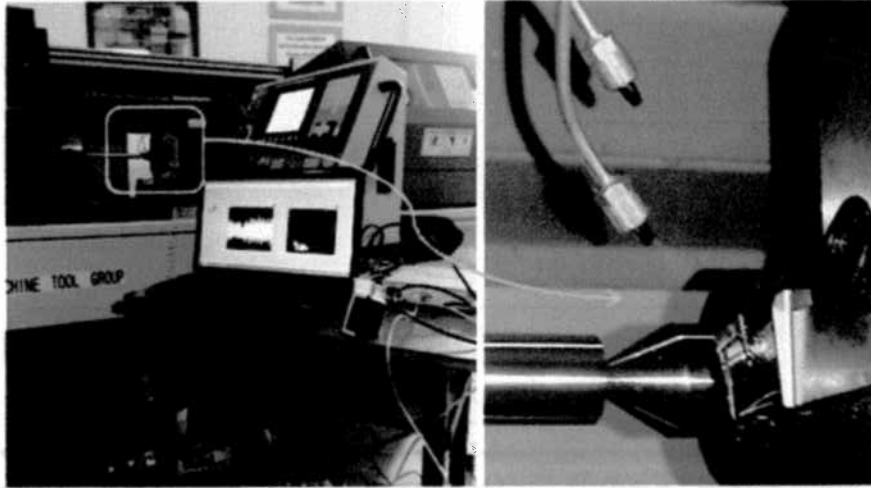
8.8. Takım Aşınması ve Talaş Sıvanmasının (BUE) Ölçümü

Takım aşınmaları ve talaş sıvanmalarının ölçümü Nikon Eclipse MA100 marka optik mikroskobunda 5x ve 10x büyütmelerde ölçülmüştür.

8.9. Soğutma Yöntemleri ve Soğutma Sıvısı

Deneylerde soğutma şartları olarak; kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı işleme ve MMY yöntemleri kullanılmıştır. Soğutma sıvısı olarak alüminyum alaşımlarının işlenebilirliğine uygun Doaal marka Al 2100 serisi ester yağından elde edilmiş sentetik yağ kullanılmıştır. Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında soğutucu debisi 20 l/dk olarak ayarlanmıştır.

Soğutma sıvısını pülverize edebilmek için Unist marka Uni-Max serisi 6-200 atım/dk atım aralığına sahip, debi ayarı yapılabilen bir yağlayıcı ünite kullanılmıştır. Bu ünitenin nozul akış debisi 20 ml/saat olarak ayarlanmıştır. Bu ünitenin çalışması için gerekli olan 8 barlık sürekli sıkıştırılmış hava sağlayabilen 2 HP güce sahip kompresör kullanılmıştır. Şekil 8.3' de deneysel çalışmalara ait fotoğraf verilmiştir.



Şekil 8.3 Deney düzeneğinin gösterimi

9. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Farklı işleme parametreleri ve soğutma koşullarında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü ve kesici takım sıcaklık değerleri Tablo 9.1.'de verilmiştir.

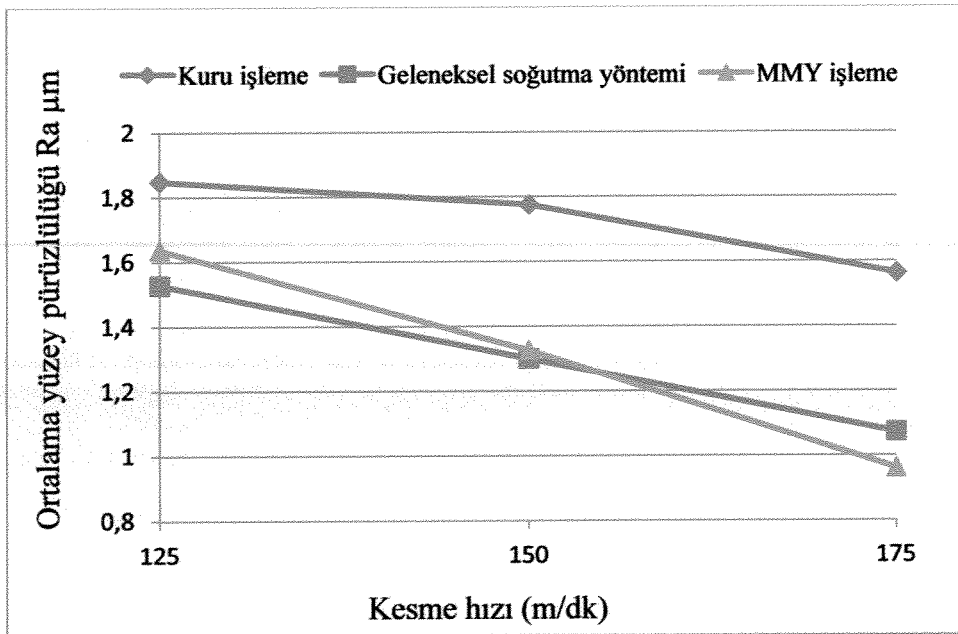
Tablo 9.1. Ortalama yüzey pürüzlülük ve kesici takım sıcaklık değerleri

İşleme parametreleri				Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μm)			Kesici Takım Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)		
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği	Kuru	Sulu	MMY	Kuru	Sulu	MMY
1	125	0.10	0,75	1,849	1,528	1,637	59,64	42,36	44,01
2	125	0.10	1,00	1,921	1,612	1,642	68,61	43,06	43,4
3	125	0.10	1,25	1,987	1,72	1,681	72,29	45,72	44,87
4	125	0,15	0,75	1,978	1,672	1,634	60,3	44,8	44,96
5	125	0,15	1,00	1,989	1,714	1,758	72,4	46,13	45,98
6	125	0,15	1,25	2,151	1,758	1,762	73,15	48,67	46,34
7	125	0,2	0,75	2,293	1,83	1,712	69,09	45,6	45,02
8	125	0,2	1,00	2,389	1,842	1,805	74,28	48,33	46,98
9	125	0,2	1,25	2,616	2,24	2,225	91,14	52,26	48,83
10	150	0.10	0,75	1,776	1,301	1,326	73,37	48,52	43,78
11	150	0.10	1,00	1,556	1,218	1,27	74,01	48,32	44,02
12	150	0.10	1,25	1,657	1,326	1,315	76,36	49,11	44,98
13	150	0,15	0,75	1,998	1,481	1,42	72,08	49,28	46,44
14	150	0,15	1,00	2,153	1,591	1,486	78,7	50,1	47,42
15	150	0,15	1,25	2,212	1,695	1,579	79,11	51,16	48,79
16	150	0,2	0,75	2,234	1,657	1,602	79,91	49,91	46,59
17	150	0,2	1,00	2,396	1,79	1,687	82,31	53,7	48,56
18	150	0,2	1,25	2,72	1,938	1,751	89,5	56,69	51,76
19	175	0.10	0,75	1,564	1,073	0,962	88,3	53,8	50,6
20	175	0.10	1,00	1,658	0,974	1,039	90,91	54,06	48,03
21	175	0.10	1,25	1,549	1,328	1,37	92,25	56,46	49,56
22	175	0,15	0,75	1,734	1,382	1,334	86,71	54,99	50,19
23	175	0,15	1,00	1,771	1,437	1,378	91,13	55,38	51,8
24	175	0,15	1,25	2,06	1,546	1,426	97,03	59,07	52,19
25	175	0,2	0,75	1,984	1,445	1,431	93,28	54,31	51,26
26	175	0,2	1,00	2,116	1,512	1,461	94,44	58,63	53,91
27	175	0,2	1,25	2,227	1,673	1,512	99,32	60,01	55,09

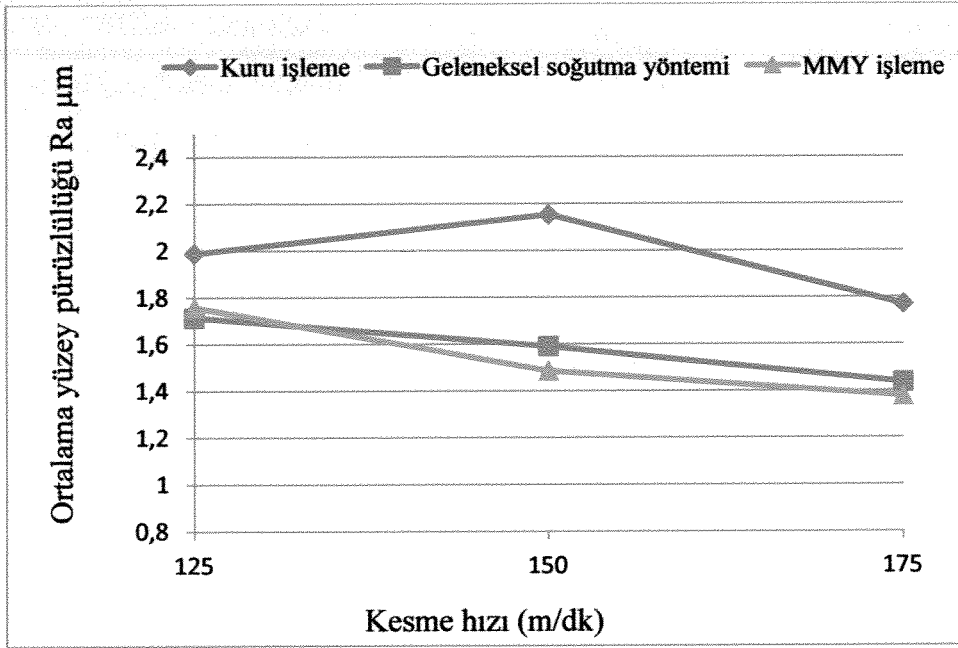
9.1. İşleme Parametreleri ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

9.1.1. Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

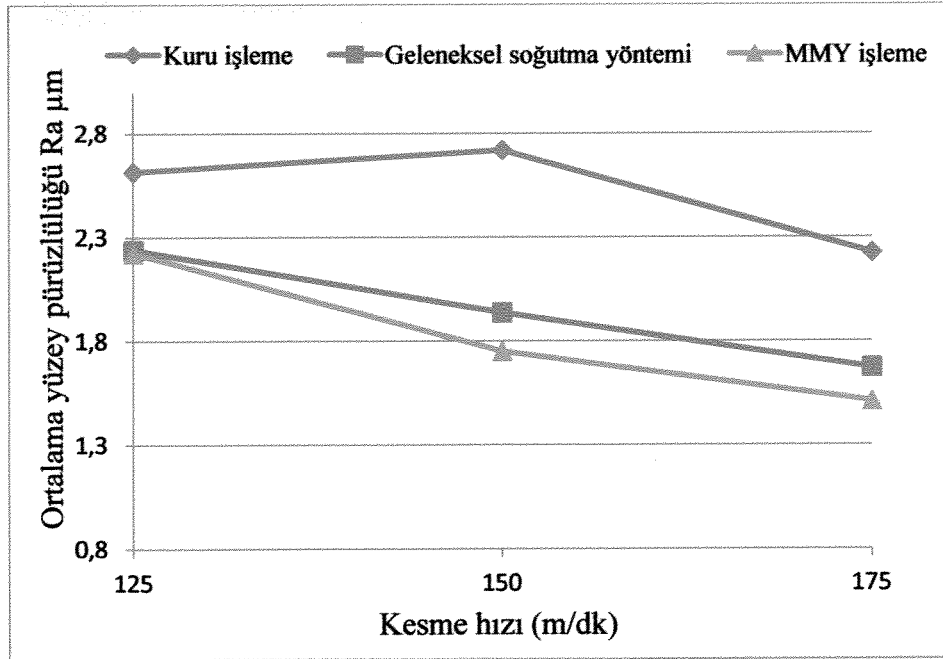
3 farklı kesme hızı (125-150 ve 175 m/dk), 3 farklı ilerleme oranı (0,1-0,15 ve 0,2 mm/dev), 3 farklı talaş derinliği (0,75-1-1,25 mm) ve 3 farklı soğutma yöntemiyle (kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı ve MMY) yapılan deneylerin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri Şekil 9.1- Şekil 9.9'da sırasıyla verilmiştir.



Şekil 9.1 Sabit ilerleme oranı (0,1mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

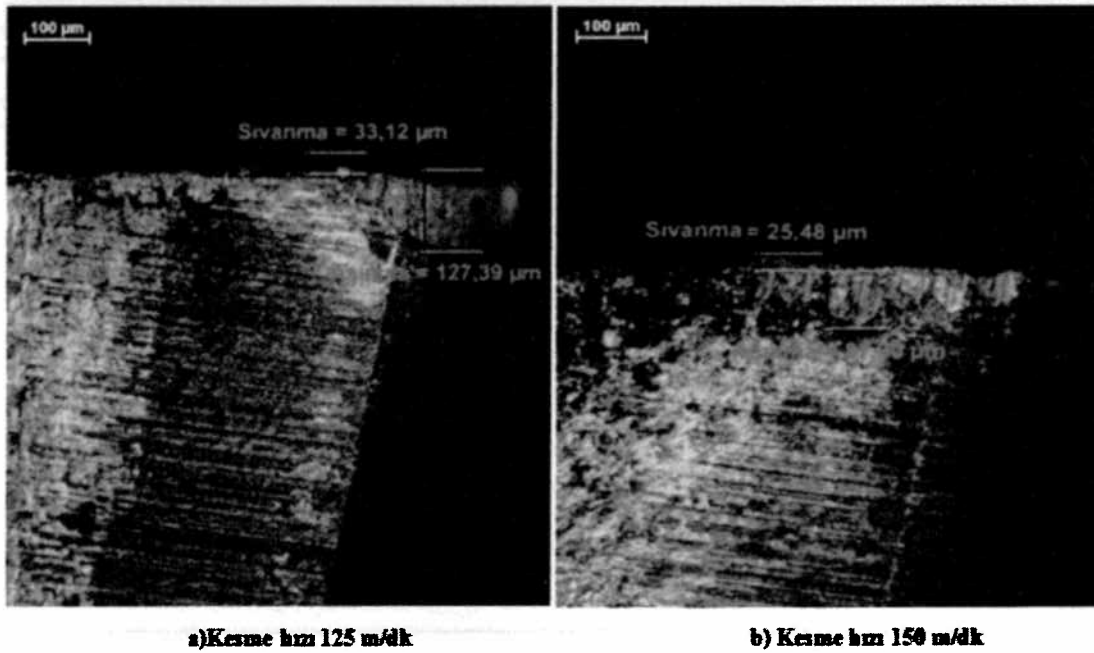


Şekil 9.2 Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.3 Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Talaşlı imalat uygulamalarında işlenebilirliğin önemli ölçütlerinden bir tanesi de yüzey pürüzlülüğüdür. Artan kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün azalması literatür açısından beklenen bir sonuçtur [42-43]. Şekil 9.1, Şekil 9.2 ve Şekil 9.3'den de görüldüğü gibi kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Ancak kuru işleme şartlarında yapılan deneylerden 125 m/dak kesme hızı ve 0,15 ve 0,2 mm/dev ilerleme oranlarında bir miktar artış ve ardından kesme hızındaki artışa bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde ki azalma Şekil 9.2 ve Şekil 9.3'de görülmektedir. Düşük kesme hızındaki yüzey pürüzlülük değerinin düşük çıkmasının sebebi kesici takımın kesme bölgesindeki oluşan takım üzeri sıvanmaya bağlanabilir[40]. 125 m/dk kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerleme oranındaki artış, 125 m/dk kesme hızı ve 0,15 mm/dev ilerleme oranındaki artıştan daha belirgindir. Bunun sebebi ise 125 m/dk kesme hızı ve 0,2 mm/dev ilerleme de yapılan deneyde takımın oluşan takım uç aşınmasından kaynaklanmaktadır. Bu aşınma takımın uç formunu bozarak takım ucunun daha küt olmasına sebep olmuş ve yüzey pürüzlülük değerinin daha belirgin azalmasını sağlamıştır. Bu iki deney kesici takımlarının aşınma görüntüleri Şekil 9.4 a-b' de gösterilmiştir.



Şekil 9.4. Kuru işleme şartlarında oluşan takım aşınmaları

Kuru işleme şartlarında en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ($V=175$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=1,25$ mm) $1,549\text{ }\mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir.

Kuru işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.849\text{ }\mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.776\text{ }\mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $1.564\text{ }\mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının ($125-175$ m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %18,2 iyileşmesini sağlamıştır.

Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında yapılan deneylerde kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde (R_a) azalma olmuştur. Yüzey pürüzlülük değerleri bakımından geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında, kuru işleme şartlarına göre daha iyi değerler oluşmuştur. Bunun sebebi soğutma sıvısının, kesme bölgesinde oluşturduğu yağ filminden kaynaklandığı sonucuna varılabilir [25]. Ayrıca deneylerde kullanılan sentetik soğutucu sıvının yüksek kesme hızlarında etkinliğinin artmasının ve bunun sonucu ortalama yüzey pürüzlülük değerinin düşmesinde göz ardı edilemeyecek etkiye sahiptir [42]. Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ($V=175$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=1$ mm) $0,974\text{ }\mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir.

Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.528\text{ }\mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.301\text{ }\mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $1.073\text{ }\mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının ($125-175$ m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %42,4 iyileşmesini sağlamıştır.

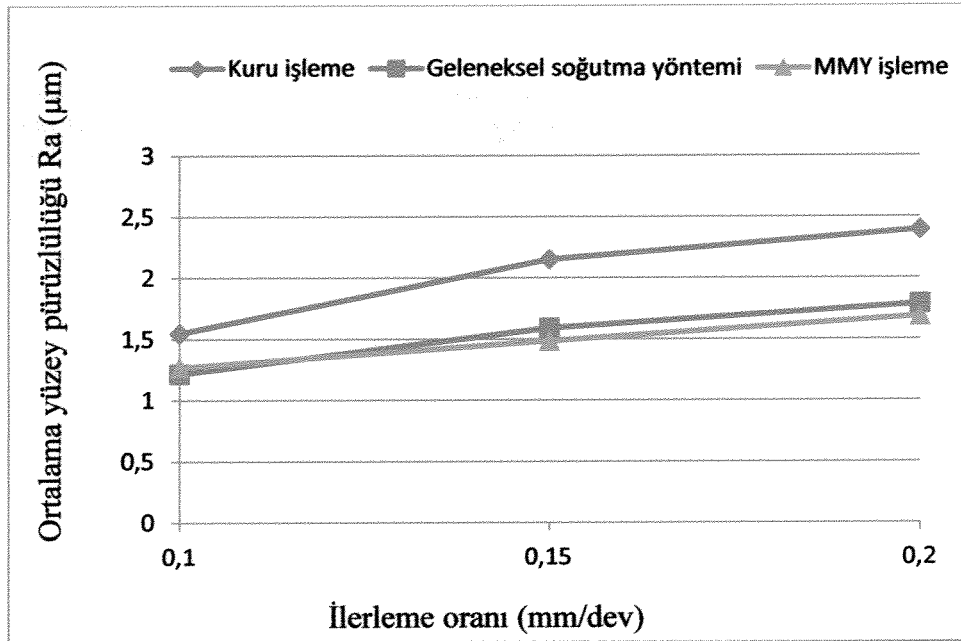
MMY işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.637\text{ }\mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.326\text{ }\mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $0.962\text{ }\mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının ($125-175$ m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %70,16 iyileşmesini sağlamıştır.

Her üç soğutma şartlarında yapılan deneylerde genel olarak kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlük değerlerinde (R_a) iyileşme olmuştur. 3 farklı soğutma şartlarında oluşan en iyi yüzey pürüzlülük değeri MMY işleme şartlarında, ($V=175$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=0,75$ mm) işleme parametrelerinde yapılan deneyde $0,962$ μ m olarak elde edilmiştir.

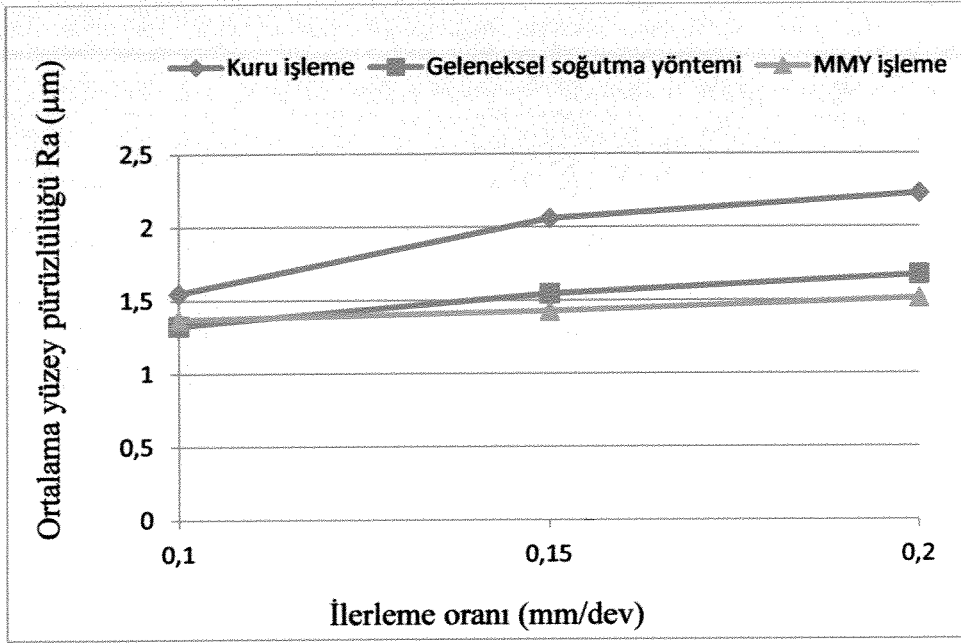
Şekil 9.1.-Şekil 9.3. sırasıyla incelendiğinde artan kesme hızlarında MMY yönteminin yüzey pürüzlülüğüne etkinliği, kuru ve geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre daha iyi olduğu görülmektedir.

9.1.2. İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

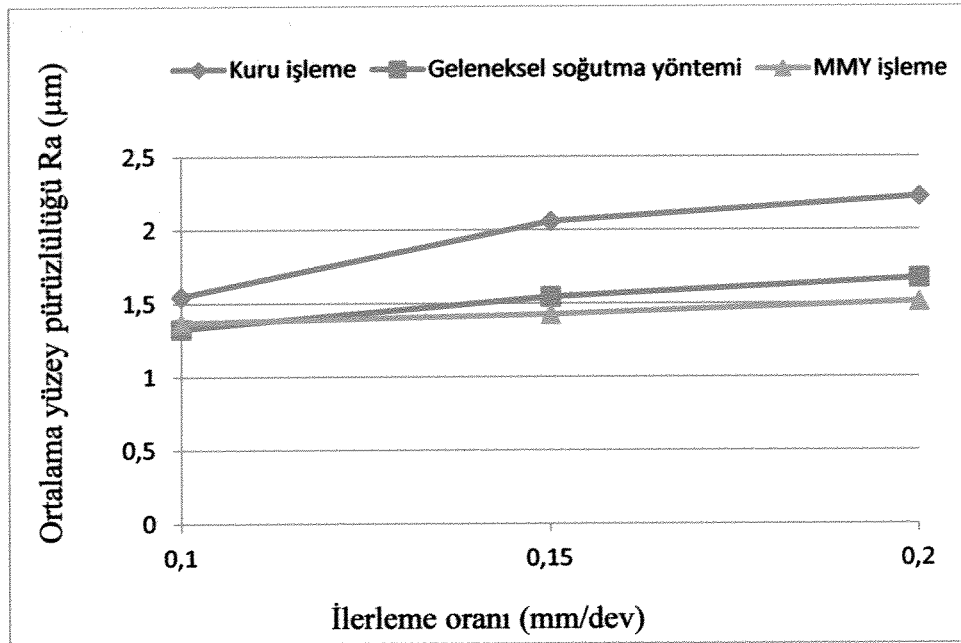
Şekil 9.5, Şekil 9.6 ve Şekil 9.7'de sabit talaş derinliği ve kesme hızı değerlerinde, farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri verilmiştir.



Şekil 9.5 Sabit kesme hızı (125 m/dk) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.6 Sabit kesme hızı (150 m/dk) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.7 Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Tüm soğutma şartlarında yapılan deneylerde ilerleme miktarı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde (R_a) literatüre uyumlu olarak artma eğiliminde olduğu Şekil 9.5.- Şekil 9.7.'de sırasıyla görülmektedir.

Şekil 9.5, Şekil 9.6 ve Şekil 9.7 incelendiğinde, artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak en kötü ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kuru işleme şartlarında oluşmuştur. Söz konusu 3 şekilde de en küçük ilerleme miktarında (0,1 mm/dev) geleneksel soğutma sıvılı işleme yöntemi ve MMY yönteminde oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Ancak artan ilerleme miktarlarında (0,15 mm/dev ve 0,2 mm/dev) MMY işleme koşullarında elde ortalama yüzey pürüzlülük değerleri geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre daha iyi çıkmıştır. MMY ile yapılan deneylerde, artan kesme hızlarında olduğu gibi artan ilerleme oranlarında da geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına nazaran uygun yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Kuru işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.849 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.978 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $2.293 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,1-0,2mm/dev) %100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %23,45 kötüleşmesine neden olmuştur.

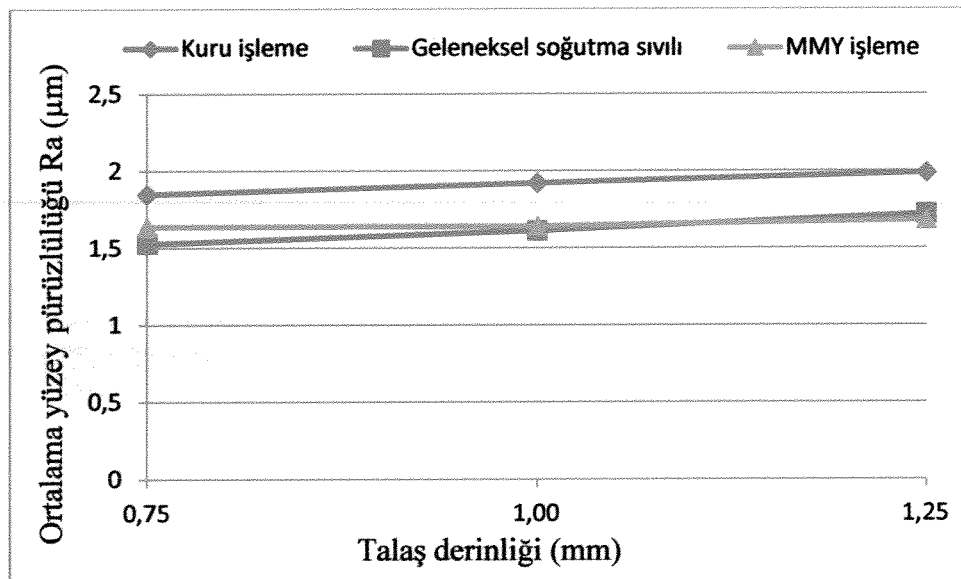
Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.528 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.672 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $1.83 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,1-0,2mm/dev) %100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %19,76 kötüleşmesine neden olmuştur.

MMY işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.637 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.634 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise 1.712

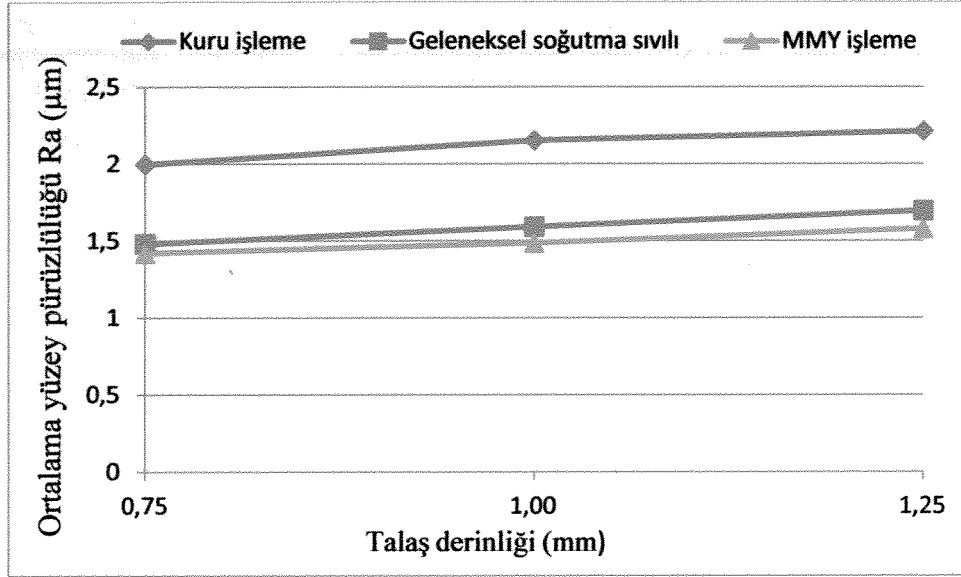
μm olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,1-0,2mm/dev) % 100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün % 4,58 kötüleşmesine neden olmuştur.

9.1.3. Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

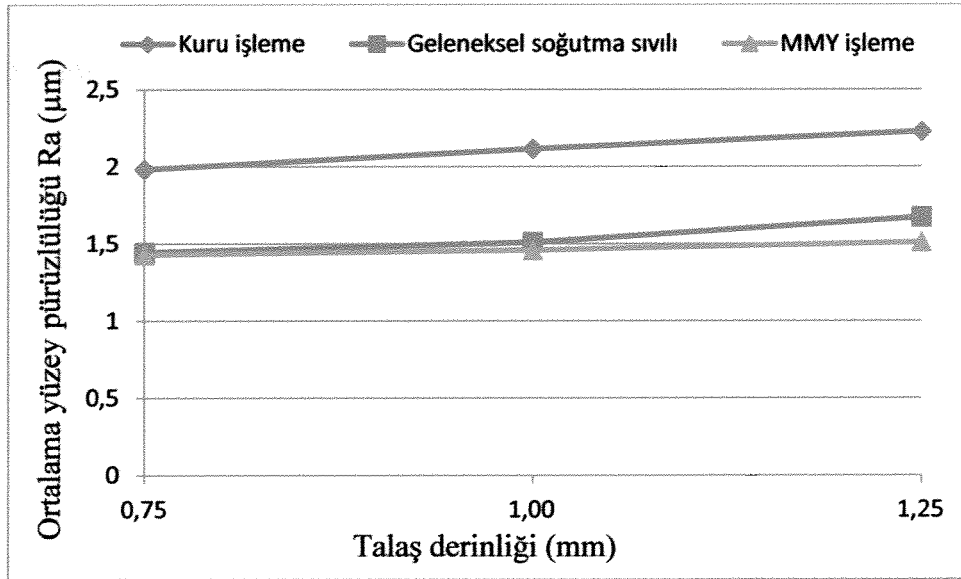
Şekil 9.8, Şekil 9.9 ve Şekil 9.10'da sabit ilerleme miktarı ve kesme hızı değerlerinde, farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri verilmiştir.



Şekil 9.8 Sabit kesme hızı (125 m/dk) , sabit ilerleme miktarı (0,1 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.9 Sabit kesme hızı (150 m/dk), sabit ilerleme miktarı (0,15 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.10 Sabit kesme hızı (175 m/dk), sabit ilerleme miktarı (0,2 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Talaşlı imalatatta yüksek talaş derinlikleri, iş parçasının plastik deformasyonunu zorlaştırdığı için artan talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğünü kötüleşmektedir [41].

Tüm soğutma şartlarında yapılan deneylerde talaş derinliği arttıkça ortalama yüzey pürüzlük değerlerinde (R_a) artma eğiliminde olduğu Şekil 9.8, Şekil 9.9 ve Şekil 9.10'da sırasıyla görülmektedir.

Şekil 9.8, Şekil 9.8 ve Şekil 9.10 incelendiğinde, artan talaş derinliklerine bağlı olarak en kötü ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kuru işleme şartlarında oluşurken en iyi değerler de MMY işleme şartlarında oluşmuştur. MMY ile yapılan deneylerde artan kesme hızları, ilerleme oranı parametrelerinde olduğu gibi artan talaş derinliklerinde de geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına nazaran uygun yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu ölçütler göz önüne alındığında artan talaş kaldırma oranlarında yüzey pürüzlülüğü bakımından MMY işleme geleneksel soğutma sıvı işlemeye göre daha etkin olduğu söylenebilir.

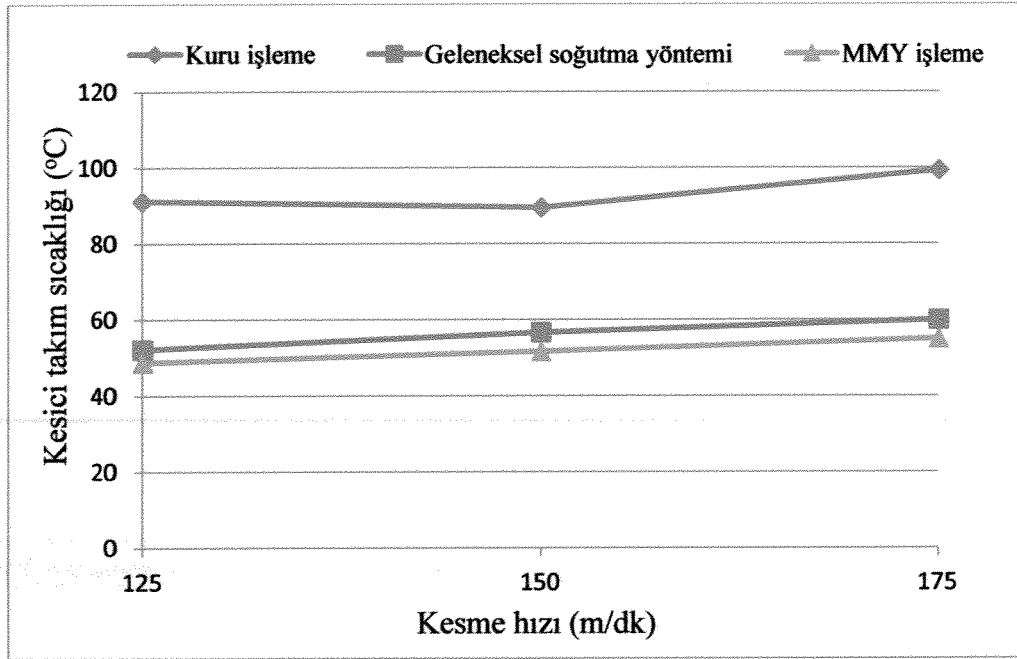
Kuru işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.849 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.921 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $1.987 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %7,46 kötüleşmesine neden olmuştur.

Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.528 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.612 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $1.72 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %12,56 kötüleşmesine neden olmuştur.

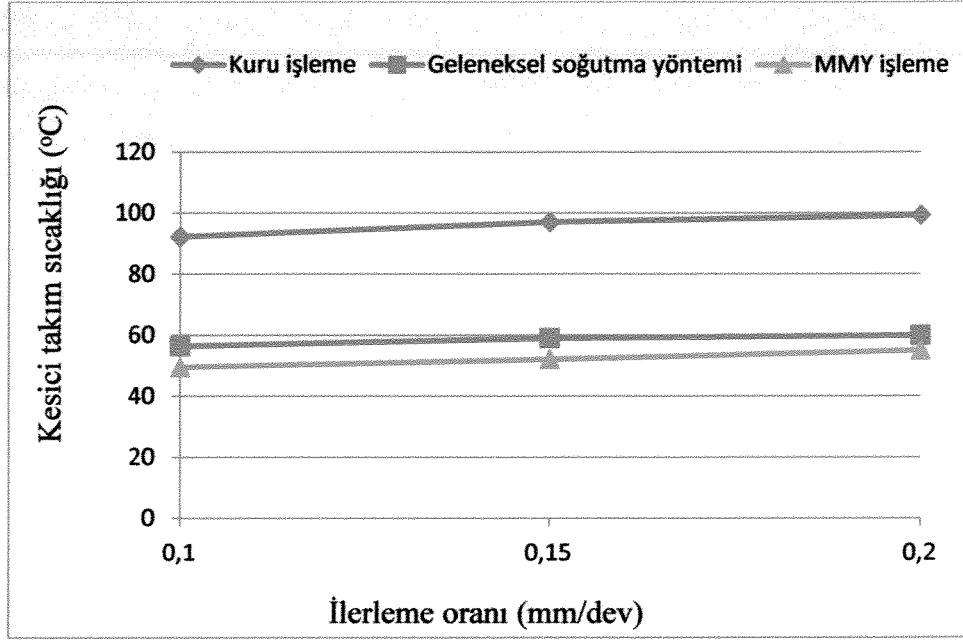
MMY işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.637 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1.642 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $1.681 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %2,68 kötüleşmesine neden olmuştur.

9.2. İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Sıcaklıkları Üzerine Etkisi

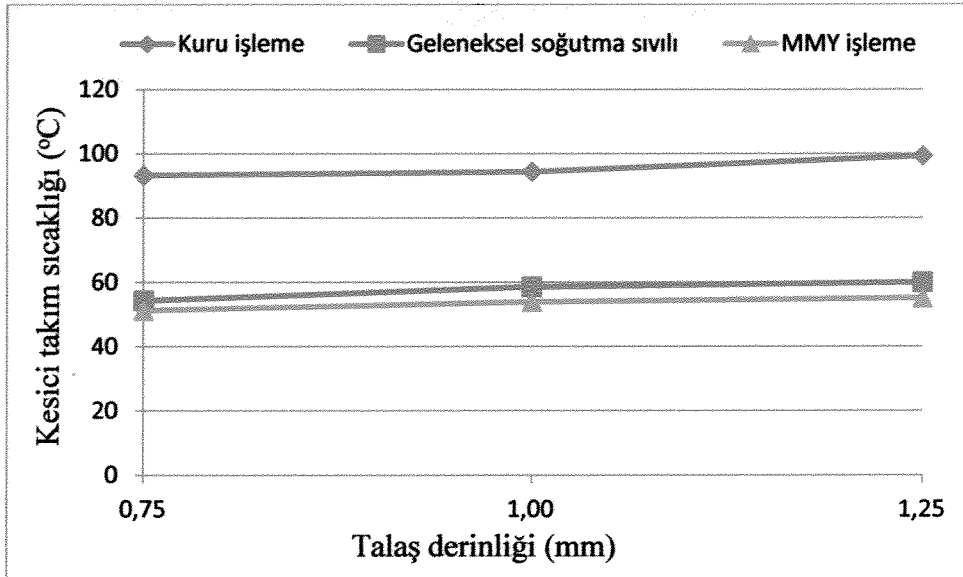
İşleme parametreleri ve soğutma yöntemlerinin kesici takımın sıcaklığına olan etkileri Şekil 9.11, Şekil 9.12 ve Şekil 9.13'de görülmektedir.



Şekil 9.11 Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi



Şekil 9.12 Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi



Şekil 9.13 Sabit kesme hızı (175 m/dk) , sabit ilerleme miktarı (0,2 mm/dev) ve farklı soğutma koşullarında talaş derinliğinin kesici takım sıcaklığı üzerine etkisi

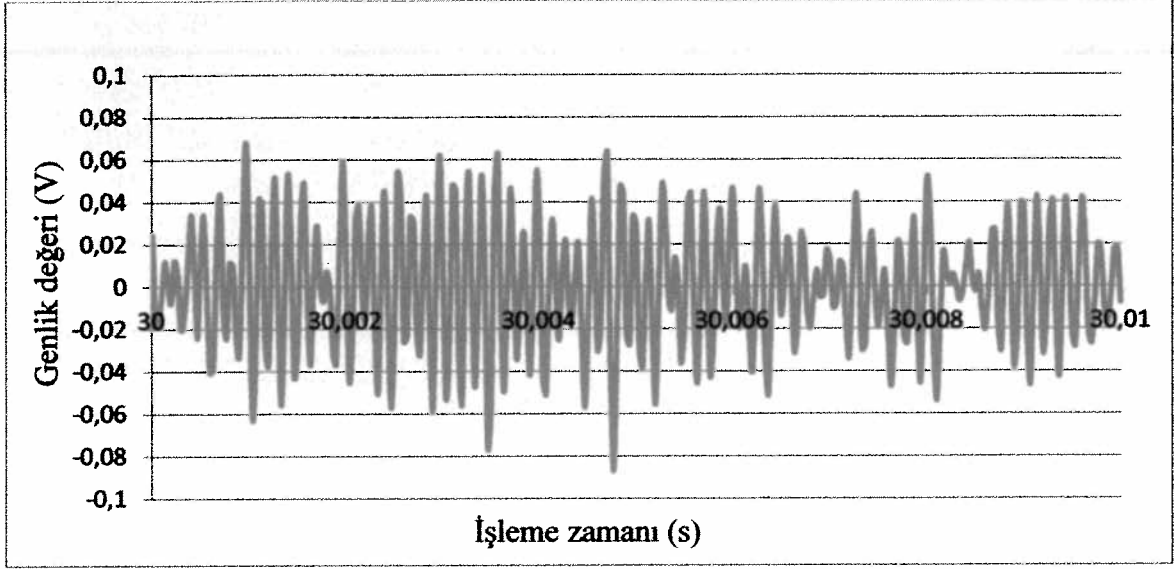
Talaşlı imalat uygulamalarında "takım-talaş" ve "takım-iş parçası" ara yüzeylerinde oluşan kesme sıcaklığının takım aşınması üzerine etki eden önemli bir faktör olup istenilmeyen bir durumdur [44]. Kesici takım sıcaklığı; takımın birim zamanda iş parçasından kaldırdığı talaş miktarına paralel olarak değişir. Kesme hızına bağlı takım sıcaklıkları Şekil 9.11'de görüldüğü gibi kesici takımın farklı soğutma koşullarında takım sıcaklığı, kesme hızının artışına bağlı olarak artmaktadır. Bunun nedeni kesme hızı arttırıldığında kesici takımın yüzeyden talaş kaldırmak için gereken enerji miktarı artarak böylelikle kesici takım yüzeyinde oluşan sıcaklığı da arttıracaktır [45]. Ancak kuru işleme yönteminde düşük kesme hızlarında ve yüksek ilerleme oranlarında yapılan deneylerde talaş sıvanmasından dolayı takım sıcaklığında yüksek değerler olduğu görülmüştür. Bunun nedeni takım üzerine sıvanan katman takımın kesme kenarını hızlı bir şekilde aşındırarak takım-iş parçası sürtünme alanını genişletmiştir. Artan kesme hızlarında takım üzeri sıvanma azaldığı için 150-175 m/dak kesme hızı aralıklarındaki artış 125-150 m/dak kesme hızı aralıklarında ki artıştan daha az olmuştur.

İlerleme miktarı ve talaş derinliğinin artması kesici takım sıcaklığını artırmıştır. Ancak bu artış Şekil 9.11, Şekil 9.12 ve Şekil 9.13 'de de görüldüğü gibi en büyük etkiye kesme hızının neden olduğu ve talaş derinliğinin ise takım sıcaklığı üzerine en az etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

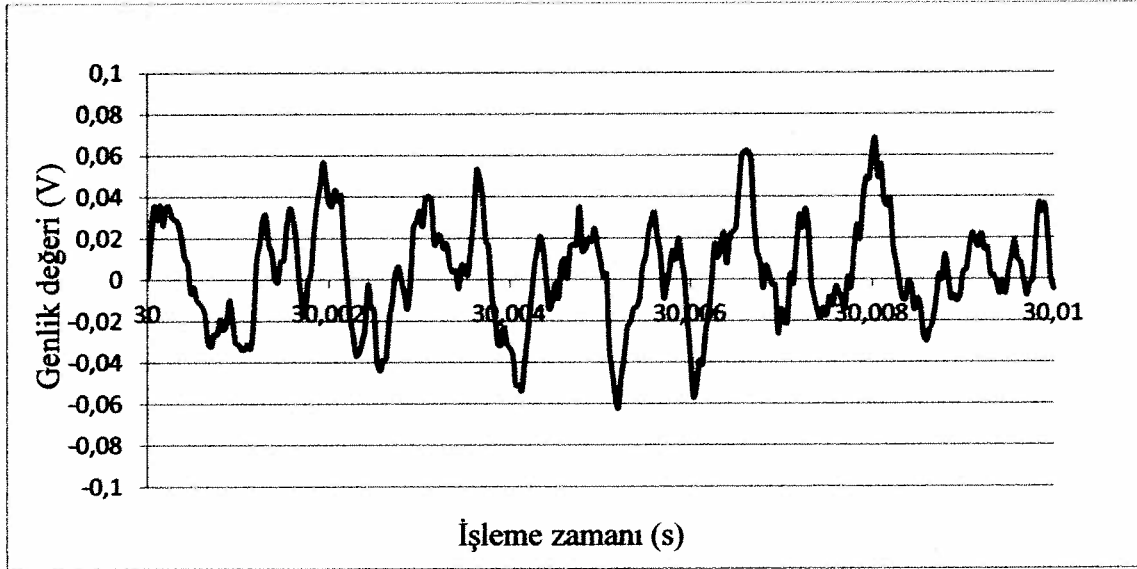
En yüksek sıcaklık değeri kuru işleme şartlarında oluşurken (99,32 °C) en düşük sıcaklık ise geleneksel soğutma sıvılı işleme yöntemiyle (42,36 °C) yapılan deney grubunda oluşmuştur. Ancak takım sıcaklığı şekillerinden de görüldüğü gibi artan işleme parametrelerinde MMY işleme şartlarında, geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre daha düşük kesici takım sıcaklık değerleri oluşmuştur.

9.3. İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin İşleme Titreşimine Etkisi

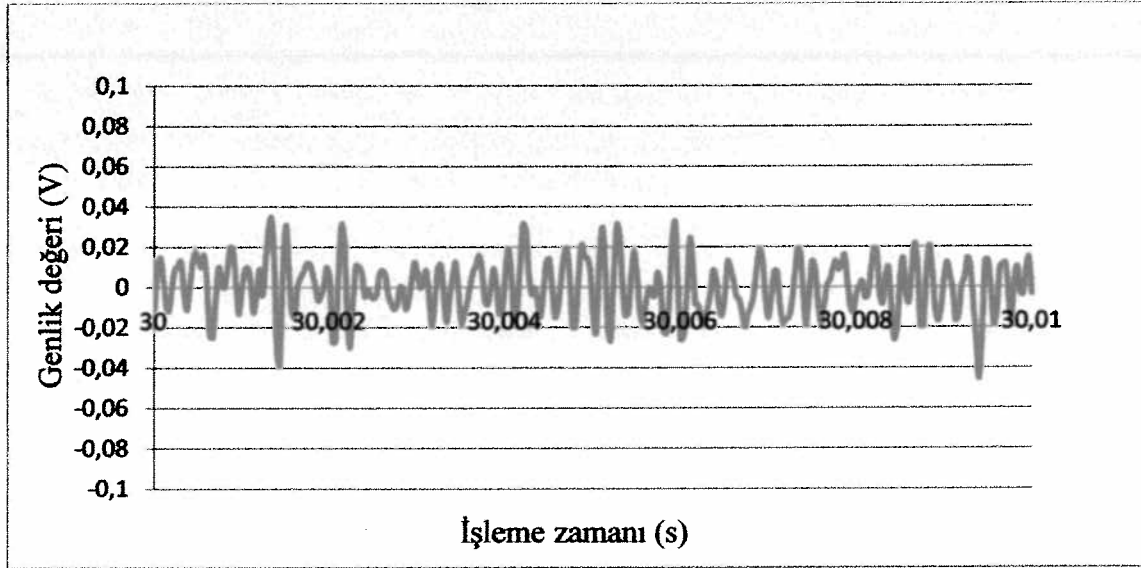
İşleme parametreleri ve soğutma yöntemlerinin zamana bağlı işleme titreşimine olan etkileri Şekil 9.14 Şekil 9.15 ve Şekil 9.16'da görülmektedir.



Şekil 9.14 Kuru işleme şartlarında ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik



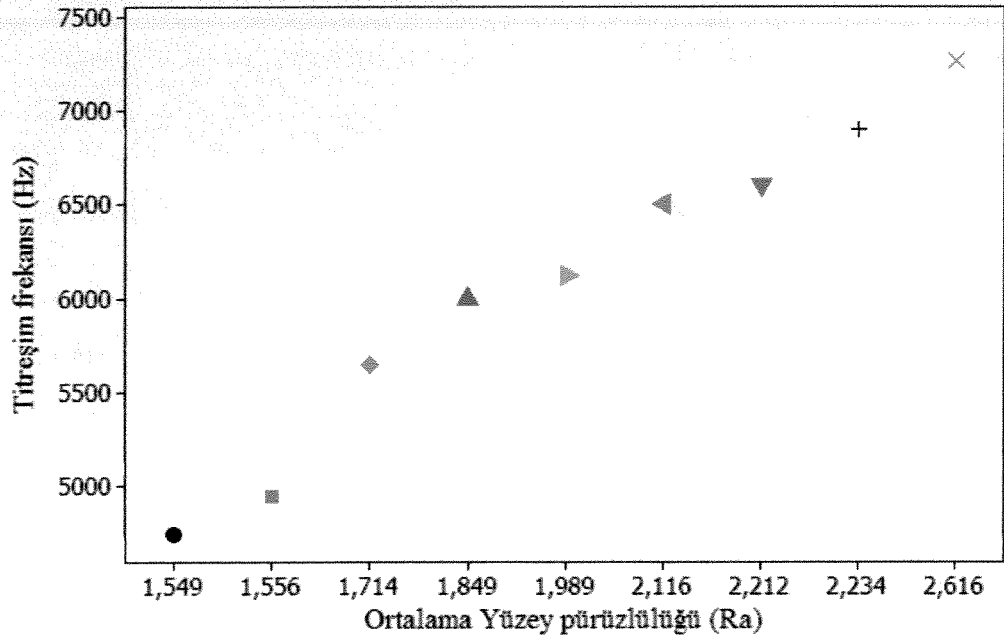
Şekil 9.15 Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik



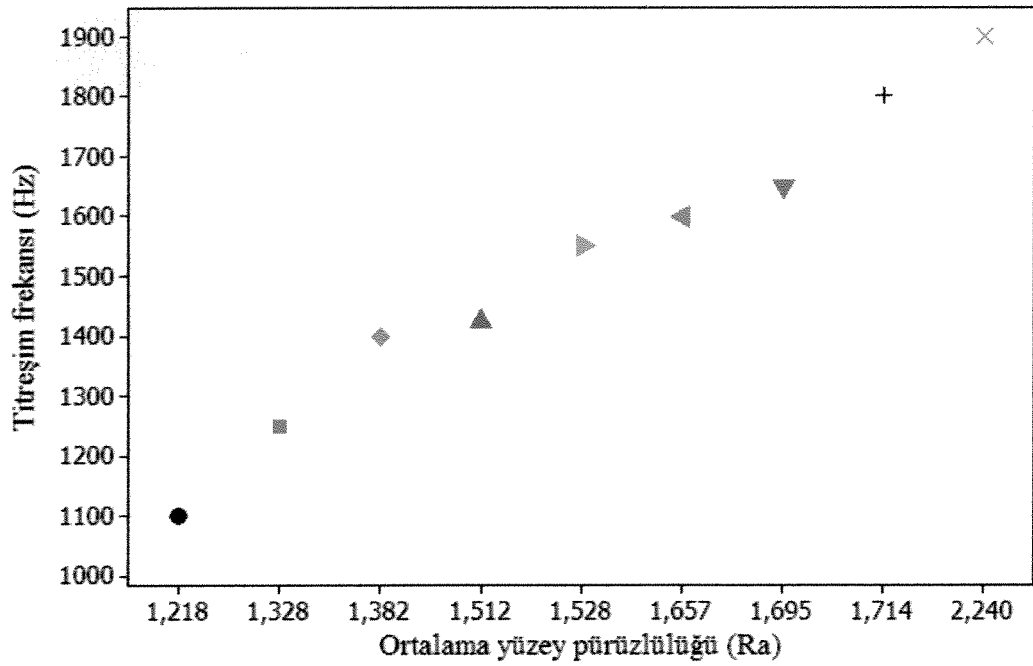
Şekil 9.16 MMY yöntemiyle ($V=125$ m/dk, $f=0.1$ mm/dev, $a=0.75$ mm) zamana bağlı oluşan titreşim frekansı ve genlik

Titreşim talaşlı imalata etki eden önemli faktörlerdendir. Titreşimin oluşumu kesici takım ömrüne ve işlenen yüzey kalitesine, kesici takım iş parçası arasında sürekli oluşan bir relatif titreşimin mevcut olması nedeniyle, kötü etkisi vardır. Her hangi bir kesme işleminde titreşim veya otlama iş parçası yüzeyinde kuvvetli dalgalanmalar ile sonuçlanır [11]. Şekil 9.13, Şekil 9.14 ve Şekil 9.15 incelendiğinde işleme esnasında oluşan titreşim frekansları ve titreşimin genlikleri en çok kuru işleme şartlarında oluşmuştur. Titreşim frekansları bakımından en düşük değerler geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında oluşmuştur. Titreşimin büyüklüğü olarak da bilinen titreşim genliklerinin en az MMY şartlarında olduğu gözlenmiştir.

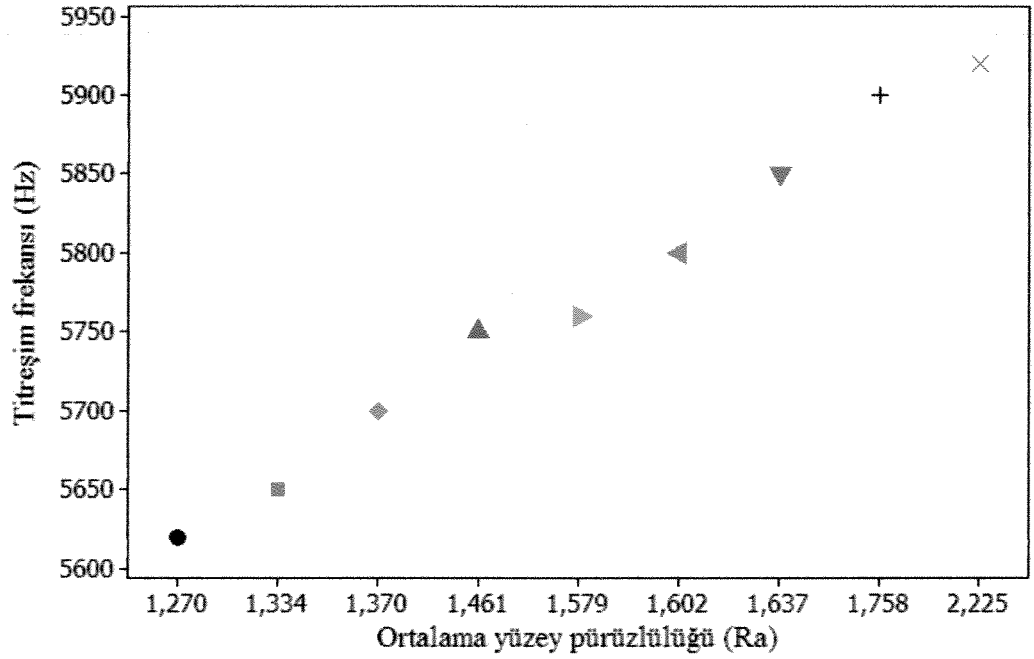
İşleme esnasında oluşan titreşim frekansları nihai iş parçasının yüzey pürüzlülüğüne doğrudan etki eder [11]. İş parçalarının yüzey pürüzlülüğü ve işleme esnasında oluşan titreşim frekansları arasındaki ilişki Şekil 9.16, Şekil 9.17 ve Şekil 9.18'de görülmektedir.



Şekil 9.17 Kuru işleme yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.18 Sulu işleme yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi

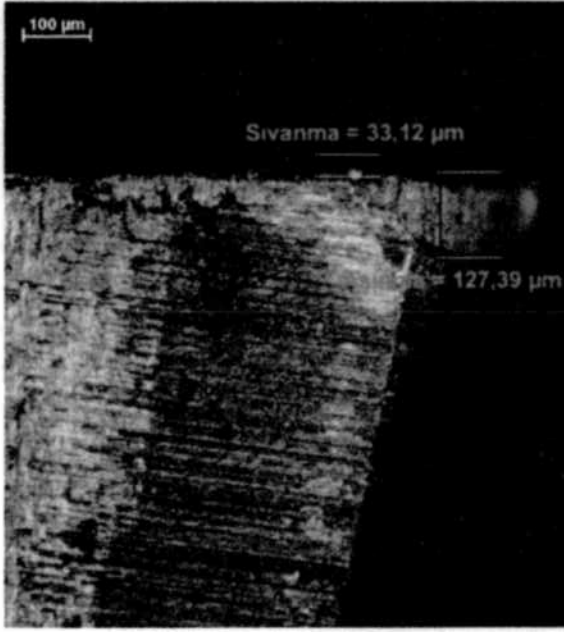


Şekil 9.19 MMY yönteminin işleme frekansına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğüne etkisi

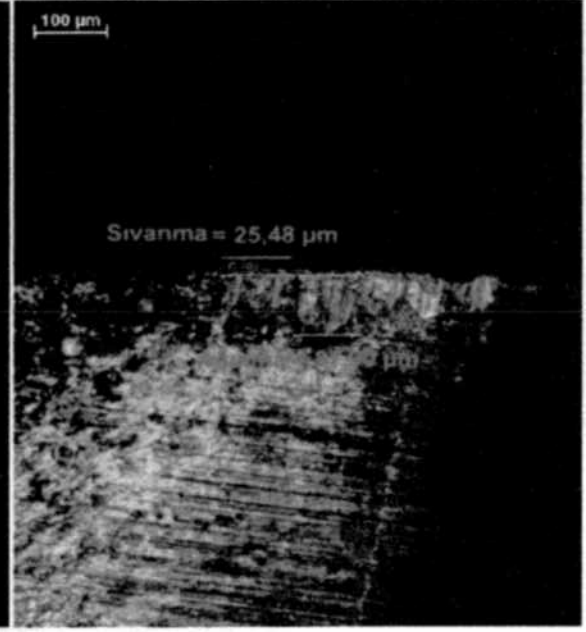
Talaşlı imalatla ortaya çıkan mekanik titreşimler işlenmiş parçanın yüzey pürüzlülüğü üzerine önemli bir etkiye sahiptir [46]. İşleme esnasında oluşan titreşimin frekans değerleri arttıkça yüzey pürüzlülüğü de artmaktadır. Kesme sıvılı işleme şartlarında yapılan deneylerde elde edilen titreşim frekansları kuru işleme ve MMY yöntemiyle yapılan deneylerde elde edilen işleme frekanslarından oldukça düşüktür. Bunun sebebi kesme sıvısının kesme bölgesindeki sürtünme kuvvetini azaltarak titreşim oluşumunu azalttığından kaynaklanmaktadır.

9.4. İşleme Parametreleri Ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Aşınması ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi

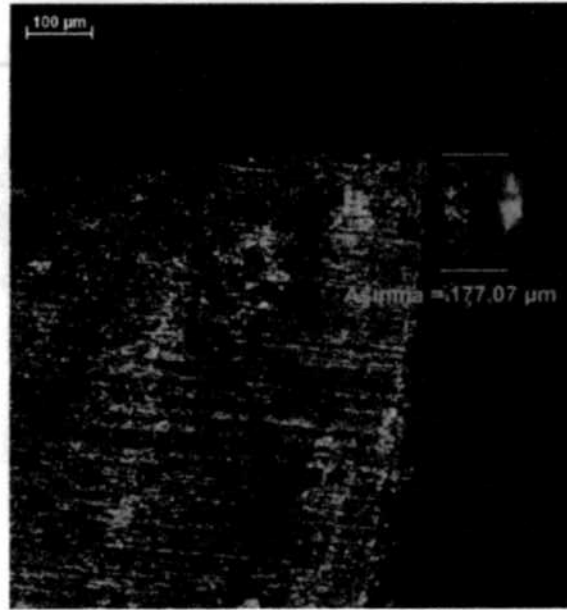
Deneylerle eş zamanlı ve deneyler sonrasında kesici takım serbest yüzey aşınması ve takım üzeri sıvanma değerleri ölçülmüştür. Literatürde takım aşınması zamana bağlı olarak artması beklenirken soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan deneylerde kesici takımın aşınan bölgesinde oluşan sıvanma, bu ölçümleri olanaksız kılmıştır. İşleme parametreleri ve soğutma yöntemlerinin takım aşınmasına ve takım üzeri sıvanmaya olan etkileri Şekil 9.20, Şekil 9.21 ve Şekil 9.22'de görülmektedir.



a) Kesme hızı 125 m/dk

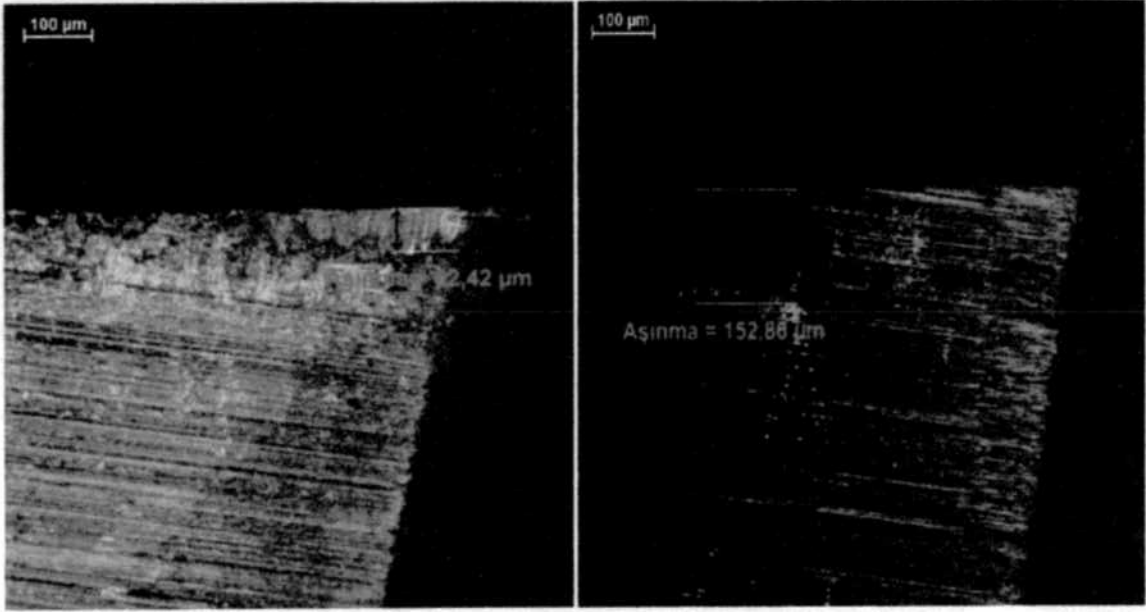


b) Kesme hızı 150 m/dk



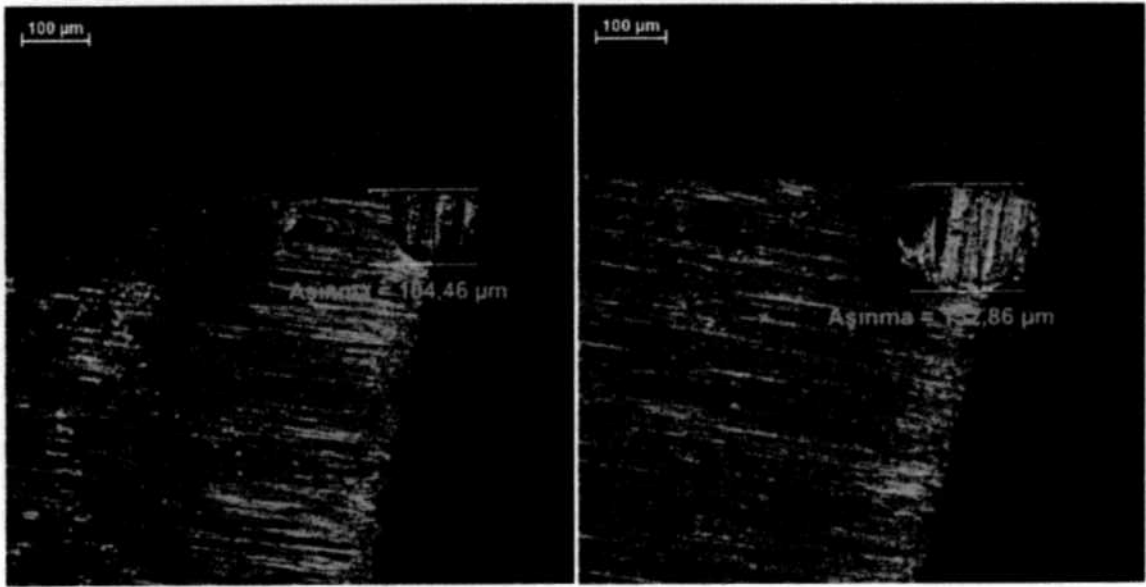
c) Kesme hızı 175 m/dk

Şekil 9.20 Kuru işleme yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi



a) Kesme hızı 125 m/dk

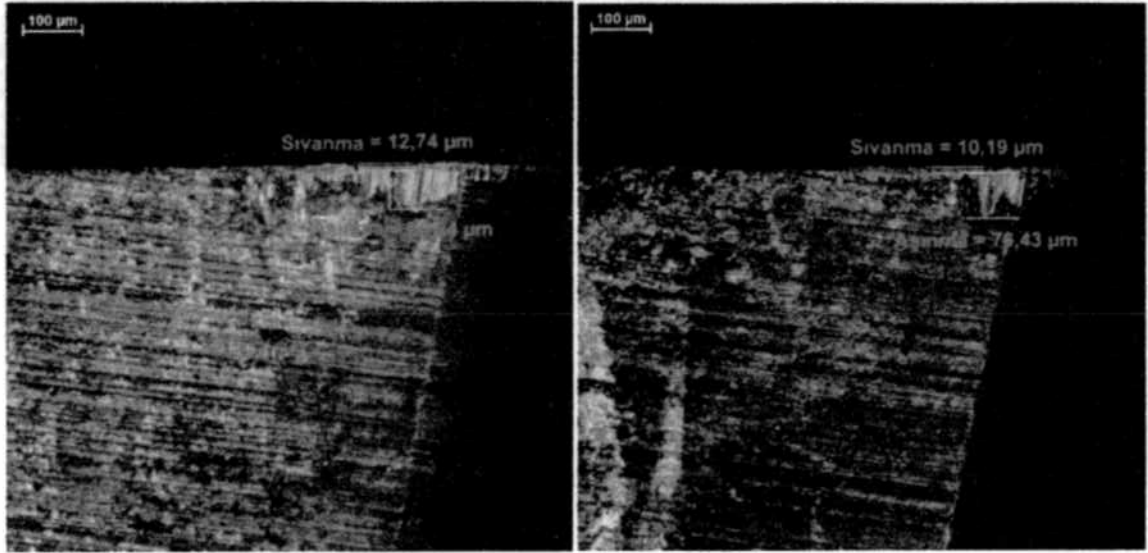
b) Kesme hızı 125 m/dk



c) Kesme hızı 150 m/dk

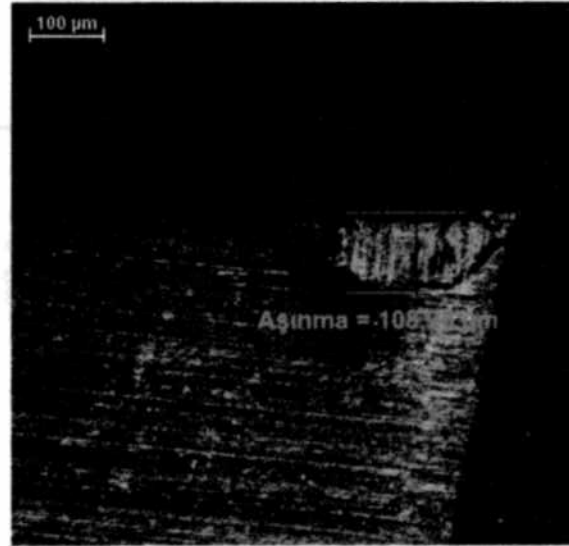
d) Kesme hızı 175 m/dk

Şekil 9.21 Geleneksel soğutma yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi



a) Kesme hızı 125 m/dk

b) Kesme hızı 150 m/dk



c) Kesme hızı 125 m/dk

Şekil 9.22 MMY yönteminde kesme hızının takım aşınması ve talaş sıvanması üzerine etkisi

Kuru işleme şartlarında yukarıda da belirtildiği gibi takım aşınması kesme hızına bağlı olarak artmamaktadır. Bunun nedeni kesme anında aşınan bölgeye talaşın sıvanarak aşınma bölgesini doldurmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 9.20 (a, b, c)'dan görüldüğü gibi kuru işleme şartlarında yapılan deneylerde düşük kesme hızlarında takım üzeri sıvanma değerleri yüksek olurken artan kesme hızlarında bu değerler düşmekte hatta görülmemektedir. Artan kesme hızlarına paralel olarak kesme bölgesi sıcaklığındaki artış takım üzeri sıvanma eğilimini azaltmıştır [47]. Kuru işleme şartlarında düşük kesme

hızında (Şekil 9.19 a) hem serbest yüzey aşınması hem de takım üzeri sıvanma yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni artan takım üzeri sıvanma takım sıcaklığını artırmış ve dolayısıyla takım aşınması buna bağlı olarak hızlanmıştır.

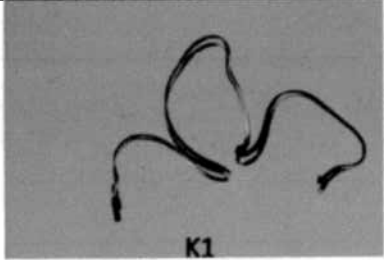
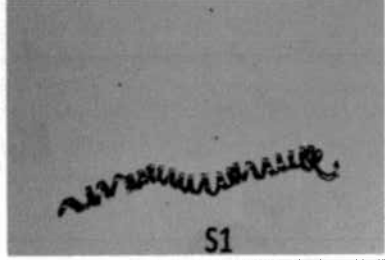
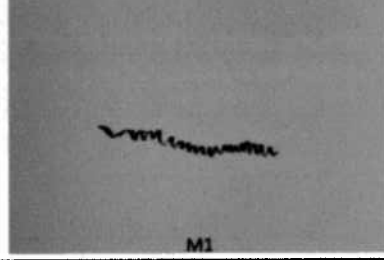
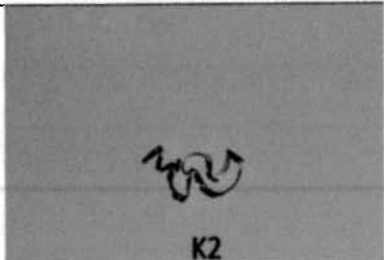
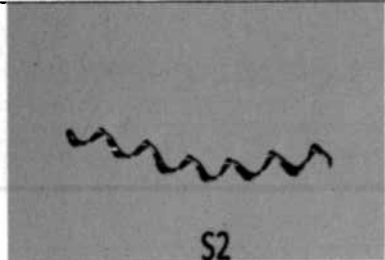
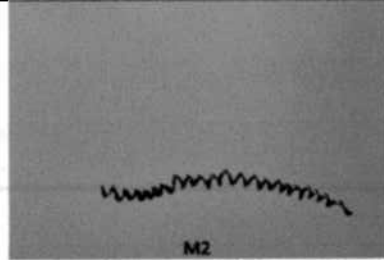
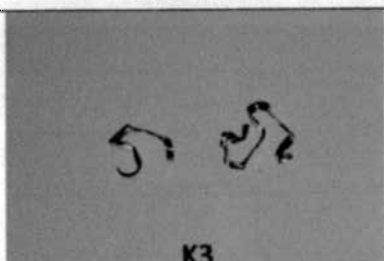
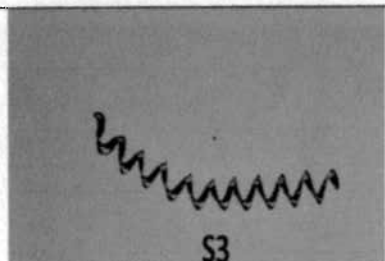
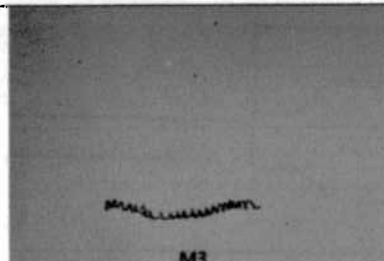
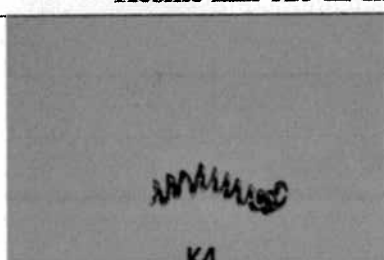
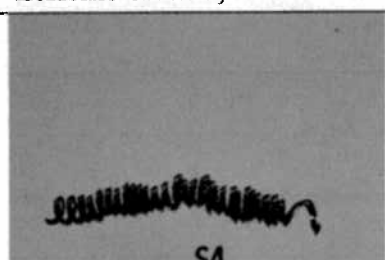
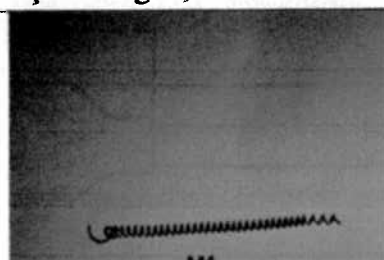
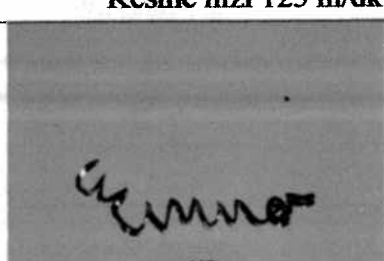
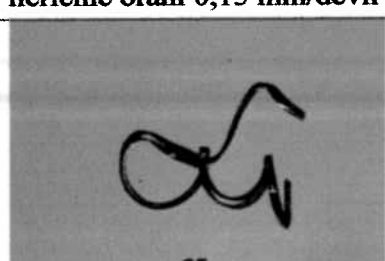
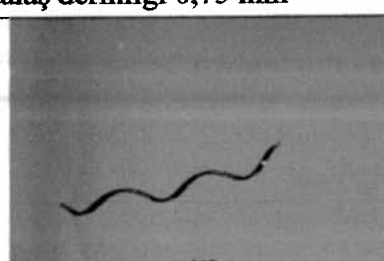
Geleneksel soğutma yönteminde takım aşınma ve takım üzeri sıvanma fotoğrafları incelendiğinde (Şekil 9.21 a-b-c-d) artan kesme hızlarında takım aşınmasının arttığı ve takım üzeri sıvanmanın olmadığı gözlenmiştir. Bu deney grubunda takım üzeri sıvanmanın olmamasının sebebi kesme sıvısının yağlayıcılığından dolayı talaş katmanlarının takıma nüfuz edememesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca Şekil 9.20 b’de görüldüğü gibi geleneksel soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deney gruplarında talaş vurması aşınmasının olduğu gözlenmiştir. Bu aşınmanın nedeni geleneksel soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deneylerin genelinde uzun talaş gözlenmesi buna bağlı olarak takıma talaş sürtmesinden kaynaklanmaktadır.

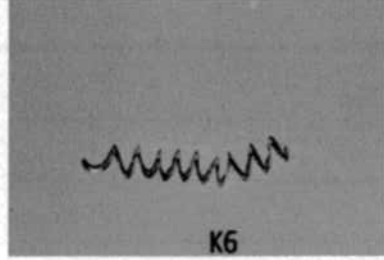
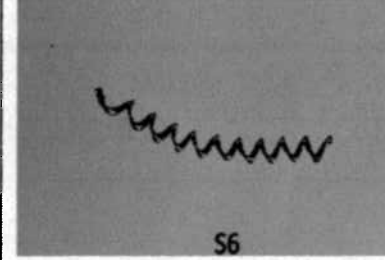
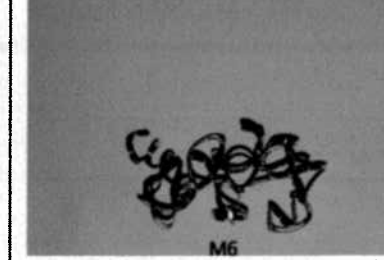
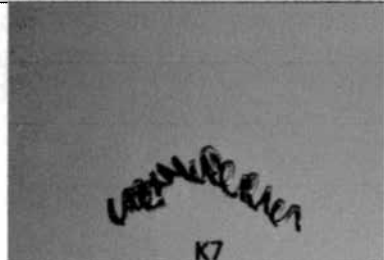
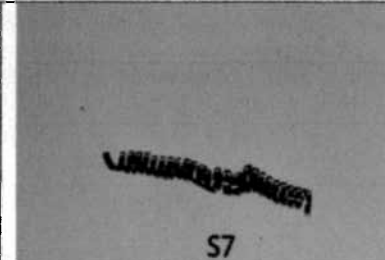
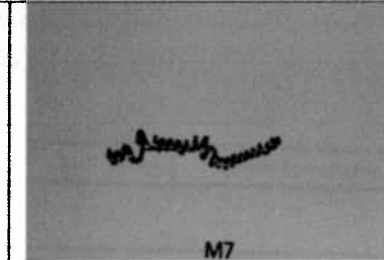
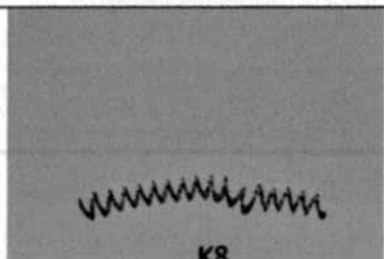
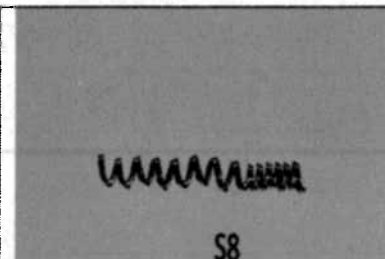
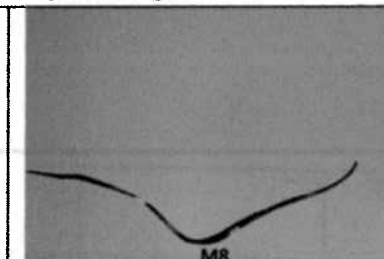
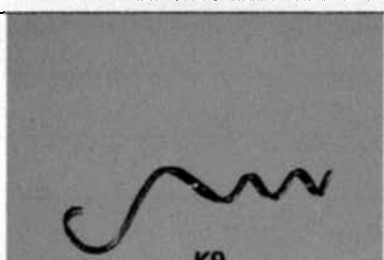
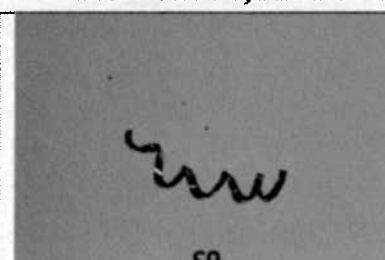
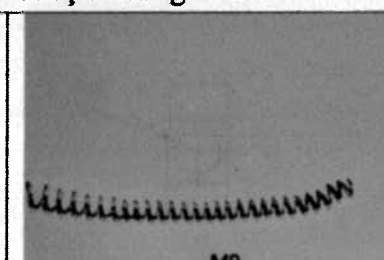
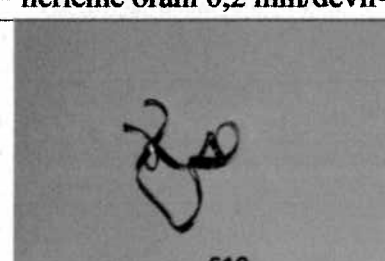
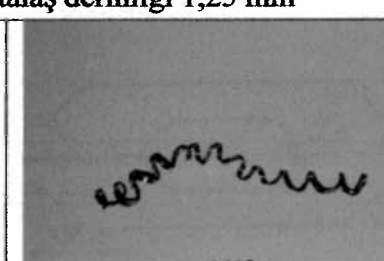
MMY yöntemiyle yapılan deney grubunda yer yer takım üzeri sıvanma gözlenmiş ancak bu değerler kuru işleme şartlarına nazaran düşük olmuştur. Ayrıca MMY yöntemiyle yapılan deney grubunda takım aşınma değerleri geleneksel soğutma yöntemine göre düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni geleneksel soğutma sıvısı kullanarak yapılan deney grubunda talaş formunun uygun olmamasından dolayı, kesme sıvısının takım-iş parçası kontak bölgesine etkin bir şekilde nüfuz edememesinden kaynaklanmaktadır. Bu deney grubuyla ilgili takım aşınmaları Şekil 9.22 (a-b-c)’de görülmektedir.

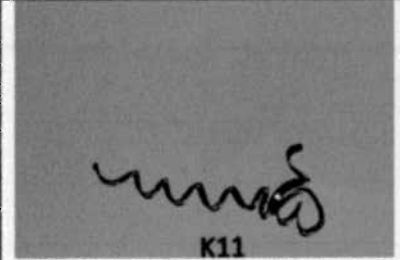
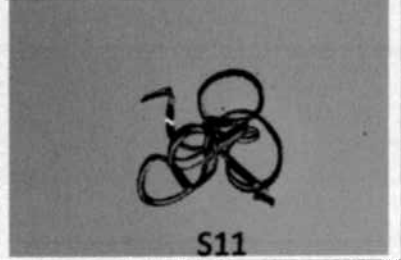
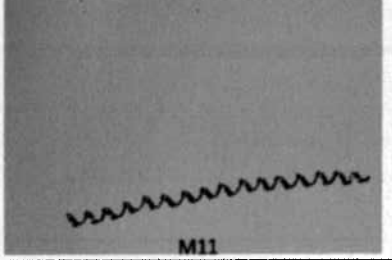
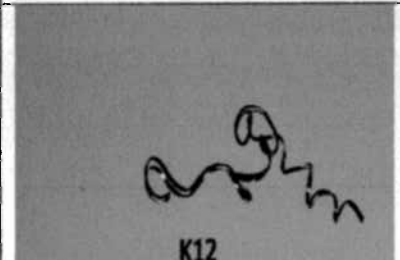
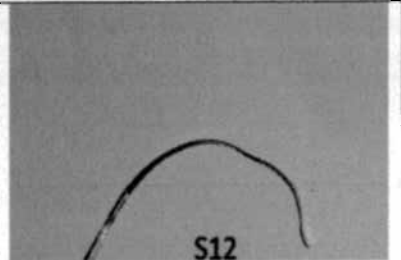
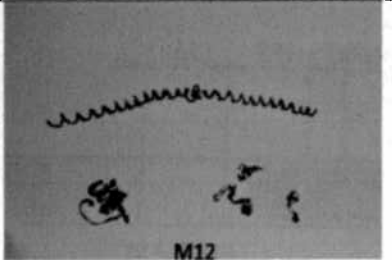
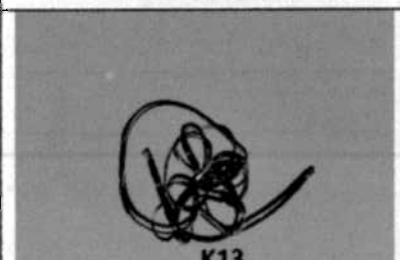
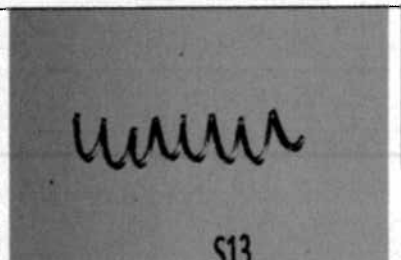
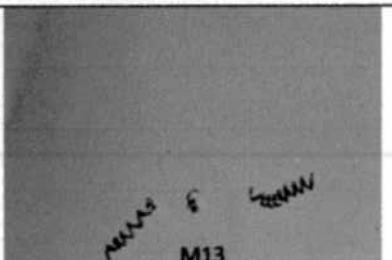
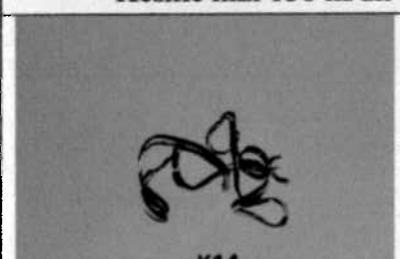
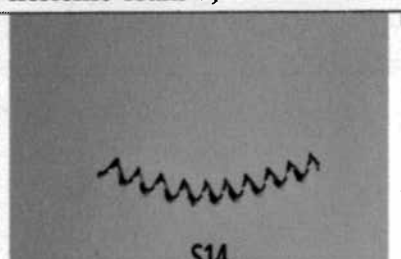
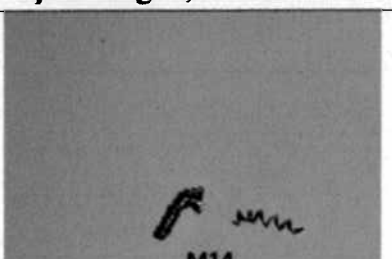
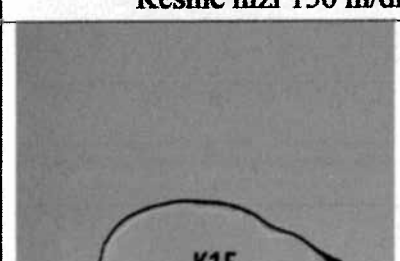
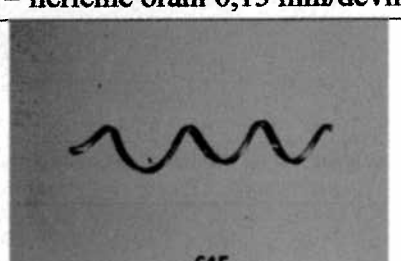
3 farklı kesme hızlarında kesici takım aşınması bakımından en kötü sonuçlar kuru işleme şartlarında oluşurken 125 m/dk kesme hızında en düşük aşınma değeri geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında oluşmuştur. Artan kesme hızlarında ise en düşük aşınma değerleri MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşmuştur. 125 m/dk kesme hızında geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarındaki aşınma değeri, kuru işlemeye göre % 104.3, MMY yöntemine göre % 6.45 daha iyidir. 150 m/dk kesme hızında MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşan aşınma değeri kuru işleme şartlarına göre % 14 47, geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre % 36 daha iyidir. 175 m/dk kesme hızında ise MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşan aşınma değeri kuru işleme şartlarına göre % 63.8, geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre % 40.74 daha iyi olduğu görülmüştür.

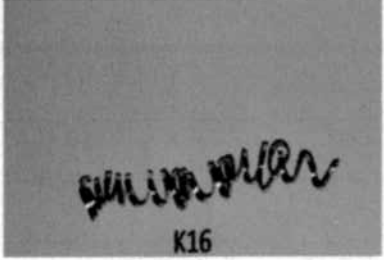
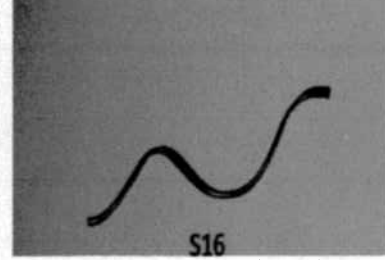
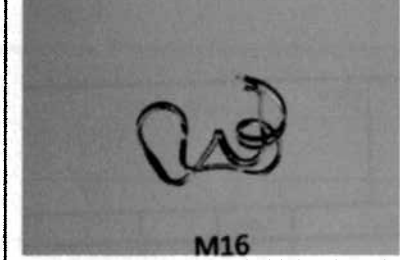
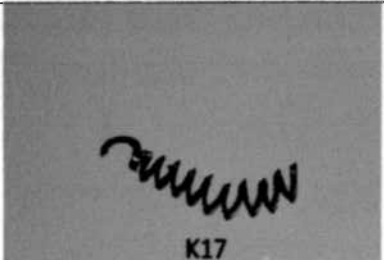
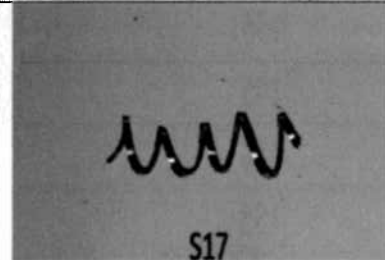
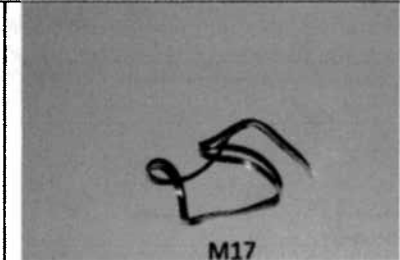
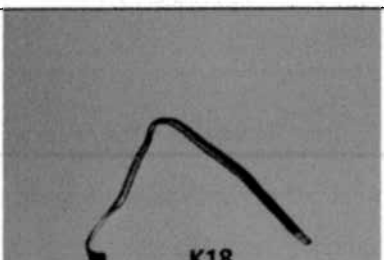
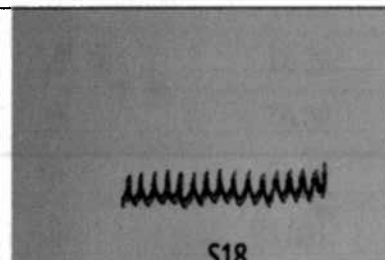
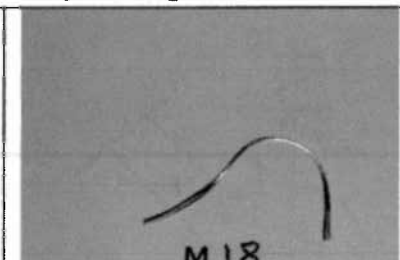
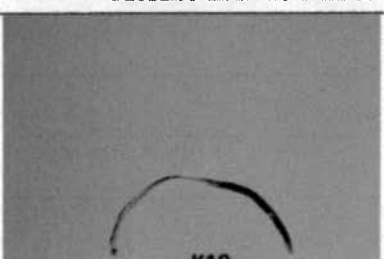
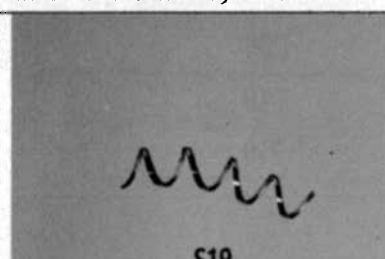
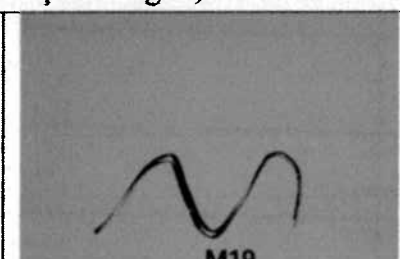
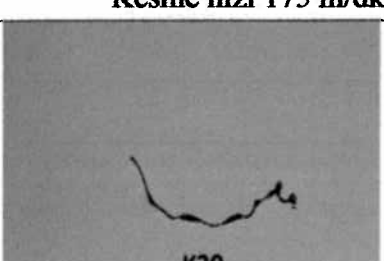
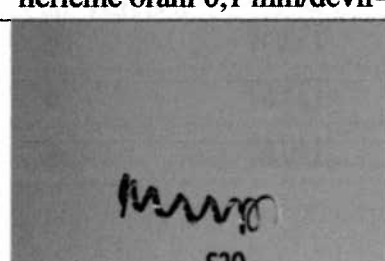
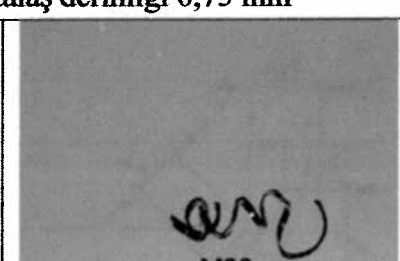
9.5. İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin Talaş Oluşumuna Etkisi

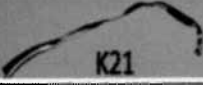
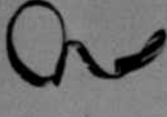
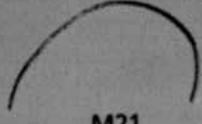
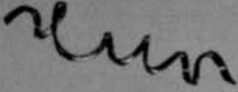
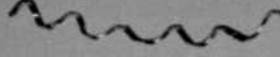
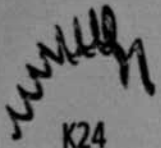
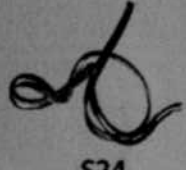
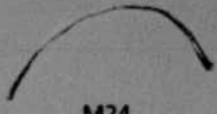
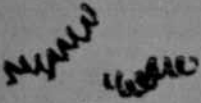
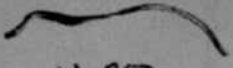
Her bir deney sonucu elde edilen talaş formları Şekil 9.23'de görülmektedir.

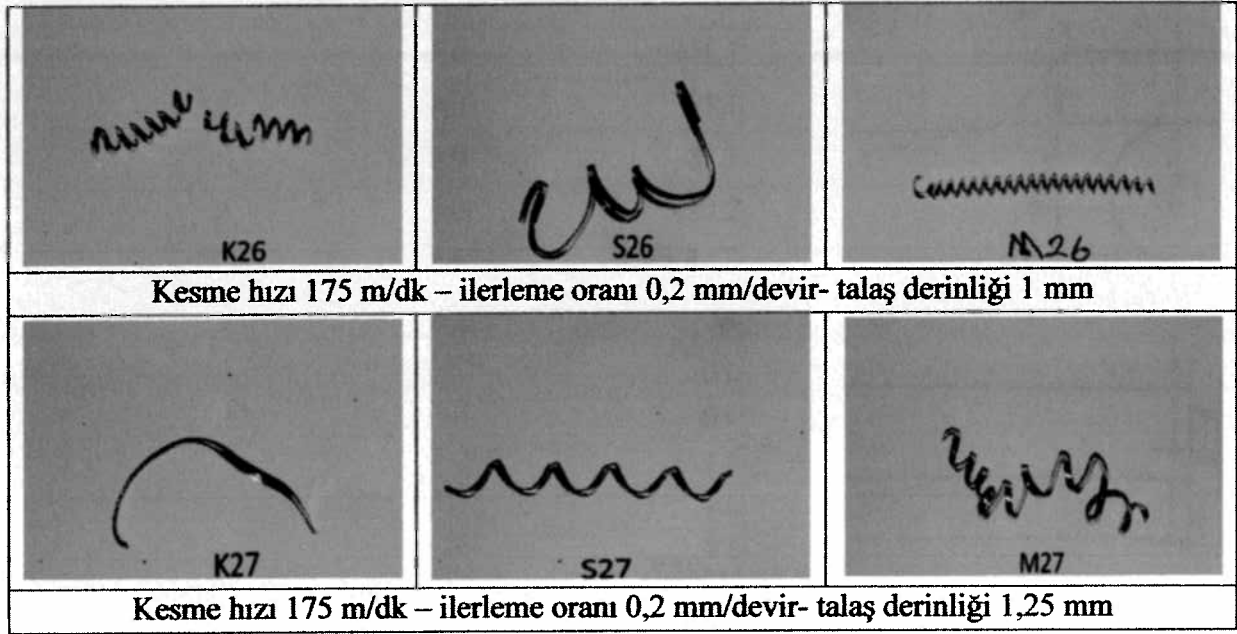
Kuru işleme şartları	Sulu işleme şartları	MMY işleme şartları
 K1	 S1	 M1
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
 K2	 S2	 M2
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
 K3	 S3	 M3
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
 K4	 S4	 M4
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
 K5	 S5	 M5
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		

		
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
		
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
		
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
		
Kesme hızı 125 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		

		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		

		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
		
Kesme hızı 150 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		

		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,1 mm/devir- talaş derinliği 1,25 mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1 mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,15 mm/devir- talaş derinliği 1,25mm		
		
Kesme hızı 175 m/dk – ilerleme oranı 0,2 mm/devir- talaş derinliği 0,75 mm		



Şekil 9.22 İşleme parametreleri ve soğutma yöntemlerinin talaş oluşumuna etkisi

İş parçası malzemesi, kesici takım geometrisi, kesme sıvısı, takım tezgâhının dinamik özellikleri ve işleme parametreleri talaşlı imalatta talaş formunu etkileyen faktörler arasındadır [48]. Ancak bunların yanında kesme sıvısının kullanım yöntemleri de talaş oluşumunu etkilemektedir. Şekil 9.22 soğutma sıvısının kullanım yöntemlerinin aynı işleme parametrelerinde, aynı tezgâhta ve aynı kesici takımda talaş formuna etkisini destekleyen niteliktedir. Talaş formları incelendiğinde genelde şerit, karışık formu, burğu formu ve helisel formu talaş gruplarının olduğu gözlenmiştir. Literatürde helisel formu talaş uygun talaş tipi; şerit, karışık ve burğu formu talaşlar ise uygun olmayan talaş tipleri olarak sınıflandırılır [48]. Alüminyum alaşımlarının sünekliliğinin yüksek olması talaşlı işlemede talaş boylarının uzun olmasına neden olmuştur. Aşağıdaki tablo 9.2’de talaş formları gruplandırılmıştır.

Tablo9.2 Talaş formlarının sınıflandırılması

		Helisel Formlu Talaş	Şerit Formlu Talaş	Karışık Formlu Talaş	Burgu Formlu Talaş
Soğutma Grubu	Kuru İşleme	K4-K5-K6-K7- K8-K10-K16- K17-K24-K25	K15-K18- K19-K20- K21-K23-K27	K1-K3-K11- K12-K13- K14-K22	K2-K9- K26
	Sulu İşleme	S1-S2-S3-S4- S6-S7-S8-S9- S13-S14-S15- S17-S18-S19- S20-S22-S27	S12-S23	S5-S10-S11- S21-S24	S-16
	MMY İşleme	M1-M2-M3-M4- M7-M9-M10- M11-M12-M13- M14-M15-M22- M26-M27	M8-M18- M21-M23- M24-M26	M6-M16- M17	M5-M19- M20
Uygunluk		Uygun	Uygun Değil	Uygun Değil	Uygun Değil

Alüminyum alaşımlarının yüksek sünekliliğe sahip olması ve buna bağlı olarak talaş kaldırma esnasında talaşın iş parçasına sarması nedeniyle kesme parametrelerine ve soğutma koşullarına bağlı olarak talaş oluşumunu yorumlamak oldukça zordur. Çünkü iş parçasına sarılan talaşın formu bozulmakta ve olması gerekenden farklı bir talaş tipi meydana gelmektedir. Ancak elde edilen talaş formlarından yola çıkarak geleneksel soğutma yöntemiyle yapılan deneylerde talaş formlarının büyük oranı kabul edilebilir nitelikte olmuştur. MMY yöntemiyle yapılan talaş kaldırma deneylerinde talaş oluşum formları bakımından, soğutma sıvısı kullanılmadan yapılan deneylerde elde edilen talaş formlarından daha iyi olduğu Tablo 9.2’den gözlenmiştir.

10. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

10.1 Genel Sonuçlar

Bu çalışmada AA 7075 T6 alüminyum alaşımı tornalama yöntemiyle farklı işleme parametrelerinin ve soğutma yöntemlerinin talaş kaldırma yoluyla oluşan yüzey pürüzlülüğüne, takım sıcaklığına, sistem titreşimine, takım aşınmasına, takım üzeri sıvanmaya ve talaş oluşumuna olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Artan kesme hızlarında ortalama yüzey pürüzlülük değerleri iyileşme eğiliminde olduğu ancak kuru işleme şartlarında takım üzeri sıvanmadan dolayı düşük kesme hızlarında da yüzey pürüzlülüğünün iyi çıktığı görülmüştür.
- Kuru işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.849 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.776 \mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $1.564 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının(125-175 m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %18,2 iyileşmesini sağlamıştır.
- Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.528 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.301 \mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $1.073 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının(125-175 m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %42,4 iyileşmesini sağlamıştır.
- MMY işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.637 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1.326 \mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $0.962 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının(125-175 m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %70,16 iyileşmesini sağlamıştır.

- Artan ilerleme miktarı ve talaş derinliklerinde ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin kötüleştiği görülmüştür. MMY yönteminin artan ilerleme oranlarında ortalama yüzey pürüzlülüğü bakımından etkinliğinin kuru ve geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre daha iyi olduğu belirlenmiştir.
- Kuru işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.849 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.978 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $2.293 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,1-0,2mm/dev) %100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %23,45 kötüleşmesine neden olmuştur.
- Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.528 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.672 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $1.83 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,1-0,2mm/dev) %100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %19,76 kötüleşmesine neden olmuştur.
- MMY işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.637 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1.634 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $1.712 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,1-0,2mm/dev) %100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %4,58 kötüleşmesine neden olmuştur.
- Tüm soğutma koşullarında artan kesme hızları ve ilerleme oranlarında kesici takım sıcaklığının artışı ve MMY yöntemiyle yapılan deneylerdeki takım sıcaklıkları, geleneksel soğutma yöntemiyle yapılan deneylerdeki takım sıcaklık değerlerine yakın olduğu belirlenmiştir.

- Talaşlı işleme esnasında oluşan titreşim işlenmiş parçanın yüzey pürüzlülüğü ile ilişkili olduğu ve artan titreşim frekanslarında yüzey pürüzlülüğünün de arttığı gözlenmiştir.
- Artan kesme hızı, ilerleme miktarı ve talaş derinliklerinde kesici takım sıcaklıkları kesici takımın daha hızlı aşındığı belirlenmiştir.
- Yapılan deneylerde en düşük takım aşınması MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşmuştur. 125 m/dk kesme hızında geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarındaki aşınma değeri, kuru işlemeye göre % 104.3, MMY yöntemine göre % 6.45 daha iyidir. 150 m/dk kesme hızında MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşan aşınma değeri kuru işleme şartlarına göre % 14.47, geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre % 36 daha iyidir. 175 m/dk kesme hızında ise MMY yöntemiyle yapılan işleme şartlarında oluşan aşınma değeri kuru işleme şartlarına göre % 63.8, geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre % 40.74 daha iyi olduğu görülmüştür.
- Farklı soğutma yöntemlerinin de talaş oluşumuna etkisinin olduğu ve MMY yöntemiyle yapılan talaşlı işlemede, kuru işlemeye nazaran daha kabul edilebilir talaş formlarının oluştuğu gözlenmiştir.

10.2 Öneriler

- Kuru işleme şartlarında AA 7075-T6 alüminyum alaşımı kesici takımın aşınma bölgesine sıvanarak takım aşınması ölçümünü olanaksız kılmıştır. Alüminyum dağlayıcılarla kesici takım dağlanarak sıvanan malzeme takımdan uzaklaştırılabilir ve ölçüm yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. **Rahman M., Kumar S.A., Salam M.U.**, 2001. "Evaluation of Minimal Quantities of Lubricant in End Milling", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, S 235-241.
2. **Obikawa T., Kamata Y., Shinozuka J.**, 2006. "High Speed Grooving with Applying MQL", International Journal of Machine Tools and Manufacture, S 1854-1861.
3. **Hüseyinoğlu M., Tosun N.**, 2009, " 7075 al alaşımlarının frezelenmesinde minimum soğutma sıvısının yüzey pürüzlülüğüne etkisi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyum, 13-15 Mayıs, Karabük
4. **Varadharajan A. S., Philip P. K., Ramamoorthy B.**, 2000. "Investigation on Hard Turning with Minimal Pulsed Jet of Cutting Fluid.", Proceedings of the International Seminar on Manufacturing Technology, India, S 193-200.
5. **Philip P. K.**, 2001. "Influences of Cutting Fluid Composition and Delivery Variables on Performance in Hard Turning Using Minimal Fluid in Pulsed Jet Form.", Journal of the Institution of Engineers, India.
6. **Wertheim R., Rotberg J., Ber A.**, 1992. "Influence of High Pressure Flushing through the Rake Face of the Cutting Tool.", CIRP Annals Manufacturing Technology, S 101-106.
7. **Chepe M. A.**, 1994. "Cutting Fluid Injection of the Tool Chip Interface to Improve Machining Performance.", Journal of Engineers, India.
8. **Mazurkiewicz M.**, 1999. "Metal Machining with High Pressure Water Jet Cooling Assistance A New Possibility" Journal of Engineers for Industry.
9. **Youssef H. A.**, 2008. "Machining Technology: Machine Tools and Operations., CrcPress, Taylor And Francis.
10. **Grzesik W.**, 2008. "Advanced Machining Process of Metallic Materials: Theory Modeling and Applications.", Elsevier Science and Technology, Amsterdam.
11. **Şahin Y.**, 2000. Talaş Kaldırma Prensipleri, Cilt 1, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Ankara.
12. **Çakır M.**, 2000. Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Vipaş, Bursa.

13. **Tan X.C., Liu F., Cao H. J., Zhang H.**, 2007. "A Decision Making Frame Work Model of Cutting Fluid Selection for Green Manufacturing a Case Study, Journal of Machine Tools And Operations, S 467-470.
14. **Rahman M., Kumar A. S., Salam M. U.**, 2002. " Experimental Evaluation on the Effect of Minimal Quantities of Lubricant in Milling", International Journal of Machine Tools and Manufacture, S 539-547.
15. **Hüseyinoğlu M.**, 2008. "7075 Alüminyum Alaşımının Freze ile İşlenmesinde Minimum Soğutma Sıvısı Kullanmanın Performans Karakteristiklerine Etkisi", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
16. **Khan M. M. A.**, 2009. "Effect of Minimum Quantity of Lubrication on Turnin AISI 9330 Alloy Steel Using Vegatable Oil Based Cutting Fluid" Journal of Materials Processing Technology.
17. **Dhar N. R., Ahmet M. T., Islam S.**, 2006. "An Experimental İnvestigation on Effect of Minimum Quantity of Lubrication in Machining AISI 1040 Steel" International Journal of Machine Tools and Manufacture, S 748-753.
18. **Dhar N. R. Kamruzzaman M., Mahiuddin A.**, 2006. "Effect of Minimum Quantity Lubrication on Tool Wear and Surface Roughness in Turning AISI 4340 Steel", Journal of Metarials Processing Technology, S 299-304.
19. **Dinesh G.**, 2010. "Investigation and Optimization of Lubricant Parameters in High Speed Turning of Superalloy Inconel 718" International Journal of Advanced Manufacturing Technology.
20. **Sun J., Wong Y. S., Rahman M., Wang Z. G.**, 2006. " Effects of Coolant Supply Methods and Cutting Conditions on Tool Life in End Milling Titanium Alloy", Machining Science and Technology, S 355-370.
21. **Şahin Y.**, 2006. Kompozit Malzemelere Giriş, Gazi Üniversitesi, Ankara.
22. [http:// www.belgeler.com/blg/2d4u/al-ve-alasimlari](http://www.belgeler.com/blg/2d4u/al-ve-alasimlari), 2013.
23. **Oğuz B.**, 1990. Demir Dışı Metallerin Kaynağı, Oerlikon Yayınları. .
24. **Yılmaz M.**, 2003. Alüminyum Sektöründe Yeni Kullanım Sahaları, 2. Alüminyum Sempozyumu ve Sergisi, 22-24 Mayıs, Seydişehir.
25. **Demir, H., Ulaş, H.B., Zeyveli, M.**, 2009, "Talaşlı Üretimde Kullanılan Kesme Sıvılarından İstenen Özellikler", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.

26. [Http://www.cozumpetrol.com/web/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=74](http://www.cozumpetrol.com/web/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=74), 2013
27. **Akben, U.**, 2009, "Minumum Miktarda Yağlama İle Kesmenin Takım Aşınması Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
28. **Silliman, J.D., Perich., R.**, 1992, "Cutting and Grinding Fluids: Selection and Application", Second Edition, Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineer.
29. **Bienkowski, K.**, 1993, Coolants & Lubricants The Truth, The Truth, Manufacturing.
30. **Akkurt M.**, 1999. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, İstanbul Teknik Üniversitesi.
31. [Http://its.foxvalleytech.com/MachShop1/coolant/cutfluids.htm](http://its.foxvalleytech.com/MachShop1/coolant/cutfluids.htm), 2013.
32. **Cerit, A. M.**, 1996, Makine Mühendisliği El Kitabı, Üretim Ve Tasarım, cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No:170, S. 424-432.
33. Nordic Council of Ministers, 2002. IVL Swedish Environmental Research Institute; VTT. Environmentally Acceptable Metalworking Processes.
34. **Şimşek, B. T.**, 2010, "Bitkisel Esaslı Kesme Sıvılarının ve Takım Tutucularının Frezelemedeki Performansının Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi.
35. Tool Wear and Tool Life, Asm Handbook, Wolume 16, Maching, 2002.
36. **Şahin Y.**, 2001. Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt2, Gazi Üniversitesi, Ankara.
37. **Çoğun C.**, 2002. "Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi," Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 17, S 59-75.
38. **Korucu S.**, 1996. "Ç 1030 ee Ç 1060 Malzemelerin Hidrolik Kopya Aparatı ile İşlenerek Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi," 7. Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
39. **Gadelmavla E.S. Koura M. M., Maksoud T. M. A.**, 2002. "Roughness Parameter", Journal of Material Processing Technnnology, S 133-145.
40. **Eniksen E.**, 1999. Influence from Production Parametrics on The Surface Raughness of Air Machined Short Fibre Rainforced Thermo Plastic", International Journal of Machine Tools and Manufacture.

41. **Kandemir K., Özdemir A., 1999.** "Seramik Kesici Uçlarla Tornalamada Taşlama Kalitesinde Yüzeylerin Elde Edilme Şartları", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Dergisi, Cilt2, Zonguldak, S 119-129.
42. **Gürbüz H., Kafkas F., Şeker U., 2010.** "AISI 316 Çeliğinin İşlenmesinde Kesici Takım Burun Yarıçapının Kesme Kuvvetleri ve Yüzey Pürüzlülüğü Üzerine Etkisi", 2. Ulusal Talaşlı İmalat Sempozyumu, Konya, S 35-50.
43. **Boothrayd G., 1981.** "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools", International Student Edition 5th Printing, New York.
44. **Chen W.C., Tsao C. C., 1997.** "Determination Temperature Distributions on The Rake Face of Cutting Tools Using A Remote Method", International Communications in Heat and Mass Transfer, Volume 24, S 161-170.
45. **Özek C., 2004.** "Tornalama İşleminde Takım-Talaş Ara Yüzey Sıcaklığının Belirlenmesi", 11.Uluslararası Makine Tasarım ve İmalat Kongresi.
46. **Lin S.C., Hu M. R., 2002.** "Low Vibration Control System in Turning", International Journal of Machine Tools and Manufacture, S 629-640.
47. **Kavak N., Üstel N., 2012.** "AISI 1040 Çeliğinin Kuru Tornalamasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi", Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, S 24-29.
48. **Altıntaş Y., 2000.** Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Desing, Cambridge University Press.

ÖZGEÇMİŞ

Salih AĞAR 10 ekim1987 yılında Konya ilinin Beyşehir ilçesinin Karaali Kasabasında doğdu. İlköğrenimini Karaali İlköğretim okulunda, 2002 yılında tamamladı. Lise öğrenimini Beyşehir Süper Lisesinde tamamlayarak aynı yıl içerisinde Niğde Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2009 yılında yüksek öğrenimini tamamlayan Salih AĞAR, yine aynı yıl içerisinde Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümüne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2011 yılında Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi anabilim dalında yüksek lisansa başladı. Salih AĞAR, evli ve 1 çocuk babasıdır.

Salih AĞAR