

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA YÖNTEMİNİN
AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE
ETKİSİ

Mehmet BUYRUK

Yüksek Lisans Tezi
Makine Eğitimi Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Ahmet HASÇALIK
OCAK 2017

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA YÖNTEMİNİN
AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mehmet BUYRUK
11119105

Anabilim Dalı: Makine Eğitimi
Programı: Talaşlı İmalat

Tez Danışman: Prof. Dr. Ahmet HASÇALIK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23.12.2016

OCAK 2017

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA YÖNTEMİNİN
AISI 304 PASLANMAZ ÇELİĞİN İŞLENEBİLİRLİĞİNE ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet BUYRUK

11119105

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 23.12.2016

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.01.2017

Tez Danışman: Prof. Dr. Ahmet HASÇALIK (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Vedat SAVAŞ (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ALTUĞ (İ.Ü.)

OCAK-2017

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca benden yardım ve desteklerini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın, Prof. Dr. Ahmet HASÇALIK' a, ayrıca bilgi ve fikirlerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Ulaş ÇAYDAŞ' a,

Deney çalışmalarım esnasında yanımdan ayrılmadan destek olan Salih AĞAR, Özer MENEVŞE ve deneylerimi yapabilmem için imalathanesindeki CNC tornayı kullanma imkânı sağlayan ÇEPOMP işletmesi adına Abidin ÇEKİRDEK beye,

Deneyler için kullandığım takım ve numunelerin tedariki için maddi destek sağlayan Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP)' yönetici, personeline;

Beni bu günlere getiren anneme ve babama, çalışmam boyunca bana tahammül eden eşime ve zaman ayıramadığım çocuklarıma,

Teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Mehmet BUYRUK

Elazığ 2016

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	1
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	XIV
SEMBOLLER LİSTESİ.....	XV
KISALTMALAR	XVI
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	5
3. MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA	8
3.1. Minimum Miktarda Yağlama Tanımı.....	8
3.2. Minimum Miktarda Yağlama Yöntemiyle İlgili Çalışmalar	9
4. KESME SIVILARI	20
4.1. Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması	21
4.1.1. İşlevlerine Göre Kesme Sıvıları.....	21
4.1.1.1. Soğutucular	22
4.1.1.2. Yağlayıcılar	22
4.1.2. Kimyasal Bileşimlerine Göre Kesme Sıvıları.....	23
4.1.2.1. Kesme Yağları.....	23
4.1.2.2. Su Esaslı Kesme Sıvıları	25
4.1.3. Gazlar ve Gaz-Sıvı Karışımları	29
4.2. Kesme Sıvılarının Görevleri	30
4.2.1. Soğutma	31
4.2.2. Yağlama	32
4.2.3. Talaşı Uzaklaştırma	36
4.2.4. Kaynak Oluşumunu Engelleme	37
4.2.5. Korozyonu Engelleme	37
4.2.6. Güç Sarfiyatını Düşürme	37
4.2.7. Takım Ömrünü ve Verimliliği Artırma	38

4.2.8.	Belli Bir Tipte Talaş Oluşturma	38
4.3.	Katkı Maddeleri ve Fonksiyonları	38
4.3.1.	Kimyasal Yapı Üzerinde Etkili Olan Katkı Maddeleri.....	39
4.3.1.1.	Oksidasyon Önleyiciler.....	39
4.3.1.2.	Korozyon Önleyiciler.....	40
4.3.1.3.	Aşınma Önleyiciler	40
4.3.1.4.	Pas Önleyiciler	41
4.3.1.5.	Aşırı Basınç Katkıları (EP)	41
4.3.1.6.	Deterjan ve Dispersan Katkıları	42
4.3.2.	Fiziksel Yapı Üzerine Etkili Olan Katkı Maddeleri	42
4.3.2.1.	Donma Noktası Düşürücüler:.....	42
4.3.2.2.	Köpük Önleyiciler:.....	43
4.3.2.3.	Viskozite İndeksi Geliştiriciler:	43
4.3.2.4.	Biyositler ve Fungisitler:.....	44
4.4.	Kesme Sıvılarının Uygulanması	44
4.4.1.	Sıvı Fıskırtma.....	46
4.4.1.1.	Takım Dışından Soğutma.....	46
4.4.1.2.	Takım İçinden Soğutma	47
4.4.2.	Sis Püskürtme	48
4.4.2.1.	Misting	49
4.5.	Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının İnsan Sağlığına Etkileri.....	49
4.5.1.	Dermatit	50
4.5.2.	Folliculitis	51
4.5.3.	Cilt Kanseri.....	51
4.5.4.	Solunum Rahatsızlığı.....	52
5.	PASLANMAZ ÇELİKLER.....	55
5.1.	Mekanik Özellikler	55
5.2.	Paslanmaz Çelik Türleri	56
5.2.1.	Martenzitik Paslanmaz Çelikler.....	56
5.2.2.	Feritik Paslanmaz Çelikler	57
5.2.3.	Ostenitik Paslanmaz Çelikler.....	58

5.2.3.1. Ostenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri	58
5.2.3.2. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Korozyon Özellikleri	59
5.2.3.3. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin İmalatı	61
5.2.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler	62
5.3. Paslanmaz Çeliğin Talaşlı İşlenebilirliği	63
6. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ.....	65
6.1. Talaş Kaldırma Mekanizması	65
6.2. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler	66
6.2.1. Takım Geometrisi	67
6.2.2. Kesme Hızı	68
6.2.3. Kesme Kuvveti	69
6.2.4. Talaş Derinliği ve İlerleme Miktarı	71
6.2.5. Takım Uç Yarıçapının Etkisi	72
6.2.6. Titreşimin Etkisi	73
7. TAKIM AŞINMASI.....	75
7.1. Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler.....	75
7.2. Takım Aşınma Mekanizmaları	76
7.3. Takım Aşınma Çeşitleri.....	77
7.3.1. Serbest Yüzey Aşınması (Yanak Aşınması).....	77
7.3.2. Krater Aşınması	78
7.3.3. Çentik Aşınması.....	79
7.3.4. Burun Yarıçapı Aşınması	80
7.3.5. Isıl ve Mekanik Çatlaklar.....	80
7.3.6. Talaş Sıvanması (BUE)	80
7.3.7. Plastik Deformasyon.....	81
7.3.8. Kenar Çentiklemesi	82
7.3.9. Talaş Vurması	83
7.3.10. Takım Kırılması.....	83
8. MATERYAL VE METOD.....	85
8.1. Çalışmanın Amacı	85
8.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Özellikleri	86

8.3.	İşleme Parametreleri	86
8.4.	Kesici Takım ve Takım Tutucu	88
8.5.	Takım Tezgâhı	88
8.6.	Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü	88
8.7.	Takım Aşınması ve Talaş Sıvanmasının (BUE) Ölçümü	88
8.8.	Soğutma Yöntemleri ve Soğutma Sıvısı	88
9.	DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	90
9.1.	İşleme Parametreleri ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	92
9.1.1.	Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	92
9.1.2.	İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	99
9.1.3.	Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	105
9.2.	İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Aşınması Üzerine Etkisi	111
9.2.1.	Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	117
9.2.2.	İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi ..	122
9.2.3.	Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	128
10.	GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	134
10.1.	Genel Sonuçlar.....	134
10.2.	Öneriler	136
11.	KAYNAKÇA.....	137
EKLER.....		144
ÖZGEÇMİŞ.....		146

ÖZET

Talaşlı imalatta kesme sıvılarının içerikleri ve uygulama yöntemleri, soğutma, yağlama ve çıkan talaşın uzaklaştırılması gibi fonksiyonları bakımından oldukça önem arz etmektedir. Ancak kullanılan kesme sıvıları insan sağlığı, çevre kirliliği ve gerek temin maliyeti gerekse kullanılan kesme sıvısının geri dönüşümü maliyet açısından problemler oluşturmaktadır. Bu yüzden son yıllarda kesme sıvılarının içerikleri ve azaltılması yönünde yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, minimum miktarda yağlama yönteminin AISI 304 paslanmaz çeliğin işlenebilirliğine etkisi kuru, geleneksel soğutma sıvılı ve minimum miktarda yağlama yöntemi olmak üzere 3 farklı soğutma yöntemle karşılaştırılarak incelenmiştir. Deneylerde literatüre uygun olarak kesme hızı ($V = 125, 150, 175$ m/dk); ilerleme miktarı ($f = 0.1, 0.15, 0.2$ mm/dev) ve talaş derinliği ($a = 0.75, 1.0, 1.25$ mm) gibi seçilerek yüzey kalitesine ve takım aşınmasına etkileri değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak her üç yöntemde de yüzey kalitesi bakımından beklenen sonuçlar alınmasına rağmen takım aşınması ve kesme sıvısı tüketiminin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. ve soğutma tekniklerinin ortalama yüzey pürüzlülüğü, takım aşınması, talaş sıvanması üzerindeki etkileri deneysel olarak çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yağlama yöntemleri, Yüzey pürüzlülüğü, Kesici takım, Kesici takım aşınması

SUMMARY

The effect of minimum quantity lubricating method on machinability of AISI 304 stainless steel

In machining industries, the types and usage method of cutting fluids have a crucial importance among machining parameters due to their lubrication, cooling and chip removal properties. However use of the cutting fluid has become more problematic in terms of employee health, environmental pollution and lubricant costs. Thus, in last years the content and minimalization of usage of cutting fluids have been research subjects.

In this study, the effect minimum quantity lubrication method on machinability of AISI 304 stainless steel were investigated in terms of three different cooling methods namely, dry, conventional wet end MQL experimentally. In experiments, cutting speed ($V = 125, 150, 175$ m/min), feed rate ($f = 0.1, 0.15, 0.2$ mm/rev) and depth of cut ($a = 0.75, 1.0, 1.25$ mm) were chosen based on related literature and the relative effects of these parameters were evaluated on surface quality and tool wear.

Consequently, although similar results were observed in three cooling methods in terms of surface quality too, tool wear and the consumption of cutting fluid decreased in minimum quantity lubrication method significantly

Key Words: Lubrication methods, Surface roughness, Cutting tool, Cutting tool wear

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1: Minimum Miktarda Yağlamada Dıştan ve İçten Püskürtme.[23]	8
Şekil 3.2. Kesme Kuvvetlerinin Kuru Kesme, Sulu Kesme ve Minimum Miktarda Yağlama Şartlarında Karşılaştırması [27]	11
Şekil 3.3: Kesme Sıcaklığının Kuru Kesme, Sulu Kesme ve Minimum Miktarda Yağlama Şartlarında Karşılaştırması [27]	12
Şekil 3.4: Birincil Kesme Kenarında Ortalama Serbest Yüzey Aşınmasının Zamanla Gelişimi[20].....	15
Şekil 3.5: İkincil Kesme Kenarında Ortalama Serbest Yüzey Aşınmasının Zamanla Gelişimi[20].....	15
Şekil 3.6: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğünün Zamanla Gelişimi[20].....	16
Şekil 3.7: 45 Dakikalık İşleme Zamanı Sonunda Aşınmış Takımların SEM Görüntüleri[19]	16
Şekil 4.1: Kesme Yağlarının ve Su Esaslı Kesme Sıvılarının Kullanım Miktarının Tarihsel Değişimi.[27]	28
Şekil 4.2: İyi ve Kötü Islatma [8].....	31
Şekil 4.3: Kesme Sırasında Oluşan Isının Uzaklaştırılması[27].....	32
Şekil 4.4: Kesme Sıvısının Nüfuz Ettiği Kapiler Bölgeleri Gösteren Takım-Talaş Ara Yüzeyi [43]	33
Şekil 4.5: Kesme Hızının Karbon Tetra Klorürün Yağlayıcılığı Üzerine Etkisi [27]	34
Şekil 4.6: (a) Daha Fazla Isıyla Sonuçlanan Bir Kayma Düzlemi Uzunluğu, (b) Kesme Sıvısı İle Elde Edilen Daha Kısa Kayma Düzlemi	35
Şekil 4.7. Kesme Sıvısı Uygulamasının Doğru Olan Ve Olmayan Biçimleri [27].....	45
Şekil 4.8. Takım Dışından Soğutma[27].....	47
Şekil 4.9. Takım İçinden Soğutma[27]	48
Şekil 4.10: Dermatit Cilt Hastalığının Görünüşü[59]	50
Şekil 4.11: Folliculitis Cilt Hastalığının Görünüşü [60].....	51
Şekil 4.12:Faklı Cilt Kanseri Tipleri[61]	52
Şekil 5.1 Tip 301 (Yarı Kararlı) ve Tip 304 (Kararlı) Paslanmaz Çeliklerinin Mekanik Özellikleri Üzerine Soğuk Deformasyonun Etkisi[64].....	59

Şekil 6.1: Takım Modeli Ve Ortogonal Kesme [69].....	65
Şekil 6.2: Standart kesme açılarının gösterilmesi [69]	69
Şekil 6.3: Talaş kaldırma kuvvetleri [69].	70
Şekil 6.4: Takım uç yarıçapı [69].	73
Şekil 7.1: Talaş Kaldırma Parametrelerinin Takım Sıcaklığı Ve Aşınma Üzerine Etkisi [70].	76
Şekil 7.2 Serbest Yüzey Aşınması [70].	78
Şekil 7.3 Krater Aşınması [70].	79
Şekil 7.4 Çentik Aşınması [70].....	80
Şekil 7.5 Ağız Birikimi Oluşumu (BUE) [70].	81
Şekil 7.6 Plastik Deformasyon[70].	82
Şekil 7.7 Kenar Çentiklenmesi [70].....	82
Şekil 7.8. Talaş Vurması [70].	83
Şekil 7.9 Takım Kırılması[70].	84
Şekil 8.1 Deney Düzenekinin Gösterimi	89
Şekil 9.1. Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	92
Şekil 9.2 Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (1mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	93
Şekil 9.3 Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	93
Şekil 9.4. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	94
Şekil 9.5. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	94
Şekil 9.6. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	95
Şekil 9.7. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	95
Şekil 9.8. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi	96

Şekil 9.9. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi.....	96
Şekil 9.10 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	99
Şekil 9.11 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	100
Şekil 9.12 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 Mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	100
Şekil 9.13 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	101
Şekil 9.14 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	101
Şekil 9.15 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma	102
Şekil 9.16 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	102
Şekil 9.17 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	103
Şekil 9.18 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	103
Şekil 9.19 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	105
Şekil 9.20 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	106
Şekil 9.21 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	106
Şekil 9.22 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	107
Şekil 9.23 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	107
Şekil 9.24 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı	

Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	108
Şekil 9.25 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	108
Şekil 9.26 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	109
Şekil 9.27 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	109
Şekil 9.28. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	111
Şekil 9.29. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	112
Şekil 9.30. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	112
Şekil 9.31. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	113
Şekil 9.32. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	113
Şekil 9.33. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi	114
Şekil 9.34. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi (Kesme Hızı 125 m/dk)	114
Şekil 9.35. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi (Kesme Hızı 150 m/dk)	115
Şekil 9.36. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi (Kesme Hızı 175 m/dk)	115
Şekil 9.37 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	117
Şekil 9.38 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	117
Şekil 9.39 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	118
Şekil 9.40 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	118
Şekil 9.41 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı	

Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	119
Şekil 9.42 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	119
Şekil 9.43 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	120
Şekil 9.44 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	120
Şekil 9.45 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	121
Şekil 9.46 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	122
Şekil 9.47 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	123
Şekil 9.48 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	123
Şekil 9.49 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	124
Şekil 9.50 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	124
Şekil 9.51 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	125
Şekil 9.52 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	125
Şekil 9.53 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi.....	126
Şekil 9.54 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	126
Şekil 9.55. Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	128
Şekil 9.56. Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	128

Şekil 9.57 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	129
Şekil 9.58 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	129
Şekil 9.59 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	130
Şekil 9.60 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	130
Şekil 9.61 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	131
Şekil 9.62 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	131
Şekil 9.63 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi	132

TABLÖLER LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 4.1: Yağ Katkı Maddeleri[49]	45
Tablo 8.1. AISI 304 (EN: X5CrNi18-10) Östenitik Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Bileşimi ve Oda Sıcaklığındaki Fiziksel - Mekanik Özellikleri	86
Tablo 8.2. Deneysel Tasarım Tablosu	87
Tablo 8.3. İşleme parametreleri ve faktör seviyeleri	87
Tablo 9.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri	90
Tablo 9.2 İlerleme Oranına Bağlı Olarak Kuru İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri.....	91
Tablo 9.3 İlerleme Oranına Bağlı Olarak Geleneksel Sulu İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri	91
Tablo 9.4 İlerleme Oranına Bağlı Olarak MMY İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri.....	91

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 (μm)
R_t	:Yüzey pürüzlülüğünün derinliği (μm)
R_p	:Yüzey pürüzlülüğünün düzeltilmiş derinliği (μm)
l	:Yüzey pürüzlülüğü örnekleme uzunluğu (mm)
R_{sk}	: Genlik Dağılım Eğrisi
R_t	: Teorik maksimum yüzey pürüzlülüğü değeri
f	: İlerleme miktarı (mm/dev)

KISALTMALAR

Mn	: Mangan
Mg	: Magnezyum
Zn	: Çinko
Si	: Silisyum
Cu	: Bakır
BUE	: Built Up Edge (Talaş yığılması)
MQL	: Minimum Quantity Lubrication
MMY	: Minimum Miktarda Yağlama

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat, istenilen şekil, boyut ve yüzey kalitesinde bir ürün elde etmek için iş parçasından işleme payı kadar istenmeyen malzemenin kaldırılmasıdır[1]. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında gerilim oluşturarak gerçekleştirilir. Talaş kaldırma esnasında kesici takım ile iş parçası ara yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve buna bağlı meydana gelen plastik deformasyon sonucu oldukça yüksek bir ısı açığa çıkar[2]. Talaş kaldırma için kullanılan mekanik enerjinin hemen hemen tamamına yakını ısı enerjisine dönüşür. Meydana gelen ısı takım, talaş ve iş parçası olmak üzere üç bölgede birikir. Soğutma sıvısı kesme bölgesinde oluşan ısıyı ve takım-talaş teması ara yüzeyindeki sürtünmeyi azaltmak (yağlama yapmak) amacıyla kullanılır. Eğer iş parçası fazla ısı alırsa, ısı birikmesi sebebiyle malzemenin atomik yapısı bozulabileceği gibi genleşmeden dolayı işlenen parçanın ölçü hassasiyeti azalır ve bu ısı iş parçası yüzeyine zarar verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa uç kısa zaman diliminde bozulabilir buda takım ömrünün azalmasına, işlem maliyeti ve zamanının artmasına neden olur. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş-takım-iş parçası ara yüzeylerinde oluşan ısının taşınması ve tahliyesi daha kolay olmaktadır. Uygun bir soğutma sıvısı ile oluşan bu ısının %50'ye yakını kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir[3, 4].

Kesme işlemini kolaylaştırmak için başta su kullanılmıştır. Suyun soğutma kabiliyeti olmasına rağmen, pas önleme özelliğinin olmaması ve yağlama özelliğinin az olmasından dolayı farklı bileşenlerdeki kesme sıvıları geliştirilmiştir. Geliştirilen mineral ve sentetik yağlar sudan daha iyi özellikler sergilemelerine rağmen, su kadar çevreci olamamaktadır. Bu bağlamda, talaşlı imalatta kullanılan kesme sıvılarının tribolojik ve kimyasal etkileri önemsenirken insan ve çevre sağlığına olan etkileri de göz ardı edilmemelidir [5].

Günümüzde kullanılan geleneksel soğutma teknikleri; kullanılan soğutma sıvıları su katkılı olduğundan takım-talaş ara yüzeyinde oluşan kesme sıcaklığı sebebiyle buharlaşır. Buharlaşma neticesinde takım ve iş parçasında oluşan sıcaklıklar etkili bir şekilde uzaklaştırılamamaktadır. Böylece gerekli kesme kuvvetleri, ara bölgedeki kimyasal reaksiyonlar ve hızlı takım aşınmaları talaşlı imalatı güçleştirmektedir. Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan soğutma sıvılarının, yüzey ve boyut kalitesinde parça imalatı için büyük önemi

vardır. Soğutma sıvılarının fiziksel ve kimyasal özellikleri, imalat işlemi sırasında ortaya çıkan ısı ve mekanik nedenli hasarların azalmasını veya önlenmesini sağlar. Soğutma/yağlama maddeleri, doğru kullanıldıkları takdirde, bir yandan iş parçası boyutları ve biçiminde yüksek hassasiyet ve daha iyi yüzey kalitesi sağlarken, öte yandan takımlar için daha uzun kullanım ömrü elde edilir[1].

Talaşlı imalat, kesme sıvıları soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle hala çok önemli bir yer tutmaktadırlar. Ancak bunlar çevre ve insanlar için tehlike potansiyeli oluşturmakta ve imha edilmeleri ayrıca bir masraflara neden olmaktadır[6, 7]. Yüksek sıcaklıklar suyun buharlaşmasına, düşük sıcaklıklar ise bazı katkı maddelerinin ayrışmasına neden olmaktadır. Normalde düşük oranda su ihtiva eden karışım, sıcaklık düşüp tekrar yükseldiğinde karışım içerisindeki yağın karışması çok güç olmaktadır. Yağ varilleri rutubet almayacak şekilde, koruyucu bir örtü altında saklanmalıdır. Suda çözünen kesme sıvıları kesme yağlarına göre daha fazla bakım gerektirirler. Bu bakım her şeyden önce suda oluşan mikroorganizmaların sayısını sınırlar. Üç tip mikro-organizma vardır: bakteriler, funguslar ve algler. Su esaslı kesme sıvıları kullanıldığında bakteri birikmesi ulaşılması zor olan yerlerde daha sık görülür, bu durumda temizleme esnasında kesme sıvısına bakterileri öldürme amacıyla biosid ilave edilmelidir. Atık kesme yağı yapılan işlem sonucunda yağ ve suya ayrıştırılır. Emülsiyonları ayrıştırmak için demir sülfat, tuzlar ve bazı durumlarda güçlü asitler kullanılır. Asitlerin kullanılması halinde su, kanalizasyon şebekesine gönderilmeden önce nötr hale getirilir. Ayrıştırılan yağ geçirmiş olduğu işlemlerde kullanılan maddelerden dolayı fazlasıyla kirlenir. Bu yağlar atık saf yağlarda olduğu gibi özel fırınlarda yakılabilirler. İş yerlerinin çoğu için atık kesme sıvısıyla ilgilenmek ekonomik değildir[8]. Kesme sıvıları, talaşlı imalat kesme sürecine önemli katkılar sunmasına rağmen geri dönüşüm maliyetinin yüksekliği yanı sıra insan sağlığı ve çevre için tehdit edici etkiye de sahiptirler. Kesme sıvısı ile sürekli temas halinde insan cildinde dermatit, folliculitis ve cilt kanseri gibi rahatsızlıklar oluşabilmektedir. Ayrıca bu sıvılar solunum rahatsızlıklarına da neden olabilmektedir[5].

MMY (Minimum Miktarla Yağlama) tekniği; alışılmış akıtmalı kesme sıvısı yağlama tekniklerine alternatif olarak geliştirilmiş ve ara bölgeye daha etkili bir şekilde nüfuz eden ve böylece daha iyi bir soğutma ve yağlama sağlayan bir yöntemdir. Bu teknikte, soğutma sıvısının molekülleri basınçlı havanın etkisiyle birbirlerinden ayrılmakta, damlacık

forma dönüştürülmekte ve ara bölgeye yüksek basınçla gönderilmektedir. Geleneksel yöntemlere nazaran soğutma sıvısının miktarı önemli derecede azalmakta ve ara bölgedeki girilmesi en zor olan alanlara sıvı kolaylıkla ulaştırılmaktadır. Dolayısıyla bu tekniğin doğru uygulanması büyük önem arz etmektedir.

İnsanoğlu var olduğu sürece tüketmek ve bunun içinde üretmek durumunda olduğu bir gerçektir. Her türlü üretimin temelinde fayda sağlamak olduğu düşünülürse bu faydalanmaları en verimli şekilde kullanmak başlıca amaçtır. İmalat " hammaddelerin veya ara malların yarı mamul malların bileşimi, niteliği, durumu veya biçiminin en verimli biçimde değiştirilerek işlenmiş mallara dönüştürülmesi" olduğundan üretimin en uygun yoludur. Başlıca imalat şekillerinden biri olan talaşlı imalat; *"tasarlanmış bir iş parçasının standartlara uygun olarak projelendirilmiş teknik resmi referans alınarak, parça üzerinden farklı şekil ve büyüklüklerde talaş kaldırılarak istenilen geometrik şekli verme işlemidir. Bu şekil verme işlemi, uygun takım ve tezgahlar aracılığıyla yapılmalıdır"*[9] şeklinde tanımlandığında imalatın yapılabilmesi için yatırım yapılması ve imalatın temel prensiplerinden biri olan imalatın sürdürülebilirliği en önemli şartlardır. Sürdürülebilir olmayan bir imalat şekli imalatçı için yatırıma değer görülmez. Diğer taraftan ortaya çıkan atıkların bertaraf işlemi de süreklilik arz eder. Atıkların bertarafı hem çevre hem de insan sağlığını doğrudan ilgilendiren bir olgudur. Talaşlı imalatla oluşan atıkların bertarafında oluşan en önemli atıklardan biri soğutma sıvılarının bertarafıdır. Soğutma sıvılarının kullanımından vazgeçilemeyeceği ileride açıklanmıştır. Ancak kesme sıvılarının kullanımı MMY tekniği ile önemli ölçüde azaltılmaktadır. MMY tekniğinin kullanılabilirliği talaşlı imalatında sürdürülebilirliğini önemli ölçüde etkileyecektir.

Sürdürülebilirlik; mevcut ihtiyaçları, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamalarına engel olmadan yerine getirmek olarak tanımlanabilir. Sürdürülebilirlikte hedef, insan sağlığı ve çevresel değerleri koruyarak doğal kaynakların rasyonel kullanımı, kaynak kullanımının azaltılması ve yaşam standardının yükseltilmesidir. Sürdürülebilir gelişim fikri, 1987 yılında yayınlanan Bruntland raporu ile giderek artan bir şekilde dünya genelinde tartışılmaya başlanmıştır. "ortak geleceğimiz" (Our Common Future) adı verilen bu raporda mevcut insan aktivitelerinin çevreye büyük zarar verdiği ve insanlık için ciddi olumsuz sonuçlara yol açacağı ifade edilmiştir. Ayrıca, sürdürülebilir malzeme, sürdürülebilir işleme ve sürdürülebilir enerji üretimi gibi konular gündeme getirilmiştir[5].

Talaşlı imalatda kullanılan kesme sıvılarının insan sağlığına etkileri ve sürdürülebilir kullanımı 1992 yılında Rio’da birleşmiş milletler tarafından düzenlenen çevre ve gelişme konferansında (Unced, The Earth Summit) insan ve çevre ile ilgili önemli kararların alınmasının ardından sürdürülebilirlik kavramı giderek önem kazanmaya başlamıştır. Birleşmiş milletler genel sekreteri Kofi Annan’ın 2001 yılı mart ayında yaptığı "yeni yüzyıldaki en büyük hedefimiz ve uğraşımız soyut olarak görünen sürdürülebilir gelişme fikrini almak ve onu dünya insanları için güncel gerçekliğe dönüştürmektir" açıklaması sürdürülebilirliğe verilen önemi ortaya koymaktadır. Verimli kaynak kullanımı, daha az kirlilik ve atık üretimi, yenilenebilir kaynakların kullanılması, insan sağlığı ve çevreye olan yan etkilerin azaltılması konusunda çalışmalar artarak devam etmekte, sürdürülebilirlikle ilgili üniversitelerde enstitüler açılmaktadır[5].

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Talaşlı imalat, istenilen şekil, boyut ve yüzey kalitesinde bir ürün elde etmek için iş parçasından istenilmeyen malzemenin kaldırılmasıdır. 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 [1, 2]. 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 ısınırsa genleşmeden dolayı işlenen parçanın ölçü hassasiyeti azalır ve bundan dolayı iş parçasının yüzeyine zarar verebilir. Kesici takım fazla ısınırsa takım ucu kısa zaman diliminde bozulabilir ve böylelikle takım ömrünün azalmasına, işlem maliyeti ve zamanının artmasına neden olur[3]. 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 [4].

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[6].

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[7].

Kesme sıvılarının neden olduğu olumsuz yönlerini azaltmanın bir yolu, imalat işlemlerinde kullanılan kesme sıvılarının optimum seçimini yapmaktır[10]. Ayrıca geleneksel

soğutma teknikleri kullanarak paslanmaz çeliklerin işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelerinkine göre daha pahalıdır. Çünkü soğutma sıvısının daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir[11]. Minimum miktarda soğutma sıvısı kullanılması halinde kesme sıvısının gereksiz kullanımının azaltılarak maliyet ve çevre 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 ulaşip ulaşamayacağı ve hatta bu kaliteyi aşip aşamayacağının belirlenmesidir [12].

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[13]. MMY yönteminde, ısı geçişi ağırlıklı olarak buharlaşmayla sağlanmakta ve bu geleneksel sulu kesme yöntemiyle işlemedeki taşınım ile yapılan ısı aktarımına göre daha etkilidir [14]. Kesme sıvısını MMY yöntemiyle takım-talaş ara yüzeyine göndermeye yönelik yapılan çalışmalarda takım ömrünün dört kat daha uzun ömürlü olduğu[15], daha iyi yüzey kalitesi [16], daha düşük kesme kuvvetleri ve daha iyi talaş biçimleri [17] ortaya çıkardığı sonucuna varılmıştır. Khan ve arkadaşları bitkisel esaslı kesme sıvısıyla; MMY yöntemi, kuru ve geleneksel soğutma yöntemleriyle yapılan işlemleri karşılaştırarak düşük alaşımlı AISI 9310 çeliğinin 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 [18].

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[19].

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[20].

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 [21].

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 [22].

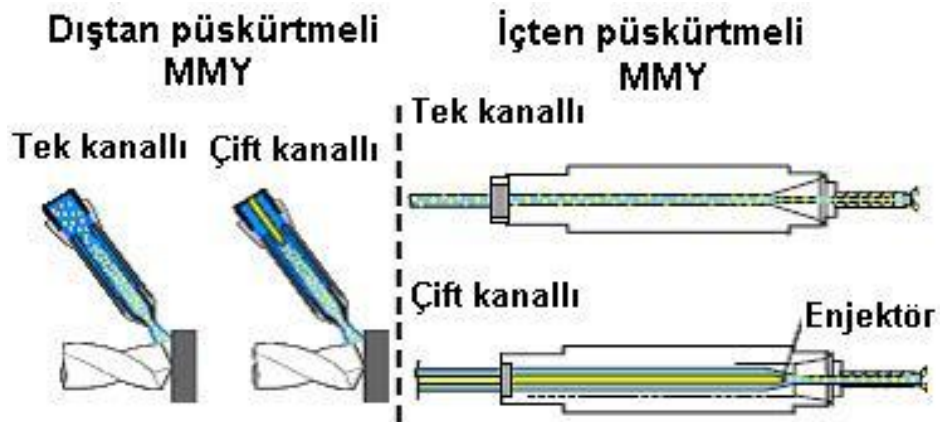
3. MİNİMUM MİKTARDA YAĞLAMA

3.1. Minimum Miktarda Yağlama Tanımı

Operasyonlarda soğutmak için kullanılan Bor Yağı yada Kesme sıvısı yerine sistemdeki 5-8 bar basınçlı havanın içerisinde yağın pulvarize olarak kesme noktasına püskürtülerek iş parçası ile kesici takım arasında yağ filmi oluşturarak sürtünmeyi azaltıp kesici takımın ve iş parçasının daha az ısınmasını sağlayan bir sistemdir. Bu sistemde amaç soğutmak değil oluşan ısının yaklaşık % 70 'ini talaşla atılmasını sağlayarak iş parçasında ve takımdaki meydana gelebilecek ısınmaları önlemektir. Buradaki sürtünmenin azaltılması kesme kuvvetlerini azaltmakta ve takımın çalışma performansını artırarak ilerlemenin artırılmasına imkân vermektedir.

Bu sistemlerde az miktarda bitkisel yağ veya su bazlı kesme sıvısıyla oluşturulmuş aerosol (sis) takım içinden veya dışarıdan uygulanır. Bitkisel yağ kullanılan yöntem minimum miktarda yağlama denirken; su bazlı kesme sıvısı kullanılan yöntem minimum miktarda soğutma da denmektedir. Gerekli sıvı miktarı, uygulamanın ve sıvının çeşidine göre değişmekle birlikte, genellikle saatte 10 ila 150 ml'dir. Parça işleme sırasında yağ neredeyse tüketildiği için havaya sis karışmamaktadır. Talaşlar kuruya yakındır ve kolayca geri dönüştürülebilir.

Minimum miktarda yağlama tekniği iki farklı şekilde uygulanabilir. Birincisinde sabit nozullarla dışarıdan püskürtme yapılır. İkincisinde ise aerosol, takım içine açılmış kanallar vasıtasıyla püskürtülür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Minimum Miktarda Yağlamada Dıştan ve İçten Püskürtme.[23]

Ayrıca bu sistemler kendi içinde tek kanallı ve çift kanallı olmak üzere ikiye ayrılır. Tek kanallı sistemde, yağ hava karışımı dışarıda hazırlanarak püskürtülür, çift kanallı sistemde ise yağ ve hava ayrı ayrı nozul (meme) içine veya takım içine gelir ve orada karıştırılır.

Dıştan püskürtmeyi gerektiren uygulamalarda aerosol kesici uca dışarıdan bir veya daha fazla nozulla ulaştırılır. Burada nozul sayısı, yönü ve düzeni yöntemin kalitesini belirlemede önemlidir. Bu teknik; kesmede, parmak ve alın frezelemede ve tornalamada kullanılmaktadır. Delme, raybalama ve dış açma gibi işlemlerde sadece uzunluk/çap oranı $l/d < 3$ olduğu durumlarda dıştan püskürtme kullanışlıdır. Bu oran daha büyükse takım birkaç kez geri çekilerek yeniden ıslanması sağlanmalıdır ki bu da toplam işleme süresini önemli ölçüde artıracaktır. Ayrıca değişken uzunluk ve çaptaki, çoklu takımların kullanıldığı durumlarda da bu yöntem problemlere neden olabilir. Bu gibi işlemlerde nozullar ya elle ayarlanmalı ya da tezgâhın kontrol ünitesine bağlanan konumlandırma sistemleri yardımıyla, takımın boyutlarına göre radyal ve eksenel yönde ayarlanabilir veya belli bir açıyla döndürülebilir olmalıdır. Takım içinde soğutma kanalı olmadığı durumlarda ise dıştan püskürtme zorunlu olarak kullanılır [24].

Sıvının mil ve takım içinden geçtiği içten püskürtme, l/d oranının daha büyük olduğu delme, raybalama ve dış açma işlemlerinde faydalıdır. Bu yöntemle takımın pozisyonundan bağımsız olarak püskürtülen sıvı kesme kenarına ulaşır. Derin delik delme işlemlerinde, büyük l/d oranı içten püskürtmeli minimum miktarda yağlamayı vazgeçilmez hale getirmektedir. Bu yöntemin diğer avantajları ise nozul konumlandırmadan kaynaklanabilecek hataların önlenmiş olması ve takım içinden püskürtme yapıldığı için işleme alanının besleme borularıyla işgal edilmemiş olmasıdır [25].

3.2. Minimum Miktarda Yağlama Yöntemiyle İlgili Çalışmalar

Yaklaşık kuru işleme olarak da adlandırılan minimum miktarda yağlama yönteminde çok düşük miktarda yağlayıcı (l/dk yerine $ml/saat$) kullanılmaktadır. Yağlayıcı havayla karıştırılarak aerosol oluşturulmakta ve kesme kenarına gönderilmektedir [26]. Minimum miktarda yağlama uygulamasında, ısı geçişi ağırlıklı olarak buharlaşmayla sağlanır ve bu, geleneksel sulu kesmeyle işlemedeki taşınım ile yapılan ısı aktarımına göre etkindir [26].

Kesme sıvısını bu yöntemle takım-talaş ara yüzeyine özel olarak tasarlanmış takımlar yardımıyla göndermeye yönelik yapılan çalışmalarda, bunun dört kat daha uzun takım ömrü [15], daha iyi yüzey kalitesi, daha düşük kesme kuvvetleri ve daha iyi talaş biçimleri ortaya çıkardığı görülecektir. Bu şekilde; imalat için kaplanan alan azalır, soğutucuyu basmak için pompa kullanılmasına gerek kalmaz, kesme sıvısı muayenesi, bakımı ve atıkları ortadan kalkar ve operatör işleme süresince parçayı gözlemleyebilir [27].

Kuru işleme de talaşlı imalatla çevre dostu bir yöntem olarak başarıyla kullanılmaktadır[28]. Ancak gerçekte kuru işleme; yüksek verimlilik ve daha iyi yüzey kalitesi istendiği durumlarda ve zorlu kesme şartlarında daha az etkin bir yöntem olmaktadır. Böyle durumlarda çok az miktarda kesme yağının kullanıldığı yarı kuru işleme, diğer adıyla minimum miktarda yağlama yöntemi, güçlü bir uygulama olarak kullanılabilir [27].

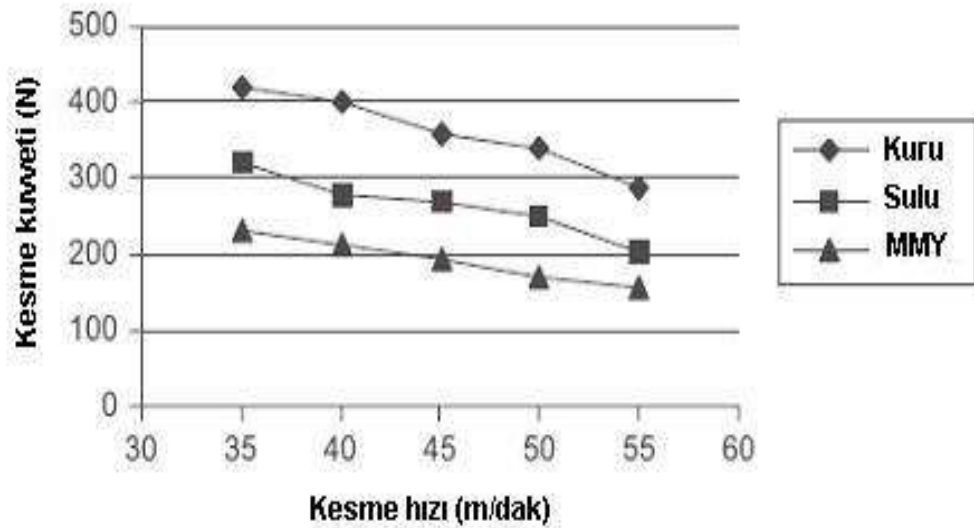
Minimum miktarda yağlama, kesme sıvısı kullanımını azaltarak çevresel ve ekonomik faydalar sağlamak amacıyla geliştirilen ve kullanılan yeni bir yöntemdir. Bu teknikle iyi sonuçlar alınacağı yapılan çalışmalarda ortaya çıkmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak tornalama üzerine yapılmıştır. Frezeleme, delme ve raybalama üzerine çalışmalar da mevcuttur [11][29][30][31].

Ueda ve arkadaşları [29], yağ sisinin takım sıcaklığı üzerine etkisini araştırmışlardır. Kuru kesmede 300 m/dak kesme hızında takım sıcaklığı 1060 oC olurken, yağ sisi uygulandığında bu sıcaklık 1000 oC olmaktadır. 60oC'lik bu fark kesme hızında 50 m/dak'lık bir farka eşittir. Yağ sisi kullanılmadan hava püskürtmenin takım sıcaklığına etkisi ise düşüktür.

Inconel 718'in kaplanmış karbür takımlarla minimum miktarda yağlamayla ince işlenmesinde, kesme sıvısı basınçlı havayla birlikte takımın hem serbest yüzeyi hem de talaş yüzeyi üzerine yönlendirilmiş deliklerden gönderilmiştir. Oksijenin ve argonun taşıyıcı gaz olarak kullanımında yapılan karşılaştırma sonucunda, argonun, düşük ısı kapasitesi, düşük ısı iletkenliği ve düşük yağlayıcılığı nedeniyle kesme sıcaklıklarını ve takım aşınmasını artırdığı sonucuna varılmıştır. Yağlayıcının miktarını artırmak, yüzey kalitesinin iyileşmesine yardımcı olmuştur. Ayrıca kuru kesme, talaş yüzeyine minimum miktarda yağlama ve

serbest yüzeye minimum miktarda yağlama yöntemlerinin yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkileri açısından bir karşılaştırma yapılmıştır. Aynı kesme şartlarında serbest yüzeye minimum miktarda yağlama yapıldığında diğer şartlarla eşit veya onlardan fazla miktarda talaş kaldırılmıştır. Sabit bir kesme uzunluğunda, ilerleme hızındaki artış her zaman takım ömründe azalma sağlamıştır ancak serbest yüzeye minimum miktarda yağlamada takım ömrü, diğer yöntemlerdekinden daha uzun olmuştur. Kuru kesmeyle talaş yüzeyine minimum miktarda yağlamanın benzer davranışlar gösterdiği gözlemlenmiştir. Talaş yüzeyine minimum miktarda yağlamada kesme sıvısının kesme yüzeyine ulaşamadığı kabul edilmiştir[27].

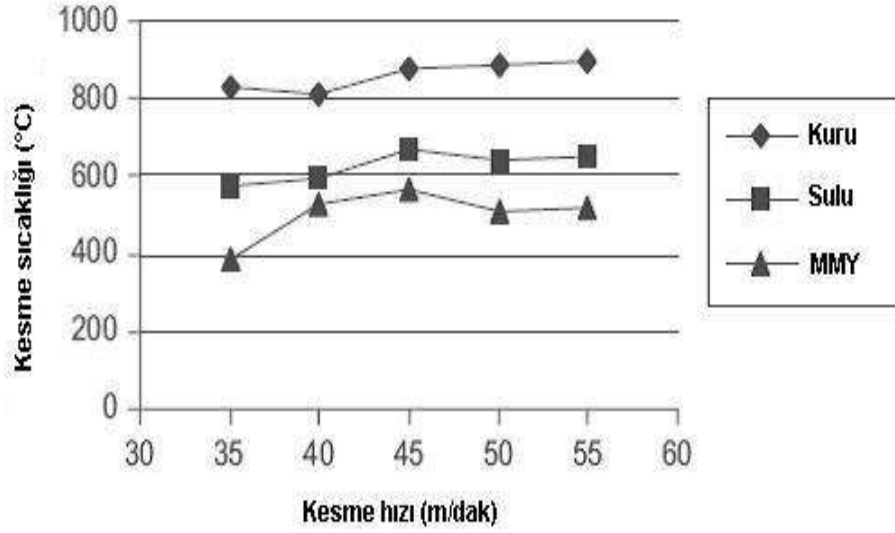
AISI 4340 çeliğinin kaplanmış (TiCN)/T1 ve (ZrN)/T2 sert metal uçlarla tornalanmasında kesme sıvısı 10MPa basınçla 8 ml/dak debiyle uygulanmıştır. Kuru kesme, sulu kesme ve minimum miktarda yağlama arasında; kesme kuvvetleri, yüzey kalitesi ve kesme sıcaklığı arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi kesme kuvvetleri minimum miktarda yağlamada, her iki takım için de kuru kesme ve sulu kesmeye göre daha düşüktür.



Şekil 3.2. Kesme Kuvvetlerinin Kuru Kesme, Sulu Kesme ve Minimum Miktarda Yağlama Şartlarında Karşılaştırması [27]

Bunun nedeni, minimum miktarda yağlamada sıvının, boyutları püskürtme basıncıyla ters orantılı olarak değişen çok küçük damlalara ayrılması olarak açıklanmıştır. Hız ise püskürtme basıncının karekökünün bir fonksiyonuna göre değişir. Yüksek hız, damlacıkla-

rın takım-talaş ara yüzeyine daha kolay girerek sürtünmede azalma sağlamaktadır. Minimum miktarda yağlamada gözlemlenen kesme sıcaklıkları da kuru kesme ve sulu kesmeye göre Şekil 3.3'de görüldüğü gibi daha düşüktür.



Şekil 3.3: Kesme Sıcaklığının Kuru Kesme, Sulu Kesme ve Minimum Miktarda Yağlama Şartlarında Karşılaştırması [27]

Minimum miktarda yağlamada kesme sıcaklığının düşük olmasının nedeni, soğutmanın hem taşınım ile hem de buharlaşmayla sağlanıyor olması olarak açıklanmıştır. Sıvı damlacıkları yüksek hızlarıyla, oluşan buhar tabakalarını delip sıcak takım yüzeyine ulaşarak buharlaşmayla ısı aktarımını kolaylaştırır ve bu şekilde oluşan ısı aktarımı, taşınım göre daha etkindir. Sıvıyı bu şekilde püskürtmek geleneksel sulu kesmeyle karşılaştırıldığında hem daha iyi bir yağlama hem de daha iyi bir ısı aktarımı sağlamaktadır [32].

Varadarjan ve arkadaşları[13], yaptıkları çalışmada, minimum miktarda yağlamada kesme sıvısının iş parçası yüzeyine nüfuz edip sıkıca yapışarak, talaşın arka yüzünde "Rebinder etkisi" sayesinde plastik deformasyonun artmasına katkıda bulunduğu sonucuna varmışlardır. Bu, basma gerilmelerini bir miktar azaltarak talaşın kıvrılmasına katkıda bulunur ve bu sayede takım-talaş temas uzunluğu azalır. Son araştırmalara göre, kesmede takım-talaş temas uzunluğu minimum miktarda yağlamada en kısadır; sulu kesmede daha uzun, kuru kesmede ise en uzundur. Kesici takım sıcaklığı minimum miktarda yağlamada, soğutmanın hem taşınım hem de buharlaşma şeklinde gerçekleşmesi sayesinde daha düşük-

tür. Kuru ve sulu kesmeyle karşılaştırıldığında, kesme kuvvetleri de daha düşük çıkmıştır.

Başka bir çalışmada [27], sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğinin kaplanmış CBN takım- la; minimum miktarda yağlama, kuru kesme ve sulu kesme şartlarında işlenmesi incelen- miştir. Kuru kesme, bu üç yöntem içinde en düşük yüzey pürüzlülüğü ve takım aşınmasını sağlamıştır. Kesme sıcaklıkları kuru kesmede artmaktadır ve bu artış talaşın deformasyo- nunu ve kaymasını kolaylaştırarak, yüksek sıcaklık dayanımı yüksek olan takımın fazla zarar görmesini engellemiştir. Minimum miktarda yağlama kullanıldığında; sıvı, sıcaklığın yükselmesine izin vermemiştir. Bu nedenle takım, talaşın ve iş parçasının yüksek sertliğin- den dolayı yüksek basınçlar altında kalmıştır ve sonuç olarak takım aşınmaları ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Sulu kesmede ise en yüksek yüzey pürüzlülükleri oluşmuştur çünkü soğutma etkisi sayesinde sıcaklık çok düşüktür bunun sonucunda kesme kuvvetleri ile tit- reşimler artmıştır.

Chen ve arkadaşları ise paslanmaz çeliğin tornalanmasında, 17ml/saat yağ ve 150 ml/saat suyla hazırlanan yağ-su karışımının etkilerini incelemişlerdir. Yağ-su karışımıyla oluşturulan sis, kuru kesme veya yağ sisiyle yapılan kesmede görülen ağız birikintisi olu- şumunu engellemiştir. Ağız birikintisi oluşumu, yüzey kalitesi için önemli bir etkendir. Bu nedenle, yüzey kalitesi yağ-su karışımı kullanıldığında, kuru kesmeye ve sadece yağ kulla- nıldığı duruma göre daha iyi olmuştur. Ayrıca göreceli olarak daha düşük sıcaklıklar oluş- muştur.

Inconel-718'in minimum miktarda yağlama, soğutucu hava ve soğutucu havayla bir- likte minimum miktarda yağlama yöntemleriyle ince tornalanmasıyla ilgili yapılan çalış- mada; soğutucu hava ve soğutucu havayla birlikte minimum miktarda yağlama uygulandı- ğında takım aşınmasında ve yüzey pürüzlülüğünde büyük düşüşler ve talaş biçiminde önemli gelişmeler gözlemlenmiştir. Bu iki durumda takım ömründe %78 ve 24'lük bir uzama kaydedilmiştir. Sıvılarla karşılaştırıldığında, gazların soğutma özellikleri, düşük özgül ısıları ve düşük ısı iletim katsayıları nedeniyle iyi değildir. Ancak kötü olan bu so- ğutma özellikleri, basınçlı havayı soğutarak geliştirilebilir. Kesme bölgesine jet seklinde gönderilen yüksek basınçtaki soğutucu hava, oluşan ısıyı taşınılma uzaklaştırır. Soğutucu havayla birlikte minimum miktarda yağlamada, kullanılan yağ da ek olarak sürtünmeyi azalttığı için sıcaklığı düşürür. Bu sayede en uzun takım ömrü bu uygulamada elde edilir.

Ayrıca en düşük yüzey pürüzlülüklerinin de bu uygulamada oluştuğu gözlemlenmiştir. Bunu soğutucu hava kullanılması ve kuru kesme yöntemi takip etmektedir. Yüzey kalitesindeki iyileşmenin nedeni burun aşınmasının, soğutma/yağlama şartları altında azalmasıdır.

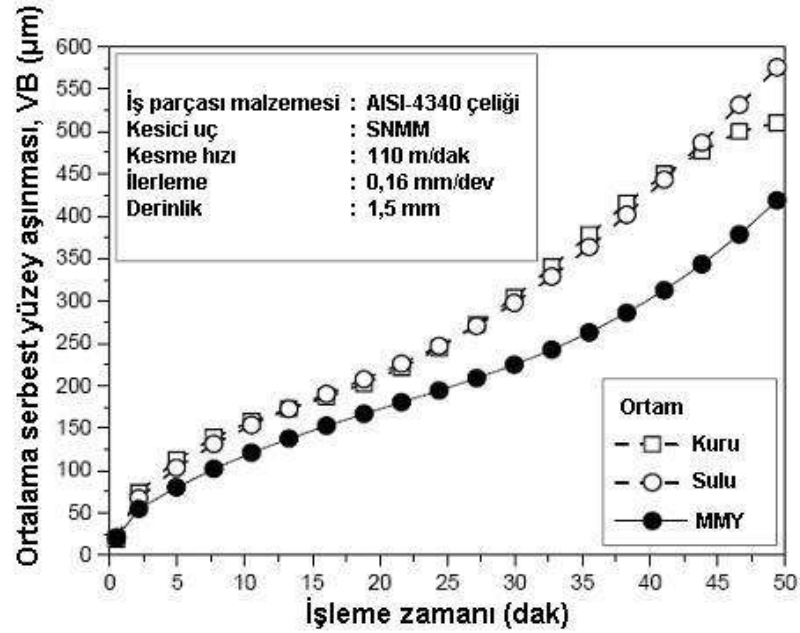
Li ve arkadaşları, 0.276MPa basınçta hava-yağ karışımını, takım tutucudaki 0.762 mm çaplı delikten vererek minimum miktarda yağlama yöntemini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda minimum miktarda yağlamanın teğetsel kuvveti azalttığı görülmüştür. Bu kuvvet, minimum miktarda yağlama kullanıldığında, özellikle düşük hızlarda kuru kesmeye göre %24.4, sulu kesmeye göre ise %32.2 azalmıştır. Bu yöntem geniş bir kesme hızı aralığında, kesme sıcaklıkları üzerinde güçlü bir etki göstermiştir ve kuru kesmeye göre takım aşınması da azalmıştır.

Orta karbonlu çeliğin tornalanmasında bu yöntemi kullanan Dhar ve arkadaşları , bazı durumlarda çözülebilir yağ – hava karışımının sulu kesmeye göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır. Minimum miktarda yağlama, kesme sıcaklıklarını düşürerek takım-talaş etkileşimini geliştirmekte ve kesici takımın keskinliğini korumaktadır. Aşınmanın ve takım ucu hasarının azalması sonucunda boyutsal doğrulukta da gelişme kaydedilmiştir.[27]

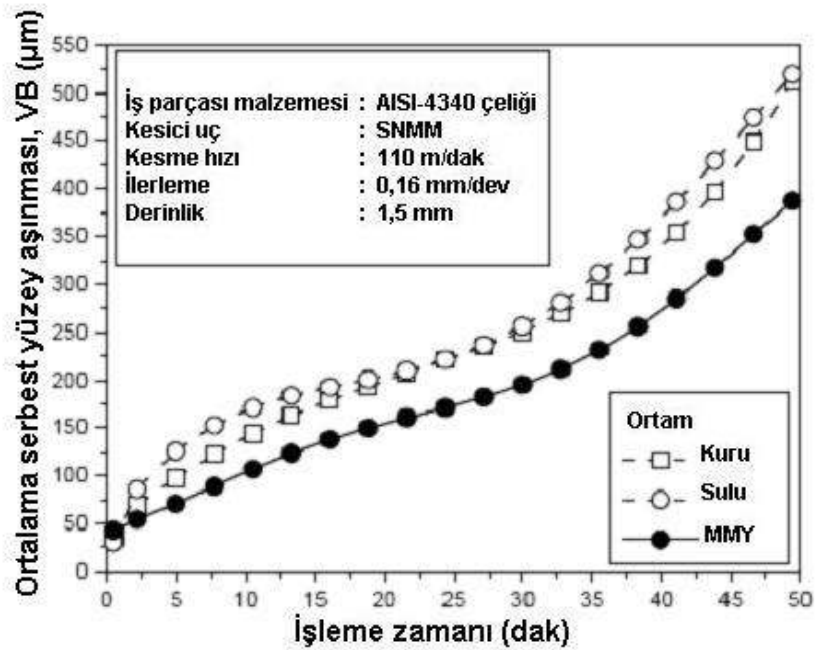
Dhar ve arkadaşları [20] başka bir çalışmada AISI 4340 çeliğinin endüstriyel hızlı ilerleme kombinasyonu ile, kaplanmamış karbür takımla işlenmesinde minimum miktarda yağlamanın takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve boyutsal sapmalar üzerindeki rolünü deneysel olarak incelemişlerdir. Buna göre minimum miktarda yağlama ile işlemenin kesme performansı kuru kesmeye ve geleneksel kesme sıvısıyla işlemeye göre daha iyidir. Çünkü minimum miktarda yağlama, kesme sıcaklığının düşmesini sağlayarak talaş-takım etkileşimini geliştirmiş ve kesme ağzının keskinliğini muhafaza etmesini sağlamıştır. Minimum miktarda yağlama kuru kesme ve kesme sıvısıyla kesmeye göre daha az takım aşınması (Şekil 3.4 - Şekil 3.5), daha uzun takım ömrü, daha iyi yüzey kalitesi (Şekil 3.6) ve boyutsal sapmalarda düşüş sağlamıştır. Bunun nedeni olarak, kesme bölgesi sıcaklığındaki düşüş neticesinde, takım-talaş ve takım-iş parçası etkileşiminin gelişmesi ve takımı kesici kenarının keskinliğini muhafaza etmesi gösterilmiştir.

Minimum miktarda yağlama uygulamasıyla aşınmanın ve takım ucu hasarının azal-

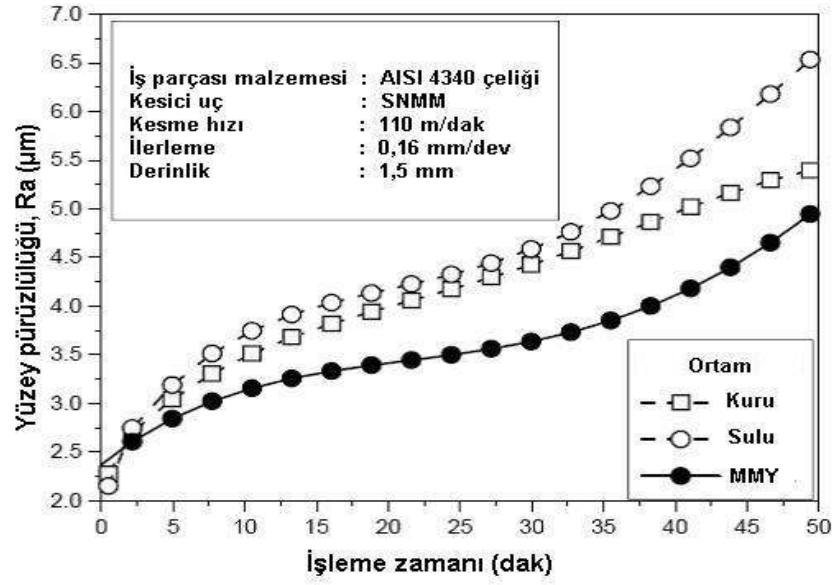
ması, yüzey kalitesini artırmıştır [20]. Takım aşınmasındaki bu azalma sonucunda takım ömrü uzar veya yüksek kesme hızı ve ilerlemeye olanak sağlaması bakımından üretim verimliliği artar.



Şekil 3.4: Birincil Kesme Kenarında Ortalama Serbest Yüzey Aşınmasının Zamanla Gelişimi[20]

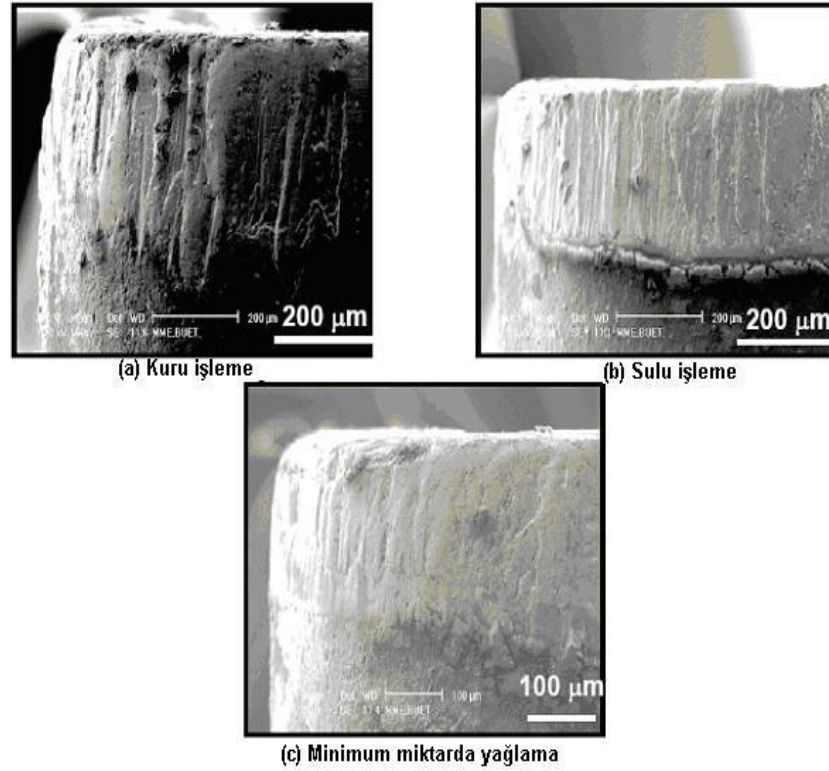


Şekil 3.5: İkincil Kesme Kenarında Ortalama Serbest Yüzey Aşınmasının Zamanla Gelişimi[20]



Şekil 3.6: Ortalama Yüzey Pürüzlülüğünün Zamanla Gelişimi[20]

Aynı çalışmada, kuru kesme, sulu kesme ve minimum miktarda yağlamayla 45 dakikalık işleme zamanı sonunda aşınmış takımların SEM görüntülerine yer verilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: 45 Dakikalık İşleme Zamanı Sonunda Aşınmış Takımların SEM Görüntüleri[19]

Bütün şartlarda serbest yüzeyde abrasif aşınma çizgilerine rastlanmaktadır. Kraterle-

rin incelenmesi sonucunda, talaşın arka tarafının krater yüzeyinde derin çizikler bıraktığı görülmüştür. Ayrıca takımda adhezif aşınmalara da rastlanmıştır. Kuru kesmede ve sulu kesmede bir miktar plastik deformasyon ve mikro çentiklenme; ayrıca her iki durumda da serbest yüzeylerde çentik aşınması görülmüştür. Ana kesme kenarında görülen çentik aşınmasının asıl nedeni, termomekanik gerilme gradyanının yüksek olduğu bölgelerdeki oksidasyon aşınması ve kimyasal aşınmadır. Yardımcı kesme kenarında görülen çentik aşınmasının nedeni ise işlenmemiş yüzeylerle olan etkileşimdir ve bu aşınmanın mekanizması abrasiftir. Minimum miktarda yağlamanın etkin sıcaklık kontrolü sayesinde ana ve yardımcı kesme kenarlarındaki çentik aşınmaları azalmıştır. Ayrıca ortalama serbest yüzey aşınması, yardımcı kesme kenardaki ortalama serbest yüzey aşınması ve krater aşınmasında da azalma görülmektedir [20].

Dhar ve arkadaşlarının [19] diğer bir çalışması ise AISI-1040 çeliğinin tornalanmasında kesme sıcaklığının, talaş kalınlık oranının, kesme kuvvetlerinin, takım aşınmalarının, yüzey kalitesinin ve boyutsal sapmaların deneysel ölçümüne dayanarak minimum miktarda yağlamayla kuru kesmenin mekanik performanslarını karşılaştırmaktadır. Sonuçlar minimum miktarda yağlamanın daha düşük kesme sıcaklıkları ve kuvvetleri, uygun talaş-takım etkileşimi oluşturduğunu ve takım aşınmalarını, yüzey pürüzlülüğünü ve boyutsal sapmaları düşürdüğünü göstermektedir. Minimum miktarda yağlama kesme kuvvetlerini %5-15 azaltmıştır. Kuvvetlerden P_x (ilerleme), P_z (teğetsel)'ye nazaran daha fazla düşüş göstermiştir. Kesme kuvvetlerindeki düşüşün asıl sebebi kesme sıcaklıklarının düşüşü sayesinde kesme ağzının keskinliğinin korunması ve talaş-takım etkileşimindeki uygun değişimdir. Minimum miktarda yağlama serbest yüzey aşınmasını azaltmıştır, bunun sonucunda takım ömrü uzar. Aşınmanın ve takım ucu hasarının azalmasıyla yüzey kalitesi ve boyutsal doğruluk artmıştır. Takım aşınmasındaki bu azalma sonucunda takım ömrü uzar veya yüksek kesme hızı ve ilerlemeye olanak sağlaması bakımından üretim verimliliği artar. Minimum miktarda yağlama kesme bölgesi sıcaklığında büyükçe bir düşüş ve talaş-takım ile parça-takım etkileşimlerinde uygun bir değişim sağlamıştır. Bu da sürtünmenin, ağız birikintisi oluşumunun, parçadaki termal çarpılmaların ve takım aşınmasının azalmasına yardımcı olur.

Başka bir çalışmada Machado ve arkadaşları[33] 080M40 çeliğinin işlenmesinde çok az miktarda (200-300 ml h-1) yağlayıcı kullanılması durumunda deneyler yapmıştır. Az

miktarda yağlayıcı hızlı hava akımıyla uygulanmıştır. Sonuçlar geleneksel sıvı soğutmayla (5.2 l min⁻¹) karşılaştırılmıştır. Sonuçlar göstermektedir ki yüzey kalitesi, talaş kalınlığı ve kuvvet değişimi az miktarda soğutucu kullanımı durumunda sıvı soğutmaya göre olumlu yönde etkilenmiştir. Çalışmanın sonuçları su şekilde özetlenebilir. Orta karbonlu çeliğin düşük kesme hızı ve yüksek ilerleme hızında işlenmesinde kesme ve ilerleme kuvvetleri yağlayıcı uygulandığında düşmüştür. Bazı durumlarda hava, hava+su veya hava+çözülebilir yağ kullanımının aşırı sıvı uygulanmasına göre daha iyi olduğu görülmüştür. Hava+su ve hava+çözülebilir yağ karışımları kuvvet bileşenlerinin salınım genliğini düşürmüştür. Buna göre eğer adhezif aşınma baskınsa, bu uygulamalardan biri takım ömrünü uzatması açısından önerilir. Yağlayıcının ve uygulama yönteminin yüzey kalitesi ve talaş kalınlığına etkisi sadece düşük kesme hızları ve yüksek ilerleme hızlarında diğer yağlama şartlarından daha iyi performans gösteren hava+su ve hava+çözülebilir yağ karışımlarında görülebilir. Hava+çözülebilir yağ karışımı uygulaması kesme sıvısı sarfiyatını azaltmakta ancak çevrede sis oluşumuna neden olduğu için etkili bir tahliye sistemi gerektirmektedir. Hava+su karışımında sonuçlar etkileyicidir. Bu uygulama çevre kirliliğini ve buna bağlı sağlık ve güvenlik sorunlarını engellemekte ve yağlayıcı harcamalarını azaltmaktadır ancak korozyon problemine neden olabilir.

Itoigawa ve arkadaşları [34], minimum miktarda yağlamadaki etki ve mekanizmaları darbeli tornalama işleminde incelemiştir. Özellikle minimum miktarda yağlama (MMY) ve sulu minimum miktarda yağlama (OoW(oil film on water droplet)) arasındaki fark talaş yüzeyindeki film tabakası davranışını açıklamak için detaylı olarak incelenmiştir. MMY’de iyi bir kesme performansı elde etmek için iki şey gereklidir:

- (1) Güçlü bir film tabakasının oluşması için sentetik ester gibi uygun bir yağlayıcı ve
- (2) film tabakasının dayanımına katkı sağlamak için soğutucu bir etki.

Alüminyum silikon alaşımının minimum miktarda yağlama ile kesilmesiyle yapılan deneysel çalışmada elde edilen sonuçlar şunlardır: Kanola yağı ile MMY düşük işleme şartlarıyla tornalamada az bir yağlayıcı etki göstermektedir. Takım yüzeyinde oluşmuş film tabakası düşük sürtünme oluşturma ve parçanın adezyonunu engelleme için yeterli güçte değildir. Sulu MMY, sentetik ester benzeri uygun bir yağlayıcı kullanıldığında iyi bir yağlayıcı performans göstermektedir. Su katkısız sentetik esterli MMY yağlayıcı etki göstermektedir ancak takım hasarı ve takım yüzeyine malzeme birikimi önlenememektedir.

PCD takım ile alüminyum disk arasındaki sürtünme testlerinden su sonuç çıkarılmıştır: Suyun kesme işlemindeki iyi sürtünme performansına etkisi suyun film oluşumundaki kimyasal ayrışmaya katkısından değil suyun film tabakasının dayanımını artıran soğutucu etkisindendir.

Frezelemeyle ilgili Liao ve arkadaşlarının [35] yaptıkları çalışmada, kalıp çeliğinin kaplanmış karbür takımla yüksek hızda parmak frezelenmesinde minimum miktarda yağlama yönteminin kullanılabilirliği incelenmiştir. Karşılaştırma amacıyla kuru ve sulu kesme de yapılmıştır. Minimum miktarda yağlamanın yüksek sıcaklık dayanımlı kaplanmış karbür takım ve daha iyi soğutma özellikli yağ kullanıldığı durumda fayda sağladığı görülmüştür. Sulu kesmede, ısıl çatlaklar nedeniyle en kısa takım ömrü oluşmuştur. Minimum miktarda yağlama, kullanılan üç kesme hızında da en iyi performansı sağlamıştır. Kuru kesmeyle karşılaştırıldığında ise bu yöntemde kaynak oluşumu engellendiği için yüksek kesme hızlarında takım ömrü etkin bir şekilde artmıştır. Kolayca buharlaşabilen düşük molekül ağırlıklı bileşenlerden yüksek oranda içeren düşük viskozitede bir yağın kullanımı yüksek kesme hızlarında gereklidir. Son olarak, kalıp çeliğinin yüksek hızlarda frezelenmesinde minimum miktarda yağlama yöntemi yüzey kalitesini de artırmaktadır.

Başka bir çalışmada Rahman ve arkadaşları[11], 35 HRc sertliğindeki ASSAB 718 HH çeliğinin kaplanmamış karbür uçla frezelenmesinde kuru kesme, minimum miktarda yağlama (8.5 ml/saat) ve sulu kesmeyi (42,000 ml/dak) karşılaştırmışlardır. Sulu kesmedeki kırılmaya minimum miktarda yağlamada serbest yüzey aşınmasının daha fazla olmasına rağmen rastlanmamıştır. Delik delmeyle ilgili yapılan bir çalışmada [30], minimum miktarda yağlama kullanılarak kaplanmış ve kaplanmamış yüksek hız çeliğinden 1.5 mm çaplı matkapla, basit karbonlu çeliğe çapın 10 katı uzunluğunda delikler delinmiştir. Karşılaştırma amacıyla kuru kesme de yapılmıştır. Çalışma sonucunda, özellikle ısıya duyarlı matkaplarda minimum miktarda yağlamanın kesintili şekilde uygulanmasının, sürekli uygulamaya göre takım ömründe büyük miktarda azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ayrıca kuru kesmede takım aşınmasının çok hızlı olduğu da gözlemlenmiştir.

4. KESME SIVILARI

Talaşlı imalat kesme sıvılarının nasıl ve ne zaman kullanılmaya başladığı bilinmemektedir. İnsanların kendi araç ve gereçlerini yapmaya başladıklarından itibaren yüzey işleme tekniklerinden muhtemelen ilk olarak taşlama işlemi kullanılmıştır. Bazı doğal malzemelerin diğer malzemeleri belli şekilde çizdiği ve aşındırdığı gözlenmiştir. İlk çağlarda taşlarla bilenen aletlerde suyun, bıçak gibi araçların yağ taşıyla bilenesinde ise yağın kullanıldığı bilinmektedir [36].

Bütün talaşlı imalat işlemlerinde, iş parçasının plastik deformasyonu, takım-talaş arayüzündeki sürtünme ve kesici takım boşluk yüzeyi ile iş parçası arasındaki sürtünmeden dolayı önemli derecede ısı oluşmaktadır. Bu ısı oluşumu 350°C ile 1000°C sıcaklık değerlerine ulaşabilmekte hatta daha yüksek değerler arasında değişmektedir. Talaşlı imalat işleminde oluşan ısı yapılan iş parçalarının kalitesini (ölçü hassasiyeti ve yüzey kalitesini) olumsuz etkiler. Aynı zamanda oluşan ısı, iş parçasında çarpılmalara, kesici takımın hızlı aşınmasına ve plastik deformasyonlara neden olur. Bu nedenle talaşlı imalat işleminde oluşan ısının hızlı bir şekilde kesme bölgesinden uzaklaştırılması esastır. İşlenmiş yüzeylerde meydana gelen kalıcı gerilmeler, yüzey kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biridir.

Birçok talaşlı imalat işleminde, işlenmesi zor olan makine parçalarının, kaliteli kesme sıvılarının geliştirilmesi ile işlenebilmelerinde büyük kolaylıklar gerçekleştirilmiştir. Endüstride önemli bir yere sahip olan talaşlı imalatçıların kesme sıvılarını tanımaları, ancak uygun kesme sıvılarını doğru seçmeleri talaş kaldırma işlemlerinde kolaylık sağlaması ve ekonomiye katkıda bulunacaktır. Sıvıların soğutma fonksiyonlarını iyi bir şekilde yapılabilmesi için yüksek ısı iletme kabiliyetine ve yüksek özgül ısı kapasitesine sahip olmaları gerekir[8].

Kesme sıvısı yüzeyi iyi ıslatmalı, yüzeye yayılmalıdır. Islatma özelliği az olan sıvılarda sıvı tespih tanesi durumdadır (Şekil 4). İyi ıslatma özelliği olan sıvılarda, sıvı yüzeye yayılmaktadır. Bu durumda sıvı ile metal arasındaki yüzeysel gerilim sıfır olur ve sistemin enerjisi azalır. Kesme sıvısı içinde EP katkı maddeleri de varsa bunlar metal ile kimyasal

reaksiyon yapıp sürtünmeyi azaltan iyi bir film tabakası oluştururlar [8].

Kesme sıvılarından istenen özellikler şöyle sıralanabilir:

- Soğutma özelliğine sahip olmaları
- Yağlama özelliğine sahip olmaları
- Özelliklerini uzun süre koruyabilmeleri
- Paslanmaya yol açmamaları
- İnsan sağlığına zararsız olmaları
- Makineye zarar vermemesi
- İyi ısı transfer yeteneğine sahip olması
- Uçucu olmaması
- Köpürmemesi
- Ateşleme tehlikesi taşımamaları

4.1. Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması

Kesme sıvılarını yağ içeriklerine göre yağ esaslı (saf yağlar, çözülebilir yağlar) ve kimyasal kesme sıvıları (yarı sentetikler ve sentetikler) olarak ikiye ayırmak mümkündür[27].

4.1.1. İşlevlerine Göre Kesme Sıvıları

Kesme sıvısı; metallerde talaş kaldırma işleminde, öncelikle kesici ve iş parçasını soğutmak amacıyla kullanılan çeşitli kimyevi maddelerin bir karışımı olan sıvı olarak tanımlanabilir. Talaş kaldırma işleminde, takım temas noktasında sürtünme ve talaşın deformasyonu sonucu yüksek sıcaklık oluşmaktadır. Bu sıcaklık nedeni ile kesici ısınmakta, aşınması artmakta ve buna bağlı olarak takım ömrü azalmaktadır. Kesme sıvısı, bu olumsuzlukları azaltmak için takımın soğumasını sağlamaktadır. Ayrıca işlenen iş parçasının yüzey kalitesini iyileştirir ve çıkan talaşları uzaklaşmasına yardımcı olur.

Genel olarak kesme sıvıları kullanıldıkları alanlardaki işlevlerine göre soğutucular ve yağlayıcılar olmak üzere ikiye ayırmak gerekir.

4.1.1.1. Soğutucular

Soğutucular talaşlı imalatta oluşan ısının etkilerini azaltmak için tasarlanmışlardır. Kesme işleminde oluşan ısının miktarı üzerinde sınırlı bir etkisi olan soğutucular, oluşmuş ısıyı uzaklaştırarak takım ile iş parçasını soğuturlar. Bu şekilde takım ömrünün artmasına yardımcı olurlar.

Kesme sıvılarının sıcaklığı azaltma kapasiteleri ısııl özelliklerine bağlıdır. Özgül ısı ve ısııl iletkenlik en önemli iki özelliktir. Suyun özgül ısısı ve ısııl iletkenliği diğer sıvılara göre yüksektir, bu da suyun soğutucu özellikteki kesme sıvılarında esas olarak kullanılmasının nedenini açıklar [37].

Yüksek ısı oluşumunun ve yüksek sıcaklıkların problem olduğu yüksek kesme hızlarında soğutucu özellikteki kesme sıvıları etkili olmaktadır. Bu sıvıların en etkili olduğu takım malzemeleri, yüksek hız takım çelikleri gibi ısııl hasara maruz kalmaya müsait malzemelerdir ve bu sıvılar yüksek miktarda ısının oluştuğu tornalama ve frezeleme işlemlerinde sıklıkla kullanılırlar. Soğutucular genellikle su bazlı çözeltiler veya emülsiyonlardır çünkü su bu sıvılar için ideal ısııl özelliklerine sahiptir [27].

4.1.1.2. Yağlayıcılar

Yağlayıcılar, takım-Talaş ve takım-iş parçası ara yüzeylerindeki sürtünmeyi azaltmak için kullanılan yağ bazlı sıvılardır. Yağlayıcı kullanımındaki ana hedefler; yüzey kalitesini artırmak, kesme kuvvetlerini ve oluşan ısıyı azaltmak ve takım ömrünü artırmaktır. Yağlayıcı kesme sıvıları aşırı basınç yağlayıcılığı ile çalışırlar. Burada ısınmış temiz metal yüzeyinde yağ ile girilen kimyasal reaksiyon sonucunda ince ve katı tuz tabakaları oluşur. İki metal yüzeyini birbirinden ayıran bu tabakaların oluşumuna kesme sıvısı içindeki sülfür, klor ve fosfor neden olur. Bu aşırı basınç filmiyle oluşan yağlama sürtünmeyi azaltmada iki yüzey arasındaki sıvı film tabakasıyla ortaya çıkan sınır yağlamaya göre çok daha etkilidir[27].

Yağlayıcı özellikteki kesme sıvıları düşük kesme hızlarında etkilidir. Yüksek kesme

hızlarında etkilerini kaybederler çünkü talaşın bu hızlardaki hareketi sıvının takım talaş ara yüzeyine ulaşmasına engel olur. Ayrıca bu hızlardaki yüksek kesme sıcaklıkları, yağın yağlamayı sağlayamadan buharlaşmasına yol açar. Yağlayıcılar, delme ve kılavuz çekme işlemlerinde faydalıdır. Bu işlemlerde, ağız birikintisi oluşumu geciktirilmiş ve takım üzerindeki moment düşürülmüş olur[37].

Yağlayıcı kullanımındaki ana amaç sürtünmeyi azaltmak olsa da yağlayıcılar işlemdeki sıcaklıkları da çeşitli mekanizmalarla düşürür. Öncelikle yağlayıcının özgül ısı ve ısı iletkenliği ısının uzaklaştırılmasına ve sıcaklığın düşmesine yardımcı olur. İkinci olarak, sürtünme azaldığı için, sürtünme kaynaklı ısı oluşumu da azalır. Son olarak ise düşük bir sürtünme katsayısı düşük bir sürtünme açısı anlamına gelir. Merchant denklemine (Denklem 4.1) göre düşük bir sürtünme açısı (λ) kayma açısının (ϕ) artmasına neden olur.

Denklem 4.1

$$\phi = \left(\frac{\pi}{4}\right) - \left(\frac{1}{2}\right) \lambda (\lambda - \alpha)$$

Kayma açısının artması ise daha kısa bir kayma düzlemi anlamına geleceğinden daha küçük plastik deformasyon alanı oluşur ve bu da kesme bölgesinde oluşan ısının azalmasına neden olur. Denklemdaki α , talaş açısıdır[37].

Genellikle soğutucu ve yağlayıcı özellikteki kesme sıvılarının birbiri içine geçmiş etkileri vardır. Soğutucular sürtünmeyi azaltıcı maddeler içerir. Yağlayıcılar da, ısı özellikleri suyunki kadar iyi olmasa da, ısıyı uzaklaştırma işini yaparlar[37].

4.1.2. Kimyasal Bileşimlerine Göre Kesme Sıvıları

Kesme sıvıları kimyasal bileşimlerine göre kesme yağları ve su esaslı kesme sıvıları olarak ikiye ayrılabilir. Su esaslı kesme sıvıları ise kendi içinde; çözülebilir yağlar, yarı sentetik ve sentetik kesme sıvıları olarak sınıflandırılmaktadır.

4.1.2.1. Kesme Yağları

Bu yağlar yağlayıcılık ihtiyacının soğutuculuk ihtiyacından daha fazla olduğu uygulamalarda suyla karıştırılmadan oldukları gibi kullanılan ürünlerdir. Petrol, hayvan, deniz

veya bitkisel kaynaklı yağların biri veya birkaçının kombinasyonundan oluşurlar. Mineral yağ kesme yağlarının formülasyonunda en çok kullanılan yağdır. Öte yandan mineral yağın hiçbir katıksız olduğu gibi kullanılma alanları yüksek işlenebilirlikteki metallerle (alüminyum, pirinç, magnezyum gibi) ve çelik üzerindeki bazı hafif işlemlerle sınırlanmıştır. Mineral yağ katıksız olarak kullanıldığı durumda sadece hidrodinamik yağlayıcılık sağlar. Öte yandan mineral yağlarla birlikte polar katıklar kullanıldığında yağın polar yağlayıcılığı artar ve daha zor şartlı operasyonlarda kullanılabilir. Aynı şekilde daha da zor şartlarda çalışabilmek için bu yağların formülasyonuna aşırı basınç (EP) katıkları da ilave edilebilir.[38]

Kesme yağları, su katılmamış mineral, hayvansal, bitkisel ve sentetik yağlardır [27]. Düşük maliyetlerinden ve bolluklarından dolayı petrol esaslı mineral yağlar hafif çözücüler, nötr yağlar ve ağır yağlar sıkça kullanılan yağlardır. Hayvansal yağlar genellikle bileşik oluşturmak amacıyla kullanılırlar. Hurma yağı, kanola yağı ve Hindistan cevizi yağı gibi bitkisel yağlar mineral yağlara göre üç ila beş kat daha pahalı olmalarına rağmen özellikle Avrupa’da çevreye duyarlı bazı uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak titanyumun ve paslanmaz çeliğin işlenmesi gösterilebilir. Yenilenebilir kaynaklardan yapılan sentetik esterler de mineral yağlar yerine kullanılmaktadır.

En yüksek yağlayıcılığı elde edebilmek için genellikle birkaç tip yağ karıştırılır. Ayrıca polar ve kimyasal katkıları da eklenerek yağlama kalitesi artırılır. Genelde kullanılan polar katıklar domuz yağı veya donyağı gibi hayvansal yağlar ve hurma yağı ve Hint yağı türevleri gibi bitkisel yağlardır. Yüzde 10-14 oranında eklenen bu katıklar kesme yağının ıslatma kapasitesini ve nüfuziyet özelliğini artırır ve yağlayıcılığı geliştirir. Sülfür, klorin ve fosfor gibi kimyasal katkıları da talaş ve takım yüzeyiyle reaksiyona girerek takım üzerinde metalik bir film tabakası oluştururlar (yüksek basınç yağları) ve bu da metal-metal temasını önlemeye yardımcı olur.

Kesme yağları, soğutucu özelliklerinden çok yağlayıcı özellikleriyle etkilidirler. Taslama ve honlama gibi işlemlerde su bazlı sıvılara göre daha iyi yüzey kalitesi ve daha düşük yüzey hasarı sağladıkları için yaygın olarak kullanılırlar. Genel olarak düşük kesme hızlarındaki işlemlerde soğutucu özelliği daha az önemde olduğu için kesme yağları kullanılır.

Kesme yağları kararlıdır ve iyi bir pas koruyuculuğu sağlar. Yüksek hızdaki işlemlerde uygulanabilirliği düşüktür çünkü duman ve yangın oluşumu riski vardır ve cilt hastalıklarına ve başka sağlık sorunlarına yol açabilirler.

Bitkisel yağlar yüksek viskozitedeki mineral yağlara göre daha yüksek bir tutuşma sıcaklığına sahiptir ve duman oluşumu riski daha azdır. Ayrıca moleküllerinin dipolar yapısından dolayı daha iyi bir yağlama sağlarlar. Çoğu zaman mineral yağların yağlayıcılığını geliştirmek için polar katkı olarak kullanılırlar. Bitkisel yağlar, mineral yağlara göre daha pahalı olmalarına rağmen bazı uygulamalarda mineral yağlara göre sarfiyatının düşük olması, takım ömrünü ve verimliliği artırması nedeniyle daha ekonomik olabilmektedir[27].

4.1.2.2. Su Esaslı Kesme Sıvıları

En iyi soğutucu olan su ve en iyi kaydırıcılığı sağlayan yağlar, köprü görevi yapan emülgatörlerle birlikte;

- İyi soğutma sağlarlar.
- İyi kaydırıcılık sağlarlar.
- Kesici takımların ömrünü uzatırlar.
- Paslanmayı önlerler.
- İyi yıkama yaparak talaşın tanka taşınmasını sağlarlar.
- Tutuşma riskini ortadan kaldırır.
- Maliyetleri düşürürler [39].

Su esaslı kesme sıvıları sulu emülsiyonlar ve su içinde yağ çözeltileridir. Kesme yağlarına göre daha düşük bir yağlama sağlarlar ancak daha iyi bir soğutma ve talaş uzaklaştırma işi görürler. Su, mineral yağlara göre iki-üç kat daha hızlı bir soğutucudur ve iki kat fazla ısı tutar. Genellikle yüksek kesme hızları gerektiren işlemlerde kullanılırlar. Üç temel tipi vardır: çözülebilir yağlar, yarı sentetikler ve sentetikler [27].

4.1.2.2.1. Çözülebilir Yağlar

Çözülebilir yağlar (emülsiyonlar ya da suda çözünen yağlar) yüzde 60-90 petrol veya mineral yağ, emülsiyon yapıcılar ve diğer katkıları içerir. Bir miktarı suyla karıştırılarak kesme sıvısı oluşturulur[40]. Suyun yağa oranı 7:1,10:1 ve 30:1 mertebesinde olabilir.

Yüksek oranda mineral yağ ihtiva ederler. Su ile karıştırıldıklarında sütlü veya sü-tümsü emülsiyonlar oluştururlar. Kaydırıcılığın önemli olduğu operasyonlarda tercih edilir-ler. Daha düşük fiyatlı oldukları için universal tezgahlarda yaygın kullanılır [39].

Emülsiyon yapıcılar, yağ ve suyun düzgün dağılımını sağlamak için eklenirler ve emülsiyon yapıcı parçacıklar yağ damlacıklarının etrafını sararak onları negatif yüklerler ve bu sayede yağ damlacıkları su molekülleriyle birleşir. Yağ damlacıklarının boyutu, kesme sıvısı performansı açısından kritiktir; küçük emülsiyon boyutları kesme bölgesine nüfuz etmek açısından kolaylık sağlar. Çoğu emülsiyon tanesi 2-50 µm boyutundadır ve kesme sıvısına yarısaydam beyaz veya mavi-beyaz bir görünüm verirler. Süt rengindeki mikro emülsiyonların tane boyutu 0.1-2 µm' dir ve daha iyi bir yağlama sağlarlar ancak duman oluşumu eğilimi yüksektir ve atık arıtma problemi daha büyüktür.

Yüksek basınç katkılarının işlevi kesme yağlarındaki kimyasal katkılarla aynıdır. Kesme sıvısı içindeki metal parçacıkları zamanla emülsiyon yapıcılarla birleşir ve bu du-rum emülsiyonun bozulmasına neden olur. Stabilleştiriciler buna engel olurlar. Bakteri önleyiciler ise bakteri büyümesini ve kokuşmayı kontrol etmek için eklenirler [27].

Çözülebilir yağlar, su ve yağ karışımları oldukları için iyi bir soğutma ve yağlama özelliği gösterirler. Ayrıca tezgâhın hareketli parçalarının üzerinde bir yağ filmi bırakarak, makine yağı ve kızak yağının emülsiyon oluşturmasını engellerler [41]. Bu özelliklerinin yanında pas önleme özelliğine de sahiptir. Mikrobik saldırılara duyarlılıkları, duman olu-şumuna yatkınlıkları, cilt hastalığı oluşturma riskleri ve atık problemi bu sıvıların olumsuz yanlarıdır. Ayrıca eğer sert bir suyla karışım yapılırsa parçaların ve filtrenin üzerinde çö-kelti olma riski vardır. Çözünebilir yağlar, yüksek yağ içeriklerinden dolayı, su esaslı kes-me sıvılarının içinde iş parçasının temizlenmesini en çok zorlaştıran sıvılardır. Bu dezavan-tajlarının bir sonucu olarak, çözünebilir yağların yerini birçok işlemden kimyasal kesme

sıvıları almıştır [27].

4.1.2.2.2. Yarı Sentetik Kesme Sıvıları

Mineral esaslı soğutma sıvılarına göre daha düşük oranda mineral yağ ihtiva ederler. Emülsiyonları sütümsü, yarı şeffaf veya şeffafımsıdır. Kaydırıcılığın yanı sıra soğutmanın da önemli olduğu operasyonlarda tercih edilirler. Yıkama özellikleri mineral esaslı soğutma sıvılarına göre daha iyidir. En yaygın olarak kullanılan soğutma sıvılarıdır. Üstün özelliklerinden ötürü CNC tezgâhlar için çok idealdirler [39].

Yarı sentetikler çözülebilir yağlarla kimyasalların bir karışımıdır. Yüzde 2 ila 30 oranında küçük taneli mineral yağ içerirler. Kalan oranı ise esas olarak emülsiyon yapıcılar ve su oluşturur. Korozyon önleyici, yüksek basınç katkısı ile bakteri ve mantar önleyiciler de diğer katkılardır.

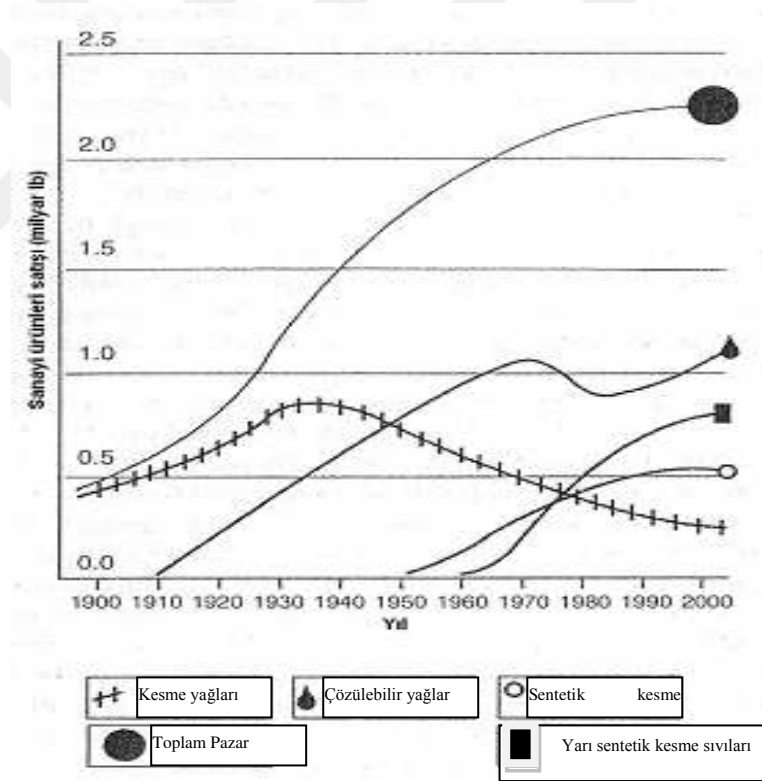
Yarı sentetikler, çözülebilir yağlara göre daha yüksek oranda emülsiyon yapıcı içerirler ve bunun sonucunda daha küçük emülsiyon taneleri oluşur. 0.1 µm'den küçük bu taneler ışığın kırılmasını azalttıklarından sıvı saydam renktedir. Küçük tanelerin avantajı ise yağlayıcılığı artırmalarıdır.

Yarı sentetiklerin ısılatma kabiliyetleri yüksektir, ısıyı hızlı bir şekilde uzaklaştırabilirler ve atık olarak uzaklaştırılmaları kolaydır. Ayrıca bu sıvılar küçük emülsiyon taneleri ve daha düşük mineral yağ oranları sayesinde bakteri oluşumuna karşı da dayanıklıdır. Ancak su sertliği, yarı sentetik kesme sıvılarının kararlılığını etkiler ve çökelti oluşumuna neden olabilir. Ayrıca kimyasal katkılardan dolayı köpürme oluşumu da daha kolaydır ve genelde çözülebilir yağlara göre daha düşük bir yağlayıcılıkları vardır[27].

4.1.2.2.3. Sentetik Kesme Sıvıları

Sentetik kesme sıvıları, su esaslı kesme sıvısı içine sadece kimyasallar eklenerek elde edilir. Petrol veya mineral yağ içermez. Bu nedenle, sistemde bakteri ve mantar-maya oluşumuna yatkınlık daha azdır. Emülsiyonları şeffaftır. En yaygın olarak taşlama operasyon-

larında kullanılırlar [39]. İçeriğinde kimyasal yağlayıcılar, yüksek basınç katkıları, pas önleyici katkılar ve bakteri önleyiciler bulunur. Bu sıvıların yüksek soğutma kabiliyetleri ve korozyon önleme özellikleri vardır. Ayrıca sentetikler, iyi bir yüzey kalitesi sağlar. Soğutma kabiliyetlerinin iyi olması nedeniyle fazla ısının oluştuğu yüksek kesme hızlarında kullanılırlar. Dumansız bir ortamın gerektiği ve köpük oluşumunun istenmediği uygulamalarda da bu sıvılar çözülebilir yağlara tercih edilir. Ancak yağ içermedikleri için yağlayıcılıkları daha düşüktür. Yağ içeren kesme sıvılarına göre daha az probleme neden olsalar da köpük ve ince bir sis oluşumu problemdir. Yağlayıcılığı ve ıslatmayı sağlamak için eklenen katkılar, kızak yağı ve diğer yabancı yağlarla emülsiyon oluşumuna neden olarak sert kalıntıların oluşumuna neden olabilir. Şekil 4.1'de kesme yağlarının ve su esaslı kesme sıvılarının kullanım miktarının tarihsel değişimi görülmektedir [27].



Şekil 4.1: Kesme Yağlarının ve Su Esaslı Kesme Sıvılarının Kullanım Miktarının Tarihsel Değişimi.[27]

1910 öncesi döneminde sadece kesme yağları kullanılmaktaydı. 1910-1920 arasında çözülebilir yağlar soğutucu özellikleri ve yangına karşı koruyuculuklarıyla kullanılmaya başladı. Yarı sentetikler 1950'lerin başında soğutmayı daha da artırma ve pas önleme amacıyla ortaya çıktı. 1970'lerin başında sentetiklerin kullanımı artıyordu. Bu dönem, petrol

fiyatlarının da önemli ölçüde arttığı dönemdi. Uzun vadede, kesme hızları arttıkça, kesme yağları daha az kullanılır hale geldi. Su esaslı kesme sıvılarından çözülebilir yağlar, düşük maliyetlerinden ve göreceli olarak kolay atık arıtma işlemlerinden dolayı 2000’li yılların başında en çok kullanılan kesme sıvılarıdır [27].

4.1.3. Gazlar ve Gaz-Sıvı Karışımları

Bazı işlemlerde, kesme sıvısı yerine gazlar kullanılmaktadır. Özellikle havacılık ve uzay sanayisi gibi, iş parçası üzerinde sıvı artığının kalmasına izin verilmeyen uygulamalarda bu durum geçerlidir. Kullanılan gazlar; hava, helyum, CO₂, argon ve nitrojen olabilir. Hava, düşük maliyeti nedeniyle en çok kullanılan gazdır. Zorlanmış taşınım ile soğutma sağlayabilmek için hava sıkıştırılıp kullanılabilir. Yüksek basınçlı hava akımı, talaşı uzaklaştırabilir. Ancak yüksek hızlı ve basınçlı hava sistemlerinde gürültü, bir problemdir. Buna rağmen gerek maliyet gerekse uygulama kolaylığı bu yöntemin kullanılabilirliğini tercih nedeni yapmaktadır.

Tornalama sırasında basınçlı havanın kullanılması, kuru tornalamaya göre takım ömründe belirgin bir artış sağlamış ve krater aşınmasını azaltmıştır. Kesme bölgesine ve takım-talaş ara yüzeyine püskürtülen havanın soğutma etkisi, yüksek kesme hızlarında daha belirgindir. Ulaşılabilen en yüksek kesme hızında kuru işlemeye göre emk’da sağlanan düşüş oranı % 10 dur. Bu oran, artan kesme hızıyla birlikte artma eğilimindedir[42].

Takım ile talaşın ara yüzeyine püskürtülen havanın takım-talaş temas uzunluğunu kısaltması ve dolayısıyla temas alanını küçültmesi sayesinde sürtünme kuvvetlerindeki düşüş, tornalama kuvvetlerinde de düşüşe sebep olmuştur. Kuru tornalamaya göre, kesme kuvvetinde % 5, ilerleme kuvvetinde ise % 10’a kadar düşüşler sağlanmıştır. Havanın soğutucu etkisiyle talaş kaldırma sıcaklıklarının düşürülmesi ve kesme kuvvetlerinde sağlanan düşüş sebebiyle kesici takımın maruz kaldığı ısı ve mekanik zorlamaların azalması takım ömründe artışa sebep olmuştur. Kuru tornalamaya göre takım ömründe sağlanan artış oranı krater aşınma kriterine göre % 42, yan yüzey aşınma kriterine göre ise % 32 civarındadır.

Soğutma ortamı olarak kullanılan çeşitli kimyasal sıvıların ve gazların gerek çevreye ve gerekse çalışanın sağlığına vermiş olduğu zararlar ortadan kalkmıştır. Son derece doğal olan bu soğutma ortamı ile hem çevreci ve hem de ekonomik talaşlı işleme yapılabilir[42].

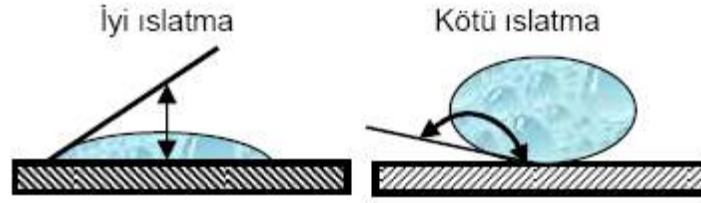
CO₂, sıkıştırılıp kesme bölgesine püskürtülürse, buharlaşmayla soğutma sağlar. Çelik, paslanmaz çelik ve Inconel parçalarda, kriyojenik soğutma (örneğin hava akımıyla karıştırılmış sıvı nitrojen) başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Sıvı argon veya nitrojen, sıfırın altındaki sıcaklıklara soğumaya müsaade eder.

Su esaslı kesme sıvısı damlacıklarının havayla karışımını içeren hava-yağ sisi, birçok uygulamada kesme sıvısı olarak kullanılabilir. Bu yöntem, parmak frezeleme gibi küçük kesme alanlarının olduğu yüksek hız uygulamalarında kullanıldı. Takım içinden soğutma sistemlerinin gelişimiyle birlikte, kullanım alanı daha çok düşük hızlı delik delme gibi uygulamalarla kısıtlı kaldı [27].

4.2. Kesme Sıvılarının Görevleri

Metal işleme sırasında takım ucu ile parça 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 minimumda tutar ve düzgün bir yüzey elde edilmesini sağlar. Kesme-taşıma sıvısı takım ve iş parçasının sıcaklığını kontrol ederek çarpılmayı minimumda tutar. Deterjan özelliği ile oluşan talaşları sistemden uzaklaştırarak daha iyi yüzey düzgünlüğü elde edilebilmesini sağlar [38].

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



Şekil 4.2: İyi ve Kötü Islatma [8]

Kesme sıvısı yüzeyi iyi ıslatmalı, yüzeye yayılmalıdır. Islatma özelliği az olan sıvılarda sıvı tespih tanesi durumdadır (Şekil 4.2). İyi ıslatma özelliği olan sıvılarda, sıvı yüzeye yayılmaktadır. Bu durumda sıvı ile metal arasındaki yüzeysel gerilim sıfır olur ve sistemin enerjisi azalır. Kesme sıvısı içinde EP katkı maddeleri de varsa bunlar metal ile kimyasal reaksiyona girip sürtünmeyi azaltan iyi bir film tabakası oluştururlar [8].

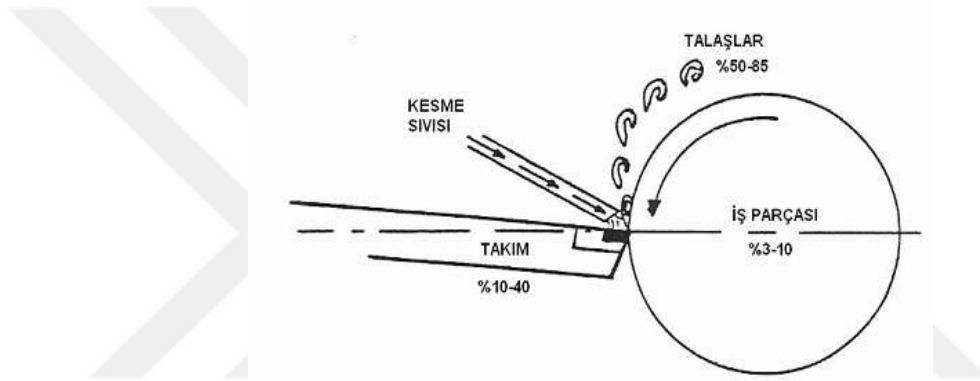
4.2.1. Soğutma

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. Sıvının kendisi 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, کافی miktardaki akışkan uygulanırsa, ısı üretildiği oranda 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[3].

Laboratuar testleri göstermiştir ki; talaşlı imalat sırasında oluşan ısı ile takım aşınması arasında açık bir ilişki vardır. Kesici takım sıcaklığının küçük bir miktar düşürülmesi, takım ömrünü büyük ölçüde artırmaktadır [27].

Talaşlı imalat sırasında uygulanan kesme sıvısı ısıyı kesici takım-iş parçası ara yüzeyinden uzaklaştırmaktadır [43]. Bu soğutucu etki, takımların yumuşamaya ve aşınmalarının artmaya başladığı kritik sıcaklığı aşmasını engellemektedir[44].

İdeal olan bir kesici takım, kesici uç bölgesinden ısıyı çabuk bir şekilde transfer edebilmelidir. Oluşan ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olur. Bu durum 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 ve takım ara yüzeyinde oluşan ısıнын taşınması veya tahliye edilmesi daha kolay gerçekleşir. Uygun soğutma veya yağlama sıvısı ile takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısıнын en azından %50'si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir (Şekil 4.3)[27].



Şekil 4.3: Kesme Sırasında Oluşan Isının 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 [27].

4.2.2. Yağlama

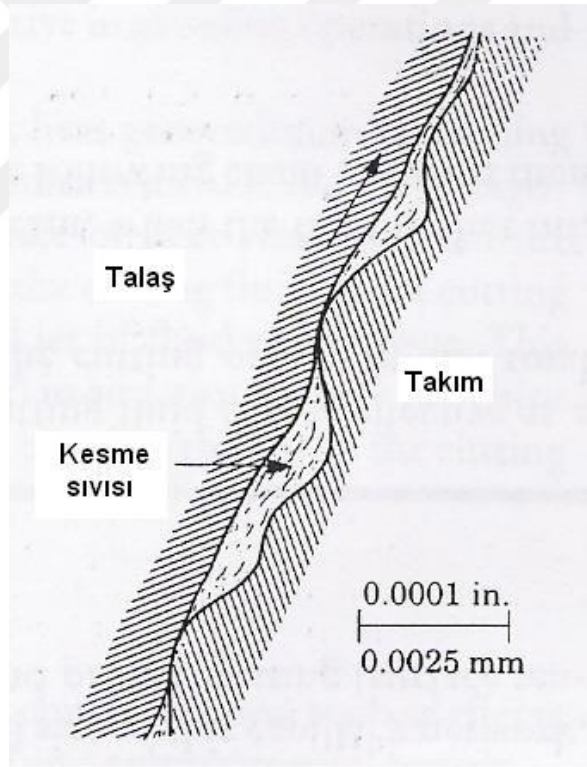
Kesme sıvısının ilk görevi takımı, iş parçasını ve talaşı yağlamasıdır. İş parçasından talaş kaldırılırken kesici takım, iş parçası ve talaşın bulunduğu yerde kısmi bir vakum yaratıldığı düşünülür. Bu olay kapiler hareketle bağlantılı olarak kesme sıvısını, iş parçası, kesici takım ve talaşın karşılaştığı 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 tabakası oluşturmak gerekir. Sıvıların bu özelliğine yapışma kabiliyeti (oilness) 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 [45].

Kesme sıvıları, takım ile iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltarak, sürtünme nedeniyle oluşan ısıyı en aza indirir [43].

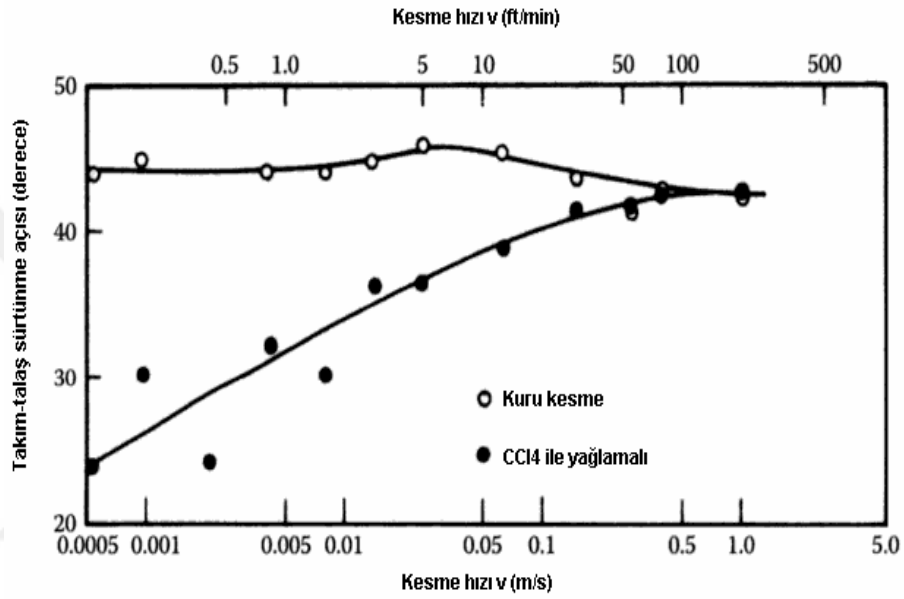
Yüksek temas basınçları etkisinde ve talaş-takım ara yüzeyindeki kayma hareketi esnasında kesme sıvısının bu ara yüzeye nasıl nüfuz ettiği şu şekilde açıklanabilir: Takım ile talaş arasında, yüzey pürüzlülüklerinin oluşturduğu ağ bölgelerinde meydana gelen kapiler etki, kesme sıvısını bu bölgeye çeker (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Kesme Sıvısının Nüfuz Ettiği Kapiler Bölgeleri Gösteren Takım-Talaş Ara Yüzeyi [43]

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 tanımayabilir. Aslında, kesme sıvılarının yağlayıcılık mekanizması kimyasal bir yapıya sahiptir. Örneğin bakır islenirken kesme sıvısı kullanıldığında karbon tetra klorürün yağlayıcı etkisiyle, düşük kesme hızlarında takım-talaş ara yüzeyinde sürtünme oldukça azalır (Şekil 4.5).

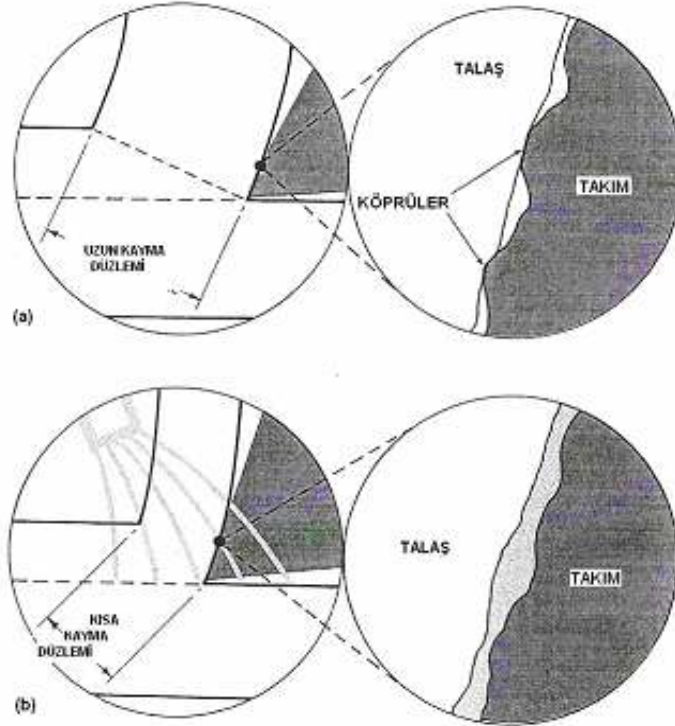


Şekil 4.5: Kesme Hızının Karbon Tetra Klorürün Yağlayıcılığı Üzerine Etkisi [27]

Bu etkinin takım-talaş ara yüzeyinde düşük kayma dayanımlı bakır klorür filminin oluşmasından ileri geldiği ve bu filmin takım-talaş arasında büyük oranda metalik teması önleyerek sınır yağlama sağladığı gösterilmiştir. Kuru kesme şartları altında, takım-talaş arasında daha fazla temas oluşması, aşırı ikinci deformasyon bölgesi oluşumuna neden olur ve bu da ağız birikintisi oluşturur. Yağlamanın etkisi, takım talaş temasındaki yaklaşmayı azaltmak ve böylece ağız birikintisi oluşumunu ve ikincil deformasyon bölgesini yok etmek seklindedir. Bu sayede takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünme azalır ve talaşı oluşturmak için gerekli kuvvetlerde düşüş sağlanır [27].

Daha önce de belirtildiği gibi talaşlı imalatı ısı, takım-talaş arasındaki sürtünmeyle ve metalin plastik deformasyonu ile meydana gelir. Plastik deformasyon kayma düzlemi

boyunca olduğundan (Şekil 4.6), kayma düzlemi uzunluğunu azaltmak; plastik deformasyonu, dolayısıyla meydana gelen ısı ve sıcaklığı azaltmak anlamına gelecektir.



Şekil 4.6: (a) Daha Fazla Isıyla Sonuçlanan Bir Kayma Düzlemi Uzunluğu, (b) Kesme Sıvısı İle Elde Edilen Daha Kısa Kayma Düzlemi

Sadece takım-talaş arasındaki sürtünmeyi azaltmak, kayma düzlemi uzunluğunu azaltıcı bir yöntemdir. Şekil 4.6 a' da kesici takım yüzeyi boyunca kayan bir talaş gösterilmektedir. Takım yüzeyindeki tepe ve çukurlar sürtünme alanı ve talaş sıvanmasının oluşmasına neden olmaktadır. Sürtünme nedeniyle uzun kayma bölgesi ve küçük kayma açısı mevcut olmaktadır ve bu durumda en çok ısı kesici takım ucunda ortaya çıkar. Şekil 4.6 b'de ise aynı talaş derinliğinde kesme sıvısı kullanılarak yapılan kesme işlemi gösterilmektedir. Sürtünme azaltıldığında daha kısa kayma düzlemi ve bunun sonucunda daha küçük plastik deformasyon alanı oluşmaktadır. Neticede takım-talaş ara yüzeyindeki sürtünmenin azaltılmasıyla, ısı kaynağı olarak hem ara yüzeydeki sürtünme hem de plastik deformasyon azaltılabilir. Sürtünme ve ısı azaltıldığında takım ömrü artmış olacaktır[3].

Kesme sıvısının soğutma ve yağlama özellikleri, takım aşınmasını azaltarak takım ömrünü uzatma açısından önemli olduğu kadar iş parçasının istenen boyutta, şekilde ve yüzey kalitesinde elde edilmesinde de önemlidir.

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].

4.2.3. Talaşı Uzaklaştırma

Kesme sıvılarının önemli işlevlerinden biri 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.

Kesme sıvıları günümüzde geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Esas amaç verimliliği artırmak ve maliyetleri azaltmaktır. Yüzey kalitesi yüksek olan parçalar yüksek kesme hızlarında işleme ile gerçekleştirilir. Uygun kesici takım ve uygun kesme sıvısı kullanımı yüksek kesme hızlarında iş parçasını işlemeye elverişli hale getireceği gibi talaşın takım ile iş parçası arasında sıkışması önlenerek, yüzeyde oluşabilecek çiziklerin önüne geçilmiş ve yüzey kalitesinin bozulmasını da engellenmiş olur kesme sıvıları doğru kullanıldığı da takım ömrü artar, artan takım ömrüyle birlikte takım maliyetinin azalmasıyla beraber takım değiştirme sebebiyle oluşan işçilik maliyeti de azalır[46].

Kesme sıvısı, talaşı soğutmakla kalmayıp, aynı zamanda talaşın tezgâhtan uzaklaştı-

rılarak bir filtreleme sistemine ulaşmasını da sağlamaktadır. Burada talaş, sıvıdan ayrılır ve kurutulmuş bu talaş tekrar kullanılabilir [27].

4.2.4. Kaynak Oluşumunu Engelleme

Burada kaynak oluşumu; düşük kesme hızlarında görülen ağız birikintisi oluşumunda görüldüğü gibi, yüksek sıcaklıklarda malzemenin kesme kenarlarında kendi 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].

4.2.5. Korozyonu Engelleme

Kesme sıvıları bir miktar korozyon koruması özelliği sunmalıdır. Demir esaslı malzemelerin işlenmiş yüzeyi, koruyu 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].

4.2.6. Güç Sarfıyatını 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 parçası-

nın yüzey bütünlüğü korunur. Genel olarak, sistem daha kararlı olma eğilimi gösterir. Sistem sıcaklığı, çevre sıcaklığına ne kadar yakın tutulabilirse, işlem de ısı 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].

4.2.7. Takım Ömrünü ve Verimliliği Artırma

Talaşlı imalatta 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.

4.2.8. Belli Bir Tipte Talaş Oluşturma

Kesme sıvısı uygulaması talaş oluşumunu etkilemektedir. Yüksek basınçlı sistemler, 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 tıkanma yapmasından kaynaklanabilecek sürtünmenin oluşturacağı fazladan ısı oluşumu azaltılmış olur[27].

4.3. Katkı Maddeleri ve Fonksiyonları

Kesme sıvılarının korozyon, uçuculuk, parlama noktası yüksekliği, bakteri –mantar önleyicilik gibi özelliklerinin sağlanabilmesi için, çoğu sıvı halde bulunan katkıların kesme sıvılarına eklenmesi gerekir.

En kaliteli baz yağlar bile ağır çalışma koşullarında tam yağlama ve koruma görevlerini gerçekleştiremez. Bir yönden uygun olan bir yağ, diğer yönden yetersiz kalabilir. Bu

nedenle bazı kimyasal maddeler katılarak yağlar güçlendirilmekte ve özel nitelikler kazandırılmaktadır. Yağlara istenen bazı özellikleri kazandırmak, mevcut özelliklerini geliştirmek, istenmeyen bazı özelliklerini minimuma indirmek veya yok etmek amacıyla kullanılan maddelere katkı maddeleri denir[47]. Yağın doğal özelliklerini arttırmak veya ilave etmek ve önceden belirlenmiş performans karakteristiklerini başarmak için katkı maddeleri, genellikle formülasyonun sonunda ilave edilirler[48]. Formülasyon sırasındaki ilaveler katkı maddelerinin etkinliğini azaltabilir veya yok edebilir. Bir yağın vazifesini tam anlamıyla yapabilmesi için bir veya birkaç katkı maddesi birlikte kullanılabilir. Yağın kendi özelliklerine ilaveten katkı maddelerinin birbirine zarar vermemesi önemli bir durumdur[47]. Katkı maddelerinin dayanıklı olması yağın kalitesini olumlu yönde etkiler.

Katkı maddelerinin, kesme yağlarının özelliklerini geliştirici nitelikleri yanında çözünürlük, emülsiyon yapıcı özellikler, uçuculuk, bozunmadan kalma dayanıklılığı, yağlayıcıya ilave edilen katkıların birbirine uygunluğu, katkı maddesinin değişik oranlarda kullanılabilmesi, katkı maddesinin yağlanan sistemin çalışma sıcaklığı limitlerinde etkin olması gibi sahip olması gereken özellikleri vardır. Modern yağlayıcı katkı maddelerinin görevleri üç ana grupta toplanır. 1) Kullanılmakta olan yağlayıcının özelliklerini kimyasal olaylara ve bozunmaya karşı korumak. 2) Yanma ve yağlayıcının oksidasyon ürünlerinin zararlı etkilerinden, yağlayıcının zayıflayarak görevini tam olarak yapmaması halinden makineyi korumak, aşınma ve korozyonu önlemek, makineye uzun ömür sağlamak. 3) Yağlayıcının fiziksel özelliklerini geliştirmek; değişik koşullarda yağlayıcının yağlama fonksiyonunu gerçekleştirebilmesi için gereken yeni fiziksel özellikleri yağlayıcıya kazandırmak, şeklinde sıralanır[47].

4.3.1. Kimyasal Yapı Üzerinde Etkili Olan Katkı Maddeleri

4.3.1.1. Oksidasyon Önleyiciler

Yağlar kullanıldıkları yerde sık sık havayla temas etmektedirler. Bu durumda zamanla oksidasyona bağlı olarak ve/veya yağın içerisinde oluşan bakteriler sebebiyle bozulmalar oluşmaktadır. Petrol esaslı yağlar da bozulmayı önleyebilmek için petrol ürünlerine eklenen veya doğal olarak bulunan bozulmayı geciktirici maddeler içerebilmektedir. Bunların

yapısı ve miktarı ham yağ tipine, rafine tipine ve derecesine bağlı olmaktadır. Bununla beraber oksidasyon oluşumunu yavaşlatmak için büyük çoğunlukla sentetik malzemelerle sağlanmaktadır[48].

Anti-oksidasyon bileşikler olarak; sülfür, fosfor ve nitrojen gibi bileşikler içeren organik aminezler, sülfidler, hidroksi sülfidler, fenoller ve metal dithifosfat gibi maddelerle birlikte çinko, kalay veya baryum gibi bileşikler de kullanılmaktadır[49].

4.3.1.2. Korozyon Önleyiciler

Korozyon önleyiciler, polar bileşikler, metal passivatörler ve hidrolik yağda bulunan asidik artıkları nötralize etme kabiliyetine sahip maddelerdir. Bu maddeler yatak alaşımlarını, metal yüzeylerini ve motorun demir ihtiva etmeyen parçalarını, metal yüzeylerde film oluşturarak yağlardaki asit artıklarının kimyasal etkilerinden korumaktadır. Korozyon önleyiciler, metal yüzeylerinde adsorbe edilirler. Adsorbe edilen katkı maddesi korozif maddelerin metalik yüzeylere temasını önleyecek film meydana getirmektedir. Bu film temizleyici ve dağıtıcı katkı maddeleriyle yüzeylere sıkıca bağlanmaktadır.

Korozyon önleyici katkı madde bileşikler, aktif sülfür, fosfor veya nitrojen içeren organik bileşikler, organik sülfidler, metal tuzları, fosforik asit ve sülfürlenmiş mumlar, bazik silikatlar, nitritler ve molekül ağırlıkları düşük bazik aminler, hidroksilamin gibi bileşiklerden meydana gelmektedir [50].

4.3.1.3. Aşınma Önleyiciler

Aşınma önleyicili hidrolik yağlar, yüksek termal stabilite sağlarken, aynı zamanda mükemmel aşınma sonuçları da veren bileşikler içermektedir. Aşınma önleyici katkı maddeleri, daha çok karışık yağlama bölgesinde etkili olmaktadır. Buradaki yağ filmi ile yüzey pürüzlerinin penetrasyonu kesintilidir. Sürtünen yüzeylerde lokalize olmuş metalik temaslarda bu katkı maddeleri kimyasal adsorblanmaktadır. Metal ile reaksiyona girerek bir yüzey bileşiği oluşturmakta ve bu yeni tabaka plastik bir akışa maruz kalabilmektedir. En etkili aşınma önleyici katkı maddesi çinko (znddp), fosfor ve sülfür bileşikleridir [51].

4.3.1.4. Pas Önleyiciler

Pas oluşumu özellikle sıcaklık dalgalanmaları ve normal çalışma sıcaklıklarında nemin yoğunlaşması sonucunda ortaya çıkar ve sistemde potansiyel bir problem oluşturur. Yağda çözülebilen belirli karboksilik asitler demirli yüzeylerde kuvvetli adsorblanmış çoklu molekül tabakalarını düşük konsantrasyon oranlarında bile oluşturma kabiliyetine sahiptir. Bu molekül tabakaları güçlü elektrostatik kuvvetler tarafından yüzeye bağlanarak oksijen ve suyun penetrasyonuna karşı etkili bir engel oluştururlar. Yani elektrokimyasal reaksiyonlarla pas oluşumu için gerekli olan oksijen ve su engellenmiş olur[49] .

Makine elemanlarının paslanmasını önlemek amacıyla yağa ilave edilen pas önleyiciler, metal yüzeyle kimyasal reaksiyona girmeden film oluşturarak, yüzeyin su ve hava ile temasını kesmektedirler. Böylece su buharı ve korozyif ortamdaki asitlerin, makine yüzeylerine zarar vermesi önlenmiş olmaktadır. Bu katkı maddeleri polar organik bileşikler olup; aminler, hayvansal yağlar ve bazı hayvansal yağ asitleri ile sülfonat gibi bileşikler içermektedir [50].

4.3.1.5. Aşırı Basınç Katkıları (EP)

Bu grup katkı maddeleri, metal yüzeyler arasında kaynamayı ve tutunmayı önlemektedirler. Genellikle bunlar metalik temas sayısının arttığı ve tutunmanın olduğu zaman meydana gelen hasarları kontrol etmektedir. Bu katkı maddeleri yük taşıma kapasitesini arttırmakta, sürtünmeyi azaltmakta, aşınmayı kontrol etmekte ve şiddetli yüzey bozulmalarını önlemektedir. Madeni yüzeyler üzerinde kopma mukavemeti büyük ve kayma gerilmeleri küçük olan bir tabaka meydana getirilmektedir[52].

Genellikle ep katkı maddeleri kimyasal reaksiyonla efektif olduğu bir gerçektir. Bu nedenle bunların kullanımları korozyon problemlerini içermektedir. Ep katkı maddeleri metal yüzeylerle çevre sıcaklığında reaksiyona girmezler bundan dolayı reaksiyon sıcaklığından önce tesirli değildirler. Bu katkı maddeleri metal yüzeylerle yüksek basınçtan dolayı 500 °c sıcaklıklarda kimyasal reaksiyona girerek kayma mukavemeti, düşük kurşun sülfür, demir klorür gibi tabakalar teşkil etmektedirler. Bu tabakanın mukavemetini artırmak için

kullanılan katkı maddeleri sülfür, klor, fosfor ve fosforik asitlerin esterleri ve polar gruplu oksitlenmiş organik bileşikleri kullanılmaktadır[53] .

4.3.1.6. Deterjan ve Dispersan Katkılar

Temizleyici katkı maddeleri yağ içinde çeşitli sebeplerle teşekkül eden oksidasyon ürünleri, çamur, reçine, lak ve bazı katı parçacıkları dağıtmak veya koloidal süspansiyon haline getirip temizleme görevi yapan polar maddelerdir. Gerek yağlama devresinin tıkanmasını ve gerekse piston, segman, supap gibi elemanların yüzeyleri üzerinde çamur veya reçine tabakaları oluşumunu önlemektedirler[48].

Petrol esaslı sülfonik asitlerin baryum ve kalsiyum tuzları, sentetik sülfonik asitler, çeşitli fenolik türevlerin tuzları, baryum, kükürt ve fosfor ihtiva eden polimerler temizleyici katkı maddesi olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır. Temizleyici katkı maddeleri tortu oluşumunu tam olarak önleyememektedir. Bu nedenle metal içermeyen külsüz katıklar geliştirilmiştir. Bunlar dağıtıcı katkı maddeleridir. Bu katkı maddeleri de polimer esaslı olup, ilave edildikleri madeni yağ içinde düşük sıcaklıkta çalışma Şartlarında tortu teşekkülünü önlemekte veya geciktirmektedir. Dağıtıcıların başlıca fonksiyonları çözünürlüğü temin etmek, fazla maddeleri askıda tutarak tortu oluşumunu önlemektir. Organik dağıtıcıların asidik maddeleri nötrleştirme özellikleri yoktur[49]

4.3.2. Fiziksel Yapı Üzerine Etkili Olan Katkı Maddeleri

4.3.2.1. Donma Noktası Düşürücüler:

Yağların temel maddesi olan hidrokarbonlar düşük sıcaklıklarda katılaşmaktadırlar. Bu tip katkı maddeleri yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Bunlar, düşük sıcaklıklarda yağ akışını önleyen wax kristal yapısının oluşmamasını sağlamaktadırlar. Katkı maddeleri wax kristallerinin büyümesini tümüyle önleyememektedir. Yağın tipine bağlı olarak, donma noktası yaklaşık olarak 11–17 °C düşürülebilmektedir[48].

4.3.2.2. Köpük Önleyiciler:

Köpüklenmeye; sisteme kaçak olarak sızan hava neden olmaktadır. Hava yağ içinde solüsyon halinde bulunuyorsa sakıncalı değildir. Fakat solüsyon basınç altında ise ve basınç aniden düşürülürse hava bu solüsyondan ayrılarak köpük meydana getirmektedir. Köpüklenme pompalara zarar vermekte, köpüğün emilmesinden dolayı basınç düşmekte ve güç kaybına neden olmaktadır. Bu grup katkı maddeleri yağın köpürmesini önlemek ve havadan kolayca ayrılmasını sağlamak için kullanılmaktadırlar[54].

Köpüklenmeye dirençli yağların kabiliyeti, ham yağın tipine, rafine tipi ve derecesi ile viskozitesine bağlı olarak değişmektedir. Çok daha büyük konsantrasyon gerekmesine rağmen organik polimerler bazen silikonlar ile bu zorlukları yenmek için kullanılmaktadırlar[48].

4.3.2.3. Viskozite İndeksi Geliştiriciler:

Bu katkı maddeleri uzun zincirli yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Viskozite indeksi geliştiricilerin fiziksel çalışma prensibi gerçekte tamamen bir çözünürlük olayıdır. Büyük polimer molekülleri düşük sıcaklıkta birbiri ile sıkı bir şekilde sarılmış haldedir. Sıcaklık arttıkça yavaş yavaş moleküller sargı halden çözülerek açılır ve daha büyük bir hidrodinamik hacim oluşturduğu kabul edilmektedir. Bu durumda baz yağda polimer zincir ağı oluşur[55].

Bu katkı maddelerinin fonksiyonları; yağın düşük sıcaklıklardaki viskozitelerini çok daha yüksek sıcaklıklarda da muhafaza etmektir. Viskozite indeksi geliştiriciler, düşük sıcaklıklarda yağın viskozitesinde minimum, yüksek sıcaklıklarda maksimum bir artış sağlamaktadır. Böylece hareketli parçalar üzerinde sıcaklıktan fazla etkilenmeyen kararlı bir yağ filmi oluşmaktadır. Yüksek sıcaklıklardaki yağ molekülleri düz şekil almaya ve bu uzun moleküller arasında birbirleriyle etkileşmeye eğilimlidirler. Böylece yağ daha çok koyulaştırıcı etki göstermektedir[55].

4.3.2.4. Biyositler ve Fungisitler:

Biyositler, bir veya birden fazla aktif maddenin karışımıyla oluşan, bakteri, mantar, su yosunu, küf veya maya içeren mikroorganizmaları kontrol edici veya öldürücü etkisi olan kimyasal maddelerdir. Biyositler, kimyasal ürünlerin ve üretim proseslerinin aktif performansını garanti eder. Ürünlerin bakım ve onarım maliyetini azaltır. İnsan sağlığını, mikroorganizmalara karşı korur. Uçucu organik kimyasalların, atmosfere uçuşmasını engelleyip, atmosferin korunmasını sağlar. Metal kesme sıvılarının içinde su ve organik maddeler bulunmasından dolayı mikro organizmaların üremesi mümkündür. Yeterli koruma sağlanmadığında metal kesme sıvısı mikrobiyolojik olarak bozulmaya başlar. Metal kesme sıvıları içinde mikro organizmaların üremelerini ve Çoğalmalarını engellemek için biyositler kullanılır. Mikrobiyolojik kirlilik seviyesine göre haftada bir biyosit eklenmelidir[49].

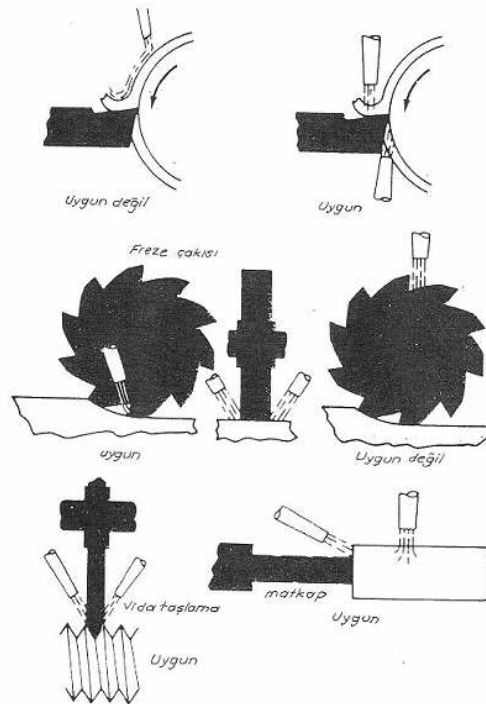
Hidrolik yağlarda kullanılan başlıca katkı maddesi çeşitleri, kimyasal yapıları, fonksiyonları ve ilave miktarları Tablo 4.1' de özetlenmiştir[49].

4.4. 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 ve bol kullanılmalıdır. Kesme sıvısının akıtılması en iyi, bir ya da daha çok sayıda düşük basınçlı üfleçle Şekil 4.7' de görüldüğü gibi doğrudan doğruya kesme noktasına ve kesicinin her iki yanına yönlendirilerek yapılır[56].

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

Katkı Maddesi Çeşidi	Kimyasal Yapısı	Fonksiyonu	İlave Miktarı (%)
Oksidasyon önleyiciler	Stearik fenoller sülfürlü olefinler aril aminler	Metal parçalarındaki reçine ve tortu oluşumunu azaltmak, makine ve yağın ömrünü artırmak	0,2–1,5
Korozyon önleyiciler	Alkil karboksilik asitler benzotriazol metal sülfonatlar karboksilik asitler	Alaşımly yatakları ve metal yüzeylerini kimyasal bozulmalara karşı korumak	0,05–1,0
Köpük önleyiciler	Polisiloksanlar organik esterler	Yağda köpük oluşumunu önlemek	2–20 ppm
Aşınma Önleyiciler	Aril fosfatlar Çinko dialkiltrifosfat (ZDTP) Organik sülfür/fosfor bileşikleri	İnce film ve sınır yağlamada çalışan yüzeylerin aşınmasını azaltmak	0,5–2,0
Viskozite İndeksi geliştiriciler	Polimetakrilat esterleri Stiren-izopren polimerleri Poliolefinler	Viskozitenin sıcaklık ile değişimini azaltmak	3–25
Donma Noktası düşürücüler	Polymetakrilat esterleri Naftalen/wax yoğunlaştırılmış ürünleri	Düşük sıcaklıklarda yağın akıcılığını sağlamak	0,05–1,5
Deterjanlar-dispersanlar	Metal salisilatları metal sülfatları	Yağlanmış yüzeylerin temizliğini sağlamak	0,02–0,2



Soğutucu uygulamasının üç temel yöntemi vardır: Sıvı fışkırtma, sis püskürtme ve elle uygulama. Yağdanlık veya boya fırçası kullanarak yapılan elle uygulama, kesme hızla-

rının düşük olduğu ve sürtünmenin problem olduğu dış 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].

4.4.1. Sıvı Fışkrtma

En yaygın kullanılan yöntemdir. Frezeleme, delik delme, tornalama ve taşlama operasyonlarında kullanılmaktadır. Bu yöntem İşlenen alanın kapalı bir sistemin parçası olmasını gerektirmektedir. Metal kesme operasyonlarında akıtma sistemi aynı zamanda soğutma ve kesici takım ile İş parçası arasındaki kritik alanlara kesme sıvısının iyi ulaşmasını sağlar. Bu sistem yüksek hacimde kesme sıvısı kullanmayı gerektirmektedir. Akış hızı, tornalama için 10 litre/dakikadan yüzey frezeleme için 200 litre/dak. değişebilmektedir [57].

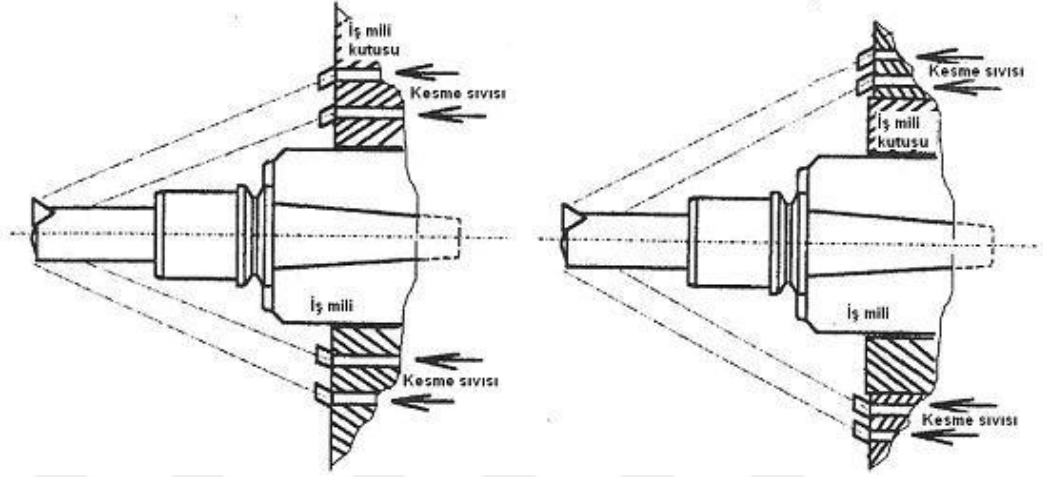
Akıtma yönteminde kesme sıvısı kesici takım/iş parçası ara yüzeyine boru, hortum veya nozzle sistemi aracılığıyla gönderilmektedir.

Sıvı fışkrtma yöntemi de kendi içinde takım dışından soğutma ve takım içinden soğutma olarak ayrılabilir

4.4.1.1. Takım Dışından Soğutma

Takım dışından soğutmada sıvı, düşük basınçta akıtılabilir ya da yüksek basınçta fışkrılabilir. 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 nn bu sıvıyla kapatacak şekilde yönlendirilmiş olmalıdır. Özellikle frezelemede yetersiz veya kesintili soğutucu uygulanması durumunda kesici takımda ısıl 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[27].

Yüksek basınçta fişkirtma uygulamasında ise soğutucu, nozullar vasıtasıyla yüksek basınçta kesici takımın önüne çarpacak şekilde yönlendirilmiştir (Şekil 4.8)[27].

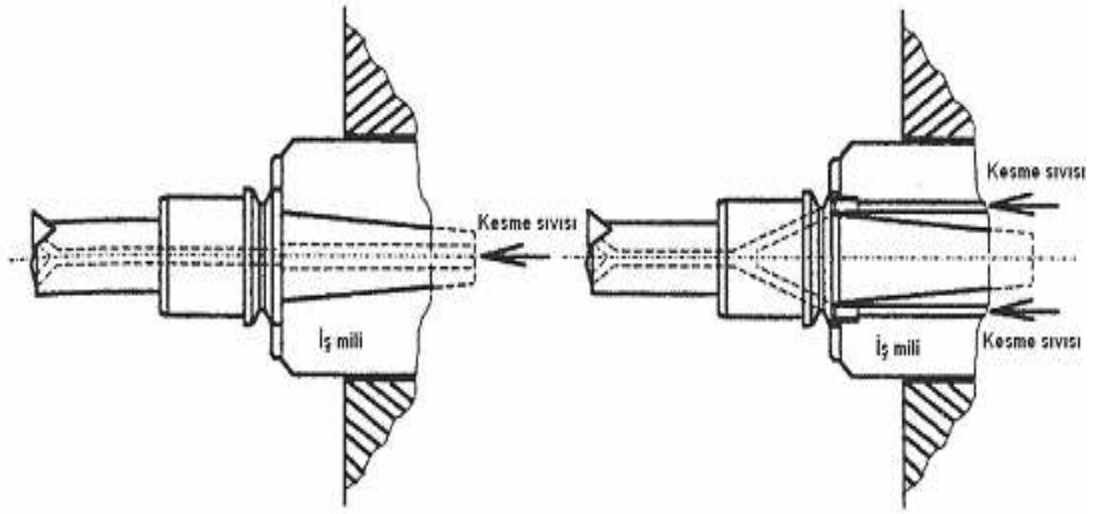


Şekil 4.8. Takım Dışından Soğutma[27]

Nozul iç basıncı borunun çapına göre geniş bir aralıkta olabilir ancak genelde 5-50 bar'dır. Bazı taslama 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; taslamada ise taşın önündeki bir boruya monte edilir. Yüksek basınç uygulaması daha etkin bir yağlama ve talaş 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].

4.4.1.2. Takım İçinden Soğutma

Takım içinden soğutma uygulamasında soğutucu, mil içinden takımdaki soğutucu yoluna yüksek basınçla verilir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Takım İçinden Soğutma[27]

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 taslamada taşı soğutmada çok etkili bir uygulamadır. Mil yatağına soğutucu 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].

4.4.2. Sis Püskürtme

Soğutucu uygulanmasında kullanılan diğer temel yöntem sis püskürtmedir. Sis aspiratörle veya doğrudan basınç uygulanmasıyla oluşturulabilir ve kesme bölgesine püskürtülür. Aspiratörlü sistemde 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 sis oluşturulur. Oluşturulan sis kesme bölgesine dışarıdan nozullarla veya takım içinden püskürtülebilir.

Sis 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 sis püskürtmenin avantajlarıdır. Sis püskürtme özellikle taşlamada etkilidir.

Hava-yağ sisi minimum miktarda yağlama ya da yaklaşık kuru işleme de denilen sistemlerde kullanılmaktadır. Bu sistem bir sonraki bölümde daha ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır.[27]

4.4.2.1. Misting

Kesme sıvısını ulaşılmaz bölgelere sağlama sistemidir. Özellikle taşlama operasyonlarında 70 kPa-600 kPa (10 psi-80 psi) hava basıncında etkilidir. Yüksek hızlı frezeleme gibi özel İşlemelerde kullanılmaktadır. Kesme sıvısı kullanımı minimize edilmiştir, fakat soğutucu dolaşımı yoktur. Genellikle su temeline dayanan sıvılar kullanılmaktadır.[31]

4.5. Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının İnsan Sağlığına Etkileri

Talaşlı imalatatta kullanılan kesme sıvılarının kullanıma gerekçeleri ve sonucunda ortaya çıkan faydaları sıralanmıştır. Bu bölümde kullanıldığında, kullanma şartlarına uyulmadığı takdirde insan sağlığına etkileri ve kesme yağları kullanımının sürdürülebilirliği incelenecektir.

Kesme sıvıları birçok fonksiyonu yerine getirerek kesme işlemini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Ancak kesme sıvılarının avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Bu sıvılar insan sağlığına ve çevreye zarar verebilmektedir. Kesme sıvılarının neden olduğu sağlık problemlerinin şiddeti; maruz kalma süresi ve seviyesi, kirliliğin çeşidi, derecesi ve sıvının tipi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır[58]. Kesme sıvıları kullanımı sonucu; dermatit (dermatitis), folliculitis, cilt kanseri ve solunum rahatsızlıkları gibi istenmeyen etkiler meydana gelebilmektedir[5].

4.5.1. Dermatit

Kesme sıvıları kullanımı sonucu görülen en yaygın cilt hastalığı türü dermatittir. Dermatit (Dermatitis); cildin tahriş olması sonucu pullanması, kabuklanması veya çatlamasıdır. Aynı zamanda hastalıkta; sık sık kabarcık, kırmızılık ve kaşıntılı deri oluşumu görülür (Şekil 4.10). Dermatit, tahriş edici dermatit ve alerjik dermatit olmak üzere ikiye ayrılır[5].



Şekil 4.10: Dermatit Cilt Hastalığının Görünüşü[59]

Tahriş edici dermatit, kesme sıvılarına maruz kalma yüzünden yaşanan deri problemlerinin en genel tipidir. Tahriş edici maddelerin yoğunluğunun yüksek olduğu veya temas süresinin cilde zarar verecek kadar uzun olması durumunda görülür. Derinin dış katmanındaki proteinlere zarar vererek koruyucu yağ katmanını kaldırır. Bunun sonucunda, özellikle ellerde ve avuç içlerinde; iltihaplı, kuru ve pullu bir cilt oluşumu gözlenir. Metal parçalarının neden olduğu küçük kesikler de tahriş edici sıvının cilde daha rahat girmesine yardım eder. Tahriş edici dermatit kızarıklığı, derinin, tahriş edici maddeyle temas ettiği bölgeyle sınırlıdır[5].

Alerjik dermatit, genellikle tahriş edici dermatit'ten daha az görülür. Aminler, korozyon önleyiciler, koruyucular gibi soğutma sıvılarında bulunan katkı maddeleri, bünyesi zayıf olan insanlarda alerjik reaksiyonlara neden olmaktadır. Çalışanlar sıvıya maruz kaldıkları ortamdan uzaklaşmadan tedavi edilemezler. Tahriş edici dermatit'ten farklı olarak, tahriş edici maddenin deriye temas ettiği bölgenin dışına da yayılmaktadır [5]

4.5.2. Folliculitis

Bu hastalık saf kesme yağlarının meydana getirdiği özel bir cilt tahrişidir. Daha ziyade yağlı elbiselerin cilt ile temas ettiği yerlerde olur. Yağ ve içine karışan maddeler, deri gözeneklerini tıkayarak yara veya sivilce gibi oluşumlara sebebiyet verebilmektedir (Şekil 4.11)[5].



Şekil 4.11: Folliculitis Cilt Hastalığının Görünüşü [60]

4.5.3. Cilt Kanseri

Keme sıvıları ile meydana gelen cilt hastalıklarının ilerlemiş hali cilt kanseridir. Rafine edilmemiş mineral yağların cilt kanserine neden oldukları görülmüştür. Ayrıca yağla ıslanmış bez parçaları ve giysilerle uzun süreli temas da kansere neden olabilmektedir (Şekil 4.12)[5].



Şekil 4.12:Farklı Cilt Kanseri Tipleri[61]

4.5.4. Solunum Rahatsızlığı

Kesme sıvıları, ısıнын tesiri ile buharlaşmakta ve solunum yoluyla vücuda alınarak çeşitli solunum rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Boğaz ağrısı, burun kanaması, öksürük, hırıltı, aşırı balgam üretimi, nefes darlığı gibi bazı semptomlar içeren sağlık raporları bulunmaktadır. Bu semptomlar ilerleyerek kronik bronşit, astım ve akciğer yetmezliği gibi rahatsızlıkları tetikler ve mevcut solunum rahatsızlıklarını da ağırlaştırır[5].

Kullanılan kesme sıvıları kadar, yapılan işin tipinin de rahatsızlıklara etkisi büyüktür. Örneğin, broşlama operasyonunda daha fazla yağlama gerekir ve burada kullanılan yağlar klor ve yüksek basınç katkıları içerdiklerinden daha fazla tahriş edicidir. Taşlama ve torna tezgâhlarında da cilt hastalıklarına rastlama oranı daha yüksektir[5].

Kesme sıvılarının tehlikelerini minimuma indirmek için birtakım önlemler alınmalıdır. Deriyle temasını önlemek için eldiven ve koruyucu kremler kullanılmalı, işlemden sonra eller bol su ve sabunla yıkanarak temizlenmelidir. Operatörün çalışma esnasında tezgâha çok yakın olmaması, kesme sıvılarına eklenen maddelerin belirli bir seviyede tutulması, ortamın havalandırılması, koruyucu ekipmanların kullanılması, çalışma ortamının temiz tutulması, kesme sıvılarının Ph değerlerinin ve yoğunluklarının çalışılabilir nitelikte

olması alınacak önlemler arasında sayılabilir [8, 58].

Alınabilecek önlemler sadece işyerlerinin inisiyatifine bırakılmamış, dünyada ve Türkiye’de işverenleri ve çalışanları bilgilendirmek amacıyla hizmet veren kuruluşların yapmış olduğu çalışmalarla hazırlanan bazı karar ve kanunlara bağlanmıştır. Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi’nin (Occupational Safety and Healty Administration) oluşturduğu standartlarda işçilerin sağlığını ve ekolojik dengenin bozulmamasının nasıl sağlanması gerektiği hakkında yapıcı gelişmeler kaydedilmiştir[58].

Bir üretim yerinde bulunan metal işleme sıvısı yoğunluğunun, personelin çalışması için müsaade edilen maruz kalma seviyesi 5 mg/m^3 olarak belirlenmiştir. Mesleki Güvenlik ve Sağlık Ulusal Enstitüsü (National Instute For Occupational Safety and Healty)’ne göre ise bu oran $0,5 \text{ mg/m}^3$ ’tür [5]. Türkiye’de ise İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü’nün 72. Maddesi’nde:

"Madde 72 - Anilin ve nitro - amin türevleri ile yapılan çalışmalarda, anilin ve aromatik nitro - amin türevlerinin zararlı etkilerinden korunmak için aşağıdaki tedbirler alınacaktır:

1) Anilin ve aromatik nitro - amin türevleri ile çalışılan yerlerde, genel havalandırma ile birlikte, uygun aspirasyon sistemi yapılacak ve çalışmalar, kapalı sistemde olacaktır.

2) Anilin ve nitro - amin türevleri ile çalışılan yerlerdeki işçilere, özel iş elbisesi, eldiven ve temiz hava maskesi gibi uygun kişisel korunma araçları verilecektir.

3) Anilin ve nitro - amin türevleri ile çalışılan yerlerde, genel havalandırma ile birlikte, uygun aspirasyon sistemi kurulacaktır.

4) Anilin ve nitro - amin türevleri ile çalışacak işçilerin, işe alınırken, klinik ve laboratuvar usulleri ile genel, sağlık muayeneleri yapılacak, cilt, böbrek ve karaciğer hastalığı olanlar ile aniline karşı allerjisi bulunanlar, bu işlere alınmayacaklardır.

5) Anilin ve nitro - amin türevleri ile çalışan işçilerin, periyodik olarak, klinik ve la-

boratuar usulleri ile genel sağlık muayeneleri yapılacak, cilt, böbrek ve karaciğer hastalığı görülenler, bu işlerden ayrılacaklar, kontrol ve tedavi altına alınacaklardır." şeklinde alınacak tedbirlerin yanı sıra ayrıca aynı kanunun 165,169-3 ve 239. maddelerinde soğutucu sıvılar ile uygulamalar hükme bağlanmıştır [62].



5. PASLANMAZ ÇELİKLER

Paslanmaz çelikler, kendiliğinden yapılan ve korozyon direnci sağlayan – pasif tabaka olarak bilinen bir yüzey tabakası oluşumunu temin etmek üzere (ağırlıkça) en az % 10,5 krom ve en fazla % 1,2 karbon içeren demir alaşımlarıdır. Bu cümle, paslanmaz çeliklerin EN 10088-1 içerisinde verilen tanımıdır[63].

Alaşımların elementlerinin kompozisyonu, paslanmaz çeliklerin metalürjik yapısını büyük ölçüde etkilemekte ve her birinin kendi tipik mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri bulunan dört ana paslanmaz çelik grubunu belirlemektedir:

- Ostenitik paslanmaz çelikler: Fe-Cr-Ni, C < % 0.1 (manyetik değil)
- Ferritik paslanmaz çelikler: Fe-Cr (> % 10.5), C < % 0.1 (manyetik)
- Duplex paslanmaz çelikler: Fe-Cr-Ni, Ostenitik-ferritik kombine yapı (manyetik)
- Martensitik paslanmaz çelikler: Fe-Cr, C > % 0.1 (manyetik ve sertleştirilebilir)

Bu gruplar ayrıca molibden, titanyum, niyobyum ve azot gibi diğer elementleri içeren kaliteleri de kapsamaktadır. Dünya paslanmaz çelik kullanımının yaklaşık üçte ikisini Ostenitik paslanmaz çelikler oluşturmaktadır. EN 1.4301/1.4307 (AISI 304/304L) ve EN 1.4401/1.4404 (AISI 316/316L) Ostenitik kaliteler ile EN 1.4016 (AISI 430) ferritik kalite ve bunların değişik biçimleri en iyi bilinen ve ticari olarak yaygın biçimde mevcut paslanmaz çeliklerdir[63].

Paslanmaz çeliklerin temel özellikleri korozyon direnci, estetik çekicilik, ısı direnci, düşük kullanım ömrü maliyeti, tamamen geri dönüştürülebilirlik, biyolojik nötrallik, kolay imalat, yüksek dayanç-ağırlık oranı gibi özetlenebilir[63].

5.1. Mekanik Özellikler

Herhangi bir malzemenin biçimlendirilme potansiyelinin değerlendirilmesi onun mekanik özelliklerinin anlaşılmasını gerektirmektedir. Ostenitik çelikler düşük dayanca ve yüksek sünekliğe sahip iken, martensitik çelikler yüksek dayanca ve oldukça düşük

sünekliğe (veya biçimlendirilebilirliğe) sahiptirler. Ferritik-ostenitik (veya dubleks) ve ferritik çelikler ara bir pozisyonda bulunmaktadır. Ferritik çeliklerin akma dayancı genel olarak ostenitik çeliklerinkinden daha yüksek iken, dublekslerin akma dayancı hem ferritik hem de Ostenitik kalitelerden önemli miktarda yüksektir. Ferritik ve dubleks çelikler benzer sünekliğe sahiptirler. Martensitik paslanmaz çelikler istisna tutularak, grafikte gösterilen tipik ilişkiler, paslanmaz çeliklerin genelde teslim durumu olan tavlanmış durum için geçerlidir.

Son özellik, paslanmaz çeliklerin soğuk işlenmesiyle beraber yüksek dayanç seviyelerine ulaşılacağı gerçeğinden bahsetmektedir. Gerçekten, bu “pekleşme” davranışı bu çelikleri diğer çoğu metalik malzemeden farklı kılmaktadır. Soğuk işlenmiş Ostenitik ve dubleks paslanmaz çelikler bundan dolayı, ağırlık-tasarrufu potansiyeli bakımından genellikle ilgi çekici bir dayanç ve biçimlendirilebilirlik kombinasyonu sunarlar[63].

5.2. Paslanmaz Çelik Türleri

5.2.1. Martenzitik Paslanmaz Çelikler

Martenzitik paslanmaz çelikler, ostenitik bölgeden su verme ile martenzitik yapı oluşturulması için yeterli miktarda karbon (%0.1- %1) ve esas olarak %12-17 Cr içeren alaşımlardır. Bu alaşımlar östenitleme ve su verme işlemiyle martenzitik bir yapı geliştirme yeteneğinde oldukları için martenzitik olarak adlandırılırlar. Martenzitik paslanmaz çelikler genellikle yapı çelikleri olarak kullanıldıklarından bu çeliklerin çok iyi kaynak yapılabilir, şekil değiştirebilir ve darbeye karşı dayanıklı olmaları gerekir. Martenzitik paslanmaz çeliklerin korozyon dirençleri ferritik ve ostenitik paslanmaz çeliklere nazaran zayıftır.

%12 Cr’lu çeliklerde maksimum mukavemetin sağlanabilmesi için çeliğin 1050°C de %100 ostenitik bir yapıya sahip olması gerekir. Ostenitten martenzite dönüşüm için östenitleme işleminin 1050°C de uygulandığı bu çeliklerde havada soğutma ile %100 martensitik yapı oluşmaktadır. Örneğin %0.1 C’ lu ve %12 Cr’ lu çeliğin maksimum çekme mukavemeti 1300 MN/m² dir. Mevcut özelliklerin geliştirilmesi için yapının temperlenmesi gerekir. Temperleme direncini(temperleme sürecinde çeliğin mukaveme-

tindeki azalmanın önlenmesi) arttırmak için yeterince alaşımlandırma yapılır. En etkili alaşım elementleri ferrit oluşturuçu elementler olarak bilinen Mo ve V dur. Ancak bu elementler 1050°C de delta-ferrit oluşumuna ve buna bağılı olarak da mukavemetin azalmasına neden olurlar. Bu yüzden martensitik paslanmaz çeliğin mikro yapıya etki bakımından dengelenmesi gerekir. Ni, Co, Mn, veya Cu gibi ostenit oluşturuçu elementlerin ilavesiyle böyle bir denge sağlanabilir. Bileşim dengesi sağlanarak temperleme öncesi 1050°C' de tamamen Ostenitik bir yapı sağlanabilir. Bileşimin mikro yapısal olarak dengesinin sağlanabilmesi için alaşım elementlerinin hangi oranda delta ferrit oluşturucağıının bilinmesi gerekir[64].

En ucuz ostenit oluşturuçu element C 'dur. Ancak yüksek oranlarda C 'un kaynak yapılabilirliği ve darbe mukavemetini düşürmesi ise arzu edilmeyen bir husustur. Darbe özelliklerinde yüksek C miktarına bağılı olarak düşme görölmesi karbürlerin katı eriyik içine alınabilmesi için yüksek ostenitleme sıcaklığına çıkılması ve bu sıcaklıkta ostenit tanelerinin büyümesine bağlanmaktadır. Alaşım elementlerinden Ni, C ve N 'den sonra en etkili ostenit oluşturuçu bir elementtir [64].

5.2.2. Ferritik Paslanmaz Çelikler

Malzemelerin çok önemli bir grubunu oluşturan ferritik paslanmaz çelikler, alaşım elementi ilavesine bağılı olarak bileşimlerinde farklı oranlarda (%12-30) Cr içerirler. Korozyona karşı dirençleri, şekillendirilebilmeleri ve tokluk özelliklerinin düşük olmasına karşın, ostenitik paslanmaz çeliklere kıyasla ucuz olmaları en önemli avantajlarıdır.

Ferritik paslanmaz çelikler %12-30 Cr içeren demir-krom alaşımlarıdır. Ni içeriğı ise mevcut değildir. Bu alaşımlar ferritik olarak adlandırılırlar. Çünkü yapıları normal ısııl iş-lem şartları altında ferritik olarak kalırlar (HKM _ demir tipi). Bu aslımlar baslıca genel yapıım malzemeleri olarak kullanılır[64].

Bu yapıım malzemeleri özel korozyon ve ısııl direncinin istendiğı malzemelerdir. Ferritik paslanmaz çelikler tasarım mühendisliği açısından büyük öneme sahiptir. Çünkü bunlar Ni içeren paslanmaz çelikler gibi aynı korozyon direncini sağlarlar fakat aslım ele-

menti olarak nikel ihtiyacı olmadığı için maliyetleri çok düşüktür. Buna karşın ferritik paslanmaz çeliklerin sünekliklerinin azlığı, çentik hassaslıkları ve düşük kaynaklanabilirliklerinden dolayı kullanımları Ostenitik paslanmaz çeliklerden daha sınırlıdır. Standart paslanmaz çeliklerin sünekliklerini arttırmak için düşük karbon ve azot içerikli yeni ferritik paslanmaz çelikler geliştirilmiş ve ticari olarak üretilmiştir. Bu alaşımlar iyileştirilmiş korozyon direnci ve kaynaklanabilirliğe sahiptir[64].

5.2.3. Ostenitik Paslanmaz Çelikler

Ostenitik paslanmaz çelikler %16-25 Cr ve %7-20 Ni içeren üçlü demir krom nikel alaşımlarıdır. Bu alaşımların yapıları bütün işlemlerde Ostenitik (YMK, _ demir tipi) yapıda kaldığı için Ostenitik olarak adlandırılırlar[64].

Bu alaşımlar esas olarak yüksek korozyon dirençlerinden ve şekillendirilebilirliklerinden dolayı üstün bir pozisyona sahiptirler. Bu nedenle pek çok mühendislik uygulamaları için çok arzu edilen özelliklere sahiptirler. Ostenitik paslanmaz çeliklerden en yaygın olarak kullanılan tipleri Tip 302 ve 304' dür. Bu çelikler hem çevre sıcaklıklarında hem de yüksek sıcaklıklarda uygulama alanları bulur.

5.2.3.1. Ostenitik paslanmaz çeliklerin mekanik özellikleri

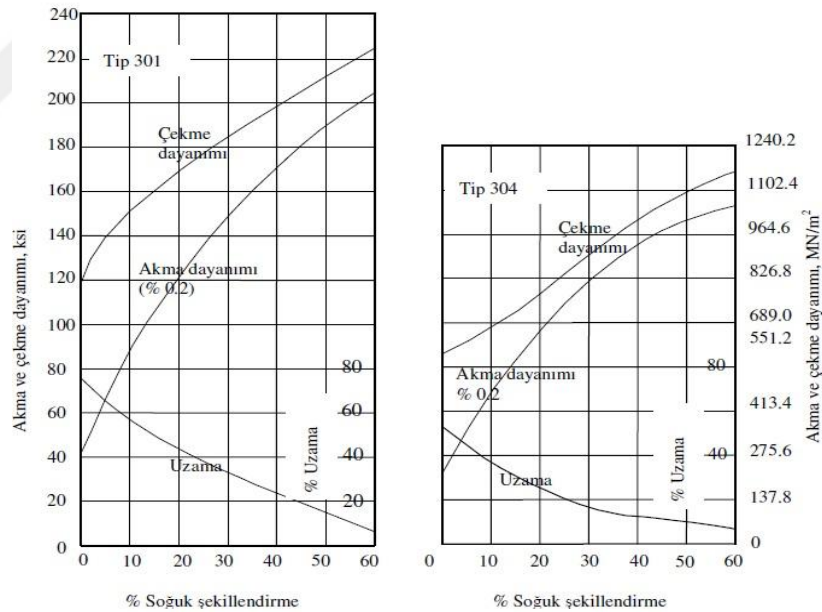
Ostenitik paslanmaz çelikler oda sıcaklığında Ostenitik (YKM) bir yapıya sahip oldukları için ısıtma işlemiyle büyük bir ölçüde sertleştirilemezler buna karşın bu alaşımlar soğuk deformasyonla dayanımları oldukça artırılabilir. Örneğin tip 301 alaşımının akma dayanımı soğuk deformasyonla 40' dan 200 ksi' ye çıkartılabilir.

Ostenitik paslanmaz çelikler mikro yapıdaki ostenitin kararlı hale getirebilirliğine göre kararlı ve yarı kararlı Ostenitik çelikler olarak iki grupta toplanır. Kararlı Ostenitik çeliklerin mikro yapıları soğuk deformasyondan sonra Ostenitik olarak kalır. Yarı kararlı Ostenitik paslanmaz çelikler soğuk deformasyonla belli bir düzeyde martensite dönüşerek ostenit martensit karışımından oluşan yapıyı ortaya çıkarır.

Tip 304 normal pekleşme davranışı sergiler ve gerilimin uygulandığı süreçte normal

pekleşmeye işaret eden parabolik bir eğri sergiler. Buna karşın tip 301 yaklaşık %10-15 deformasyondan sonra hızlandırılmış bir pekleşme davranışı gösterir. Bu hızlandırılmış pekleşme davranışına kararsız ostenitten martenzit oluşumu neden olmaktadır.

Karbon içeriğindeki küçük bir değişikliğin akma dayanımı üzerindeki etkisi 304 ve 304L alaşımlarının akma dayanımları birbirleri ile karşılaştırılarak görülebilir. Yaklaşık %0.08 C içerikli tip 304 42ksi akma dayanımına sahipken daha düşük %0.03 C içerikli 304L alaşımının akma dayanımı 39 ksi' dir. Kararlı ve yarı kararlı Ostenitik paslanmaz çelikler arasındaki fark, tavlanmış malzemelerin çekme dayanımlarındaki farklarla belirgin bir şekilde gösterilir. Örneğin yarı kararlı tip 301 çeliği 110 ksi çekme dayanımına sahipken kararlı tip 304 çeliği sadece 84 ksi çekme dayanımına sahiptir. Verilen bir soğuk deformasyon miktarı için yarı kararlı çelikler (Örneğin tip 301) Şekil 5.1'de gösterildiği gibi kararlı çeliklerden (Örneğin tip 304) daha yüksek çekme, akma dayanımı ve uzama gösterirler. Yarı kararlı çeliklerin yüksek dayanımı yine bir miktar kararsız ostenitin martenzite dönüşümüne bağlıdır[64].



Şekil 5.1 Tip 301 (Yarı Kararlı) ve Tip 304 (Kararlı) Paslanmaz Çeliklerinin Mekanik Özellikleri Üzerine Soğuk Deformasyonun Etkisi[64].

5.2.3.2. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin Korozyon Özellikleri

Ostenitik paslanmaz çelikler çok geniş bir korozyon ortam bölgesinde korozyona karşı

dirençlidirler. Özellikle atmosferik korozyona karşı yüksek ancak deniz atmosferinde Cl^- lu ortamlarda ise düşük dirence sahiptirler bileşimlerindeki Ni içeriğinin yükseltilmesiyle H_2SO_4 ve birçok organik asitlere karşı dirençleri arttırılabilir. Ni oranındaki artışın HNO_3 gibi oksitleyici ortamlarda pasivasyona neden olması bir dezavantajdır. Mo genel korozyon direncini geliştirmekte faydalı olup H_4SO_2 ' e karşı direnci arttırır. Genel olarak krom oranı ne kadar fazla ise genel korozyon direnci o denli iyi olur. Çeliğin yapısında δ -ferritin bulunuşu ise korozyon direncini genel olarak düşürür. Cl^- lu ortamda korozyon direncinin çok düşük olmasına neden Cl^- iyonlarının pasif film tabakasına işlenmesi ve böylece oyuklaşma korozyonuna neden olmasıdır. Cl^- lu ortamlarda Ostenitik paslanmaz çeliklere %2 Mo ilavesi faydalı etki göstererek çok daha iyi korozyon özellikleri vermektedir. Oyuklaşma korozyonu çok aktif iyonları içiren ortamlardaki bölgeselleşmiş bir korozyon türüdür.

Potansiyostatik polarizasyon dataları oyuklaşma korozyonuna etki eden çeşitli faktörlerin saptanmasını sağlamaktadır. Korozyon oyukları genellikle sülfür ve oksit inklüzyonları gibi tane sınırlarında ve dubleks türü Ostenitik paslanmaz çeliklerde δ -ferrit içinde gelişme meyli gösterirler. Korozyon oyuklarının şekli kristallografiye bağlı olacağından basit hemi-küresel şekle göre, tatbik edilen polarizasyona bağlı olarak değişir. Oyuklaşma korozyonuyla ilgili çok sayıda teori ortaya atılmıştır. Ancak bu konudaki fikir ayrılıkları tatmin edici bir açıklamanın yapılmasını engellemektedir. Bununla beraber genel olarak katodik koruma kullanılmasıyla, metal dizaynının doğru olarak yapımı ve seçimiyle önlenabilir. Korozyon direncine ostenit tane boyutunun hiç etkisi olmamasına karşın δ -ferritin mevcudiyeti açıkça zararlı olabilmektedir. Kararsız Ostenitik paslanmaz çeliklerin korozyonuna martenzit de zararlı olup, artan martenzit miktarıyla aktif koşullarda korozyon hızı artış göstermektedir. Bu etki martenzitten ötürü yapıda oluşan şekil değişimi (deformasyon) veya ostenit ile martenzit arasındaki basit bir galvanik etki seklindedir. Mikro yapıdaki Nb (CN)' in miktarındaki artışla beraber artık potansiyel akım yoğunluğu artış gösterir. Bu durum ikincil faz partiküllerinin oluşturduğu bir galvanik etki seklindedir.

Popüler 304 alaşımı gibi bazı Ostenitik paslanmaz çeliklerin başlıca dezavantajı, bu çeliklerin 400-850 °C' de hassas sıcaklık aralıklarına ısıtıldıklarında taneler arası korozyona karşı hassas olmalarıdır. Taneler arası korozyona karşı hassasiyetlik düzeyi alaşımın kompozisyonuna ve sıcaklık aralığındaki zamana bağlıdır. Laboratuvar deney amaçları için, oldukça oksitleyici asitler gibi şiddetli ortamlar kullanılır. Tip 304 gibi paslanmaz çelikler-

de hassaslaşmayı önlemek için 870-600 C o aralığında su vermek önemlidir. Daha önce tartışıldığı gibi karbon içeriğini katı eriyik düzeyinin altına indirmek, Ostenitik paslanmaz çeliklerde taneler arası korozyonu önler. Örneğin tip 304L aslını maksimum %0.03 C içerir. Taneler arası korozyonu önlemenin bir başka yolu tip 321 ve 347 alaşımlarında yapıldığı gibi titanyum ve niobyum karbür oluşturmak üzere karbonun titanyum ve niobyumla bağlanmasıdır.

5.2.3.3. Ostenitik Paslanmaz Çeliklerin İmalatı

Ostenitik paslanmaz çelikler çoğunlukla düz hadde mamulü olarak kullanılırlar. Örneğin, plaka, şerit (strip) veya sac plakalar genellikle sıcak haddelenmiş olup muhtemelen 1050 °C’ de ostenitlemeyle yumuşatılmışlardır. Şerit (strip) ve sac mamullere ise soğuk haddelenme işlemleri uygulanmaktadır. Ticari olarak uygulanan imalat yöntemlerinde çok farklılıklar görülmektedir[65].

Ostenitik paslanmaz çelikler plakalar halindeki imalatında; ingotlar, önce sıcak haddelenir ve sonra plaka haline getirebilmek için genel sıcak haddeleme işlemine tabi tutulur. İngotlara, daha sonra ostenitleme işlemi ve oksitlerin yüzeyden temizlenmesi işlemi uygulanır. Alternatif olarak özel özellikleri elde edebilmek için plakalar 900 °C’ nin altındaki sıcaklıklarda ve hatta 700 °C' ye kadar düşük sıcaklıklarda da kontrollü olarak haddelenebilirler. Kontrollü haddelenmiş malzemeler yumuşak değildirler. Ancak yeniden kristalleştirme olayını geciktirme veya önlemek için Nb ve Ti elementlerini içermesi durumunda, çeliğe belli bir miktar gerilim giderme işlemi uygulanabilir[65].

Şerit ve sac şeklinde imal edilen Ostenitik paslanmaz çeliklerin imalatında ise önce, şerit ve sac malzemeleri sıcak bobin halinden bandlar haline sokmak için sıcak haddeleme, yüzey taşıma, soğuk haddeleme, tavlama ve yüzey temizleme veya kontrollü atmosferde tavlama uygulanır. Daha sonra şerit veya sacları, istenilen boyuta indirmek için soğuk haddeleme uygulanır. En son teslim şekilleri değişik oranlarda mukavemet değerleri verecek farklı soğuk işlem veya:

- Şekil verme tatbikatı için parlak tavllanmış halde,

- Soğuk deformasyona tabi tutulmuş, 1050 °C’ de hızlı ostenitleme işlemiyle yumuşatılmış ve yüzeyi temizlenmiş halde,
- Çok az şekillendirme veya dekoratif tıraşlama (trim) tatbikatlarına olan gereksinme için parlatılmış olarak sıralanabilir.

Tamamen Ostenitik olan yapıların kolayca sıcak islenebilirliklerinin yanında, yapıda ilave olarak δ -ferritin bulunuşu bu özelliği büyük ölçüde azaltır. δ -ferrit oluşumu katılaşma sürecinde gerçekleşir. Miktarı ise müteakip yeniden ısıtmanın olduğu sıcaklık ve bileşime bağlıdır.

Oda sıcaklığında %5 oranında ferritin özellikle sıcak deforme edilebilirliğe zararlı etkisi vardır. Çok az kalıcı miktarlarda dahi yapıda mevcut olan belli alaşım elementlerinin sıcak işlem sürecinde kendini toplama ve yeniden kristalleşmeye etkilerinin ve haddeleme sıcaklığındaki ostenitin mukavemetinin sıcak islenebilirliğe önemli etkileri vardır.

Ti ve Nb’ lu bazı çelikler sıcak işlem sırasında deformasyonla oluşturulan TiC ve NbC karbürlerini içerebilirler. Bu karbürlerin mevcudiyeti sertleşmeye neden olur, fakat sünekliği azaltır ve özellikle presleme veya çukurlaştırma gibi düşük deformasyon hızına sahip çeşitli sıcak deformasyon yöntemlerinin uygulanması sırasında çatlama meydana getirir. Sıcak çatlama ayrıca sıcak işlem sıcaklığının çok yüksek olduğu hallerde Nb’ lu çeliklerde mevcut NbC ötektiğinin tekrar sıvı faz haline geçmesiyle de oluşmaktadır. B ve Pb gibi diğer alaşım elementleri de buna benzer özellikler gösterir [65].

5.2.4. Çift Fazlı (Dubleks) Paslanmaz Çelikler

Bu çeliklerin bileşiminde %28 civarında krom ve %6 civarında nikel bulunur ve çift faz içerirler. Fazlardan biri ostenit, diğeri de ferrit yapıdadır. Korozyon ve mekanik özellikleri açısından, faz yapıları gereği ferritik ve Ostenitik paslanmaz çelikler arasında yer alırlar. Çok iyi korozyon direncinin yanında Ostenitik çeliklerin süneklik, kolay şekillendirme ve soğuk pekleşme özelliklerine ferritik çeliklerin de yüksek akma sınırı gibi özelliklerine sahiptir.

5.3. Paslanmaz Çeliğin Talaşlı İşlenebilirliği

Birçok alanda yaygın olarak kullanılan AISI 304 paslanmaz çeliği de, özellikleri itibarıyla işlenebilirliği düşük bir malzemedir. Bu çeliklerin özellikle havacılık, tıp, nükleer, gıda ve savunma sanayi gibi birçok alanda kullanımı gün geçtikçe daha da yaygın hale gelmektedir. Paslanmaz çeliklerin sahip olduğu yüksek çekme mukavemeti, korozyon direnci ile düşük ısıl iletkenlik, sünek bir malzeme olması, yüksek miktarda krom-nikel ve bir miktar molibden gibi mukavemet artırıcı elementlerin muhtevası ve işlerken pekleşme özelliği işlemeyi zorlaştıran başlıca etkenlerdir. İşlenebilirliğin zorlaşması imalatçılar için büyük sorun teşkil etmektedir[66].

Karbon ve düşük alaşımlı çeliklere göre paslanmaz çelikler işlenmesi zor olan malzemeler olarak kabul edilirler. Yüksek dayanımları, yüksek deformasyon sertleşme eğilimleri ve düşük ısıl iletkenlikleri paslanmaz çeliklerin işlenmesini zorlaştıran faktörlerdir. Düşük yüzey kalitesi ve hızlı takım aşınması paslanmaz çeliklerin işlenmesinde en yaygın olarak karşılaşılan problemlerdir. Paslanmaz çeliklerin işlenmesinde yüksek çekme dayanımı kesme kuvvetlerini artırıp ciddi takım aşınmasına neden olur. Özellikle Ostenitik paslanmaz çeliklerin yüksek deformasyon sertleşme eğilimleri ve düşük ısıl iletkenlikleri kesme bölgesindeki sıcaklıkları önemli derecede artırır. Bu malzemelerin yüksek deformasyon sertleşme eğilimleri ve yüksek süneklikleri işlenmiş iş parçası yüzey kalitesini ve boyutlarını olumsuz olarak etkileyen yığıntı talaş oluşumuna (BUE) neden olurlar. İşlenmiş iş parçalarının yüzey pürüzlülük değerleri önemli bir tasarım kriteri olup aşınma direnci ve yorulma dayanımı gibi özellikleri önemli derecede etkiler.

Paslanmaz çelikler arasında kullanımı yaygın olanlar Ostenitik paslanmaz çeliklerdir. AISI 304 Ostenitik paslanmaz çeliğin işlenebilirliği üzerine daha önce yapılan çalışmalarda kesme hızının yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkileri incelenmiştir. Ayrıca, kesme hızının kesici takım ömrüne etkisi de incelenmiştir. Deneyler tornalama yöntemiyle, ilerleme hızı ve talaş derinliği sabit tutularak farklı kesme hızlarında kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla yapılmıştır. Bu çalışmalardan; yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri ve takım ömrü bakımından 150 ve 180 m/dk kesme hızlarının AISI 304 malzemelerin kaplamalı sementit karbür kesici takımlarla işlenmesinde uygun kesme hızları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, aşınmış kesici takımların tarama elektron mikroskobu (SEM) ile ince-

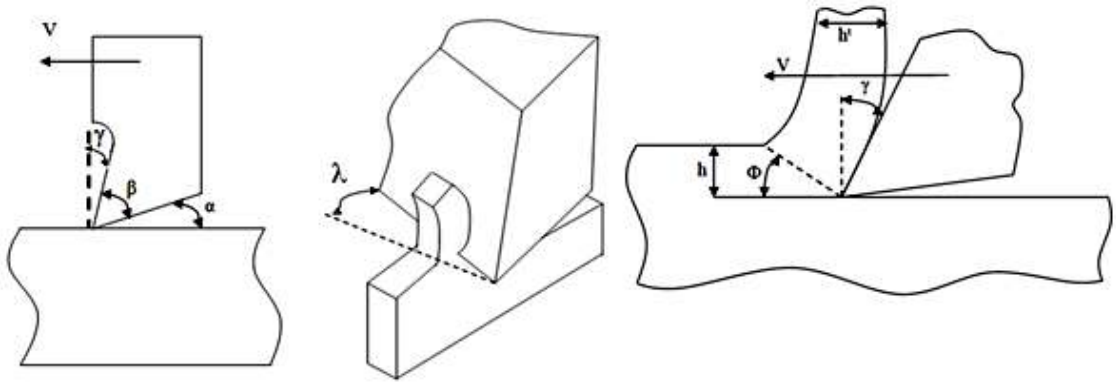
lenmesiyle kesici takımdaki hasarların 150 ve 180 m/dk kesme hızlarında en az düzeyde olduğu görülmüştür [67, 68].



6. TALAŞ KALDIRMA İŞLEMİ

6.1. Talaş Kaldırma Mekanikği

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. (Şekil 6.1)



Şekil 6.1: Takım Modeli Ve Ortogonal Kesme [69].

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[69].

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 6.1'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[45, 69].

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[69].

6.2. 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 kes-

me işlemi ele alınmaktadır. Aynı şekilde diğer takım tezgâhlarında da benzer olaylar daha basit olarak ortaya çıkmaktadır[69].

6.2.1. 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 dış 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 deneyle tespit edilen tecrübeyle sağlanır. Ancak bu açının değişmesi talaş açısını da değiştirir ve dolayısıyla bu açı talaş açısındaki değişmeye bağlıdır. Talaş açısı; talaşın kesici takım yüzeyinden akarak uzaklaşmasını sağlayan açı olup, bu açı genellikle pozitif olarak verilir. Ancak bazı hallerde özellikle seramik takımla kesme yapıldığında, talaş açısının negatif değer olabilmektedir. Bu dik kesme işleminde boşluk açısı, kama açısı ve talaş açıları toplamı her zaman 90° olmalıdır[3].

6.2.2. 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 Denklem 6.1' 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.

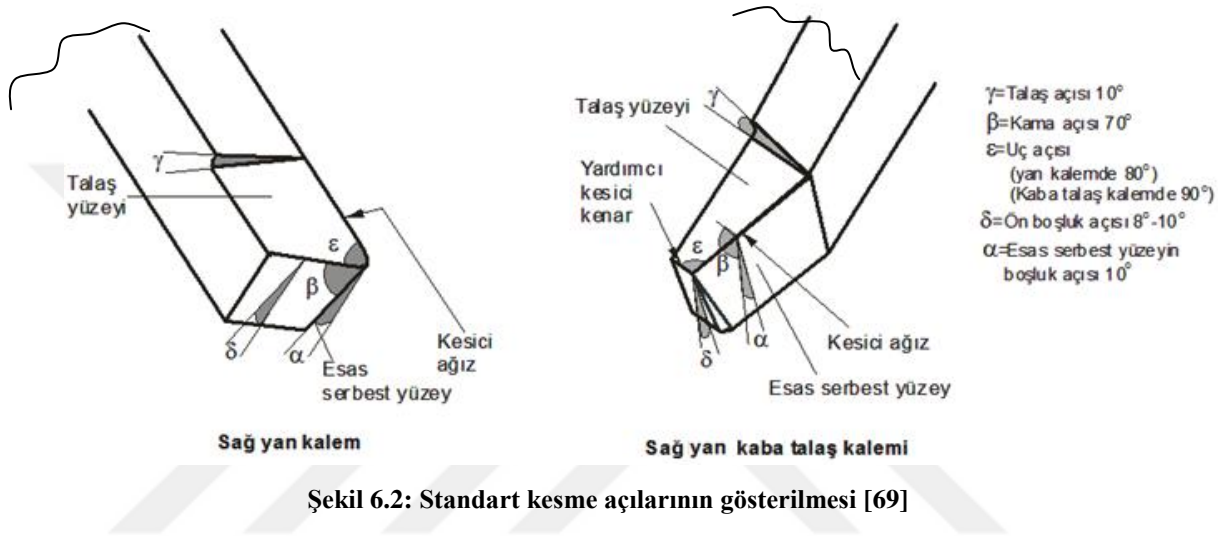
Denklem 6.1

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

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[3].

ISO' ya göre standart kesici takım kesme açıları Şekil 6.2'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 açığa bağılı olarak da α ve γ açısının değeri değişir. Kesici takım eksenin altında olduğunda γ artarken α azalır. Kesici takım eksenin üzerinde olduğu zaman ise α artar ve γ azalır. Bu açılarının değişmesi de kesme kuvvetleri ve takım ömrünün kısılmasına 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[3].



Şekil 6.2: Standart kesme açılarının gösterilmesi [69]

6.2.3. Kesme Kuvveti

Talaş kaldırma olayını gerçekleştirmek için takıma kesme düzleminde meydana gelen dirençlere karşı, talaş kaldırma kuvveti (F_z) adı taşıyan bir kuvvet uygulanır (

a

b

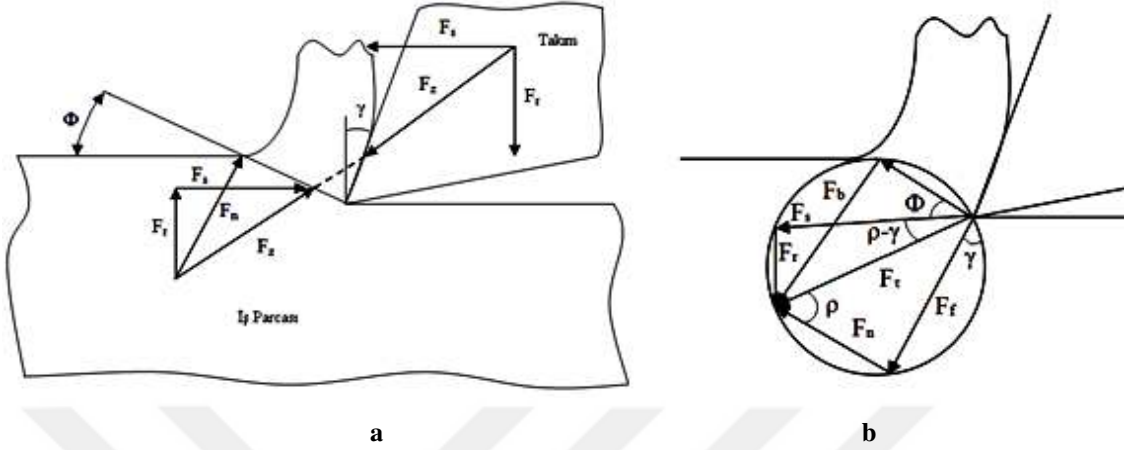
Şekil 6.3.a). Kesme düzlemindeki kuvvetler kesme kuvveti, takım, talaş ve takım ile parça arasındaki sürtünme kuvvetlerinden oluşmaktadır. Düzlem boyunca yayılmış durumda olan bu kuvvetler, kesme düzlemin ortasında veya takımın ucuna uygulanan tek bir kuvvet ile gösterilebilir (

a

b

Şekil 6.3.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 6.3: Talaş kaldırma kuvvetleri [69].

Sürtünme katsayısı μ ile ifade edilirse;

Denklem 6.2

$$\mu = \frac{F_f}{F_n} = \tan \rho$$

Denklem 6.3

$$\rho = \arctan (\mu)$$

olur.

Bu kuvvetlerden en önemlisi kesme kuvveti F_s ve radyal kuvvet F_r dir.

Şekil 6.3 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;

Denklem 6.4

$$F_c = A_k \tau_k$$

Denklem 6.5

$$A_k = h b / \sin \phi$$

Şeklinde ifade edilirse,

a

b

Şekil 6.3 b'den kesme ve radyal kuvvetler;

Denklem 6.6

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

Denklem 6.7

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

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 [69].

6.2.4. 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 yansımaktadır. 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[3].

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 [3].

6.2.5. Takım Uç Yarıçapının Etkisi

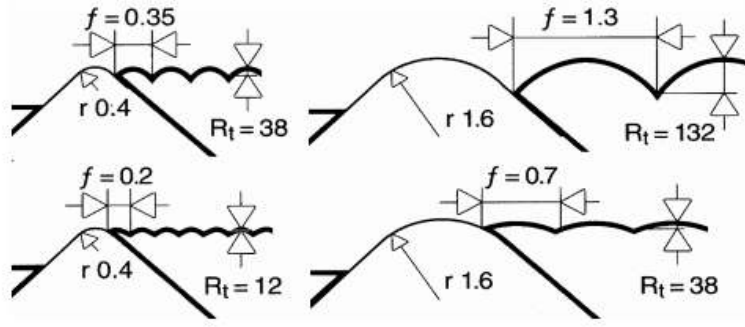
Takım ucunun yuvarlatılmış olması, talaş kesitinin dik değil de Şekil 6.4.'deki gibi yuvarlatılmış olarak oluşmasına neden olur. Böylece gerçek talaş kesiti (A_{sg}) teorik;

$$\text{Denklem 6.8} \quad A_s = b \cdot h = f \cdot a$$

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.

$$\text{Denklem 6.9} \quad R_a = \frac{f^2}{8r}$$

olarak bulunur.



Şekil 6.4: Takım uç yarıçapı [69].

6.2.6. 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 yaklaşılmasına müsaade edilmemelidir [69].



7. TAKIM AŞINMASI

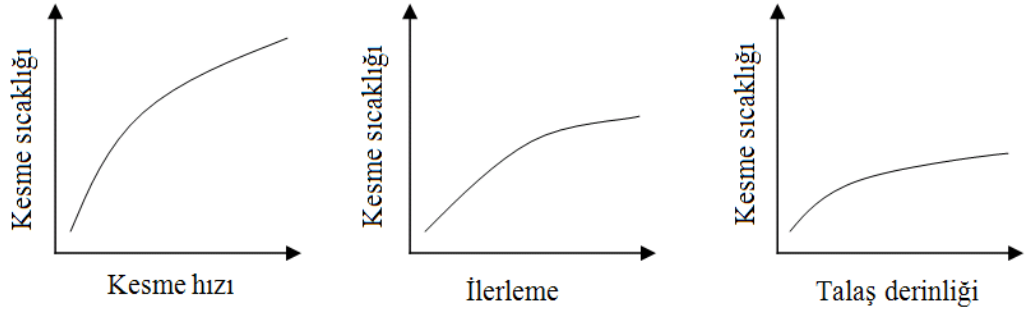
7.1. Takım Aşınmasını Etkileyen Faktörler

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 7.1’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 7.1: Talaş Kaldırma Parametrelerinin Takım Sıcaklığı Ve Aşınma Üzerine Etkisi [70].

7.2. 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 (aşındırıcı ile) aşınma
- Difüzyon Aşınma
- Oksidasyon Aşınma
- Yorulma ile Aşınma (Statik veya Dinamik)
- Adhesiv (Yapışma) aşınma[71]

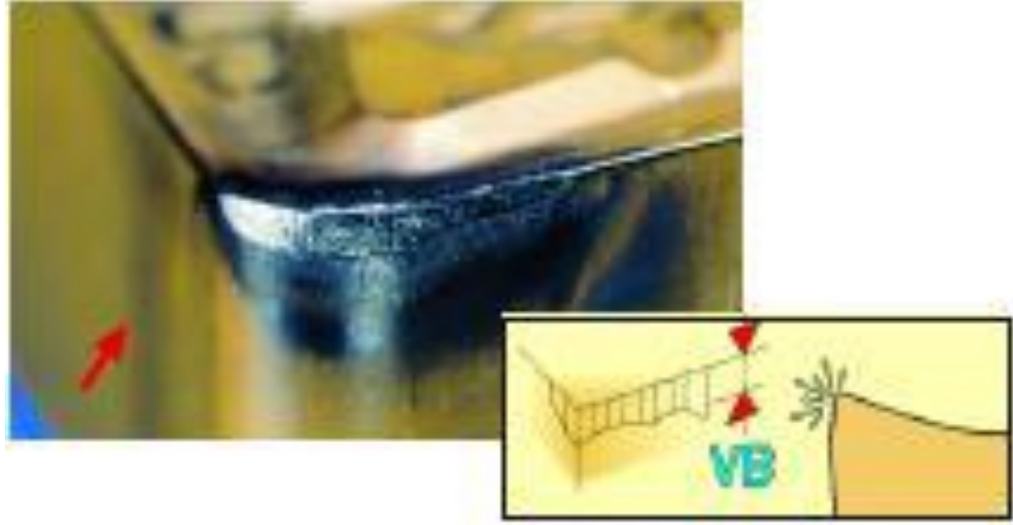
Takım malzemesinin yüklere karşı dayanımı, takımın metal işlemedeki aşınma mekanizmaları tarafından nasıl etkileneceğini belirler.

7.3. 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.

7.3.1. Serbest Yüzey Aşınması (Yanak Aşınması)

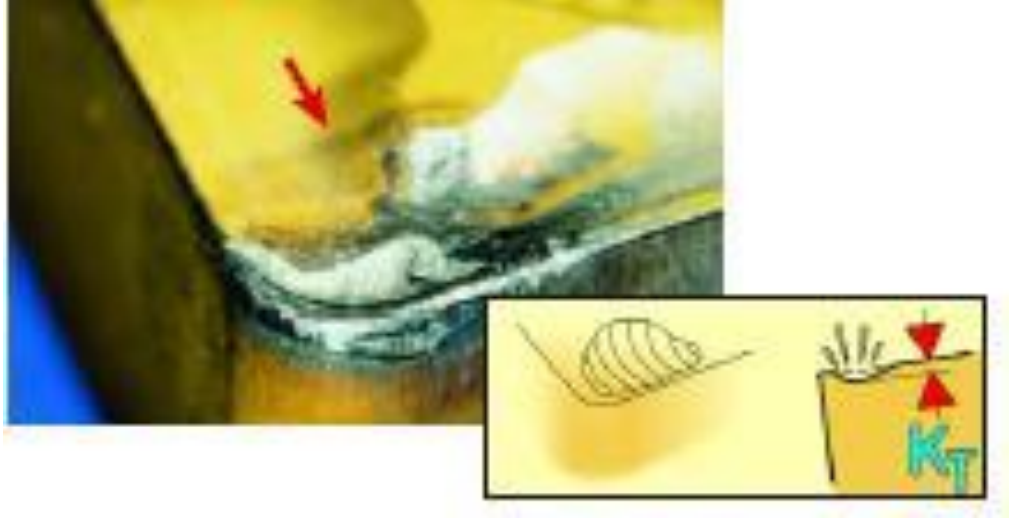
Kesici takımın, işlenen iş parçasıyla temas halinde olan yüzeyinde meydana gelen aşınma serbest yüzey aşınması olarak adlandırılır ve bir aşınma bölgesi oluşur. Bu aşınma bölgesinin işlenmiş yüzeyle sürtünmesiyle, talaş kaldırılan parça yüzeyinde hasar meydana gelir ve böylelikle oluşan yüksek serbest 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 7.2’ de verilmiştir[72].



Şekil 7.2 Serbest Yüzey Aşınması [70].

7.3.2. Krater Aşınması

Kesici takımın talaş yüzeyinde krater aşınması adı verilen krater şeklinde bir aşınma oluşur. Takımın talaş yüzeyi, iş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinde kaydığı yüzeydir. Genellikle krater aşınması takım ömrünü sınırlamaz. 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 7.3’ de verilmiştir[72].



Şekil 7.3 Krater Aşınması [70].

7.3.3. 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[72].

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 arttırılmasıyla, çok pasolu talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve takım malzemesinin ısıl sertlik ve deformasyon direncini arttırarak, azaltılabilir. Zamana göre çentik aşınmasının gelişimi Şekil 7.4’de verilmiştir[72].



Şekil 7.4 Çentik Aşınması [70].

7.3.4. 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[72].

7.3.5. 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 ısı yükleri altında kesme kenarlarına dik olarak oluşan çatlaklar ve değişken mekanik yükler nedeniyle kesme kenarlarına paralel olarak oluşan çatlaklar. Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur[72].

7.3.6. Talaş Sıvanması (BUE)

Genellikle, yumuşak malzemelerin (örneğin Al) düşük hızlarda işlenmesi durumunda

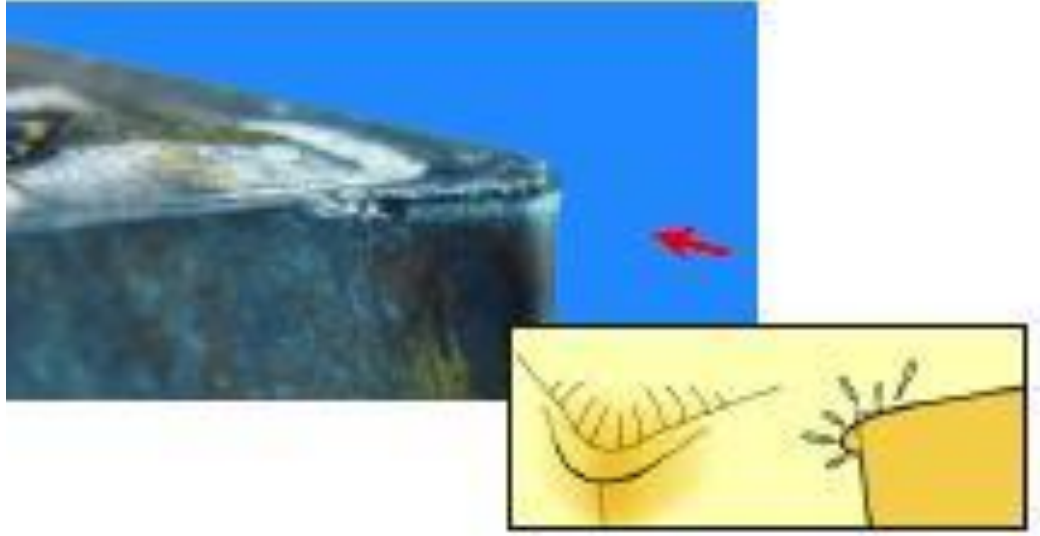
oluşur. Ağız birikimi; işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışması, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmalarıyla meydana gelir. Özellikle delmede ağız birikimi önemli bir problemdir. Ağız birikimi oluşumu, etkili kesme derinliğini (veya delik çapını)değiştirdiği, böylelikle kesme derinliğinin kararsız olmasına ve dolayısıyla kalitesiz bir işlenmiş yüzeyin meydana gelmesine neden olduğu için istenilmez. Ağız birikimi oluşumu, pozitif talaş açılı takımlar kullanılarak, yağlayıcılık özelliği arttırılmış soğutucular kullanılarak, yüksek basınçlı soğutucuyu direk talaş yüzeyine sevk ederek ve yüksek kesme hızları kullanılarak minimize edilebilir[72]. Zamana göre ağız birikimi oluşumunun gelişimi Şekil 7.5’ da verilmiştir



Şekil 7.5 Ağız Birikimi Oluşumu (BUE) [70].

7.3.7. Plastik Deformasyon

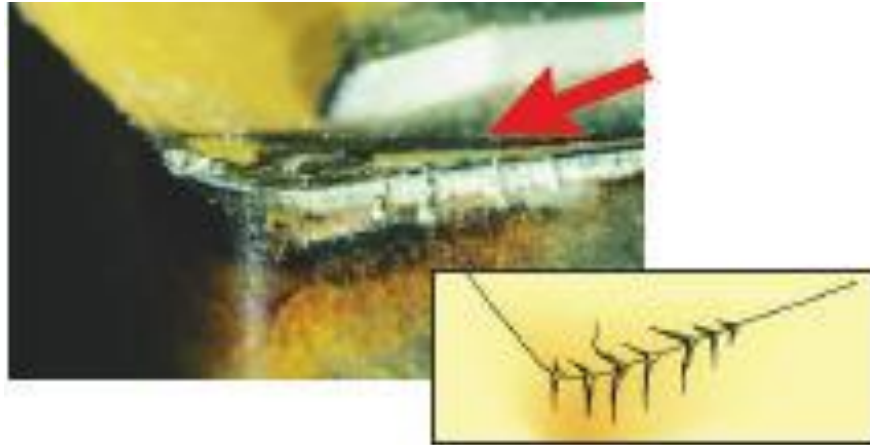
Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları, takım tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme hızlarında veya takım sertliğinin artan kesme hızı 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[72]. Zamana göre plastik deformasyon aşınmasının gelişimi Şekil 7.6’ de verilmiştir.



Şekil 7.6 Plastik Deformasyon[70].

7.3.8. 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[72]. Zamana göre kenar çentiklenme aşınmasının gelişimi Şekil 7.7’de verilmiştir.



Şekil 7.7 Kenar Çentiklenmesi [70].

7.3.9. Talaş Vurması

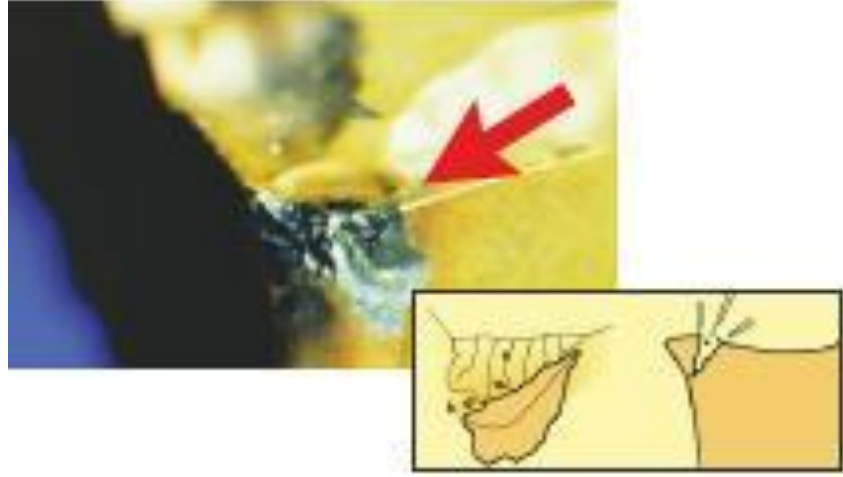
Bu durum tok veya abraziv talaş meydana getiren malzemelerin (örneğin paslanmaz çelik) seramik takımlarla işlenmesi durumunda meydana gelir. Talaş vurması, talaş geriye doğru kıvrıldığında ve kesme kenarından uzakta takım yüzeyine çarptığında oluşur. Böylece takım yüzeyinde çukurcuklar oluşur ve bu durumun 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[72]. Zamana göre talaş vurma aşınmasının gelişimi Şekil 7.8' da verilmiştir.



Şekil 7.8. Talaş Vurması [70].

7.3.10. 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 7.9' da verilmiştir [69].



Şekil 7.9 Takım Kırılması[70].

8. MATERYAL VE METOD

8.1. Çalışmanın Amacı

Talaşlı imalatla, 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. Kesme sıvılarının sebep olduğu çevresel etki ve maliyeti azaltmanın bir yolu, imalat işlemlerinde kullanılan kesme sıvılarının optimum seçimini yapmaktır[10]. Ayrıca geleneksel soğutma teknikleri kullanarak alaşımlı malzemelerin işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer metal malzemelerde kullanılan soğutma sıvılarına göre daha farklı özellikler göstermesi beklenir. Çünkü soğutma sıvısının daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir[11]. Minimum miktarda soğutma sıvısı kullanılması halinde kesme sıvısının gereksiz kullanımının azaltılarak maliyet ve çevre açısından arzulanan bir durumun ortaya çıkması sağlanır.

Bu çalışmanın amacı; MMY yöntemi kullanarak yüzey kalitesi ve aşınma değerlerinde en iyi sonuçlar almakla beraber kesme sıvısı kullanım miktarını azaltmaktır. Geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak krom katkılı malzemelerin işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelere göre daha pahalıdır. Çünkü karışımdaki yağın daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir. Böylece minimum miktardaki yağlama krom alaşımlı malzemelerin işlenmesi için büyük yarar sağlayacaktır. Minimum yağlama tekniği, alışla gelmiş geleneksel yağlama tekniklerine oranla geliştirilmeye açık bir alternatif oluşturmaktadır. Paslanmaz çelikler kalite kaybı olmadan 00 geri dönüşümüyle bir çok alanda kullanılmaktadır[73].

Bu çalışmada; dünyada ve ülkemizde endüstriyel uygulamaları hızla artan AISI 304 ostenitik paslanmaz çeliğin 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 aşınmasına, takım üzeri sıvanmaya ve talaş oluşumuna olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır.

8.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme ve Özellikleri

Deneylerde ticari olarak temin edilmiş AISI 304 (EN: **X5CrNi18-10**) austenitik paslanmaz çelik malzemeden, Ø30x300 mm boyutlarında hazırlanmış deney numuneleri kullanılmıştır. Deney numunelerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşimi literatüre göre Tablo 8.1’de verilmiştir.

Tablo 8.1. AISI 304 (EN: X5CrNi18-10) Austenitik Paslanmaz Çeliğin Kimyasal Bileşimi ve Oda Sıcaklığındaki Fiziksel - Mekanik Özellikleri

Kimyasal Bileşimi							
Kalite	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni
304 (1,4301)	%0.08 max	%2.0 max	%0.045 max	%0.03 max	%0.75 max	8-20	%8-10
Oda Sıcaklığındaki Fiziksel ve Mekanik Özellikleri							
Kopma mukavemeti	Akma mukavemeti, (%0.2)	Sertlik, Rockwell (HB)	Öz kütlesi (Özgül ağırlığı)	Erime Sıcaklığı	Elastisite modülü	Elektriksel direnç miktarı	Isı geçirgenliği
515 - 720 MPa	210 MPa (min)	201	8000 kg/m ³	1450°C	193 GPa	0.072x10 ⁶ Ωm	17.2 W/m.K

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. Deneyler esnasında zaman 5 dakika olarak belirlenmiş ve her bir deney gurubunda 27 parça işlenmiştir.

Tablo 8.3’de işleme parametreleri verilmiştir. Bu parametrelere bağlı olarak da Tablo 8.2’te belirtilen deneysel tasarım parametreleri uygulanmıştır.

Tablo 8.2. 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

Tablo 8.3. 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

8.4. Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde SECO marka TNMG 160404-MF1 CP200 değiştirilebilir karbür kesici takımlar kullanılmıştır.

Takım tutucu olarak ISO 5608'e göre deneylerde kullanılan değiştirilebilir uçlara uygun MTJNR 2525 M16 sol yan takım tutucu kullanılmıştır.

8.5. Takım Tezgâhı

Deneylerde 10 KW gücünde maksimum 3000 devir yapabilen YOU JI MARKA bir CNC torna tezgâhı kullanılmıştır.

8.6. Yüzey Pürüzlülüğü Ölçümü

Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri, örnekleme uzunluğu 8 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 değer aritmetik ortalaması alınmıştır.

8.7. Takım Aşınması ve Talaş Sıvanmasının (BUE) Ölçümü

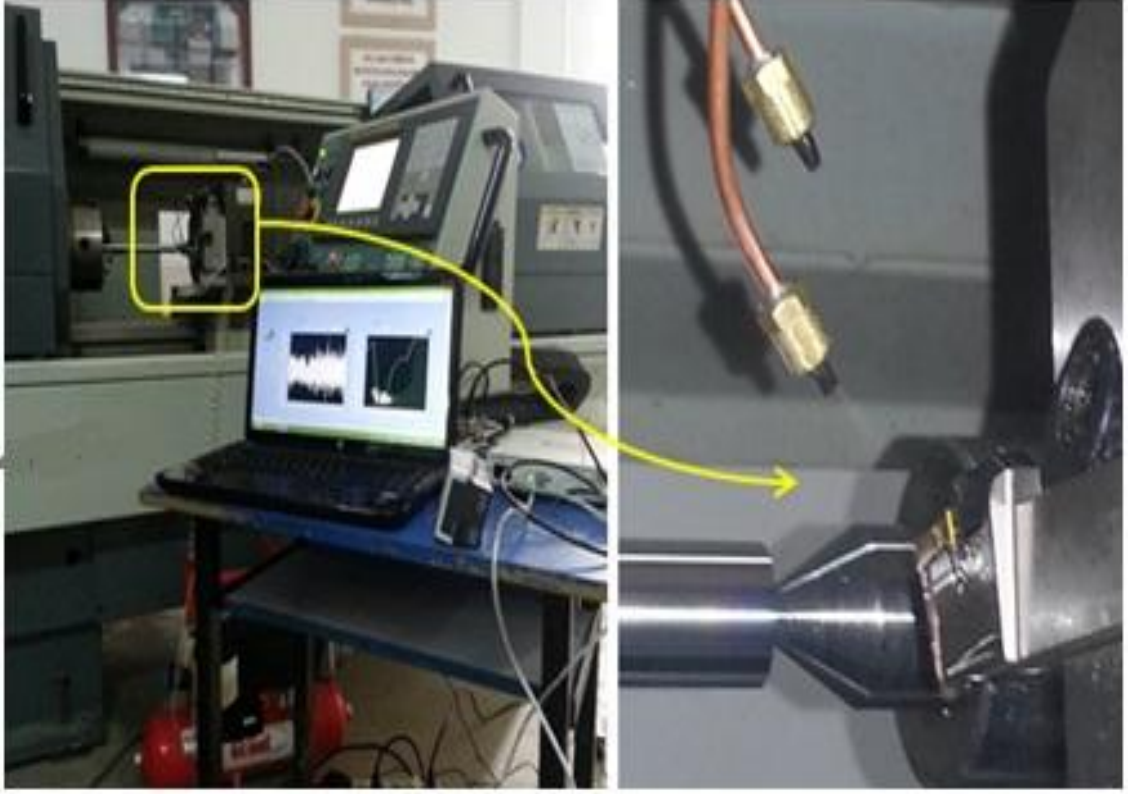
Takım aşınmaları ve talaş sıvanmalarının ölçümü Mitutoyo PJ 250 C marka model optik mikroskobunda 10x büyütmede ölçülmüştür. Kesici takım görüntüleri Fırat Üniversitesi SEM laboratuvarında alınmıştır.

8.8. Soğutma Yöntemleri ve Soğutma Sıvısı

Deneylerde soğutma şartları olarak; kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı işleme ve MMY yöntemleri kullanılmıştır. Soğutma sıvısı olarak 1/5 oranında su ilave edilmiş PO marka bor yağı kullanılmıştır. Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında soğutucu debisi 20 ml/sn 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 8.1’ de deneysel çalışmalara ait fotoğraf verilmiştir.



Şekil 8.1 Deney Düzenekinin Gösterimi

9. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Farklı işleme parametreleri ve soğutma koşullarında elde edilen ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri Tablo 9.1.'de toplu halde verilmiştir. Ayrıca Tablo 9.2, Tablo 9.3 ve Tablo 9.4' te yüzey pürüzlülük değerleri de her bir işleme şartlarına göre en iyi pürüzlülük değerinden itibaren sıralanmıştır.

Tablo 9.1. Ortalama Yüzey Pürüzlülük Değerleri

İşleme parametreleri				Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (µm)		
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği	Kuru	Sulu	MMY
1	125	0,10	0,75	1,377	0,641	0,937
2	125	0,10	1,00	1,147	1,098	1,101
3	125	0,10	1,25	1,072	1,006	1,041
4	125	0,15	0,75	1,763	1,933	1,900
5	125	0,15	1,00	2,069	1,948	2,008
6	125	0,15	1,25	1,867	1,535	1,639
7	125	0,20	0,75	4,096	3,362	3,379
8	125	0,20	1,00	4,233	3,271	3,293
9	125	0,20	1,25	4,354	3,191	3,258
10	150	0,10	0,75	1,112	0,937	0,959
11	150	0,10	1,00	0,895	0,820	0,884
12	150	0,10	1,25	1,003	0,851	0,943
13	150	0,15	0,75	1,742	1,893	1,871
14	150	0,15	1,00	1,970	1,916	1,917
15	150	0,15	1,25	1,998	2,039	1,850
16	150	0,20	0,75	3,209	3,095	3,141
17	150	0,20	1,00	3,345	3,150	3,428
18	150	0,20	1,25	3,156	3,303	3,451
19	175	0,10	0,75	0,733	0,892	0,893
20	175	0,10	1,00	0,883	0,797	0,819
21	175	0,10	1,25	0,992	0,825	0,922
22	175	0,15	0,75	1,681	1,875	1,822
23	175	0,15	1,00	1,927	1,825	1,913
24	175	0,15	1,25	2,101	1,990	1,735
25	175	0,20	0,75	3,399	3,252	3,240
26	175	0,20	1,00	3,347	3,199	3,474
27	175	0,20	1,25	3,383	3,397	3,134

Tablo 9.2 İlerleme Oranına Bağlı Olarak Kuru İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri

İşleme parametreleri				Ort. Yü. Pr. Ra (µm)
Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği	Kuru İşleme
10	150	0,10	0,75	1,112
1	125	0,10	0,75	1,377
23	175	0,15	1,00	1,927
14	150	0,15	1,00	1,970
5	125	0,15	1,00	2,069
18	150	0,20	1,25	3,156
27	175	0,20	1,25	3,383
9	125	0,20	1,25	4,354

Tablo 9.3 İlerleme Oranına Bağlı Olarak Geleneksel Sulu İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri

Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği	Sulu İşleme
1	125	0,10	0,75	0,641
10	150	0,10	0,75	0,937
23	175	0,15	1,00	1,825
14	150	0,15	1,00	1,916
5	125	0,15	1,00	1,948
9	125	0,20	1,25	3,191
18	150	0,20	1,25	3,303
27	175	0,20	1,25	3,397

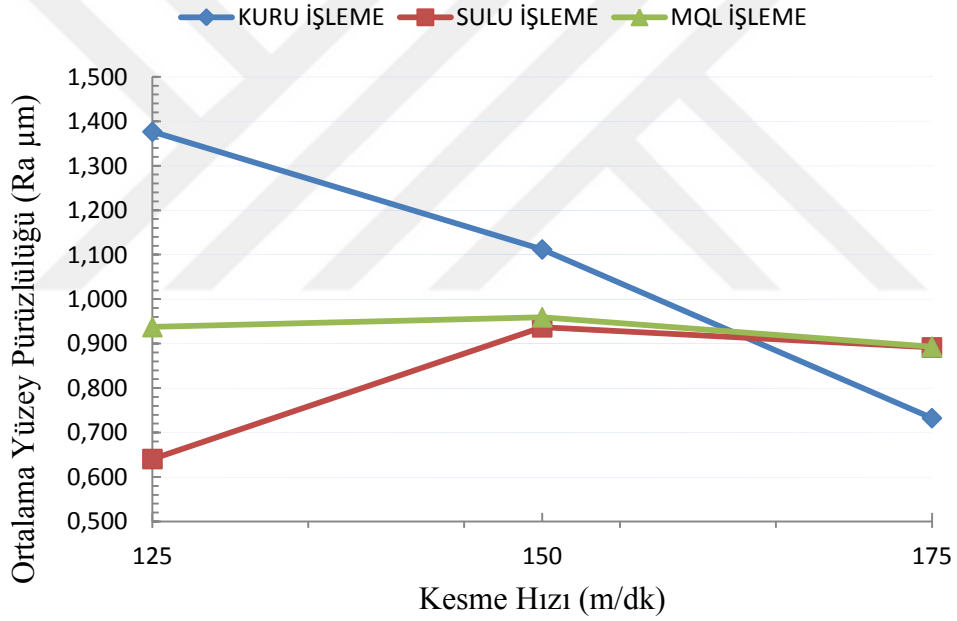
Tablo 9.4 İlerleme Oranına Bağlı Olarak MMY İşleme Şartlarında Oluşan Ortalama Yüzey Pürüzlülükleri

Deney No	Kesme Hızı	İlerleme Oranı	Talaş Derinliği	MMY İşleme
1	125	0,10	0,75	0,937
10	150	0,10	0,75	0,959
23	175	0,15	1,00	1,913
14	150	0,15	1,00	1,917
5	125	0,15	1,00	2,008
27	175	0,20	1,25	3,134
9	125	0,20	1,25	3,258
18	150	0,20	1,25	3,451

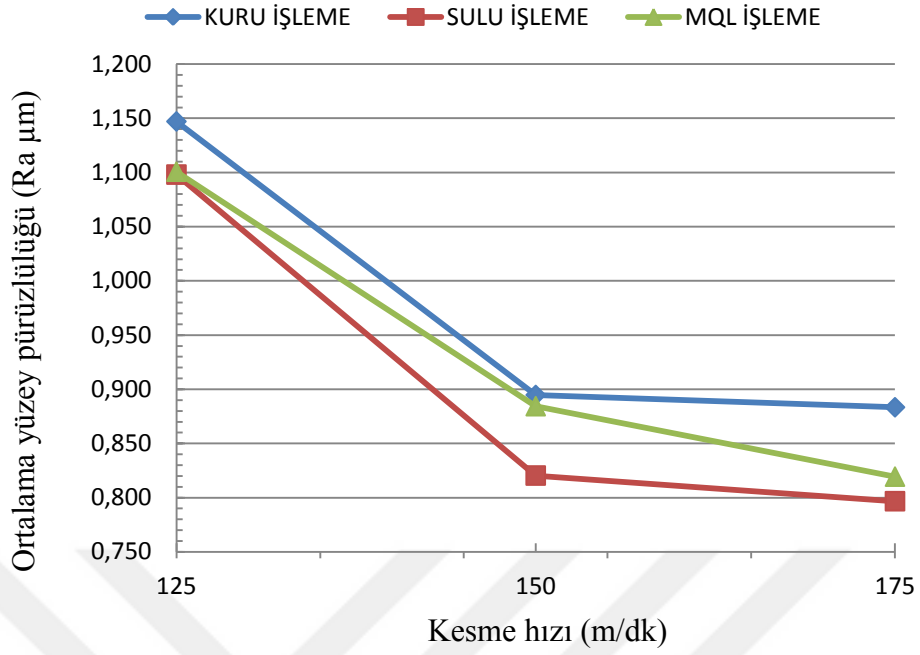
9.1. İşleme Parametreleri ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

9.1.1. Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

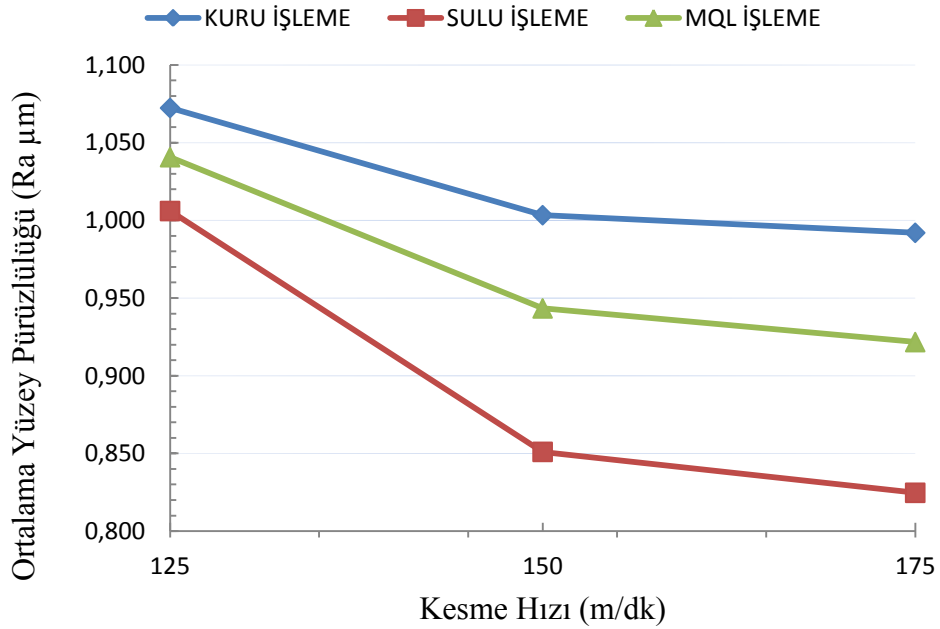
3 farklı kesme hızı (125-150 ve 175 m/dk), 3 farklı ilerleme oranı (0,1-0,15 ve 0,2 mm/dev), 3 farklı talaş derinliği (0,75-1-1,25 mm) ve 3 farklı soğutma yöntemiyle (kuru işleme, geleneksel soğutma sıvılı ve MMY) yapılan deneylerin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri Şekil 9.1, Şekil 9.2, Şekil 9.3, Şekil 9.4, Şekil 9.5, Şekil 9.6, Şekil 9.7, Şekil 9.8, Şekil 9.9' de sırasıyla verilmiştir.



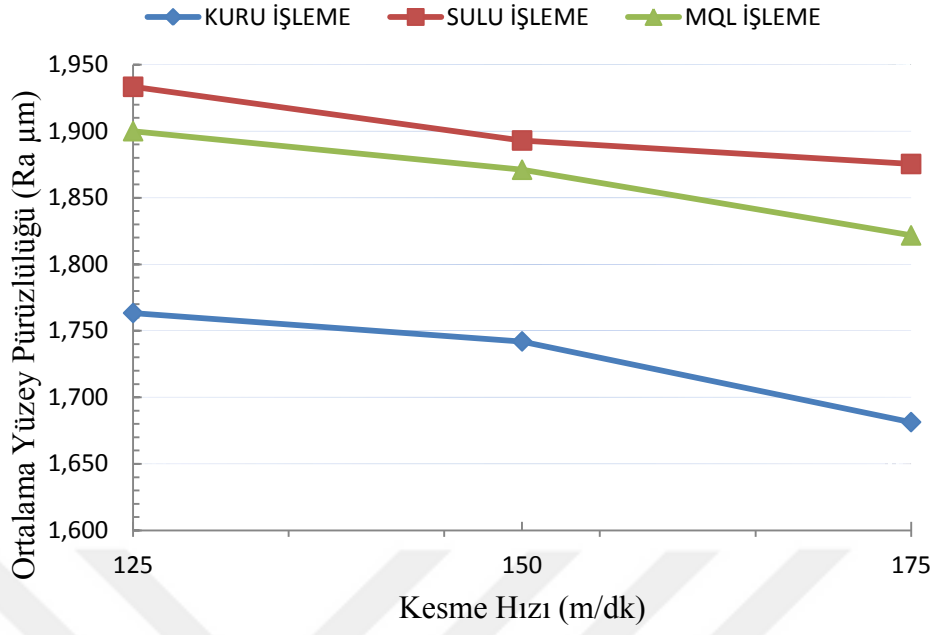
Şekil 9.1. Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



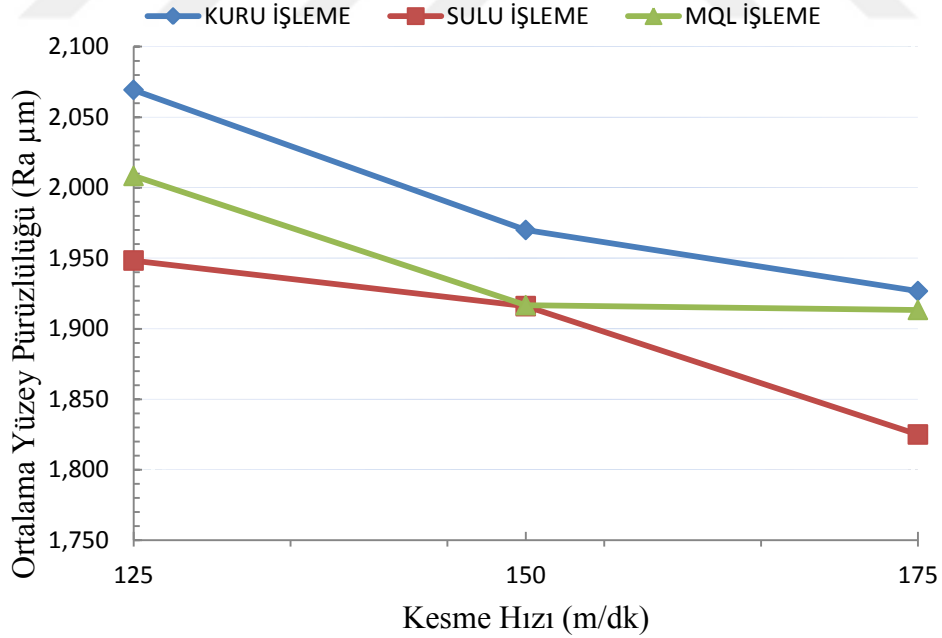
Şekil 9.2 Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (1mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



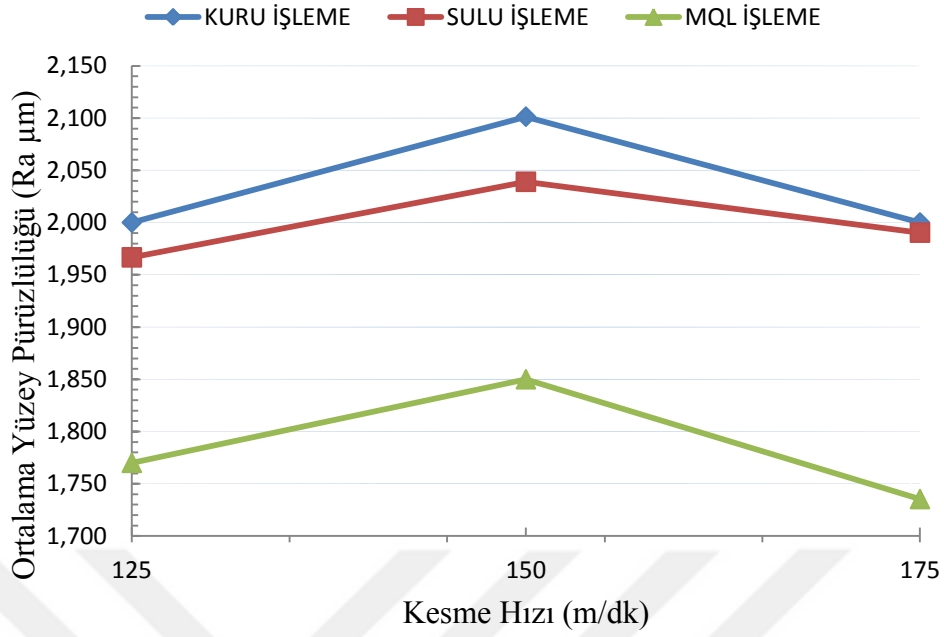
Şekil 9.3 Sabit İlerleme Oranı (0,1mm/Dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Kesme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



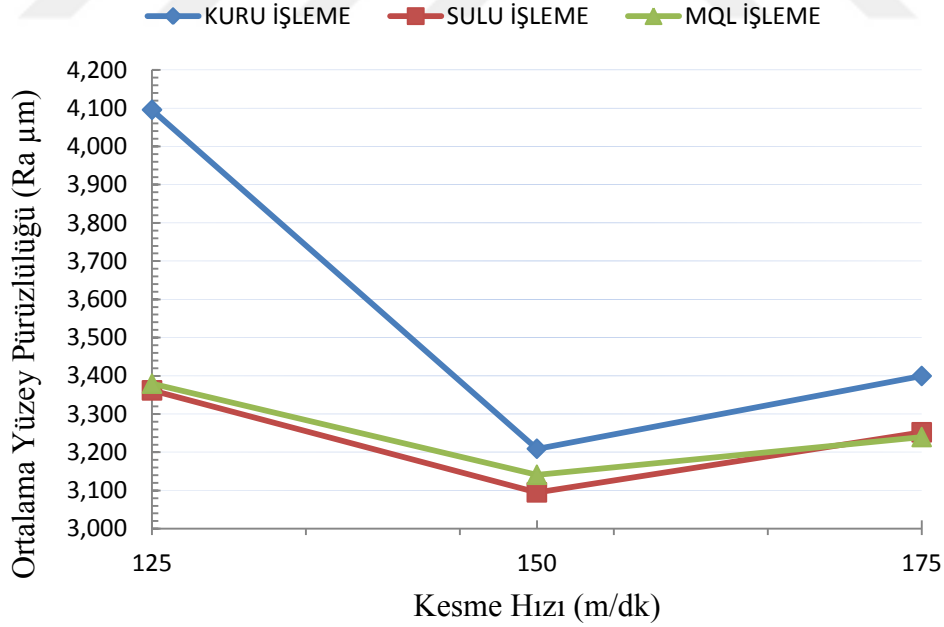
Şekil 9.4. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



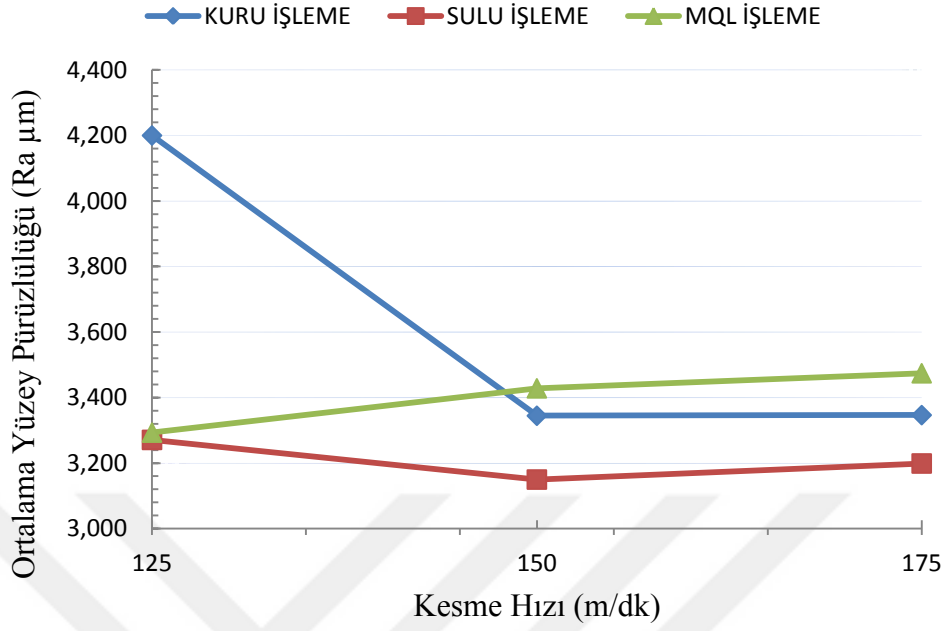
Şekil 9.5. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



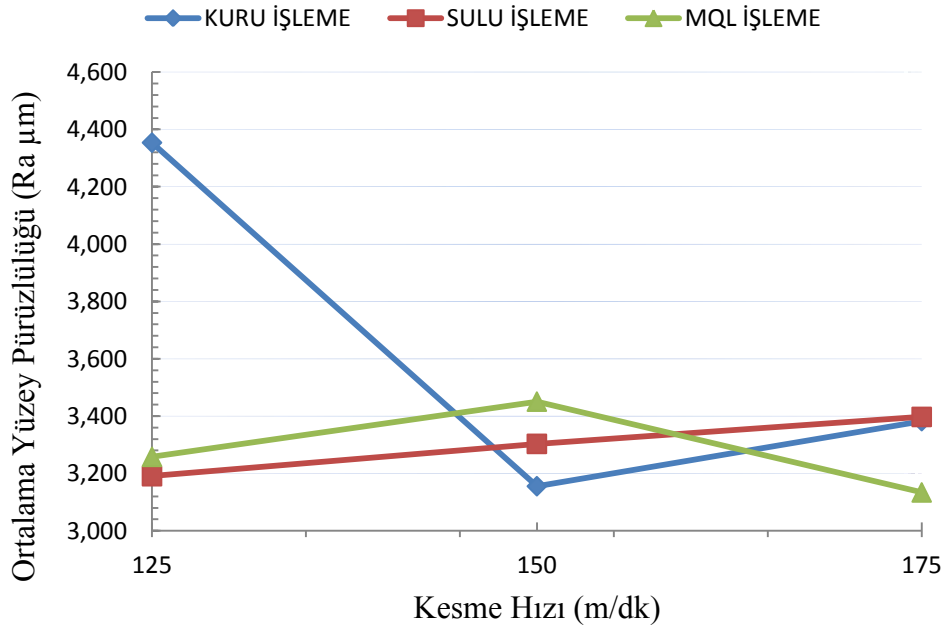
Şekil 9.6. Sabit ilerleme oranı (0,15mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.7. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (0,75 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.8. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi



Şekil 9.9. Sabit ilerleme oranı (0,2 mm/dev) , sabit talaş derinliği (1,25 mm) ve farklı soğutma koşullarında kesme hızının yüzey pürüzlülüğüne etkisi

Şekil 9.1, Şekil 9.2, Şekil 9.3, Şekil 9.4, Şekil 9.5, Şekil 9.6, Şekil 9.7, Şekil 9.8, Şekil 9.9' de Kuru işleme şartlarında en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ($V=175$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=0,75$ mm) $0,733 \mu\text{m}$ 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) $1,377 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) $1,112 \mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $0,733 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının (125-175 m/dk) %28.57 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %46,7 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. Kesme bölgesinde oluşan ısının büyük bir bölümünün çıkan talaşla uzaklaşmasından sonra kalan ısının iş parçası ve takım üzerinde birikmesi esnasında soğutma sıvısı ile de bu ısının iş parçası ve takım üzerinden uzaklaştırılması sağlanmış aynı zamanda da iş parçası takım ara yüzünde oluşturduğu yağ filminden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır[8]. Ayrıca deneylerde kullanılan soğutucu sıvının yüksek kesme hızlarında yağlama etkinliğinin artmasının ve bunun sonucu ortalama yüzey pürüzlülük değerinin düşmesinde göz ardı edilemeyecek etkiye sahiptir [74]. Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında en düşük ortalama yüzey pürüzlülüğü değeri ($V=125$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=1$ mm) $0,641 \mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir.

MMY ve klasik soğutma yöntemiyle yapılan çalışmalarda MMY yönteminde genelde yüzey pürüzlülüğünde iyileştirme sağladığı tespit edilmiştir. Ancak kuru işleme şartlarında yapılan deneylerden 175 m/dak kesme hızı ve 0,75 mm talaş derinliğinde yüzey pürüzlülüğünde ki azalma görülmektedir bu değerinin düşük çıkmasının sebebi kesici takımın kesme bölgesindeki oluşan takım üzeri sıvanmaya bağlanabilir[75].

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) $0,641 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve

$a=0,75$ mm) $0,937 \mu\text{m}$ ve 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=0,75$ mm) ise $0,892 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının(125 - 175 m/dk) % $28,57$ artırılması yüzey pürüzlülüğünün % $39,2$ iyileşmesini sağlamıştır.

MMY işleme şartlarında artan kesme hızlarına bağlı olarak ve aynı ilerleme ve talaş derinlikleri dikkate alınarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 175 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=1$ mm) $0,819 \mu\text{m}$, 150 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=1$ mm) $0,953 \mu\text{m}$ ve 125 m/dk kesme hızında ($f=0,1$ mm/dev ve $a=1$ mm) ise $1,102 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. Kesme hızının(125 - 175 m/dk) % $28,57$ artırılması yüzey pürüzlülüğünün % $34,6$ iyileşmesini sağlamıştır.

Her üç soğutma şartlarında yapılan deneylerde genel olarak kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde (R_a) iyileşme olmuştur. 3 farklı soğutma şartlarında oluşan en iyi yüzey pürüzlülük değeri klasik yöntem sulu işleme şartlarında, ($V=125$ m/dk, $f=0,1$ mm/dev, $a=0,75$ mm) işleme parametrelerinde yapılan deneyde $0,641 \mu\text{m}$ olarak elde edilmiştir.

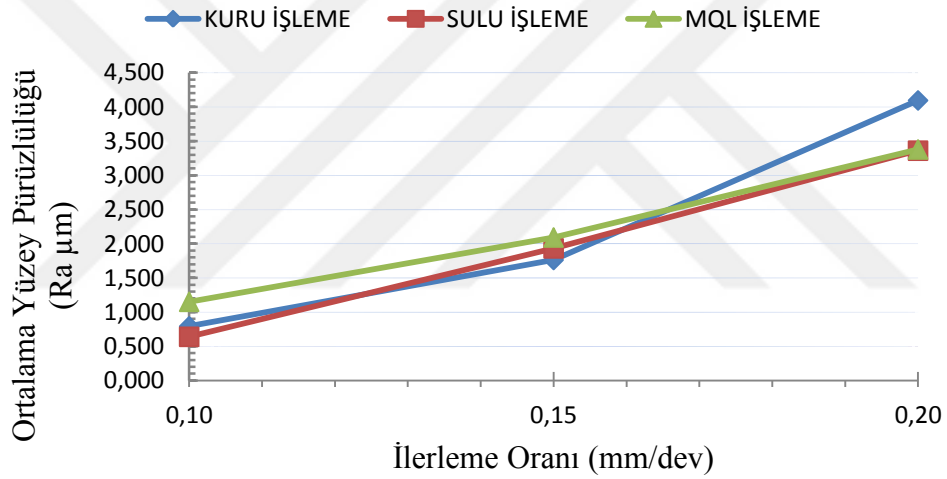
Şekil 9.1, Şekil 9.2, Şekil 9.3, Şekil 9.4, Şekil 9.5, Şekil 9.6, Şekil 9.7, Şekil 9.8, Şekil 9.9' de görüldüğü gibi kesme hızı arttıkça ortalama yüzey pürüzlülüğü değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Ancak grafiklerin genelinde 150 m/dak. kesme hızında yüzey pürüzlülüğü artmaktadır, kesme hızı artışına bağlı olarak yüzey pürüzlülük değerinin iyileşmesi beklenirken elde edilen bu sonuç literatür açısından beklenen sonuç değildir. Elde edilen bu sonuç kesme esnasında oluşan talaş yığılması, yan kenar ve çentik aşınması gibi aşınma mekanizmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir. AISI304 malzeme ile yapılan başka bir çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş ve araştırmacı yüzey pürüzlülüğünü etkileyen diğer bir faktör talaş kökünde BUE oluşumu eğilimidir. BUE' nin talaş kökünde oluşması yüzey pürüzlülüğünü artırmaktadır. Bunu yanında titreşimin de yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkilediği bilinmektedir. Yapılan deneyler sırasında kesme hızının artırılması ile titreşimin arttığı tespit edilmiştir[66] sonucuna varmıştır.

Sırasıyla incelendiğinde artan kesme hızlarında MMY yönteminin yüzey pürüzlülüğüne etkinliği, özellikle yüksek kesme hızlarında ve yüksek ilerlemede kuru ve geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına göre daha iyi olduğu görülmektedir. Talaşlı imalat uygulama-

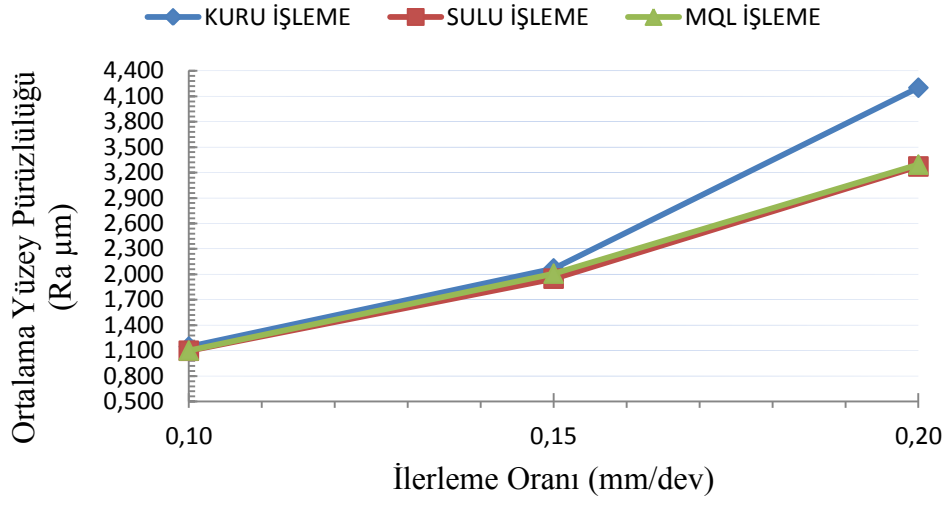
malarında işlenebilirliğin önemli ölçütlerinden bir tanesi de yüzey pürüzlülüğüdür. Artan kesme hızlarında yüzey pürüzlülüğünün azalması literatür açısından beklenen bir sonuçtur [74, 76]

9.1.2. İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

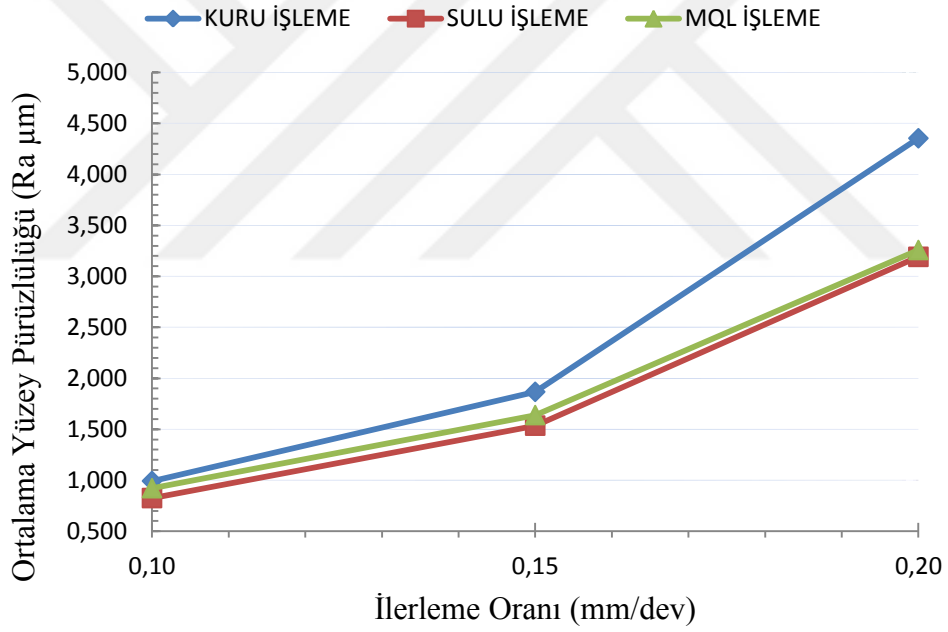
Şekil 9.10, Şekil 9.11, Şekil 9.12, Şekil 9.13, Şekil 9.14, Şekil 9.15, Şekil 9.16, Şekil 9.17, Şekil 9.18'de sabit talaş derinliği ve kesme hızı değerlerinde, farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri verilmiştir.



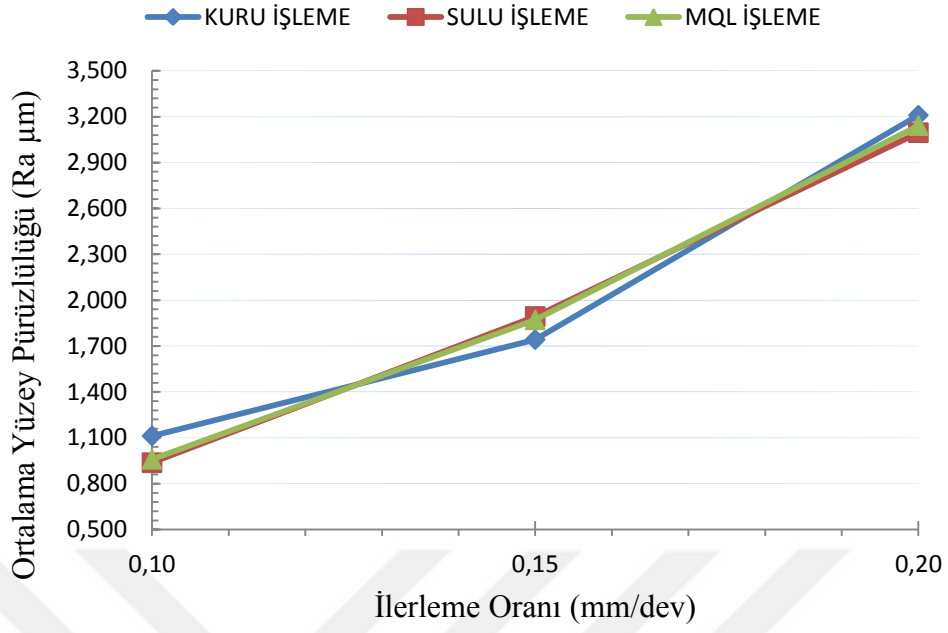
Şekil 9.10 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



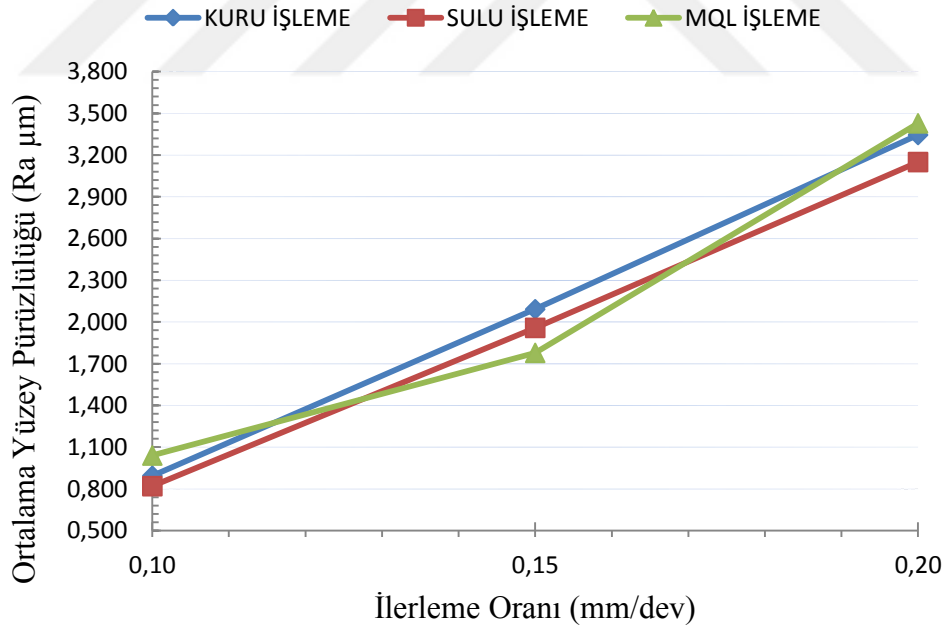
Şekil 9.11 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



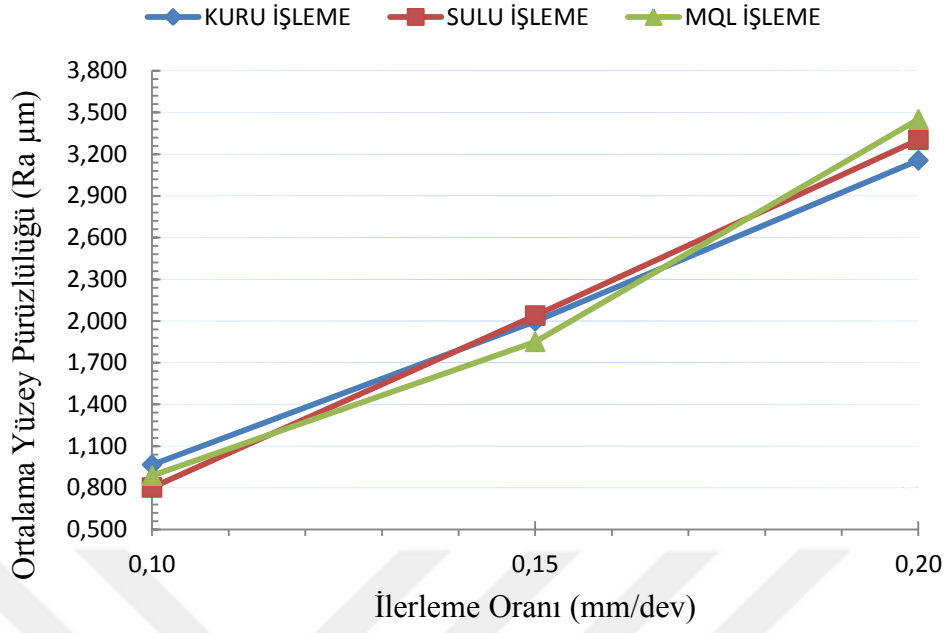
Şekil 9.12 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 Mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



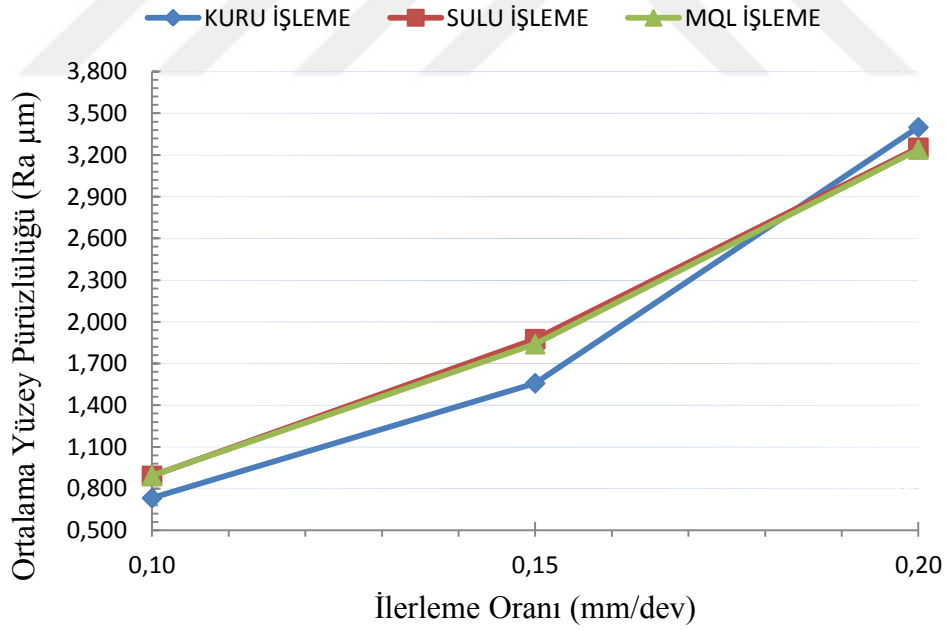
Şekil 9.13 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



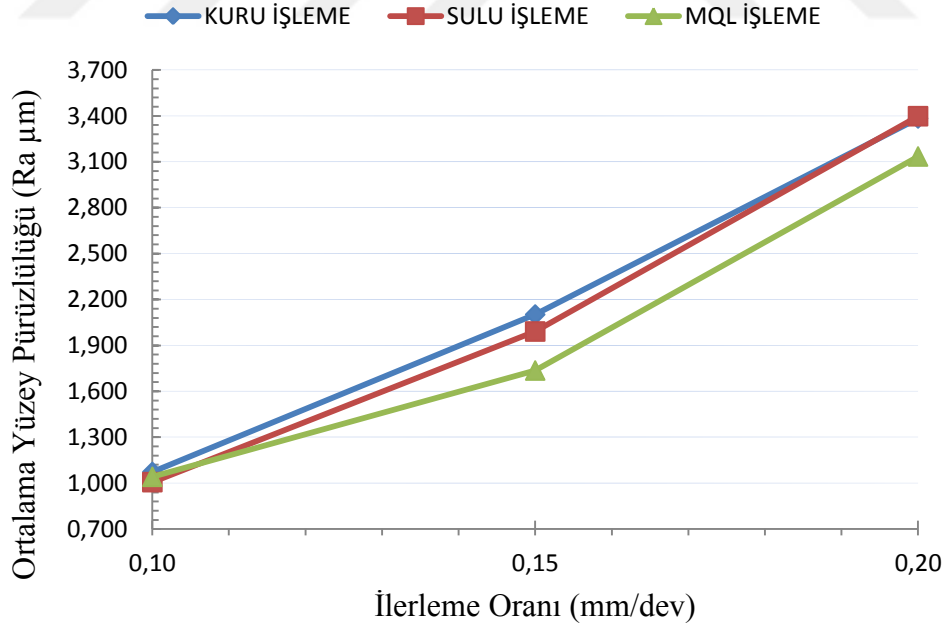
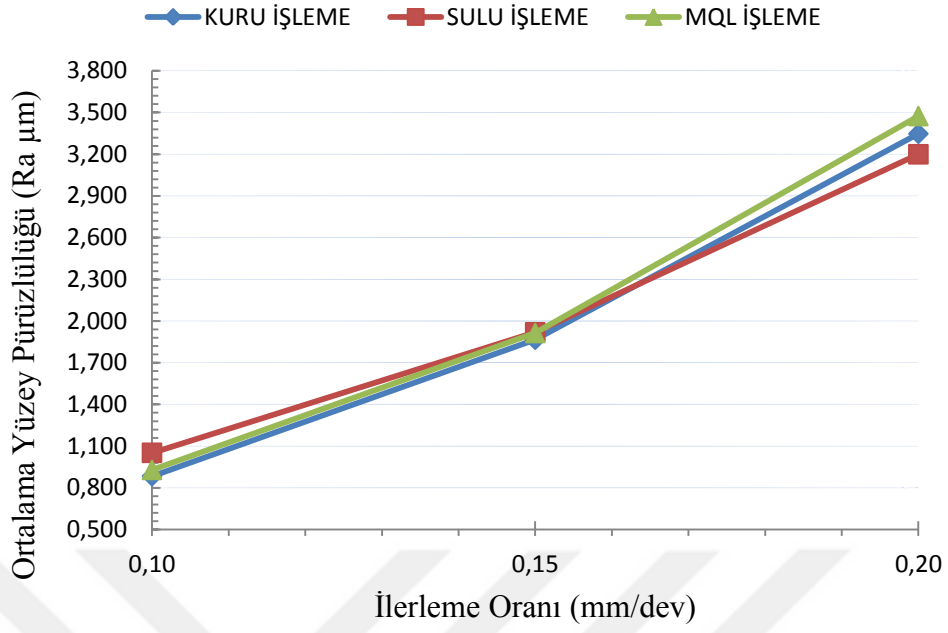
Şekil 9.14 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Şekil 9.15 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Şekil 9.16 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında İlerleme Miktarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Tüm soğutma şartlarında yapılan deneylerde ilerleme miktarı arttıkça ortalama yüzey pürüzlük değerlerinde (R_a) literatüre uyumlu olarak artma eğiliminde olduğu Şekil 9.10, Şekil 9.11, Şekil 9.12, Şekil 9.13, Şekil 9.14, Şekil 9.15, Şekil 9.16, Şekil 9.17, Şekil 9.18' de sırasıyla görülmektedir.

Kuru işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $0,733 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1,681 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $3,399 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,1-0,2mm/dev) 00 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %436 kötüleşmesine neden olmuştur. En kötü ortalama yüzey pürüzlülüğü 125 m/dak. kesme hızında 0,2 mm/dev. ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde $4,354 \mu\text{m}$ olarak gerçekleşmiştir.

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) $0,641 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) $1,933 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=125$ m/dk ve $a=0,75$ mm) ise $3,362 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,1-0,2mm/dev) 00 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %529 kötüleşmesine neden olmuştur. En kötü ortalama yüzey pürüzlülüğü 175 m/dak. kesme hızında 0,2 mm/dev.ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde $3,397 \mu\text{m}$ olarak gerçekleşmiştir.

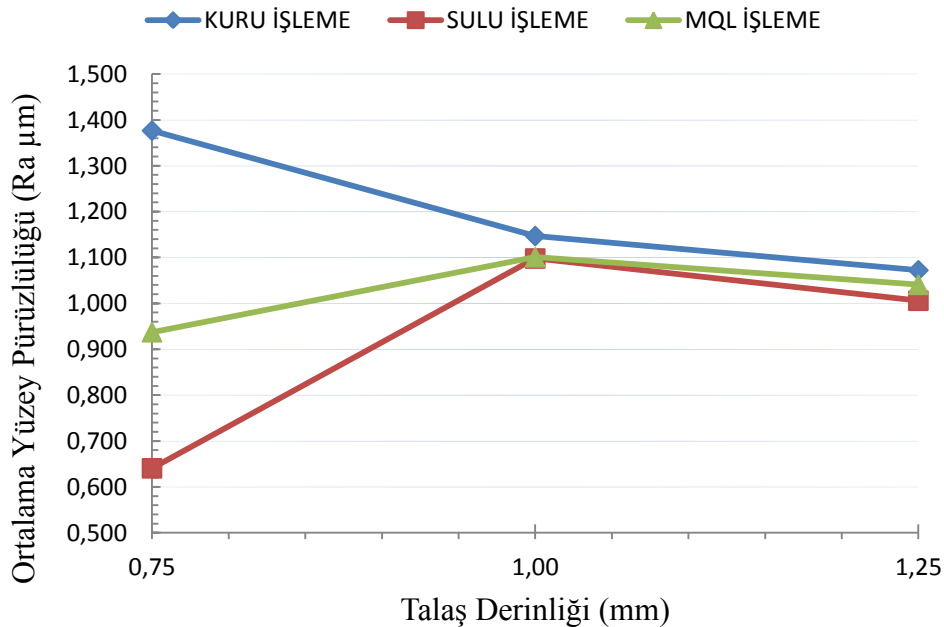
MMY işleme şartlarında artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,1 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=1$ mm) $0,819 \mu\text{m}$, 0,15 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=1$ mm) $1,913 \mu\text{m}$ ve 0,2 mm/dev ilerleme miktarında ($V=175$ m/dk ve $a=1$ mm) ise $3,379 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,1-0,2mm/dev) % 100 artırılması yüzey pürüzlülüğünün % 412,5 kötüleşmesine neden olmuştur. En kötü ortalama yüzey pürüzlülüğü 175 m/dak. kesme hızında 0,2 mm/dev.ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde $3,474 \mu\text{m}$ olarak gerçekleşmiştir.

Şekil 9.10, Şekil 9.11, Şekil 9.12, Şekil 9.13, Şekil 9.14, Şekil 9.15, Şekil 9.16, Şekil

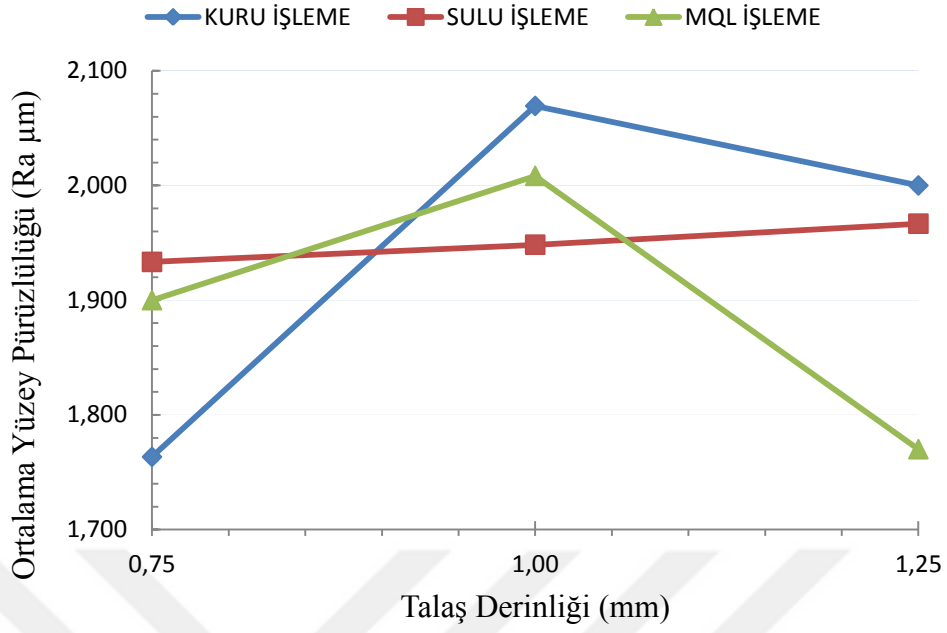
9.17, Şekil 9.18 incelendiğinde, artan ilerleme miktarlarına bağlı olarak en kötü ortalama yüzey pürüzlülük değerleri kuru işleme şartlarında oluşmuştur. Söz konusu 3 şekilde de oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri birbirlerine oldukça yakın çıkmıştır. Ancak kesme hızı 175m/dak ve artan ilerleme miktarlarında ve MMY işleme koşullarında elde edilen 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. Bununla beraber MMY yönteminin yaklaşık sulu yada yaklaşık kuru kesme olduğu düşünüldüğünde her iki yöntemin de karakteristik özelliklerini gösterdiği grafiklerde açıkça görülmektedir.

9.1.3. Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

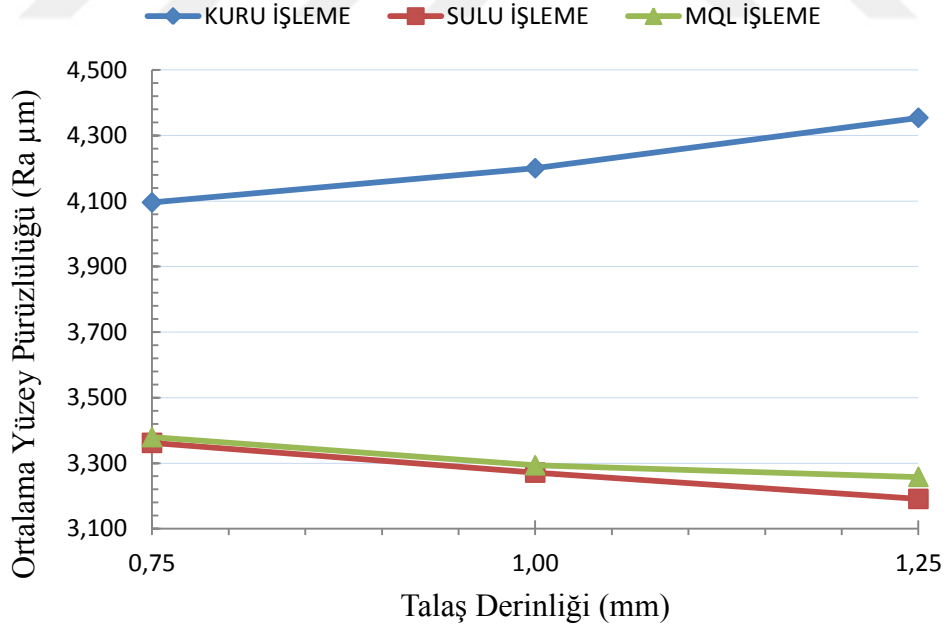
Şekil 9.19, Şekil 9.20, Şekil 9.21, Şekil 9.22, Şekil 9.23, Şekil 9.24, Şekil 9.25, Şekil 9.26, Şekil 9.27' de sabit ilerleme miktarı ve kesme hızı değerlerinde, farklı soğutma koşullarında ilerleme miktarının yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri verilmiştir.



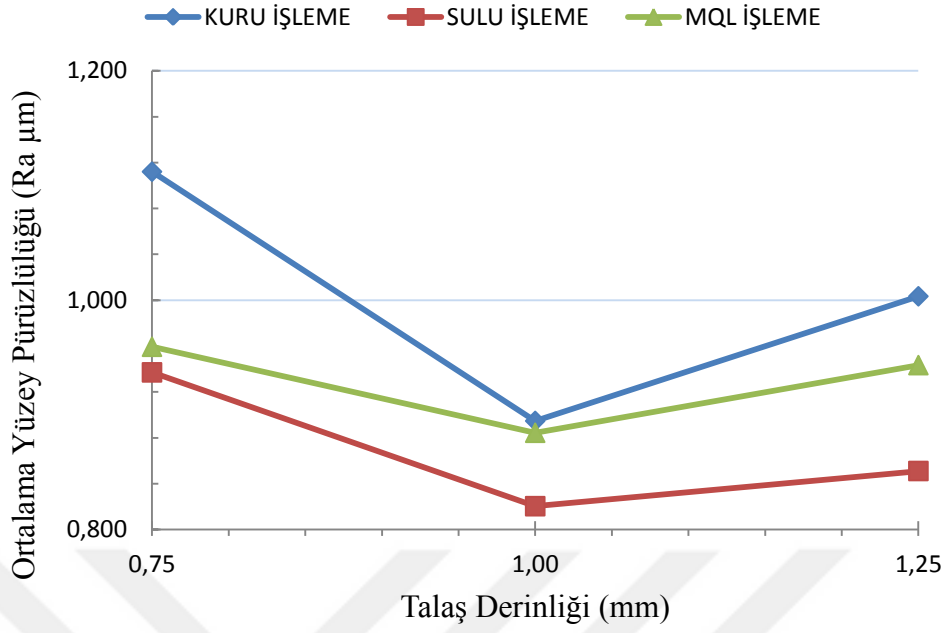
Şekil 9.19 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



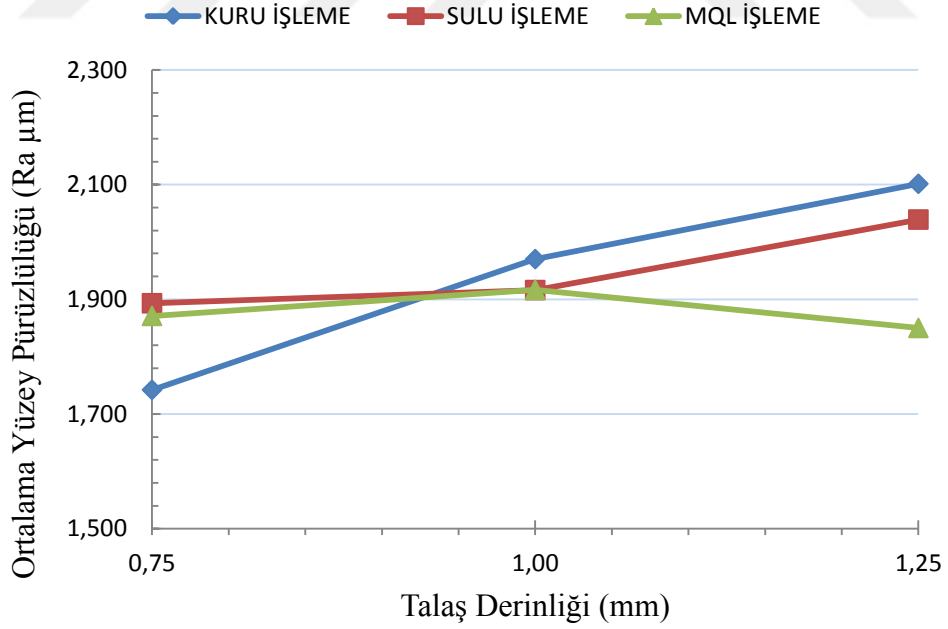
Şekil 9.20 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



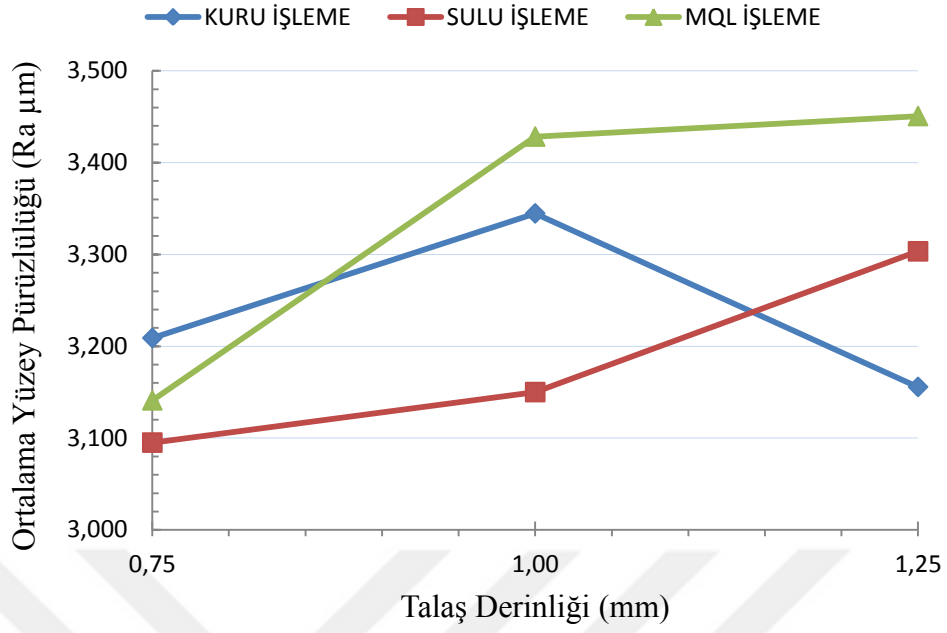
Şekil 9.21 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



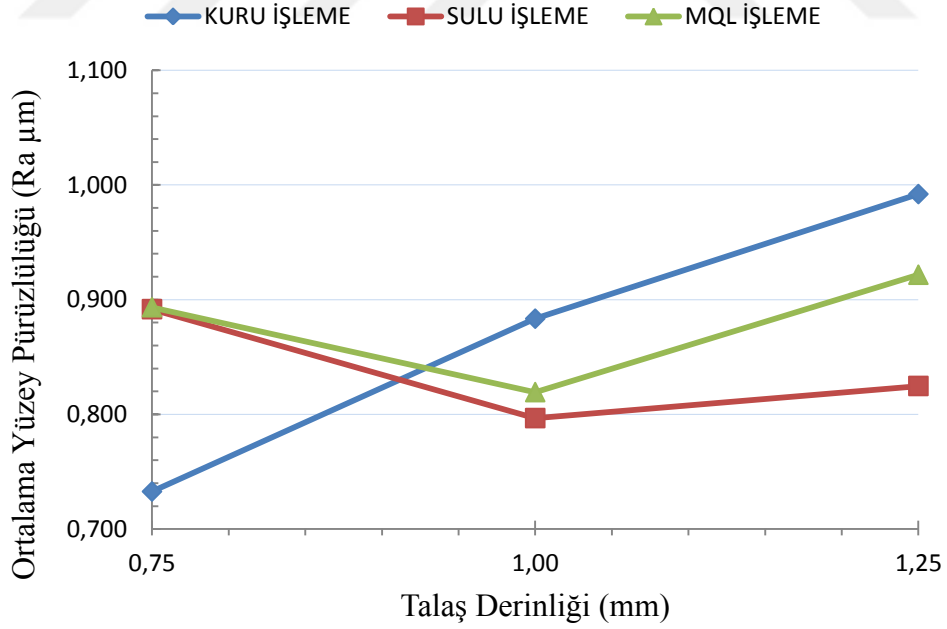
Şekil 9.22 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



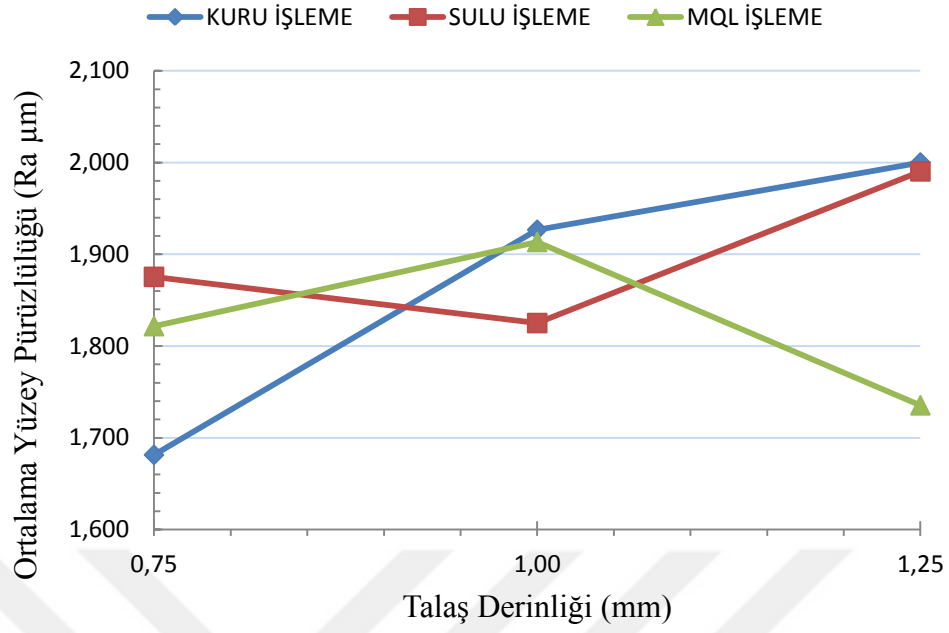
Şekil 9.23 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



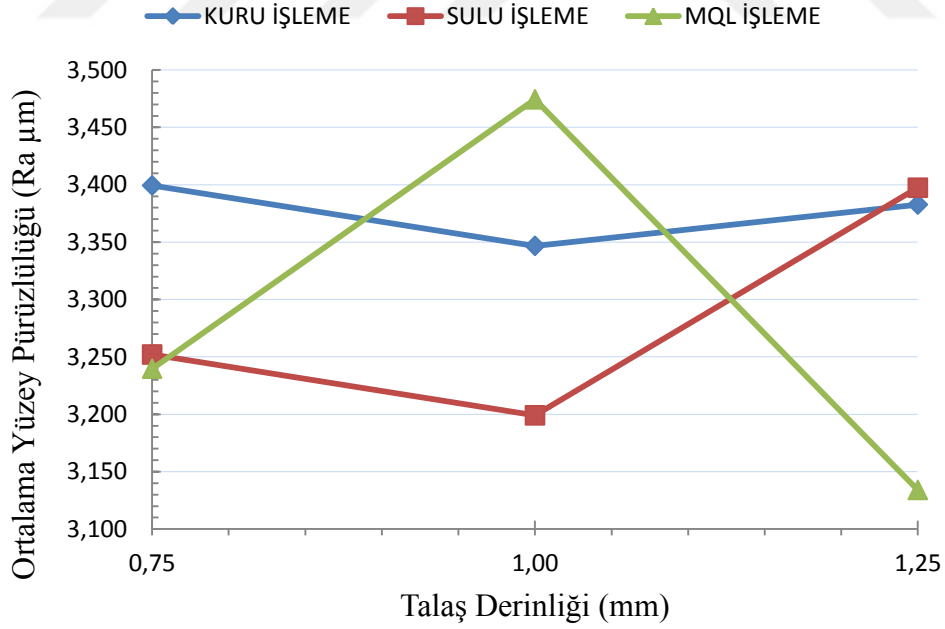
Şekil 9.24 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Şekil 9.25 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Şekil 9.26 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi



Şekil 9.27 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk), Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

Şekil 9.19, Şekil 9.20, Şekil 9.21, Şekil 9.23, Şekil 9.24, Şekil 9.25, Şekil 9.26 ve Şekil 9.27 oluşan grafiklere bakıldığında;

Kuru işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $0,733 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $0,883 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $0,992 \mu\text{m}$ değerleri oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %35,3 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) $0,641 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $1,006 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=125$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $1,098 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının(0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %71,3 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 ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $0,819 \mu\text{m}$, 1 mm talaş derinliğinde ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) $0,893 \mu\text{m}$ ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=175$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise $0,922 \mu\text{m}$ olarak oluşmuştur. İlerleme miktarının (0,75-1,25 mm/dev) %66 artırılması yüzey pürüzlülüğünün %26 kötüleşmesine neden olmuştur.

Tüm soğutma şartlarında yapılan deneylerde talaş derinliği arttıkça ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde (R_a) artma eğiliminde olduğu Şekil 9.19, Şekil 9.20, Şekil 9.23, Şekil 9.24, Şekil 9.25, Şekil 9.26'da sırasıyla görülmektedir. Talaşlı imalatla yüksek talaş derinlikleri, iş parçasının plastik deformasyonunu zorlaştırdığı için artan talaş derinliklerinde yüzey pürüzlülüğünü kötüleşmektedir [77].

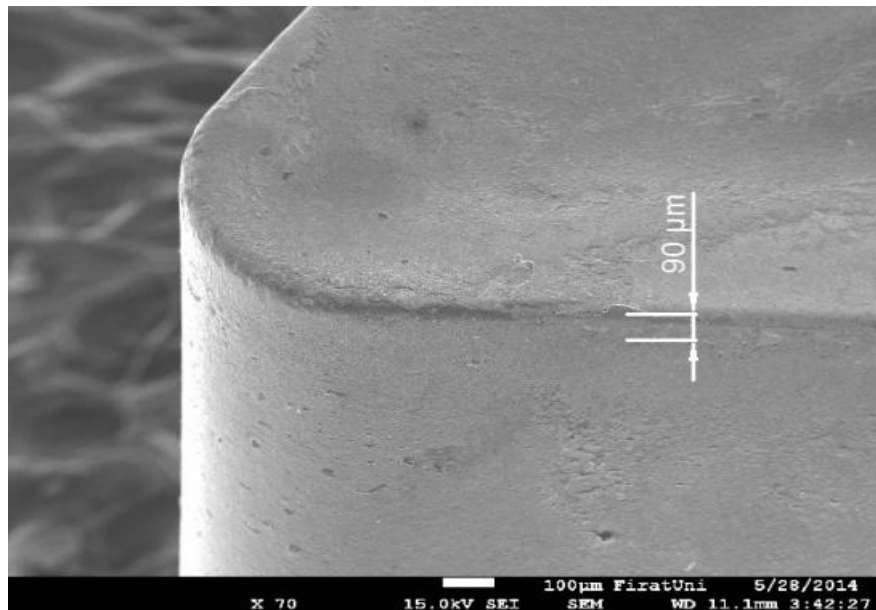
Şekil 9.21 ve Şekil 9.27'de bazı işleme şartlarında ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde artıştan bahsetmek mümkün gözükmemektedir. Burada ortak olan değerler ilerleme oranının olduğu görülmektedir. Yüksek olan ilerleme ve yüksek talaş derinliğinin kesici ta-

kımın kesme özelliğini olumsuz etkilediği, kesme yerine sıvama yapmasındandır. Düzgün sıvama yapılan yüzeylerin yüzey pürüzlülüklerinin azalacağı bilinmektedir.

150 m/dak lık kesme hızı grafikleri dikkate alınmadan diğer grafikler 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 ve ilerleme oranı parametrelerinde olduğu gibi artan talaş derinliklerinde de geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarına nazaran daha iyi ortalama yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu ölçütler göz önüne alındığında artan talaş kaldırma oranlarında, yüzey pürüzlülüğü bakımından MMY yöntemi ile yapılan işleme geleneksel soğutma sıvılı işlemeye göre daha etkin olduğu söylenebilir.

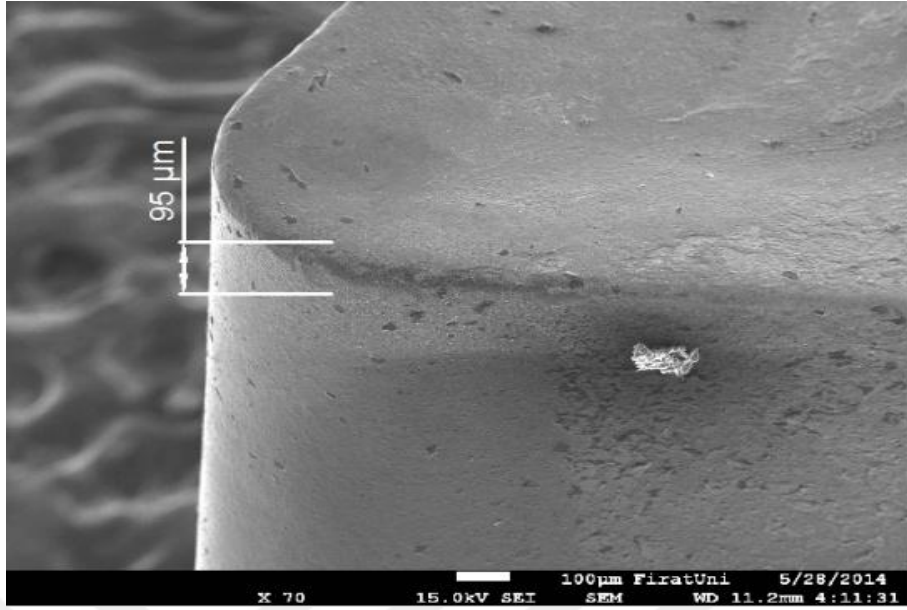
9.2. İşleme Parametreleri ve Soğutma Yöntemlerinin Takım Aşınması Üzerine Etkisi

Deneylerle eş zamanlı ve deneyler sonrasında kesici takım serbest yüzey aşınması ve takım üzeri sıvanma değerleri ölçülmüştür. Literatürde takım aşınması zamana bağlı olarak artması beklenmektedir. İşleme parametreleri ve soğutma yöntemlerinin takım aşınmasına olan etkileri Şekil 9.28, Şekil 9.29, Şekil 9.30, Şekil 9.31, Şekil 9.32, Şekil 9.33, Şekil 9.34, Şekil 9.35, Şekil 9.36' de görülmektedir.

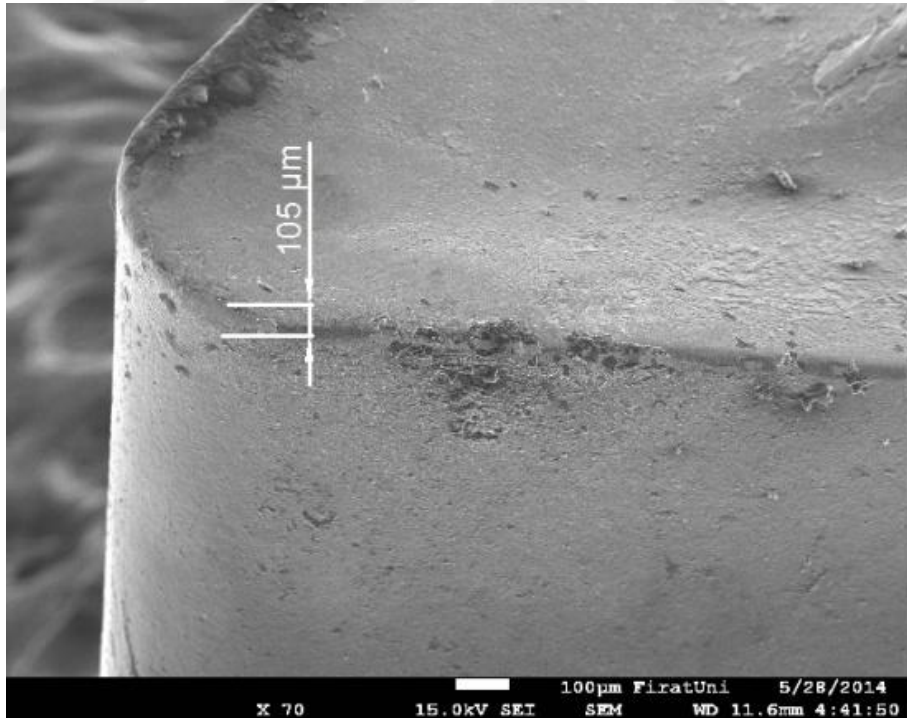


Şekil 9.28. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi

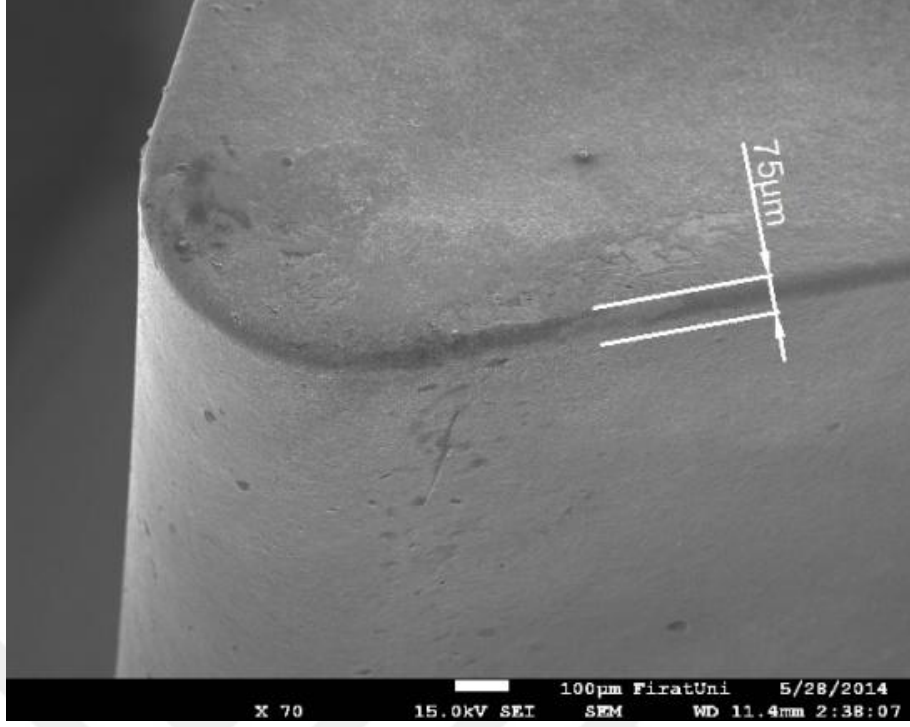
(Kesme Hızı 125 m/dk)



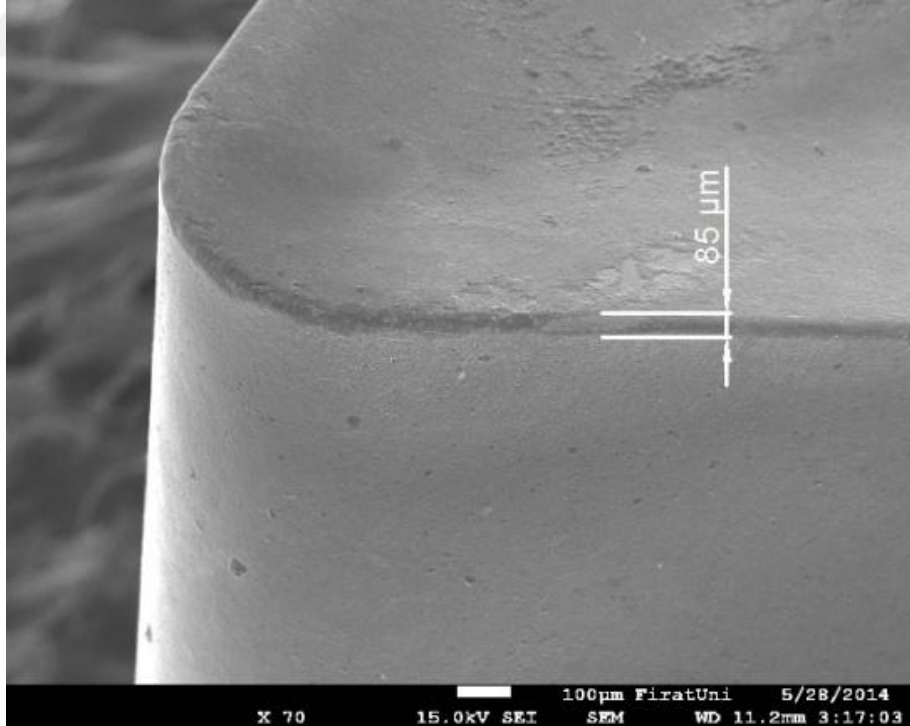
Şekil 9.29. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 150 m/dk)



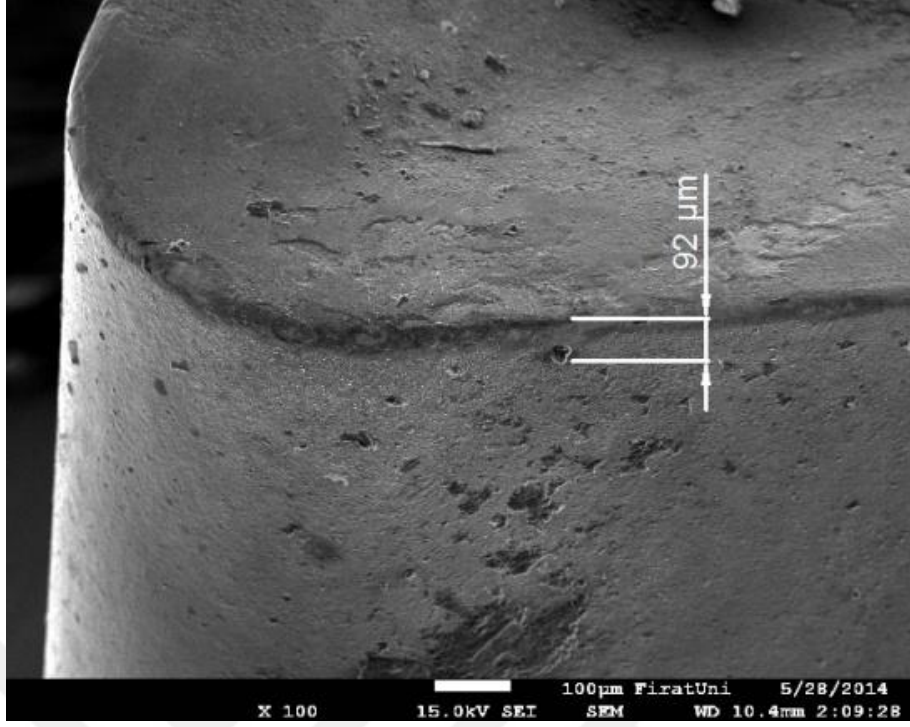
Şekil 9.30. Kuru İşleme Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 175 m/dk)



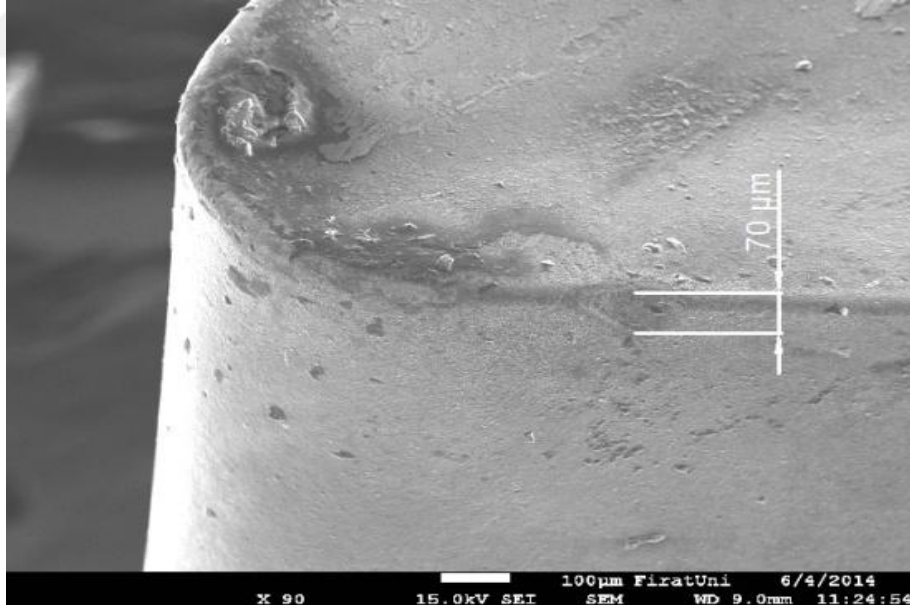
**Şekil 9.31. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 125 m/dk)**



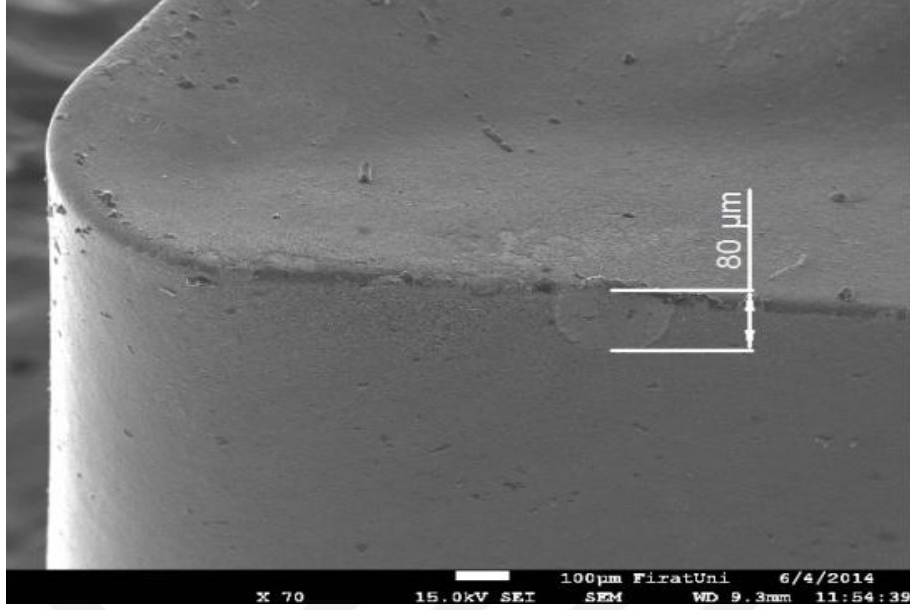
**Şekil 9.32. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 150 m/dk)**



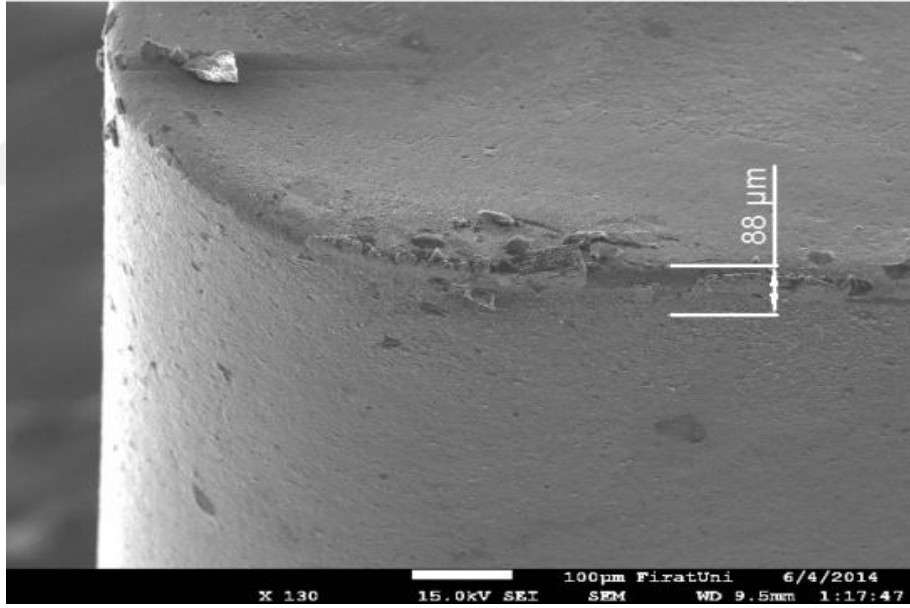
**Şekil 9.33. Geleneksel Soğutma Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 175 m/dk)**



**Şekil 9.34. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi
(Kesme Hızı 125 m/dk)**



Şekil 9.35. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi (Kesme Hızı 150 m/dk)



Şekil 9.36. MMY Yönteminde Kesme Hızının Takım Aşınması Ve Talaş Sıvanması Üzerine Etkisi (Kesme Hızı 175 m/dk)

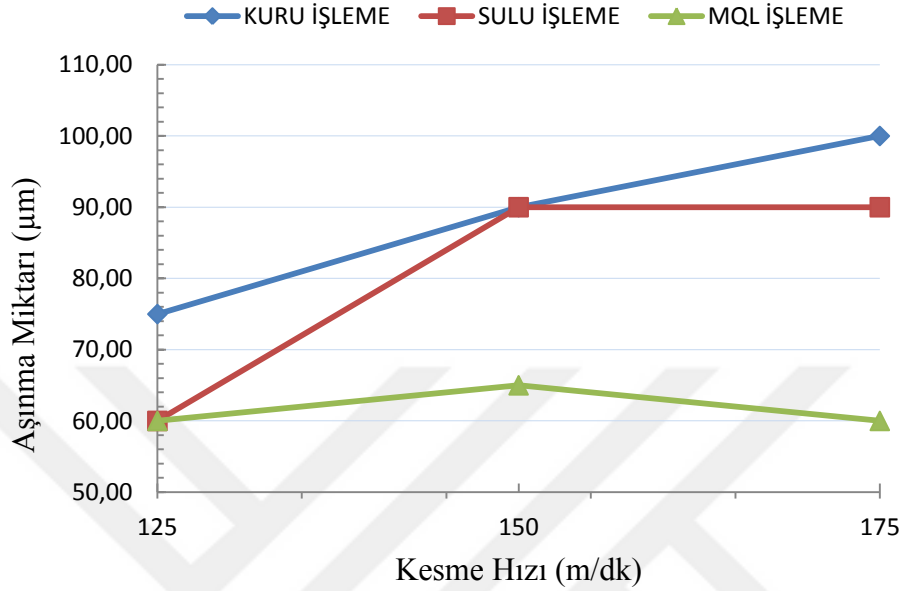
Kuru işleme şartlarında yukarıda da belirtildiği gibi takım aşınması kesme hızına bağlı olarak artmamaktadır (Şekil 9.28, Şekil 9.29, Şekil 9.30). Bunun nedeni kesme anında aşınan bölgeye talaşın sıvanarak aşınma bölgesini doldurmasından kaynaklanmaktadır. Artan kesme hızlarına paralel olarak kesme bölgesi sıcaklığındaki artış takım üzeri sıvanma eğilimini azaltmıştır [78].

Geleneksel soğutma yönteminde takım aşınma ve takım üzeri sıvanma fotoğrafları incelendiğinde (Şekil 9.31,, Şekil 9.32, Şekil 9.33) artan kesme hızlarında takım aşınmasının arttığı gözlenmiştir. Takım üzeri talaş sıvanması oluşmaması yağlamanın yeterli olmasından kaynaklanacağı gibi kesme süresinin 5'dak. ile sınırlı olmasından dolayı yeterli ısınma oluşmadığından takım üzeri talaş sıvanması olmadığı da düşünülmektedir.

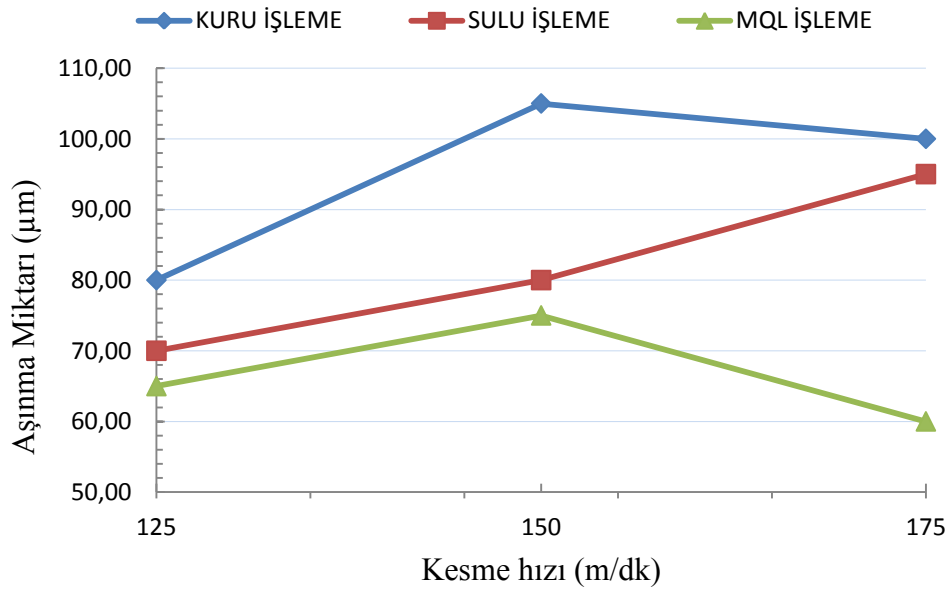
MMY yöntemiyle yapılan deney grubunda yer yer takım üzeri sıvanma gözlenmiştir. MMY yöntemiyle yapılan deney grubunda takım aşınma değerleri geleneksel soğutma yöntemine göre düşük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni geleneksel soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deney grubunda kullanılan hava takım-iş parçası kontak bölgesine etkin bir şekilde nüfuz ederek takımı ve iş parçasını daha hızlı soğutmuş oluşan ısı çıkan talaşla ve hava ile beraber uzaklaşmıştır. Bu deney grubuyla ilgili takım aşınmaları Şekil 9.34, Şekil 9.35, Şekil 9.36'de görülmektedir.

İlerleme oranı 0,2 mm/devir, talaş derinliği 1,25 mm sabit tutularak 3 farklı kesme hızlarında kesici takım aşınması bakımından en fazla aşınmanın olduğu sonuçlar kuru işleme şartlarında oluşurken 125 m/dk kesme hızında en düşük aşınma değeri MMY soğutma sıvılı işleme şartlarında oluşmuştur. 125 m/dk kesme hızında kuru işleme şartlarındaki 90 μ 'luk aşınma değeri ölçülmüştür. Kuru işleme şartlarına göre geleneksel soğutma sıvılı işleme de % 17, MMY yöntemine göre % 22 daha fazla aşınma olmuştur. 150 m/dk kesme hızında en fazla aşınmanın olduğu sonuç kuru işleme şartlarında 95 μ ölçülmüştür. Kuru işleme şartlarına göre geleneksel soğutma sıvılı işleme de % 10.5, MMY yöntemine göre % 16 daha fazla aşınma olmuştur. 175 m/dk kesme hızında en fazla aşınmanın olduğu sonuç kuru işleme şartlarında 105 μ ölçülmüştür. Kuru işleme şartlarına göre geleneksel soğutma sıvılı işleme de % 12, MMY yöntemine göre % 16 daha fazla aşınma olmuştur.

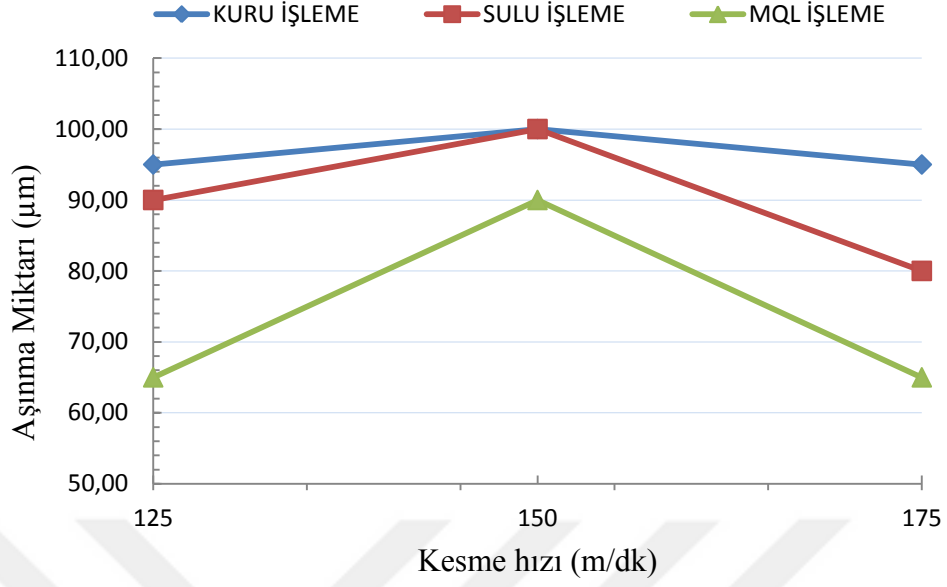
9.2.1. Kesme Hızı ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



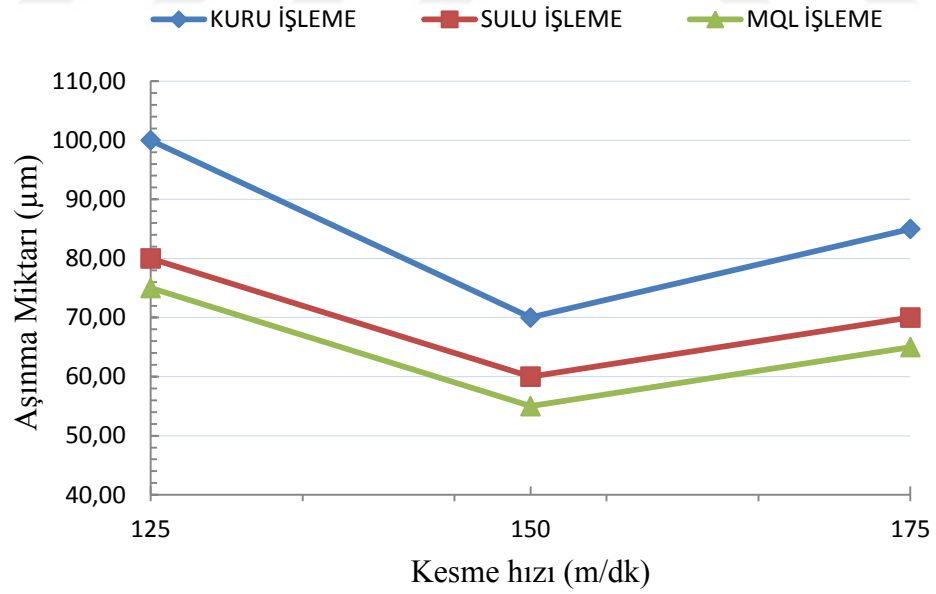
Şekil 9.37 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



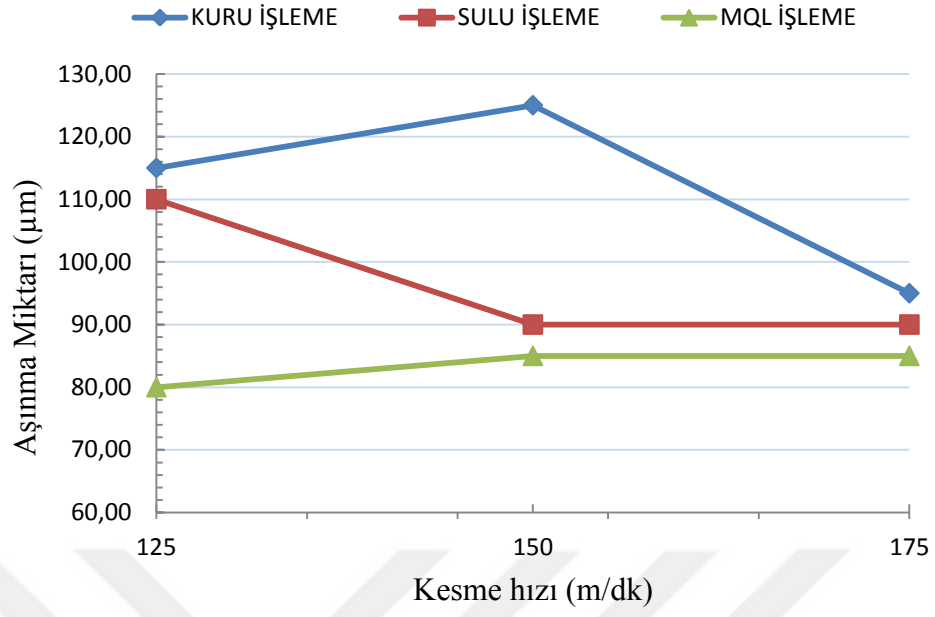
Şekil 9.38 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



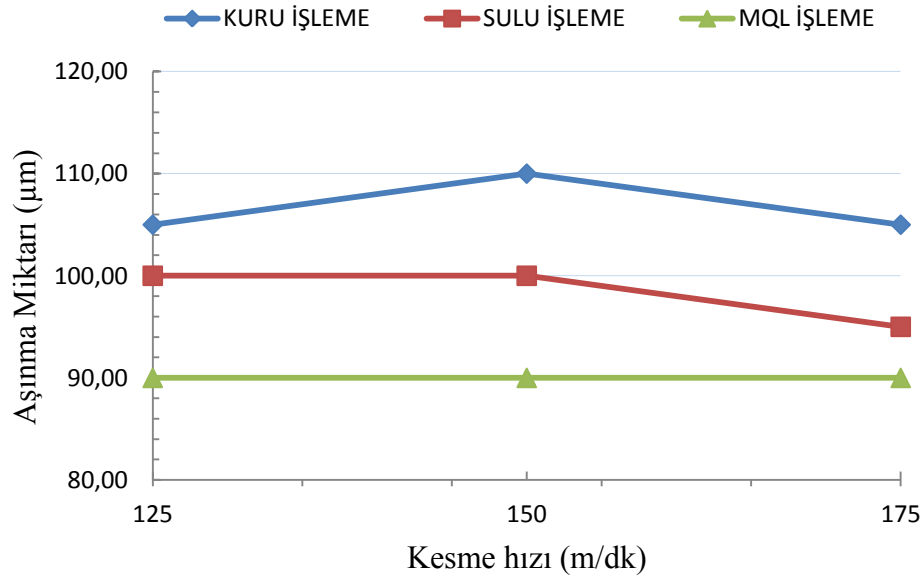
Şekil 9.39 Sabit İlerleme Oranı (0,1 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



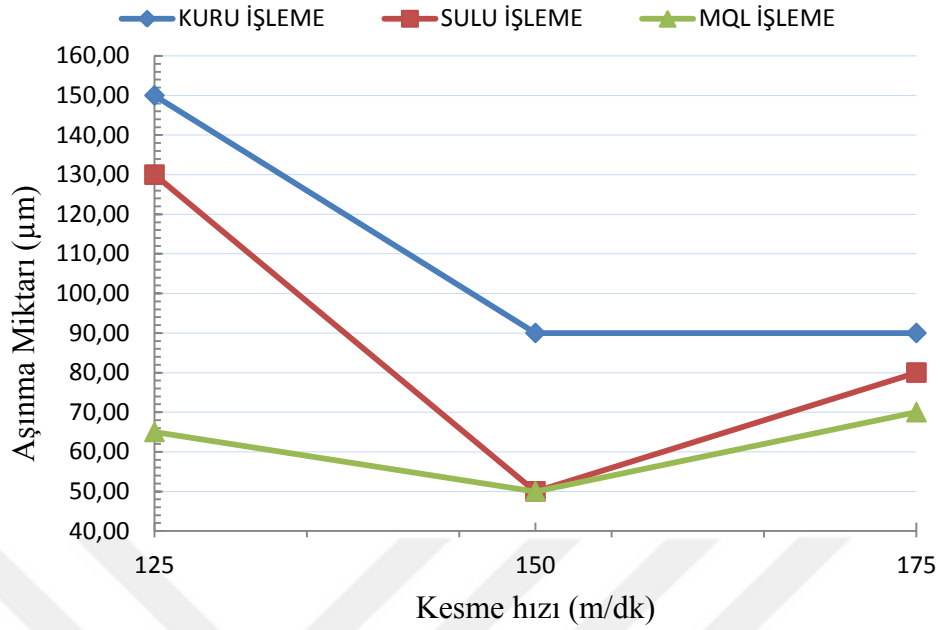
Şekil 9.40 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



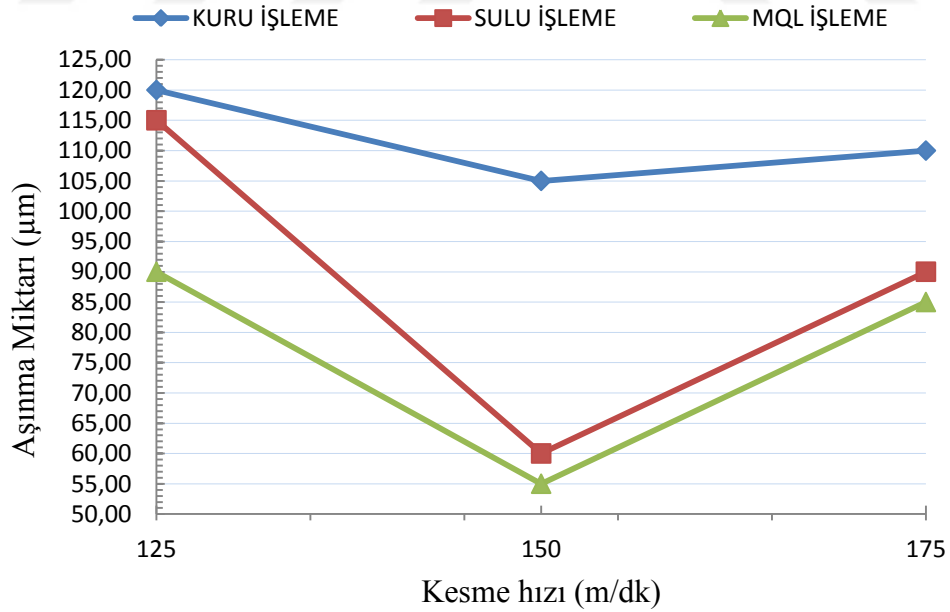
Şekil 9.41 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



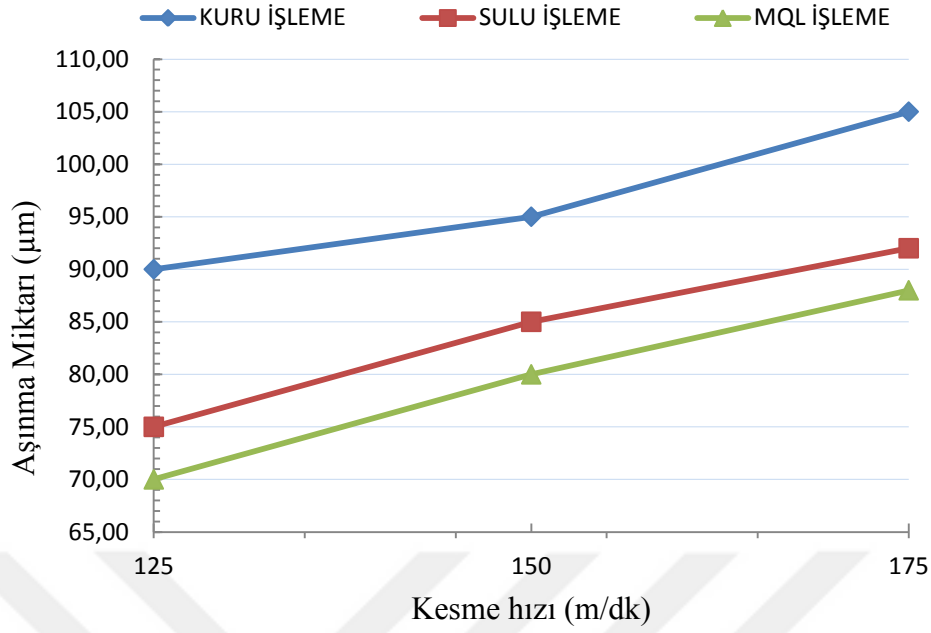
Şekil 9.42 Sabit İlerleme Oranı (0,15 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.43 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.44 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.45 Sabit İlerleme Oranı (0,2 mm/dev) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı Kesme Hızlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi

Geleneksel soğutma sıvılı işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi kesici takımlardaki aşınma miktarı şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) 50 μ m, 1 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) 60 μ m ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) ise 85 μ m olarak oluşmuştur.

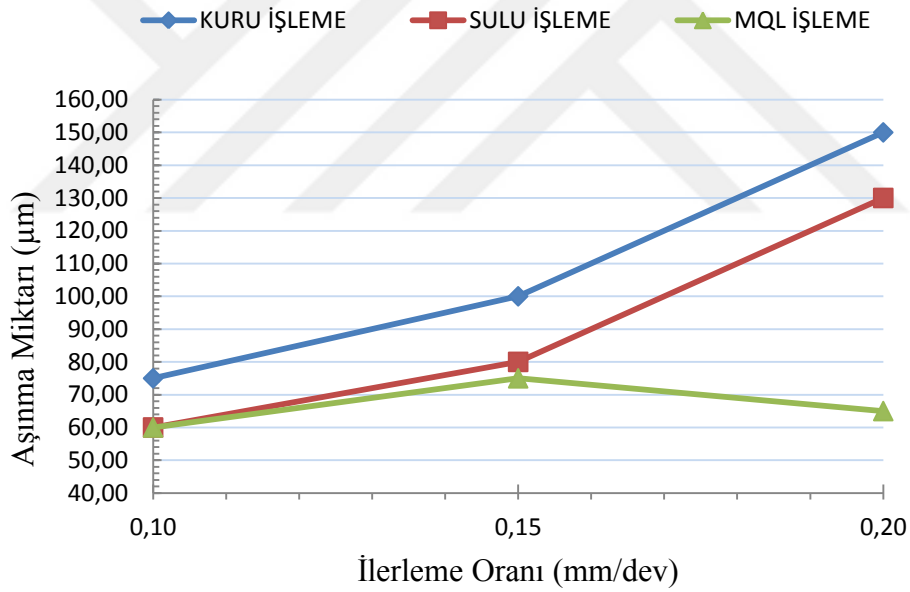
MMY işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi kesici takımlardaki aşınma miktarı şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) 50 μ m, 1 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) 55 μ m ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,2$ mm/dev) ise 80 μ m olarak oluşmuştur.

Tüm soğutma şartlarında yapılan kesme hızına bağlı deneylerde MMY işleme şartlarında kesici takımlardaki aşınma miktarı minimum düzeyde kalmıştır. Şekil 9.37’de kuru işleme şartlarına göre 125 m/dk kesme hızında %20, 150 m/dk kesme hızında %34, 175 m/dk kesme hızında %40 aşınma miktarlarında iyileşme tespit edilmiştir. Bu ilerleme ve talaş derinliği en iyi aşınma sonuçlarını verirken Şekil 9.41 'te koşullara göre en az değişim

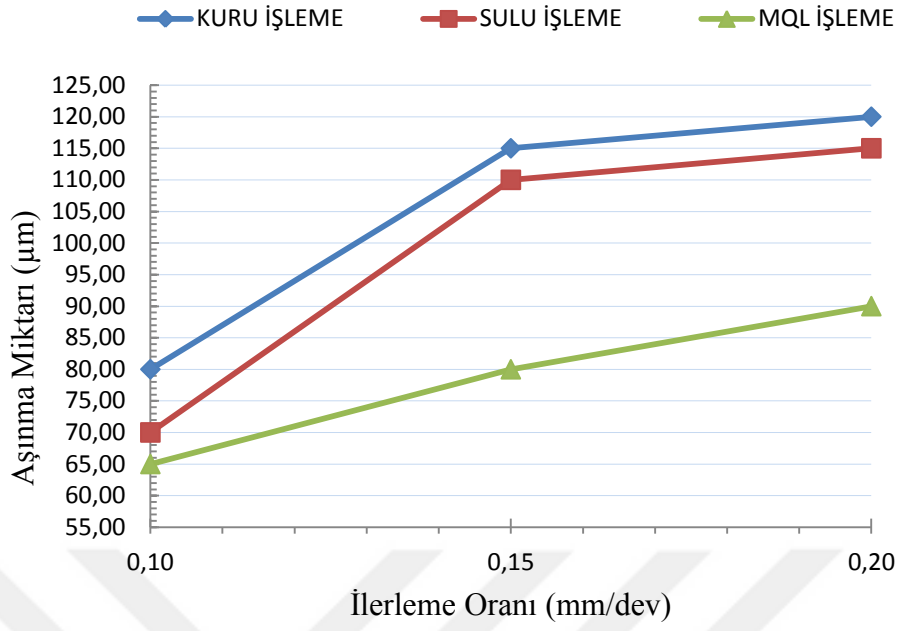
175 m/dk kesme hızında % 10 olarak gözlenmiştir. Sulu işleme şartlarında takım aşınmaları an alt seviyelerde gerçekleşmişse de ortalama oranlar % 10 ile % 25 aralığında kalmıştır.

Kuru işleme şartlarında artan talaş derinliklerine bağlı olarak oluşan en iyi kesici takımlardaki aşınma miktarı şu şekilde olmuştur. 0,75 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,15$ mm/dev) 70 μm , 1 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,15$ mm/dev) 125 μm ve 1,25 mm talaş derinliğinde ($V=150$ m/dk ve $f=0,1$ mm/dev) ise 100 μm değerleri oluşmuştur.

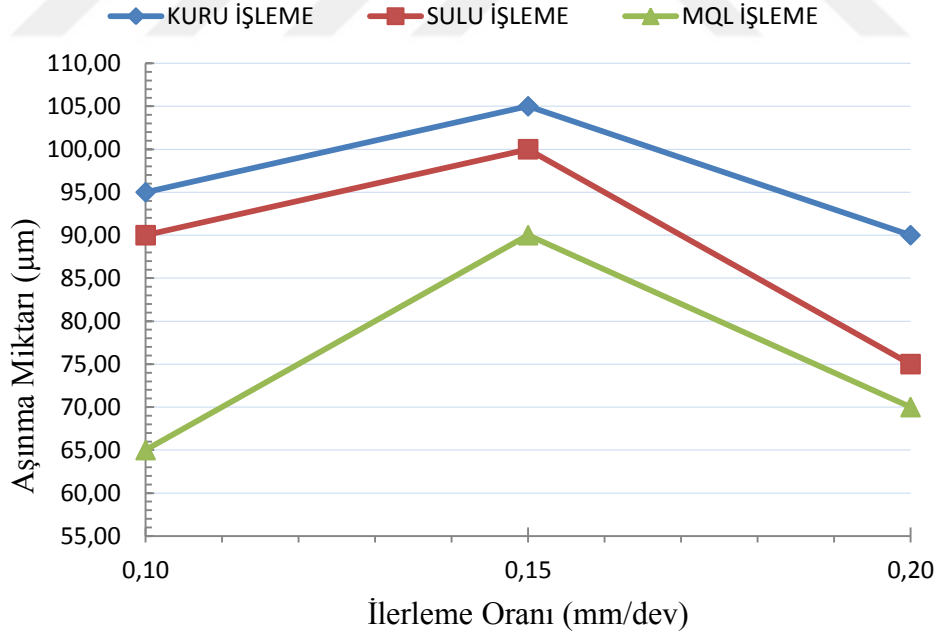
9.2.2. İlerleme Miktarı ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



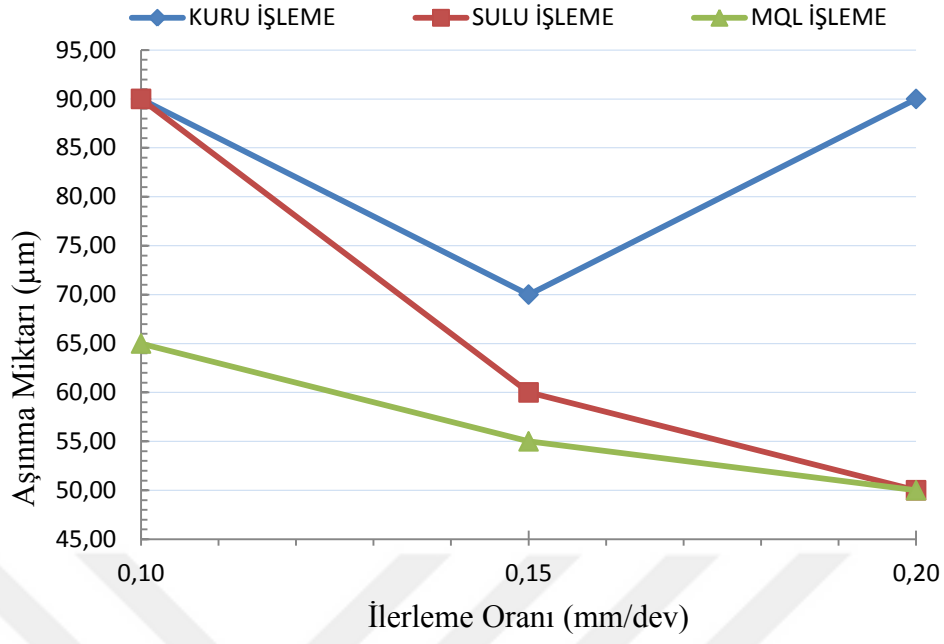
Şekil 9.46 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



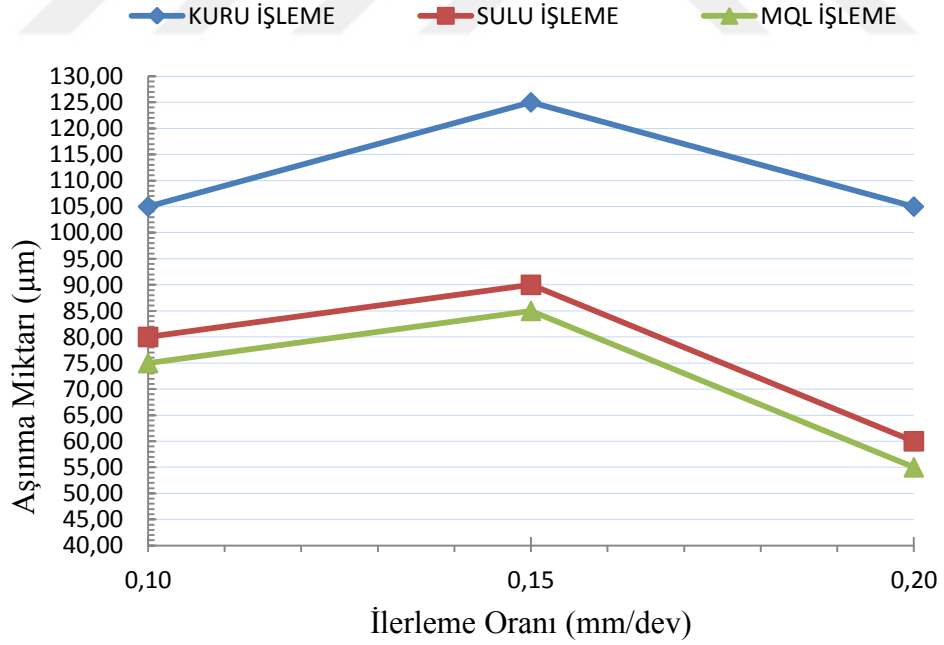
Şekil 9.47 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



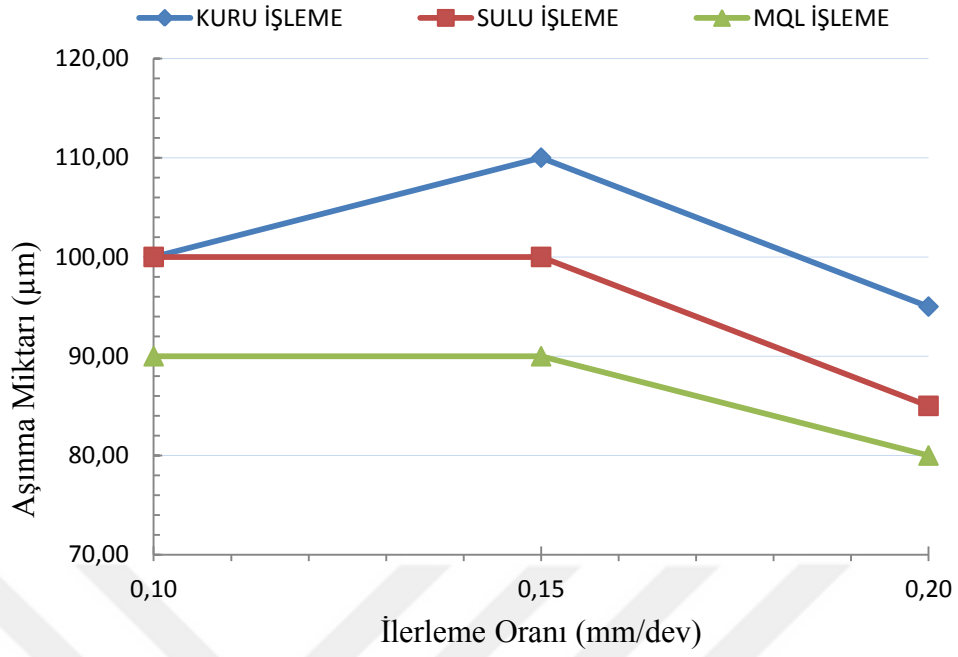
Şekil 9.48 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



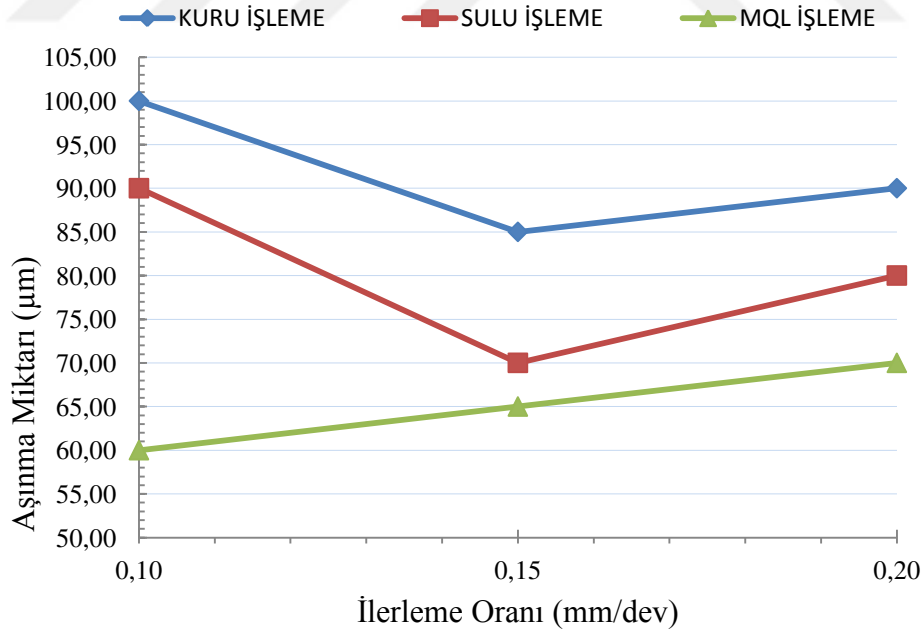
Şekil 9.49 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



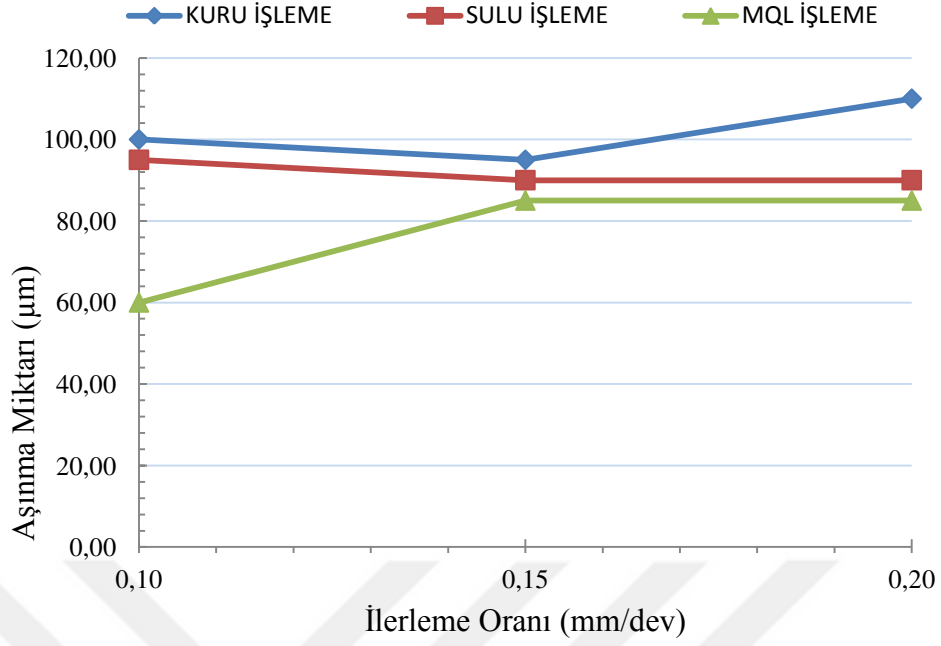
Şekil 9.50 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



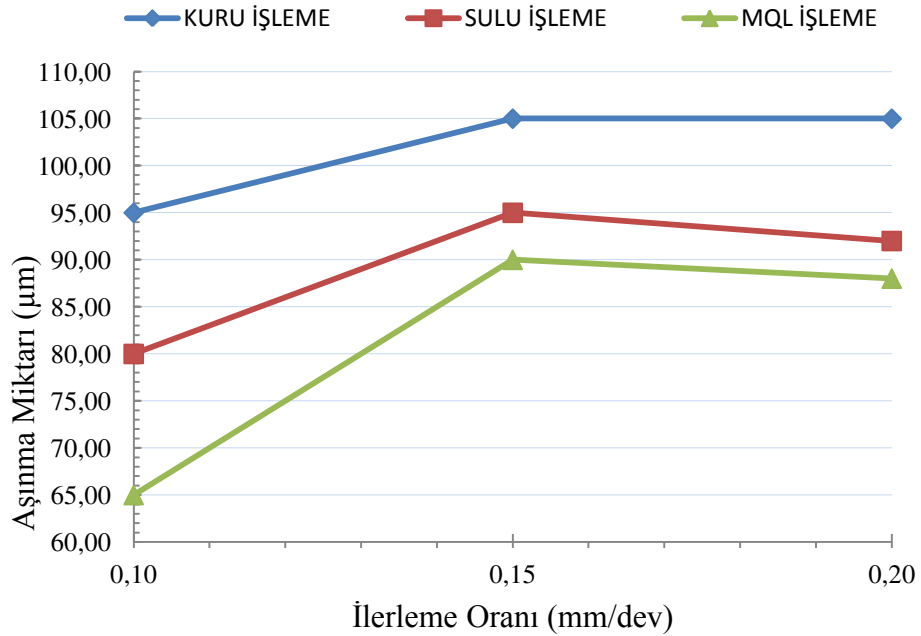
Şekil 9.51 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.52 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (0,75 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.53 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.54 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit Talaş Derinliği (1,25 mm) ve Farklı Soğutma Koşullarında Farklı İlerleme Oranlarının Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi

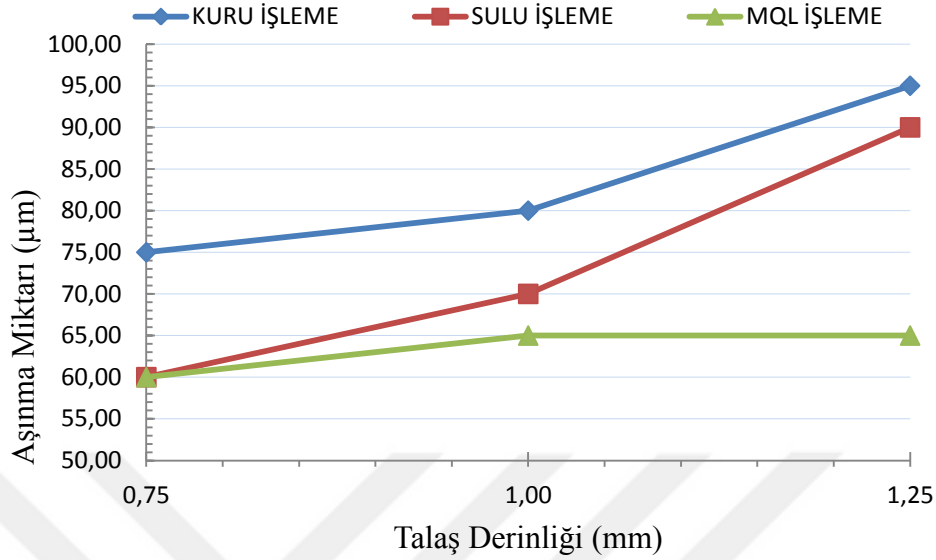
Şekil 9.46, Şekil 9.50, Şekil 9.54’de oluşan grafiklere göre kuru işleme şartlarına göre 125 m/dk kesme hızında 0,75 mm talaş derinliğinde ve 0,10 mm/dev’de %25, sulu işleme şartlarına göre değişim olmamıştır. 125 m/dk kesme hızında 0,75 mm talaş derinliğinde ve 0,15 mm/dev’de kuru işleme şartlarına göre %25 sulu işleme şartlarına göre %7 daha az aşınma gerçekleşmiştir. En çok değişim ise 125 m/dk kesme hızında 0,75 mm talaş derinliğinde ve 0,20 mm/dev’de gerçekleşmiş kuru işlemeye göre %80 sulu işleme şartlarına göre %60 oranında daha az aşınma gerçekleşmiştir.

150 m/dk kesme hızında 1 mm talaş derinliğinde ve 0,10 mm/dev’de kuru işleme şartlarına göre %40, sulu işleme şartlarına göre %10 iyileşme olmuştur. 150 m/dk kesme hızında 1 mm talaş derinliğinde ve 0,15 mm/dev’de kuru işleme şartlarına göre %45 sulu işleme şartlarına göre %6 daha az aşınma gerçekleşmiştir. 150 m/dk kesme hızında 1 mm talaş derinliğinde ve 0,20 mm/dev’de kuru işlemeye göre %65 sulu işleme şartlarına göre %10 oranında daha az aşınma gerçekleşmiştir.

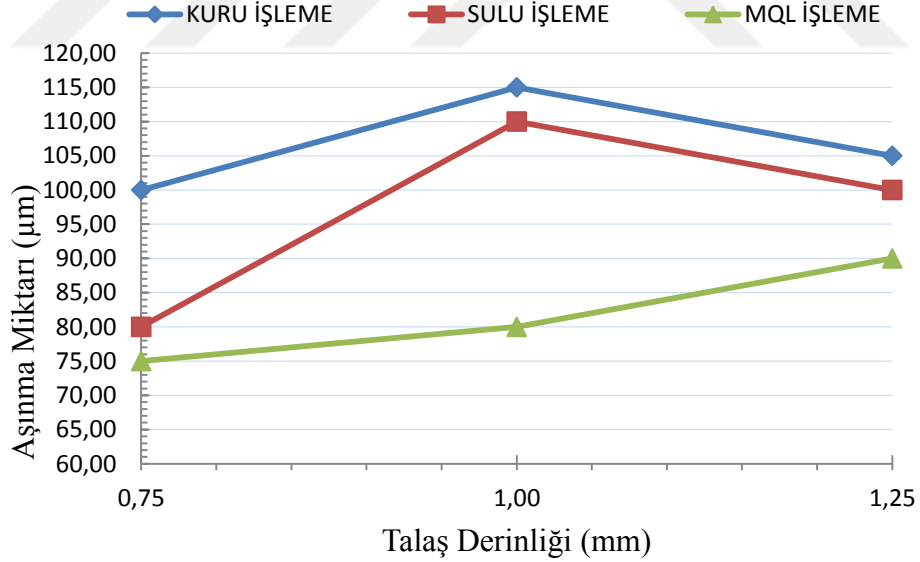
175 m/dk kesme hızında 1,25 mm talaş derinliğinde ve 0,10 mm/dev kuru işleme şartlarına göre %45, sulu işleme şartlarına göre %18 iyileşme olmuştur. 175 m/dk kesme hızında 1,25 mm talaş derinliğinde ve 0,15 mm/dev’de kuru işleme şartlarına göre %20 sulu işleme şartlarına göre %5 daha az aşınma gerçekleşmiştir. 175 m/dk kesme hızında 1,25 mm talaş derinliğinde ve 0,20 mm/dev’de kuru işlemeye göre %20 sulu işleme şartlarına göre %6 oranında daha az aşınma gerçekleşmiştir.

Kuru işleme şartlarına göre MMY ile yapılan deneylerde ilerleme oranına göre aşınma oranı %25 ile %60 arasında değişirken sulu işleme şartlarına göre ise %5 ile %10 arasında aşınma miktarlarında iyileşmeler tespit edilmiştir. Sadece Şekil 9.46’ de; 0,20 mm/dev ilerleme oranında sulu işleme ile MMY işleme arasında ki değişim çok fazla tespit edilmiştir. Bunu sebebi olarak ilerleme oranının yüksekliği ve kesme hızının düşük olması olabileceği gibi talaş derinliğinin az olmasından dolayı kesici takımın talaş kırma formu görev yapamamış oluşan ısı talaşla beraber kesme bölgesinden uzaklaştırılamadığından hem kesme bölgesinde ısı artışı oluşmuş hem de biriken talaş işleme geometrisini bozması sebebi ile böyle bir sonuç oluşmuştur. Tüm soğutma şartlarında, yapılan ilerleme oranına bağlı deneylerde MMY işleme şartlarında kesici takımlardaki aşınma miktarı minimum düzeyde kalmıştır.

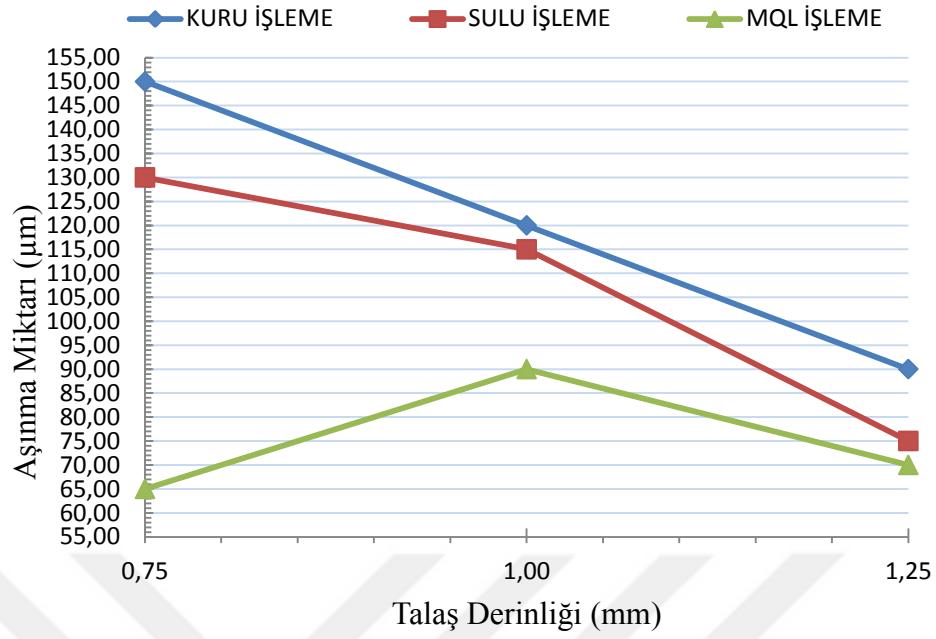
9.2.3. Talaş Derinliği ve Soğutma Tekniklerinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



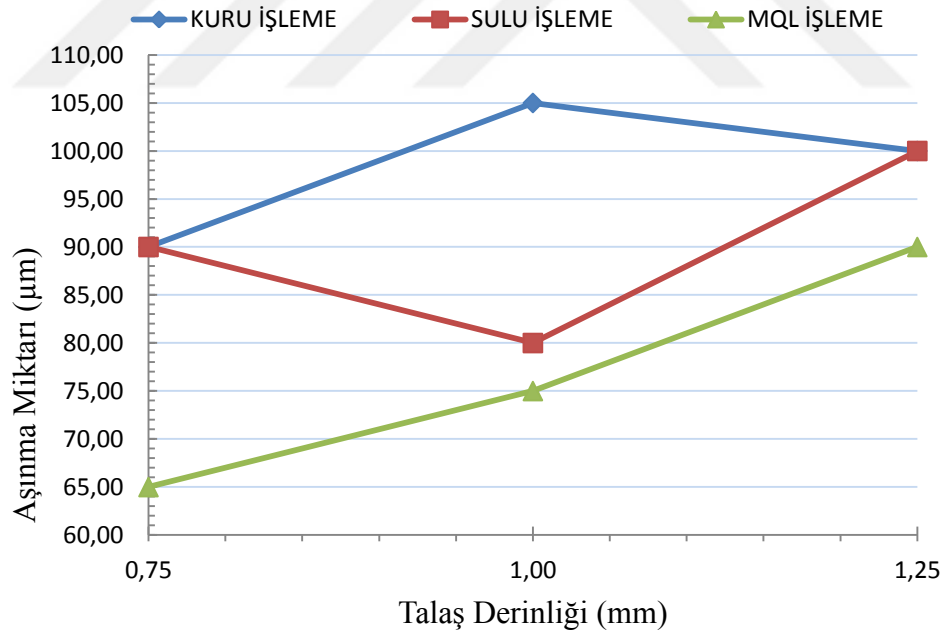
Şekil 9.55. Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



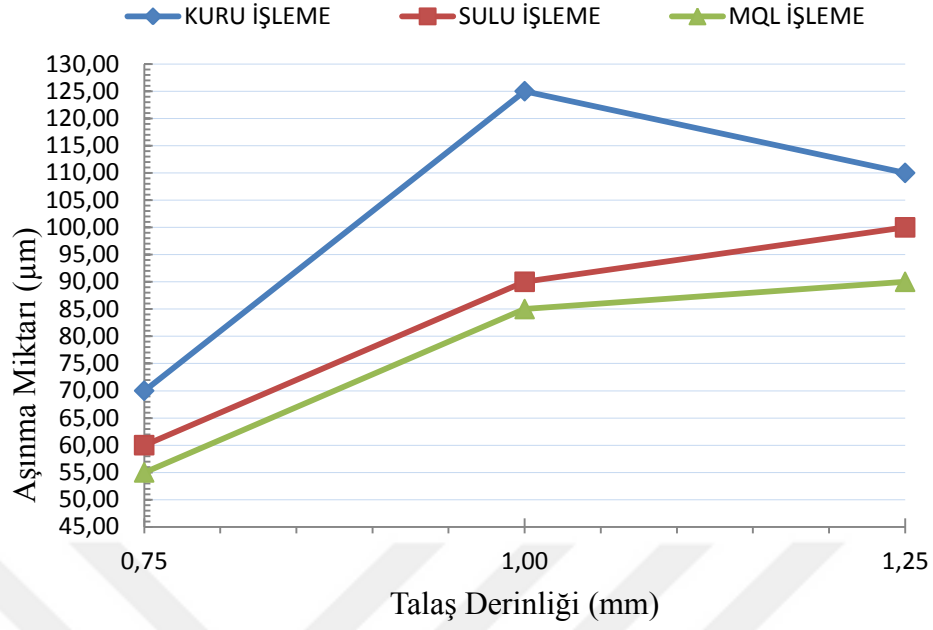
Şekil 9.56. Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



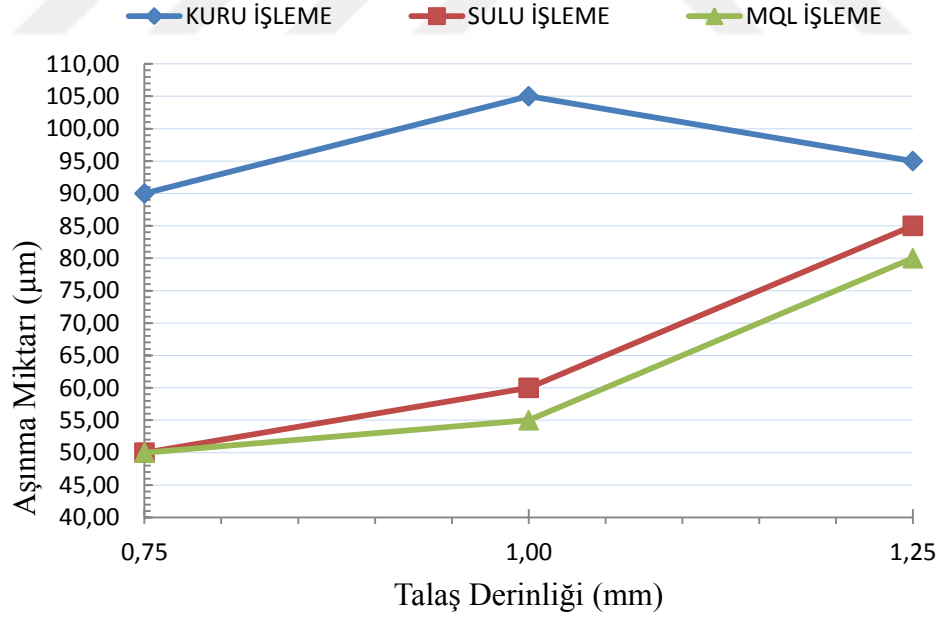
Şekil 9.57 Sabit Kesme Hızı (125 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



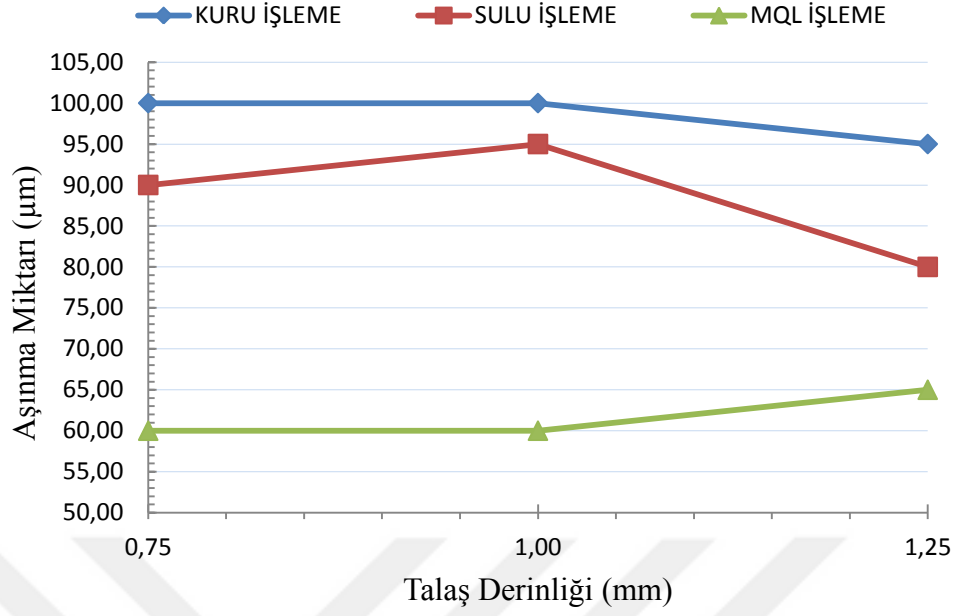
Şekil 9.58 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



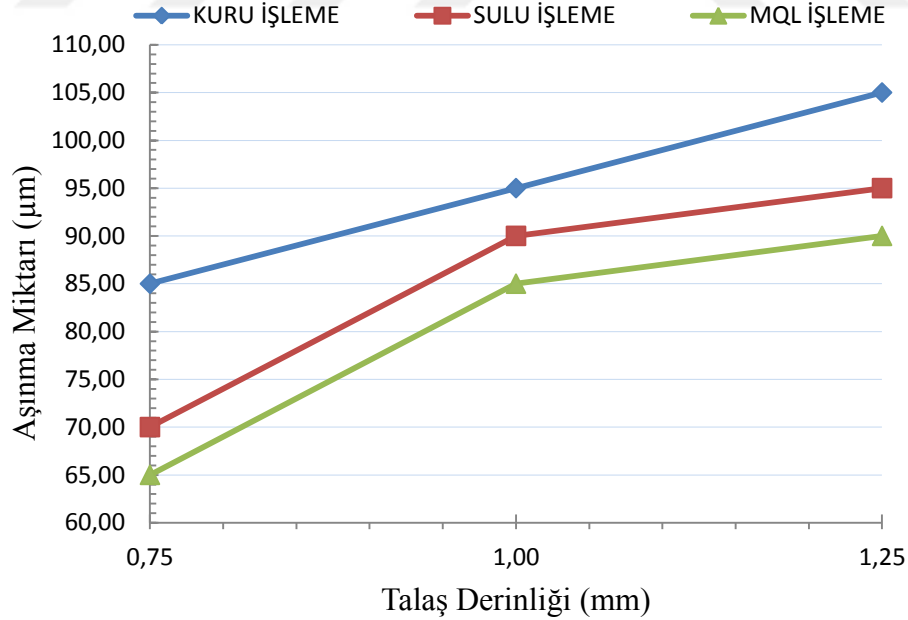
Şekil 9.59 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



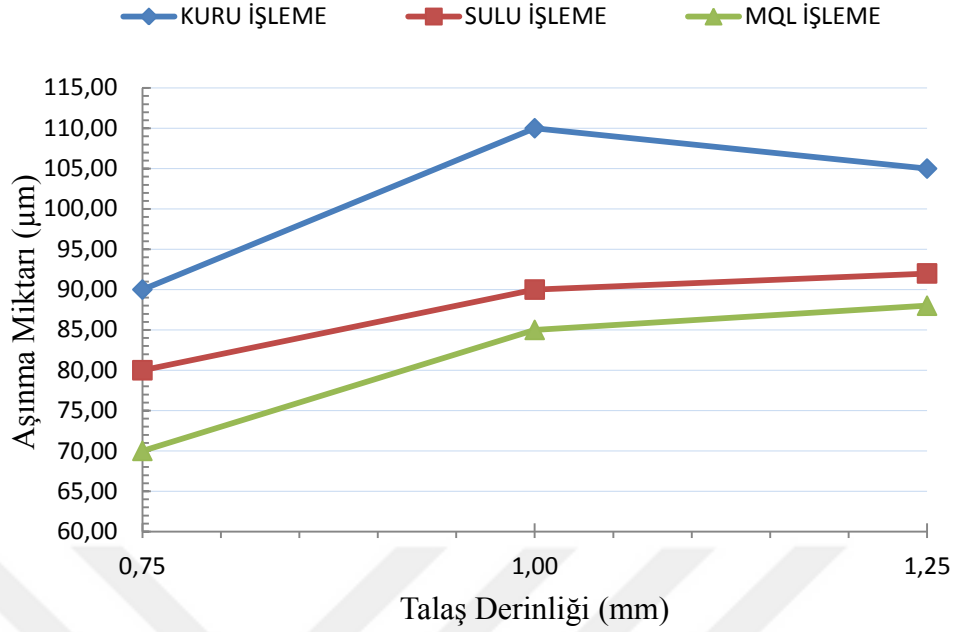
Şekil 9.60 Sabit Kesme Hızı (150 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.61 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,1 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.62 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,15 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi



Şekil 9.63 Sabit Kesme Hızı (175 m/dk) , Sabit İlerleme Miktarı (0,2 mm/dev) ve Farklı Soğutma Koşullarında Talaş Derinliğinin Kesici Takımın Aşınmasına Etkisi

Şekil 9.55, Şekil 9.59, Şekil 9.63'de oluşan grafiklere göre kuru işleme şartlarına göre 125 m/dk kesme hızında, 0,10 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde %25, sulu işleme şartlarına göre değişim olmamıştır. 125 m/dk kesme hızında 0,10 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %24 sulu işleme şartlarına göre %8 daha az aşınma gerçekleşmiştir. 125 m/dk kesme hızında 0,10 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %24 sulu işleme şartlarına göre %24 daha az aşınma gerçekleşmiştir.

150 m/dk kesme hızında, 0,15 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde %22, sulu işleme şartlarına göre %9 aşınma gerçekleşmiştir. 150 m/dk kesme hızında 0,15 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %36 sulu işleme şartlarına göre %7 daha az aşınma gerçekleşmiştir. 150 m/dk kesme hızında 0,15 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %22 sulu işleme şartlarına göre %6 daha az aşınma gerçekleşmiştir.

175 m/dk kesme hızında, 0,20 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde % 29, sulu işleme şartlarına göre %15 aşınma gerçekleşmiştir. 175 m/dk kesme hızında 0,20

mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %29 sulu işleme şartlarına göre %6 daha az aşınma gerçekleşmiştir. 175 m/dk kesme hızında 0,20 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde kuru işleme şartlarına göre %12 sulu işleme şartlarına göre %7 daha az aşınma gerçekleşmiştir

Kuru işleme şartlarına göre MMY ile yapılan deneylerde talaş derinliğine göre aşınma oranı %20 ile %30 arasında değişirken sulu işleme şartlarına göre ise ya hiç fark çıkmamakla beraber en fazla fark %10 olarak gerçekleşmiştir.

Tüm soğutma şartlarında yapılan çalışmalarda talaş derinliğine bağlı oluşturulan grafiklerde MMY işleme şartlarında kesici takımlardaki aşınma miktarı minimum düzeyde kalmıştır.

10. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

10.1. Genel Sonuçlar

Bu çalışmada AISI304 paslanmaz çeliğin tornalama yöntemiyle farklı işleme parametrelerinin ve soğutma yöntemlerinin talaş kaldırma yoluyla oluşan yüzey pürüzlülüğüne, takım aşınmasına, takım üzeri sıvanmaya olan etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Artan kesme hızlarında ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Kuru işleme şartlarında en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değeri 175 m/dk kesme hızında, 0,10 mm/dev. ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,733 μm olarak ölçülmüştür. Bunu sırasıyla 175 m/dk kesme hızında, 0,10 mm/dev. ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,883 μm ve 150 m/dk kesme hızında, 0,10 mm/dev. ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,895 μm olarak ölçüldü.

Kuru işleme şartlarında kesme hızı arttığında oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla 125 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 1,072 μm , 150 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 1,003 μm , 175 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 0,992 μm olarak ölçülmüştür.

Geleneksel olarak yapılan soğutma sıvılı işleme şartlarında kesme hızı arttığında oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla 125 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,641 μm , 150 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,937 μm , 175 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,892 μm olarak ölçülmüştür.

Geleneksel olarak yapılan soğutma sıvılı işlemlerde en iyi ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla; sırasıyla 125 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş

derinliğinde 0,641 μm , 175 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,797 μm , 150 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,820 μm olarak ölçülmüştür.

MMY sıvılı işleme şartlarında kesme hızı arttığında oluşan en iyi ortalama yüzey pürüzlülük değeri sırasıyla 125 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 1,735 μm , 150 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,819 μm , 175 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 1,822 μm olarak ölçülmüştür.

Geleneksel olarak yapılan soğutma sıvılı işlemlerde en iyi ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri sırasıyla; sırasıyla 150 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,819 μm , 175 m/dk kesme hızı, 0,15 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,884 μm , 125 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 0,922 μm olarak ölçülmüştür.

Sadece ortalama yüzey pürüzlülüğüne bakıldığında kuru işleme şartlarındaki en iyi yüzey pürüzlülüğü 175 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,733 μm olarak, en kötü yüzey pürüzlülüğü de 125 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 4,354 μm olarak gerçekleşmiştir. Geleneksel soğutma sistemiyle yapılan işlemede en iyi yüzey pürüzlülüğü 125 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 0,75 mm talaş derinliğinde 0,641 μm olarak, en kötü yüzey pürüzlülüğü de 175 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1,25 mm talaş derinliğinde 3,397 μm olarak gerçekleşmiştir. MMY ile yapılan işlemlerde en iyi yüzey pürüzlülüğü 175 m/dk kesme hızı, 0,1 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 0,819 μm olarak, en kötü yüzey pürüzlülüğü de 175 m/dk kesme hızı, 0,2 mm/dev ilerleme ve 1 mm talaş derinliğinde 43,474 μm olarak gerçekleşmiştir.

Her üç işleme şartlarında da artan ilerleme oranı ortalama yüzey pürüzlülük değerinde olumsuz yönde etkilediği yani ortalama yüzey pürüzlülük değerinin arttığı görülmüştür. Bu değerlerin bazı örnekleri Tablo 9.2, Tablo 9.3, Tablo 9.4'te verilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarda MMY ile yapılan tornalama işlemlerinde geleneksel

soğutma ile yapılan işlemlere yakın sonuçlar alınmakla beraber takım aşınması konusunda çok büyük farklılıklar tespit edilmemiştir. Ancak MMY yöntemi kullanılarak yapılan soğutma ile işlenen numunelerde daha başarılı sonuçların çıktığı görülmüştür. MMY yöntemi ile yapılan çalışmalarda talaş derinliğinin artması kesici takımdaki talaş kırıcı formun daha başarılı olduğunu göstermiştir. Bu sonucun çıkması hem talaşın kırılmasında hem de kırıldıktan sonra kesme bölgesinden hemen uzaklaştırılmasında basınçlı havanın etkili olduğunu düşündürmektedir.

Deney malzemelerinin işlenmesi esnasında kullanılan geleneksel sulu yöntem ile işlemede soğutma suyu (Bor yağı) miktarı her bir parça için yaklaşık olarak 7-8 litre toplamda ortalama 200 lt soğutma suyu (Bor yağı) kullanılmıştır. MMY ile yapılan deneylerde her bir parça için ortalama 0,2- 0,3 lt soğutma suyu (Bor yağı), toplamda ise yaklaşık olarak 8 lt soğutma suyu (Bor yağı) kullanılmıştır. MMY yönteminde soğutma sıvısı kullanımında oluşan bu oran hem soğutma suyu (Bor yağı) temin maliyeti hem de kullanılmış yağın bertarafı ile oluşacak maliyet bununla beraber çevreyi koruma bakımında MMY' nin avantajıdır. Ancak MMY ile yapılacak işlemlerde çalışma ortamının çok iyi havalandırılmış olması gerektiği görülmüştür.

10.2. Öneriler

Yapılan bu çalışmada geleneksel soğutma ve MMY ile yapılan tornalama işlemlerinde soğutma sıvısı takımın ve parçanın dışından tatbik edilmiştir. Bu soğutma işleminin kesici takım içinden yapılarak denenmesi,

Çapı büyük AISI304 malzemede daha fazla çalışma sürelerinde çalışarak takım aşınmasının ve ortalama yüzey pürüzlülüğünün tespiti,

Talaş derinliği aralıklarının artırılarak işleme yapılarak elde edilen verilerin kıyaslanması ve en uygun olanların tespit edilmesi önerilebilir.

11. KAYNAKÇA

- [1] **Tosun, N.; Kuru, C.; Altıntaş, A.,** 2010. "Hava ve Geleneksel Soğutma Yöntemi ile Frezelemede Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.*, cilt 25, no. 1, pp. 141-146.
- [2] **Grzesik W.,** 2008. *Advanced Machining Processes of Metallic Materials: Theory, Modeling and Applications*, Elsevier Science and Technology.
- [3] **Şahin, Y.,** 2000, *Talaş Kaldırma Prensipleri*, cilt 1, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti..
- [4] **Çakır, M.C.,** 2000, *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*, Bursa: Vipaş Yayınları.
- [5] **Yücel, E., Günay, M., Ayyıldız, M., Erkan, Ö., Kara, F.,** 2011. "Talaşlı İmalatta Kullanılan Kesme Sıvılarının İnsan Sağlığına Etkileri ve Sürdürülebilir Kullanımı", 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, 16-18 Mayıs.
- [6] **Rahman, M., Kumar, S.A., Salam, M.U.,** 2001. "Evaluation Of Minimal Quantities of Lubricant In End Milling", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, cilt 18, pp. 235-241.
- [7] **Obikawa, T., Kamata, Y., Shinozuka, J.,** 2006. "Highspeed Grooving With Applying MQL", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, cilt 46, pp. 1854-1861.
- [8] **Demir, H., Ulaş, H.B., Zeyveli, M.,** 2009, "Talaşlı Üretimde Kullanılan Kesme Sıvılarından İstenen Özellikler", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, 13-15 Mayıs.
- [9] <http://www.catiaturk.com/date/2012/09>. 05 Eylül 2014.
- [10] **Tan, X.C., Liu F., Cao H.G, Zhang H.,** 2002, "A Decision-Making Framework Model Of Cutting Fluid Selection For Green Manufacturing and A Case Study", *Journal of Materials Processing Technology*, cilt 129, pp. 467-470.
- [11] **Rahman, M., Kumar, S.A., Salam, M.U.,** 2002. "Experimental Evaluation On The Effect Of Minimal Quantities Of Lubricant In Milling", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, cilt 42, pp. 539-547.
- [12] **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.

- [13] **Varadarajan, A.S., Philip, P.K., Ramamoorthy, B.,** 2002. "Investigations On Hard Turning With Minimal Cutting Fluid Application (Htmf) And Its Comparison With Dry And Wet Turning", *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, cilt 42, pp. 193-200.
- [14] **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*.
- [15] **Wertheim, R., Ber, A., Rotberg J.,** 1992. "Influence Of High Pressure Flushing Through The Rake Face Of The Cutting Tool", *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, cilt 41, no. 1, pp. 101-106.
- [16] **Chepe M.,** 1994. "Cutting-Fluid-Injection of the-Tool-Chip-Interface-to-Improve-Machining-Performance", *Journal of Engineers, India*.
- [17] **Mazurkiewicz M.,**1999. “Metal Machining-with High Pressure Water Jet Cooling Assistance- A New Possibility” *Journal of- Engineers-for-Industry*.
- [18] **Khan M. M. A.,** 2009. “Effect of Minimum Quantity of Lubrication -on Turnin AISI 9330 Alloy Steel Using Vegetable-Oil-Based-Cutting-Fluid” *Journal of Materials-Processing-Technology*.
- [19] **Dhar, N. R., Ahmed, N.T.,; Islam, S.,** 2007. "An Experimental Investigation On Effect Of Minimum Quantity Lubrication In Machining AISI 1040 Steel", *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, cilt 47, pp. 748-753.
- [20] **Dhar, N.R., Islama, S., Kamruzzaman, M.,** 2006. "Effect Of Minimum Quantity Lubrication (MQL) On Tool Wear, Surface Roughness In Turning AISI-4340 Steel", *Journal Of Materials-Processing-Technology*, cilt 172, pp. 299-304.
- [21] **Dinesh G.,** 2010. “Investigation-and-Optimization of Lubricant-Parameters in High Speed-Turning of Superalloy-Inconel 718”, *International Journal of Advanced Manufacturing-Technology*.
- [22] **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.

- [23] http://www.me.mtu.edu/~jwsuther/Publications/31_Cutting_Fluids_Michigan_Tech_final.pdf . 14 Kasım2012.
- [24] **Adler, D. P., Hii, W. S., Michalek, D. J., Sutherland, J. W.,** "Examining the Role of Cutting Fluids in Machining and Efforts to Address Associated Environmental/Health Concerns",Department of Mechanical Engineering – Engineering Mechanics Sustainable Futur.
- [25] **Weinert, K., Inasaki, I., Sutherlands, J., Wakab, T.,** 2004. "Dry Machining And Minimum Quantity Lubrication", *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, cilt 53, pp. 511-537.
- [26] **Hamdan, A., Fadzil, M., Abou-El-Hossein, K.A., Hamdi, M.,** http://www.seed-net.org/download/1-1_PAPER1.pdf. 29 Ekim 2012, [Çevrimiçi].
- [27] **Akben, U.,** 2009. "Minumum Miktarda Yağlama İle Kesmenin Takım Aşınması Ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi,İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [28] **Klocke, F., Einesblatter, G.,** 1997, «Dry Cutting,» *Annal Of The Cirp*, cilt 46.
- [29] **Ueda, T., Hosokawa, A., Yamada, K.,** 2006, "Effect Of Oil Mist On Tool Temperature In Cutting," *Journal Of Manufacturing Science And Engineering*,128, pp. 130-135.
- [30] **Heinemann, R., Hinduja, S., Barrow, G., Petuelli, G.,** 2006. "Effect Of Mql On The Tool Life Of Small Twist Drills İn Deep-Hole Drilling", *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, cilt 46, pp. 1-6.
- [31] **Şimşek, B.T.,** 2010, "Bitkisel Esaslı Kesme Sıvılarının ve Takım Tutucularının Frezelemedeki Performansının Araştırılması",Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Makine Mühendisliği, Gebze.
- [32] **Vikram, C.H., Kumar, R., Ramamoorthy, B.,** 2007. "Performance Of Coated Tools During Hard Turning Under Minimum Fluid Application", *Journal Of Materials Processing Technology*, cilt 185, pp. 210-216.
- [33] **Machado, A.R., Wallbank, J.,** 1997. "The Effect Of Extremely Low Lubricant Volumes In Machining", *Wear*, cilt 210, pp. 76-82.
- [34] **Itoigawa, F., Childs, T.H.C., Nakamura , T., Belluco, W.,** 2006. "Effects And Mechanisms In Minimal Quantity Lubrication Machining Of An Aluminum

Alloy", *Wear*, cilt 260, pp. 339-344.

- [35] **Liao Y. S., Lin, H. M., Chen, Y. C.,** 2007. "Feasibility Study Of The Minimum Quantity Lubrication In High-Speed End Milling Of Nak 80 Hardened Steel By Coated Carbide Tool", *International Journal Of Machine Tools & Manufacture*, cilt 47, no. 11, pp. 1667-1676.
- [36] **Güllü, A., Poyrazoğlu, O.,** 2000. "İmalatta Süper Bitirme İşlemi ve Taşlama ile Karşılaştırılması", *Teknoloji*, cilt 3, no. 1, pp. 49-58.
- [37] **Groover, P.M.,** 2002. "Fundamentals of Modern Manufacturing", Materials Processing and Systems, (2nd ed.), pp. 558-560, Wiley, New York.
- [38] http://www.cozumpetrol.com/web/index.php?option=com_content&task=view&id=63&Itemid=74. 23 Mart 2012.
- [39] <http://www.petkopenrol.com/destek.php?id=6>. 23 Mart 2012.
- [40] **Mamidi , V.K., Xavier, M. A.,** 2012 "A Review On Selection Of Cutting Fluids", *Abhinav National Monthly Refereed Journal Of Research In Science & Technology*, cilt 1, no. 5, p. 7, May 2012.
- [41] <http://www.masterchemical.com/db-docs/technical-articles/selectin.pdf>. 6 Ekim 2012.
- [42] **Özçatalbaş, Y., Baş, A.,** 2006. "Tornalamada Hava Püskürtme İle Soğutmanın Kesme Kuvvetleri ve Takım Ömrüne Etkilerinin Araştırılması", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, cilt 21 No:3, pp. 451-455.
- [43] **Silliman, J.D., Perich., R.,** 1992. "Cutting and Grinding Fluids: Selection and Application". Second Edition, Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineer,p.216.
- [44] **Bienkowski, K.,** 1993. Coolants & Lubricants- The Truth,The Truth, Manufacturing.
- [45] **Akkurt, M.,** 2000, Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [46] <http://its.foxvalleytech.com/MachShop1/coolant/cutfluids.htm> 20 Ekim 2012.
- [47] <http://www.solverkimya.com/site/makaleler/madeni-yag-makaleleri/madeni-yag-ansiklopedisi-solver-kimya.html>. 28 Ekim 2014.
- [48] **Durak, E.; Çulcuoğlu, E., Karaosmanoğlu, F.,** 2001. "Hidrolik Yağların

Katkıları", pp. 37-45.

- [49] **Dolapcı, F.**, 2010, "Bitkisel Kesme Sıvılarının Bileşim-Özellik Bağıntılarının Modellenmesi" Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gebze.
- [50] **Durak, E.**, 1998, "*Farklı Yükleme Şekillerinde Yağ Ve Yağ Katkı Maddelerinin Yatak Performansına Etkileri*", *Doktora Tezi*, Isparta.
- [51] **Durak, E.**, 2001. "Yağlama- Yağ Katkı Maddeleri", Makine & Metal Teknolojisi, cilt 109, pp. 59-66.
- [52] **Özen, A.**; Onural, A.Ş., 2001. "Egzoz Emisyon Sistemlerinin Neden Olduğu Çevre Kirliliği", VII.Otomotiv ve Yan Sanayii Sempozyumu, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Bursa, pp. 107-112.
- [53] Petrol Ofisi A.Ş., Petrol Ofisi Ürünler El Kitabı , Hidrolik Sistem Yağları, 1985, Nurol Matbacılık, Ankara, pp. 50-54.
- [54] **Müjdeci, S.; Kalaeli, H.**, 2010. "Motor Yağı Katkı Maddeleri, Özellikleri Ve Etkileşimleri", *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, cilt 28, no. 2, pp. 138-149.
- [55] http://www.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/bb4f1dbba86ff04_ek.pdf 20 Ocak 2015.
- [56] **Cerit, A.M.**, 1996, "Makine Mühensilği El Kitabı,Üretim Ve Tasarım" , cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayın No:170, p. 424.
- [57] Nordic Council of Ministers, 2002. IVL Swedish Environmental Research Institute; VTT. Environmentally Acceptable Metalworking Processes..
- [58] **Anaç, N., Ay, İ.**, 2012, <http://w3.balikesir.edu.tr/~ay/articles/UlusalEO1.pdf>, 10 Ekim 2012.
- [59] <http://www.dermatitis-page.info/> 10 Kasım 2012.
- [60] http://www.steadyhealth.com/articles/Folliculitis_a250.html. 11 Kasım 2012.
- [61] http://www.ehealthhut.com/health_information_articleview.php?art_ID=18. 11 Kasım 2012.
- [62] *İşçi Sağlığı ve İşgüvenliği Tüzüğü, 11.Ocak.1974 Tarih Ve 14765 Sayılı Kanun.*

- [63] Euro Inox,2008. "Paslanmaz Çeliklerin Biçimlendirilme Potansiyeli", Malzemeler ve Kullanımları Serisi, cilt 8, no. 1, pp. 2-12, 2008.
- [64] **Erdoğan, M.**, 2000. "Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri", 2. baskı, Nobel Yayın Dağıtım.
- [65] **Tekin, A.**, 1981. "Çeliklerin Metalurjik Dizaynı", Doyuran Matbaası, İstanbul.
- [66] **Tekaslan Ö., Gerger N., Şeker U.**, 2008. "Cnc Torna Tezgahında AISI 304 Çeliklerin İşlenmesinde Optimum Yüzey Pürüzlülüğü Sağlayacak Kesme Parametrelerinin Tesbiti", *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, no. 16, pp. 97-103, 2008.
- [67] **Çiftçi İ., Balcı B.**, 2009."AISI 304 Östenitik Paslanmaz Çelik Malzemenin İşlenmesinde Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi", I. ULUSAL TALAŞLI İMALAT SEMPOZYUMU , p. 136.
- [68] **Korkut,İ., Kasap, M., Çiftçi, İ., Şeker, U.**, 2004., "Determination of optimum cutting parameters".
- [69] **Akkurt M.**, 1999. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- [70] Tool-Wear-and-Tool Life, Asm-Handbook, Wolume 16, Maching, 2002.
- [71] **Altınkaya, E.; Güllü, A.**, 2008. "AISI 316 Östenitik Paslanmaz Çeliğin İşlenmesinde Talaş Kırıcı Formunun Takım Aşınmasına ve Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi", *Politeknik*, cilt 11, no. 1, pp. 13-17.
- [72] **Özdemir, U.; Erten, M.**, 2003. "Talaşlı İmalat Sırasında Kesici Takımda Meydana Gelen Hasar Mekanizmaları ve Takım Hasarını Azaltma Yöntemleri", *Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, cilt 1, no. 1, pp. 37-50.
- [73] <http://www.euro-inox.org/e/map/other/video/100years/TR/DSL.html>. 04 Mart 2014.
- [74] **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.
- [75] **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*.
- [76] **Boothrayd G.**, 1981. "Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools",

International Student Edition 5th Printing, New York.

- [77] **Kandemir K., Özdemir A.**, 1999. "Seramik Kesici Uçlarla Tornalamada Taşlama Kalitesinde Yüzeylerin Elde Edilme Şartları", Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Dergisi, Cilt2, Zonguldak, S 119-129.
- [78] **Kavak N., Üste, I N.**, 2012. "AISI 1040 Çeliğinin Kuru Tornalamasında Yüzey Pürüzlülüğünün İncelenmesi", Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, S 24-29.



EKLER

From: Mehmet Buyruk [mailto:m_buyruk44@hotmail.com]
Sent: Saturday, March 01, 2014 3:38 PM
To: pasder@pas-der.com
Subject: Paslanmaz çeliklerin biçimlendirilmesi

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Talaşlı İmalat Anabilim Dalında yüksek lisans yapmaktayım Tezimin Konusu "**Minimum Miktarda Yağlama Yönteminin AISI 304 Paslanmaz Çeliğin İşlenebilirliğine Etkisi**" dir.

Derneğinizin de üye olduğu Euro-inox birliğinin yayınlamış olduğu ve

http://www.euro-inox.org/pdf/map/FormingPotential_TR.pdf

adresindeki dergide bulunan ve konumla ilgili olan paslanmaz çeliklerle ilgili bilgileri kaynak belirterek tezimde kullanmak istiyorum. Dergide Bildirimler başlığı altında yer alan " Ayrıca bu broşürdeki bilgilerin yayın hakları mahfuz olup, iktibas edilmesi, alıntı yapılması, yayımcı kuruluşun yazılı iznini gerektirir." denmektedir. Bu gerekçeyle yazılı izninizi istiyorum.

Çalışmalarınızda başarılar dilerim.

Mehmet Buyruk

Malatya/Battalgazi Şehit Kemal Özalper Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi
Makine Teknolojileri Alanı Öğretmeni

Gönderme tarihi: 03 Mart 2014 Pazartesi 20:03:20
Kime: 'Mehmet Buyruk' (m_buyruk44@hotmail.com)
Bilgi: ufukleflef@superonline.com

Sayın Mehmet Buyruk

Aşağıda görüldüğü üzere EURO INOX BRÜKSEL Paslanmaz Çelik Birliği yetkilisi Mr. Thomas PAULY'nin talebinize olumlu cevap vermiş olması sevindirici bir durumdur.

İstediğiniz bilgileri tezinizde kullanmanız için izin verilmiştir. Bilgileri kullandığınız Bölümlerin her aşamada işaretlenmesi ve kaynağının belirtilmesi şarttır. Bu husus uluslararası bilimsel yardımlaşma ögesi olup, yukarıda belirtilen şartla kullanılabilir.

Başarılar diler, tezinizde ve çalışmalarınızdan her aşamada bir kopyanın dernek merkezimize gönderilmesini rica ederiz. Bu mesajımızın ve karşılıklı yazışmaların tamamının bir çıktısını alıp dosyanızda muhafaza ediniz.

Selam ve Sevgiler

UFUK LEFLEF

PASLANMAZ ÇELİK DERNEĞİ BAŞKANI

İstanbul, 03.03.2014

Telefon : 0212-351 33 01 begin_of_the_skype_highlighting

E-Mail : pasder@pas-der.com

www.pas-der.com

From: Thomas Pauly [mailto:thomas.pauly@euro-inox.org]

Sent: Monday, March 03, 2014 3:12 PM

To: LEFLEF, Ufuk (ufukleflef@superonline.com)

Subject: FW: Verformung der Nirosta - Broschüre nr. 8

Lieber Ufuk,

im Rahmen einer Dissertation kann diese Publikation selbstverständlich als Quelle genutzt werden, sofern der Autor wörtliche oder sinngemäße Übernahmen als solche kennzeichnet und mit einem Quellenhinweis versieht. Insofern gelten hier dieselben Regelungen, wie sie allgemein bei wissenschaftlichen Publikationen üblich sind.

Ich wünsche Herrn Bayuk bei seiner Arbeit viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

Thomas

From: ufuk.leflef@pas-der.com

To: euro-inox@live.be

CC: ufukleflef@superonline.com

Subject: FW: Verformung der Nirosta - Broschüre nr. 8

Date: Sat, 1 Mar 2014 18:24:57 +0200

Lieber Thomas ,

Die unten in Türkisch ersichtliche Message wurde von der FIRAT-UNIVERSITAET-TÜRKEI

an unser Verein vorgelegt. Herr Mehmet BUYRUK, der Maschienenbau-Technologie

unterrichtet, bittet schriftliches Erlaubnis, ob die technische Informationen in dieser

Broschüre für ihn als Basis seiner Distatation verwendet werden darf. Er wird sicherlich

die Broschüre als QUELLE seiner Arbeit nennt. Ich bitte Dich umgehend per E-Mail

um Erlaubnis der EURO INOX.

In der Hoffnung von Dir Anfang der naechsten Woche hören zu können,

Beste Grüsse

UFUK LEFLEF

PASDER

ÖZGEÇMİŞ

13 Haziran 1975 yılında Malatya’da doğdum. İlkokul, Ortaokul ve Lise eğitimimi Malatya’da tamamladıktan sonra, 1994 yılında Elazığ Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Anabilim Dalı Makine Öğretmenliği bölümüne kaydoldum ve 1998 yılında mezun oldum. 1999 yılında İstanbul ili Bayrampaşa İlçesinde bulunan o zamanki adı İnönü Anadolu Teknik, Teknik ve Endüstri Meslek Lisesine Makine Öğretmeni olarak atandım. 2001-2002 yılında askerlik görevimi Ağrı ilinde yedek subay öğretmen olarak yaptım. 2007 2009 yılları arasında Beykent Üniversitesi İşletme Ana Bilim Dalı Eğitim Yönetimi ve Denetimi Bilim Dalında yüksek lisans eğitimi yaptım. 2008 yılında Malatya iline tayinim oldum ve aynı yıl Hacı Hasan Kavuk Mesleki Eğitim Merkezinde çalıştıktan sonra 2009 yılından itibaren Şehit Kemal Özalper Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesine atandım ve halen aynı okulda görev yapmaktayım. Evli ve 2 çocuk babasıyım.

Mehmet BUYRUK