

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ FREZE İLE İŞLENMESİNDE
MİNİMUM SOĞUTMA SIVISI KULLANMANIN PERFORMANS
KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ**

Mesut HÜSEYİNOĞLU

Tez Yöneticisi

Yrd. Doç. Dr. Nihat TOSUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ FREZE İLE İŞLENMESİNDE
MİNİMUM SOĞUTMA SIVISI KULLANMANIN PERFORMANS
KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ**

Mesut HÜSEYİNOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

TEŞEKKÜR

Özverili bir çalışma sonucunda ortaya çıkan bu tezin hazırlanmasında; bilgisini, tecrübelerini ve ilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalışma ve diğer tüm çalışmalarım süresince desteğini gördüğüm sayın tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Nihat TOSUN hocama, ayrıca yüksek lisans çalışmalarım süresince yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocalarım, F.Ü. Müh. Fak. Makine Mühendisliği Bölüm Başkanı, Prof. Dr. Ali İNAN' a ve Konstrüksiyon ve İmalat ana bilim dalı öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Cihan ÖZEL' e yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Maddi desteklerinden dolayı, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP, 1344) birimine teşekkür ederim.

Şubat, 2008

Mesut HÜSEYİNOĞLU

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ FREZE İLE İŞLENMESİNDE
MİNİMUM SOĞUTMA SIVISI KULLANMANIN PERFORMANS
KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ**

Mesut HÜSEYİNOĞLU

Yüksek Lisans Tezi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu tez, tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman:

Üye: Yrd. Doç. Dr. Nihat TOSUN (Danışman)

Üye: Doç. Dr. Niyazi ÖZDEMİR

Üye: Yrd. Doç. Dr. Latif ÖZLER

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
ŞEKİLLER LİSTESİ	III
TABLOLAR LİSTESİ	V
SEMBOLLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
1.GİRİŞ	1
2. ALÜMİNYUM ve ALAŞIMLARI	7
2.1. Alüminyumun Özellikleri	7
2.2. Alüminyum Alaşımları ve Özellikleri	9
2.3. Alüminyum ve Alaşımlarında Isıl İşlemler	9
2.4. Alüminyum ve Alaşımlarının Talaşlı İşlenebilirliği	10
3. TALAŞLI İMALATTA KULLANILAN KESME SIVILARI	13
3.1. Kesme Sıvısının Fonksiyonları	14
3.1.1. Yağlama fonksiyonu	14
3.1.1.1. Hidrodinamik Yağlayıcılık	14
3.1.1.2. Polar Yağlayıcılık	14
3.1.1.3. Yüksek Basıncılı (EP) Yağlayıcılık	15
3.1.2. Soğutma Fonksiyonu	15
3.1.3. Kaynağı Önleme Fonksiyonu	15
3.2. Kesme Sıvılarının Geliştirilmesi	15
3.3. Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması	16
3.3.1. Neat Kesme Sıvıları	16
3.3.2. Emülsiyonlar	16
3.3.3. Sentetik Ürünler	17
3.3.4. Yarı Sentetik Ürünler	17
3.4. Kuru İşleme ve Minimum Yağlama	18
3.5. Kesme Sıvılarının Neden Olduğu Cilt Hastalıkları	18
3.5.1. Kesme Yağının Seçimi	20
3.5.2. İşletme Şartları	20
3.5.3. İşletmelerin Havalandırılması	20

	Sayfa No:
3.5.4. İşin Tipi	21
3.5.5. Cilt Hastalıklarına Karşı Alınacak Önlemler	21
4. DENEY ÇALIŞMALARI	22
4.1. Deney Koşulları ve Belirlenmesi	23
4.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Tespiti	24
5. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA	28
5.1. Soğutma Yönteminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	28
5.2. İlerleme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	30
5.3. Devir Sayısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	34
5.4. Kesici Takım Malzemesinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi	38
6. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Talaşlı üretimde soğutma sıvısının kullanımı

Şekil 4.1. Deneylerin yapıldığı tezgah

Şekil 4.2. Kesme işlemi

Şekil 4.3. Deney numunesi

Şekil 4.4. Frezeleme işleminde kesici takım dönme ve iş parçası hareket yönü

Şekil 4.5. Yüzey pürüzlülüğü için ölçüm yapılan bölgeler

Şekil 5.1. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, HSS freze)

Şekil 5.2. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, TiN freze)

Şekil 5.3. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, Karbür)

Şekil 5.4. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=260$ dev/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.5. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=780$ dev/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.6. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=1330$ dev/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.7. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=260$ dev/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.8. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=780$ dev/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.9. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=1330$ dev/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.10. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi

($n=260$ dev/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.11. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi

($n=780$ dev/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.12. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi

($n=1330$ dev/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.13. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=20$ mm/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.14. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=40$ mm/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.15. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=80$ mm/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.16. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=20$ mm/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.17. Yüzey pürüzlülüğünün devir sayısı ile değişimi ($f=40$ mm/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.18. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=80$ mm/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.19. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=20$ mm/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.20. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=40$ mm/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.21. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=80$ mm/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.22. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi

($f=20$ mm/dak, MSS (1/10))

Şekil 5.23. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi
(f=20 mm/dak, MSS (9/10))

Şekil 5.24. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi
(f=20 mm/dak, Geleneksel (1/10))

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Alüminyumun fiziksel özellikleri [18]

Tablo 2.2. Alüminyumun imalat şekline göre mukavemet özellikleri [19]

Tablo 2.3. Sertliği 50-150 BHN(BSD) olan Al alaşımlarının işlenmesinde oluşan talaş miktarı[3]

Tablo 4.1. Deneylerde kullanılan parametreler

Tablo 4.2. AA 7075' in kimyasal bileşimi

Tablo 5.1. Kesici freze takımlarının sertlik değerleri [24]

SEMBOLLER LİSTESİ

A	: Alan, m^2
d	: Takım çapı, mm
E	: Elastisite modülü, N/mm^2
F	: Cisme uygulanan kuvvet, N
F_s	: Kayma düzlemine paralel kuvvet, N
F_n	: Kayma düzlemine dik kuvvet, N
F_f	: İlerleme kuvveti, N
F_c	: Kesme kuvveti, N
f	: İlerleme miktarı, mm/dev
G	: Kayma modülü, N/mm^2
h	: Kesme derinliği, mm
k	: Isı geçirgenlik katsayısı, W/mK
m	: Kütle, kg
n	: Devir sayısı, dev/dak
P	: Basınç, Pa (N/m^2)
Q	: Hacimsel debi, lt/dak
R_a	: Ortalama yüzey pürüzlülük değeri, μm
R_y	: Maksimum yüzey pürüzlülük değeri, μm
R_z	: Ortalama yüzey pürüzlülük yüksekliği, μm
T	: Takım ömrü, işletme saati
V	: Hacim, m^3
V_c	: Kesme hızı, m/dak
V_t	: Talaş hacmi, m^3
μ	: Dinamik viskozite, kg/m.s
ν	: Kinematik viskozite, m^2/s
ρ	: Yoğunluk, kg/m^3
ϵ	: Uzama ve kısalma miktarı, %
σ	: Normal gerilme, N/mm^2
τ	: Kayma gerilmesi, N/mm^2
r	: Atom ağırlığı, gr
θ	: Talaş açısı
ϕ	: Yaklaşma açısı

KISALTMALAR LİSTESİ

AA	: Alüminyum alaşımı
AISI	: Amerikan demir ve çelik enstitüsü
AW	: Aşınmaya karşı dirençli madde
BSD	: Brinell sertlik değeri
BUE	: Talaş yapışması ve sıvanması
CBN	: Kübik bor nitrürlü kesici takım
CNC	: Bilgisayar kontrollü takım tezgâhları
CVD	: Kimyasal buharlaştırma metodu ile kaplanmış takımlar
ÇKE	: Çok kristalli elmas takım (PCD)
EP	: Aşırı basınç
HMK	: Hacim merkezli kübik yapıya sahip kafes sistemi
HRC	: Rockwell sertlik değeri
HRV	: Vickers sertlik değeri.
HSP	: Hegzagonal sıkı paket kristal yapı
KSM	: Sinterlenmiş karbür uçlar
MSS	: Minimum soğutma sıvısı
MQL	: Minimum quantity lubrication
MMC	: Metal matriksli kompozit
PVD	: Fiziksel buharlaştırma metodu ile kaplanmış takımlar
SAE	: Amerikan otomotiv mühendisler birliği
TiN	: Titanyum nitrür kaplama malzemeli kesici takım
WC	: Tungsten karbür takımlar
YHÇ	: Yüksek hız çeliği (HSS)
YMK	: Yüzey merkezli kübik yapıya sahip kafes sistemi

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

7075 ALÜMİNYUM ALAŞIMININ FREZE İLE İŞLENMESİNDE MİNİMUM SOĞUTMA SIVISI KULLANMANIN PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Mesut HÜSEYİNOĞLU

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

2008, Sayfa : 48

Bu çalışmada, 7075 alüminyum alaşımı bir malzemenin minimum soğutma sıvısı ve geleneksel soğutma tekniği kullanılarak frezelenmesi işleminde performans karakteristikleri üzerinde işleme parametrelerinin etkisi deneysel olarak incelendi. Performans çıktıları olarak iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve çapak yüksekliği ele alındı. Minimum soğutma sıvısı ile işlemede kesme sıvısı pulverize bir şekilde iş parçası ile kesici takım arasına gönderildi. Kesme sıvısı olarak bor yağı ve su karışımı kullanıldı. Deneyler farklı kesici takımlar (HSS, TiN ve Karbür), devir sayıları (260, 780 ve 1330 dev/dak) ve ilerleme hızlarında (20, 40 ve 80 mm/dak) yapıldı. Yapılan deneylerde çapak oluşumu görülmediğinden yorumlar yüzey pürüzlülüğü dikkate alınarak yapıldı. Deneylerde ilerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı fakat devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı tespit edildi buna ek olarak karbür takımlarla yapılan deneylerde TiN ve HSS takımlara göre daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edildi.

Anahtar Kelimeler: Minimum soğutma sıvısı, alüminyum, frezeleme, yüzey pürüzlülüğü.

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF MINIMUM QUANTITY COOLANT USAGE ON PERFORMANCE CHARACTERISTIC IN MILLING OF 7075 ALUMINUM ALLOY

Mesut HÜSEYİNOĞLU

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Engineering
2008, Page : 48

In this study, effect of machining parameters on performance characteristics in milling of 7075 aluminum alloy by using minimum and conventional quantity coolant was experimentally investigated. Performance outputs are the surface roughness of work piece and burr height. The cutting fluid in machining with minimum quantity coolant was sent between work piece and cutting tool as pulverize. The mixture of boron oil and water was used as the cutting fluid. The experiments were performed with different cutting tools (HSS, TiN and Carbide), spindle speeds (260, 780 and 1330 rev/min) and feed rates (20, 40 and 80 mm/min). Any burr formation was not seen in the experiments so comments are made by taking into consideration surface roughness. In experiments it is determined that the surface roughness was increased when feed rate was increased but the surface roughness was reduced when the spindle speed was increased. In addition to the results of surface roughness are taken from experiments are made carbur tools better than TiN and HSS tools.

Keywords: Minimum quantity coolant, aluminum, milling, surface roughness.

1. GİRİŞ

Demir dışı alaşımlar otomotiv, uçak, uzay, silah, elektrik-elektronik, ısıtma-soğutma vb. sanayinin birçok alanında kullanılmaktadırlar. Fakat demir dışı alaşımların bu alanlarda kullanılabilmesi için belli üretim aşamalarından geçerek nihai ürün haline gelmeleri gerekmektedir. Ancak bu malzemelerin nihai ürün haline gelebilmesi için yapılan üretim işlemleri (kaynak, lehim, talaşlı üretim vs.) oldukça zor ve maliyetlidir bunun için son zamanlarda demir dışı alaşımların bazı imalat yöntemlerinde kullanılması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Demir olmayan alaşım tabirinden maksat herhangi bir metalde esas elemanın demir olmadığı alaşımlar anlaşılır. Çok özel durumların dışında, demir olmayan metallerde alaşım elemanları bulunur ve saf halde kullanılmazlar. Alaşımların mekanik özellikleri saf metallerin özelliklerine nazaran daha iyidir. Ana hatları ile demir olmayan metallerin demir esaslı olanlara nazaran bazı üstünlükleri vardır. Bunlar özetle şunlardır:

- Düşük yoğunluk (bakır hariç).
- Yüksek elektrik iletkenliği
- Yüksek ısı iletkenliği
- Manyetik değildir
- Atmosferik şartlarda daha iyi korozyon direnci
- Özel kimyasal etkili şartlarda iyi korozyon direnci
- Kolay işlenebilme özelliği
- Daha iyi görünüm

Demir olmayan metallerin demir esaslı metallere göre bazı dezavantajları şöyledir:

- Yüksek maliyet
- Daha az dayanım
- Yüksek genleşme katsayısı
- Düşük ergime noktası
- Daha küçük Elastisite modülü
- Daha pahalı kaynak, lehim tekniklerine ihtiyaç vardır.

Genel olarak demir dışı malzemeler ile demir esaslı malzemelerin talaş kaldırarak işleme tekniği; şekli, boyutları ve yüzey kalitesi önceden belirlenmiş parçaların metal işleme makinelerinde kesme operasyonu ile şekillendirilmelerini kapsar [1]. Talaşlı imalat, kesici takım ve iş parçasının nispi hareketleri ile iş parçasının belirli bir kısmında, gerilim oluşturarak gerçekleştirilir. Diğer bir ifadeyle talaşlı imalat kesici takım tarafından uygulanan kesme kuvvetleri ile iş parçası arasındaki ara etkileşime bağlıdır. Talaşlı imalat işlemlerinde mekanik

enerji kullanılır. Bu gruba giren bazı yeni imalat tekniklerinde ise kimyasal, elektrik ve ısı enerjisi kullanılmaktadır.

Plastik ve seramik malzemeler gibi demir dışı malzemeler de talaş kaldırılarak işlenebilir. Plastik malzemeler moleküler yapıya sahip olmalarına rağmen belirli toleranslar dâhilinde talaşlı imalat yöntemleriyle işlenebilirler [2]. Metallere kıyasla plastik malzemelerin elastisite modülleri düşüktür ve kesme kuvvetleri etkisi altında kolaylıkla esneyebilirler. Bu nedenle bu grup malzemelerin tezgâha çok iyi bir şekilde bağlanması ve desteklenmesi gerekmektedir. Genelde plastikler düşük ısıl iletkenliğe sahiptirler. Bu yüzden kesme bölgesinde yoğunlaşan ısı bütün iş parçası boyunca dağıtılamaz ve işlenen yüzeyde aşırı ısınma meydana gelir. Seramik esaslı malzemeler ise büyük bir kısmı sert ve aşındırıcı karakterde olduğu için bu malzemelerin talaşlı işlenmesi sınırlı seviyede gerçekleştirilir ve talaşlı işlemleri yine daha sert olan diğer bir seramik takımla sağlanmaktadır. Demir esaslı malzemelerle yapılan talaş kaldırma işlemlerinde, iş parçasının yüzey kalitesi, istenen ölçü ve biçim hassaslığının elde edilmesi için gerekli şartlar çok yüksektir. Bu hedefe mümkün olduğu kadar düşük maliyetle erişilmelidir. Talaş kaldırma işlemi esnasında kesici takım ile iş parçası arasındaki temas yüzeyinde meydana gelen sürtünme ve malzeme deformasyonu sonucu oldukça yüksek bir ısı ortaya çıkar. Talaş kırma ve kaldırma için kullanılan mekanik enerji bu sırada hemen hemen tümüyle ısı enerjisine dönüşür. Takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısı üç yolla, yani ya iş parçası ya takım veya talaşla dışarı atılır [3]. İş parçası fazla ısı alırsa, genleşmeden dolayı parçanın ölçü tamlığı sağlanamaz. Bu fazla ısı iş parçası yüzeyine ısı olarak zarar da verebilir. Kesici takım fazla ısı alırsa kesici uç aniden bozulabilir ve takım ömrünü azaltabilir. İdeal olan çoğu ısının talaş tarafından taşınmasıdır. Bu transfer edilen ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olduğundan talaş renginin değişmesinin de göstergesidir. Soğutma sıvısı kullanılması durumunda ise talaş ve takım ara yüzeyinde oluşan ısının taşınması veya tahliyesi daha kolay olmaktadır [3,4]. Uygun soğutma sıvısı ile takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısının en azından % 50'si kesme sırasında talaşla birlikte dışarı tahliye edilir [3,4].

Talaşlı veya talaşsız imalat işlemleri sırasında kullanılan soğutma sıvılarının, hatasız ve etkin üretim açısından büyük önemi vardır. Bu maddelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, imalat işlemi sırasında ortaya çıkan ısı veya mekanik nedenli hasarların azalması veya önlenmesini sağlar. Soğutma/yağlama maddeleri, doğru kullanıldıkları takdirde, bir yandan iş parçasının boyutları ve biçiminde yüksek hassasiyet ve daha iyi yüzey kalitesi sağlarken, öte yandan takımlar için daha uzun kullanım ömrünü güvenceye alırlar.

Talaşlı imalatla, kesme sıvısı soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle hala çok önemli bir yer tutmaktadır. Ancak diğer yönden bunlar çevre ve insanlar için bir tehlike potansiyeli doğurmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden

olmaktadır [5,6]. Önemli fonksiyonlarına rağmen talaşlı imalat çalışmalarında kesme sıvısı kullanımını azaltmak için yoğun uğraşlar verilmektedir. Minimum miktarda soğutma sıvısı, kesme sıvısını azaltmanın bir çözümü olarak göz önüne alınmaktadır. Özellikle alüminyum alaşımlarının işlenmesindeki gibi pratik uygulamalar için kullanılmaktadır [6]. Geleneksel soğutma teknikleri kullanılarak alüminyumun işlenmesinde kullanılan soğutma sıvıları, diğer malzemelerinkine göre daha pahalıdır. Çünkü karışımdaki yağın daha yüksek konsantrasyona sahip olması gerekmektedir. Böylece minimum miktardaki yağlama (MSS) alüminyumun işlenmesi için büyük yarar sağlayacaktır [7]. Minimum yağlama tekniği, alışıla gelmiş emülsiyon ile tam miktarda kesme sıvısı akıtmalı (geleneksel) yağlama tekniklerine oranla geliştirilmeye açık bir alternatif oluşturmaktadır. Minimum yağlama tekniği, yalnızca talaşın kaldırıldığı noktaya işlemin gerekli kıldığı miktardaki kesme sıvısının etkili bir şekilde gönderilmesi durumudur. Bu işlem sayesinde tezgâhın çalışılan çevresi temiz kalmakta ve atıkların temizlenmesi için gerekli olabilecek masraflar önlenmektedir. Bu konu ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu araştırmaların amacı, minimum yağlama tekniğinin takım aşınması, güç ve moment durumları ve kesme kaliteleri açısından alışıla gelmiş emülsiyon ile bol miktarda kesme yağı akıtmalı yağlama teknikleri ile elde edilen kaliteye ulaşip ulaşamayacağı ve hatta bu kaliteyi aşıp aşamayacağının belirlenmesidir.

Minimum soğutma sıvısı kullanılarak yapılan talaşlı işleme ile ilgili araştırmalar incelendiğinde;

Braga ve diğerleri [8] alüminyum-slikon alaşımının CNC dikey işlem merkezli tezgâh ile delinmesinde elmas kaplı karbid ve elmas kaplı olmayan K10 kesici takım kullanarak, MSS tekniği ve geleneksel soğutma tekniği ile birlikte kullanılmasını incelemişlerdir. Deneylerde, MSS tekniği kullanılarak yapılan delme işlemlerinde geleneksel soğutma tekniğine nazaran daha iyi yüzey kalitesi elde edilmiştir. Elmas kaplı takım, elmas kaplı olmayan takım ile karşılaştırıldığında herhangi bir avantajı olmadığı görülmüştür. MSS ve elmas kaplı takım kullanıldığı zaman takımın burun kısmına yapışan talaş parçalarının büyük ilerleme kuvvetlerine neden olduğu gözlenmiştir.

Rahman ve diğerleri [9] ASSAB 718 HH çeliğinin (C 0.33, Si 0.30, Mn 0.80, Ni 0.90, Cr 1.80, S 0.008, Mo 0.20) frezelenmesi işleminde kullanılan kuru, klasik ve MSS tekniklerinin takım aşınması, çapak yüksekliği, kesme kuvvetleri ve yüzey kalitesine olan etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, MSS tekniğinin diğer soğutma tekniklerine kıyasla daha iyi bir performans göstermiştir.

Diniz ve diğerleri [10] SAE 52100 (60HRC) çeliğinin farklı kesme hızlarında tornalanmasında yağlama ve soğutmanın etkisini araştırmışlardır. Deneylerde CBN kesici takımlar ve kuru işleme, herhangi bir sıvı olmaksızın basınçlı hava, ıslak işleme (suda

çözünebilen yağla hazırlanmış karışım), minimum hacimli yağlama şeklinde farklı soğutma teknikleri kullanmışlardır. Yapılan deneylerde kuru ve minimum hacimli soğutma sıvısı ile işlemede, takım yan yüzey aşınması hemen hemen aynı değerleri göstermiş ve bu değerlerin geleneksel soğutma sıvısı ile işlemede ortaya çıkan değerlerden daha küçük olduğunu gözlemlemişlerdir. Geleneksel soğutma sıvısı ile işleme tekniğinde, kuru ve minimum hacimli soğutma tekniği ile karşılaştırıldığında daha kötü yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilmiştir. Kuru ve minimum hacimli soğutmada birbirine yakın yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Kishawy ve diğerleri [11] A356 alüminyum alaşımının tornalanması üzerine yaptıkları araştırmada, yüksek kesme hızı ve farklı soğutma teknikleri kullanarak yüzey kalitesi, talaş yapısı ve takım performansına olan etkisini karşılaştırmışlardır. Bu karşılaştırma sonucunda elde edilen veriler ışığında minimum hacimli soğutma tekniğinin performans karakteristiklerine olan etkisi klasik soğutma tekniğine nazaran daha üstün olduğu gözlenmiştir.

Heinemann ve diğerleri [7] CNC matkap tezgâhında farklı kesici takımlar kullanarak küçük ölçekli yapılan delme işleminde MSS kullanımının takım ömrünü arttırdığını belirtmişlerdir.

Dhar ve diğerleri [12] AISI4340 çeliğinin tornalanmasında yüzey kalitesine ve takım aşınmasına MSS soğutma tekniği kullanarak işlemin etkisini araştırmışlardır. Bu araştırmada, MSS ile işlemede kesme performansı kuru ve klasik soğutma ile işlemeden daha iyi olduğu, MSS tekniği kuru ve klasik yöntemle karşılaştırıldığında daha az takım aşınması meydana geldiği ve bu sayede takım ömrünün arttığı belirtilmiştir.

Itoigawa ve diğerleri [6] AlSi5 alaşımının CNC torna tezgâhında minimum hacimli soğutma sıvısı ile işlenmiştir. Soğutucu akışkan kesme yüzeyinde daha iyi bir film tabakası oluşturduğu için iş parçası üzerinde kesme sırasında meydana gelen aşındırıcıların (talaşların) iş parçasının yüzeyi ile temasına izin vermediğini ve sürtünmeyi azalttığından dolayı kesme işlemi esnasında daha az ısı açığa çıktığını belirtmişlerdir. Su katkılı MSS kullanımının iyi bir şekilde pülverize edildiği takdirde çok iyi bir yağlama olanağı verdiğini, su katkısı olmaksızın sentetik ester ile yapılan MSS kullanımının kesici takıma zarar verdiğini ve iş parçasının yüzey kalitesi olumsuz etkilendiğini vurgulamışlardır.

Zeilmann ve Weingaertner [13] tarafından yapılan çalışmada, Ti6Al4V alaşımının MSS ve kuru işleme teknikleri kullanılarak delinmesinde ortaya çıkan sıcaklık incelenmiştir. MSS, kesme işleminin gerçekleştiği iç ve dış bölgeye uygulanmış olup, ortaya çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde en düşük sıcaklığın kesme işleminin gerçekleştiği iç bölgede meydana geldiği görülmüştür ve bu nedenle iç bölgeye uygulanan MSS’de en iyi kesme performansları elde edilmiştir.

De Lacalle ve diğerleri [14] 5083-H112 (% 4.5 Mn, % 0.1 Cr, maks. % 0.4 Fe, maks. % 0.4 Si) malzemesinin HSS takımı ile yüksek hızda frezelenmesinde, soğutma sıvısının püskürtülerek kesme bölgesine gönderilmesinin sağladığı etkiyi sayısal ve deneysel olarak araştırmışlardır. Yapılan deneylerde MSS tekniğinde iki farklı debi ve farklı nozul açıları kullanılmış olup, farklı debilerde ve farklı nozul açılarında elde edilen sonuçların birbirine yakın olmasına rağmen MSS tekniğinde elde edilen sonuçların klasik yöntemle soğutmada elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu görülmüştür.

Keong ve diğerleri [15] 7075-T6 alüminyum alaşımını farklı kesme hızlarında (10-150 m/dak) işleyerek elde edilen sonuçları mukayeseli olarak karşılaştırmışlardır. Yapılan deneylerde devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığını gözlemlemişlerdir.

Dhar ve diğerleri [16,17] AISI 1040 çeliğini hem kuru hem de minimum soğutma sıvısı kullanılarak farklı kesme hızı ve ilerlemelerde torna tezgahında işlemişlerdir. Takım-talaş ara yüzey sıcaklığı, takım aşınması, boyutsal sapma kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Kuru işlemeye nazaran minimum soğutma tekniği ile daha iyi sonuçlar elde edildiği tespit etmişlerdir ve bunun esas nedenini de kesme sıcaklığının azalmasına bağlamışlardır.

Ezugwu ve diğerleri [18] Ti-6Al-4V alaşımının CNC torna tezgahında PCD takım kullanarak işlenmesinde geleneksel ve yüksek basınçlı soğutucu akışkan gibi soğutma tekniklerini kullanarak yüzey kalitesini araştırmışlardır. Farklı soğutucu akışkan basınçları, farklı debiler ve farklı kesme hızlarında yapılan deneylerde, yüzey pürüzlülük değerleri son işleme için sınır değer olan $1.6 \mu\text{m}$ 'nin altında kalmıştır. PCD takımlar ile işleme sonrası oluşan son yüzey temiz, çatlaklar, yırtıklar vs. gibi fiziksel hasarlar bakımından kabul edilebilir seviyede olduğu tespit edilmiştir. Basınçlı soğutucu akışkan kullanılarak PCD takımlar ile yüksek hızlarda parça işlenmesinde kesme bölgesindeki etkili soğutmadan dolayı $P=11$ ve 20.3 MPa soğutucu akışkan basınçlarının işlenen yüzeylerde yüzey kalitesini arttırmaya yönelik etki yaptığı gözlenmiştir.

Da Silva ve diğerleri [19] ABNT 4340 çeliğini (0.4 % C - 1.8 % Ni - 0.8 % Cr - 0.23 % Mo - 0.68 % Mn - 0.23 % Si) kullanarak yaptıkları deneysel çalışmada MSS ve geleneksel soğutma yöntemini karşılaştırmışlardır. MSS ile elde edilen ölçü tamlığının klasik yöntemden daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

Attanasio ve diğerleri [20] kuru ve minimum soğutma sıvısı kullanılarak 100Cr6 çeliğinin farklı ilerleme hızı ve kesme uzunluğu şartlarında tornalama işlemi yapmışlardır. Minimum yağlayıcının, yüksek yağlayıcı kullanımının sebep olduğu çevre, işçi sağlığı ve maliyet gibi birçok kesme problemini azalttığı belirtilmiştir. MQL tekniği ile yapılan işlemede takım aşınmasının azaldığı ve takım ömrünün arttığı vurgulanmıştır.

Obikawa ve diğerkleri [21] yüksek kesme hızlarında bitkisel yağla minimum soğutma sıvısı ve TiC/TiCN/TiN ile kaplı karbür takımlar kullanılarak %0.45C çeliğine yiv açılması işleminde, takım aşınmasının azaldığı tespit edilmiştir.

Chern [22] alüminyum alaşımlarının yüzey frezelenmesinde, kesme şartlarının çapak oluşumuna etkisini incelemiştir.

Bruni ve diğerkleri [23] AISI 420B paslanmaz çeliği geleneksel soğutma, minimum soğutma sıvısı ve kuru kesme şartlarında tornalanarak takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü incelenmiştir. Soğutma tekniğinin takım aşınması üzerinde etkisi olmadığı ve en kötü yüzey pürüzlülüğünün geleneksel soğutma tekniği ile elde edilmiştir.

Diniz ve Micarani [24] AISI 1045 çeliğini yüksek basınçlı soğutma sıvısı kullanarak tornada işlemişlerdir. Yüksek basınçlı soğutma sıvısı takım-iş parçası ve takım-talaş bölgesine daha iyi nüfuz ettiği için daha etkili bir soğutma ve daha az takım aşınması elde edilmiştir.

Liu ve diğerkleri [25] ucuz, kirli olmayan ve çevreye uygun olan su buharı kullanılarak çevreyi koruma amaçlı ve yeşil kesme diye tabir edilen yöntemiyle tornalama işlemi yapılmıştır. Ayrıca çalışmada, basınçlı hava, yağ-su emülsiyonu ve kuru kesme işlemi yapılmıştır. Su buharının çok iyi ve ekonomik bir soğutucu ve yağlayıcı olduğu, kesme kuvvetlerini, sürtünme katsayısını, yüzey pürüzlülüğünü ve kesme sıcaklığını azalttığı vurgulanmıştır.

Alüminyum ve alaşımları günümüzde birçok endüstri alanında kullanım olanağı fazla bir elementtir. Hafif metal alaşımları olmaları nedeniyle ısı işlemler sonucu mekanik özellikleri iyileştirilebilir. Fakat alüminyumun talaşlı olarak işlenebilmesi güçlüğü geçmişte alüminyumun kullanım alanını daraltmıştır. Son zamanlarda bu konu üzerinde yapılan araştırmalarda değişik teknikler geliştirilerek alüminyumun talaşlı olarak işlenebilmesine olumlu yönde büyük katkılar sağlanmıştır.

Bu çalışmada, standart AA 7075 alüminyum alaşımı bir malzemenin minimum hacimli soğutma tekniği (MSS), geleneksel soğutma tekniği, farklı devir sayıları, farklı ilerleme hızları, farklı soğutma sıvısı karışım oranları ve farklı kesici takım malzemeleri kullanılarak frezelenmesinde kesme performans karakteristiklerinden iş parçası yüzey pürüzlülüğünün değişimi deneysel olarak incelendi.

2. ALÜMİNYUM ve ALAŞIMLARI

2.1. Alüminyumun Özellikleri

Alüminyum hafif metaller grubuna giren ve teknik alanda çok kullanılan bir metaldir. Özgül ağırlığı 3.8 gr/cm^3 'den küçük olan elemanlar hafif metaller grubuna girer. Hafif metaller sınıfında alüminyum, magnezyum, potasyum, lityum ve berilyum bulunur. Bunlardan özellikle alüminyum ve magnezyum en önemlileridir. Alüminyum hafif olması yanında, yüksek elektrik ve ısı iletkenliği, korozyona dayanıklılığı, imal kolaylığı ve diğer metaller ile yüksek çekme mukavemetine sahip alaşımlar oluşturabilmesi önemini artırmaktadır. Isı ve ışığa çok iyi yansıtmakta olup, manyetik değildir [26]. Alüminyumun fiziksel özellikleri Tablo 2.1'de görülmektedir.

Tablo 2.1. Alüminyumun fiziksel özellikleri [26]

Fiziksel Özellik	Değeri
Atom ağırlığı, r (gr)	26,97
Dökme Alüminyumun özgül ağırlığı, ρ (gr/cm ³)	2,65-2,69
Hadde Alüminyumun özgül ağırlığı, ρ (gr/cm ³)	2,7
Ergime noktası (°C)	658
Kaynama noktası (°C)	1800
Isı geçirgenlik katsayısı, k (W/mK)	173
Sıcaklık tesiri ile uzama, ϵ (mm/m)	
0-50°C	1,17
100°C	2,38
200°C	4,94
400°C	0,60
500°C	13,70
Kendini çekme miktarı (dl/l) (%)	1,7-1,8
Katı halden sıvı hale geçerken meydana gelen hacim büyümesi (%)	6,5

Bazı alüminyum alaşımları yumuşak çelik ile mukayese edilecek derecede sağlamdır. Alüminyum sıfır derecenin altında şekil değiştirme kabiliyetine sahiptir [26]. Alüminyum bükülebilir, haddelenebilir, preslenebilir, çekilebilir, bükülüp uzatılabilir ve rulo haline getirilebilir. Ayrıca çekiçle dövülüp, kızdırılıp işlenebilir veya kalıptan çekilerek çok büyük şekiller verilebilir [27]. Alüminyum ve alaşımların kaynağında müspet neticeler almak için alüminyum ve alaşımlarının özelliklerini iyi bilmek gerekir.

Alüminyum ve alaşımlarının gösterdiği mukavemet özellikleri malzemenin saflığına ve imal edildiği yöntem şekline göre farklılıklar gösterir. Alüminyumun mukavemet özellikleri imalat şekline göre Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Alüminyumun imalat şekline göre mukavemet özellikleri [27]

	Döküm Al.	Hadde Al.	Is. İşl.Tb. Tut. Al.
Çekme muk., σ (kg/mm ²)	9-12	18-28	7-11
Akma muk., σ (kg/mm ²)	3-4	16-24	5-11
Uzama, ϵ (%)	18-25	3-5	30-40
Büzülme, ϵ (%)	40-55	60-85	80-95
Sertlik (Brinell,BSD)	24-32	45-60	80-95

Saf alüminyum dinamik dayanıklılığı, statik dayanıklılığının 0,4-0,5 katıdır [26]. Soğuk şekil değiştirmiş alüminyuma kaynak yapıldığında ısıdan etkilenen bölgenin mukavemeti düşer. Kaynak esnasında parça tavlandığı için mukavemeti azalmaktadır. Kaynaktan sonra parça soğuk olarak şekil değişimine maruz bırakılırsa (çekilenirse) dayanıklılık kazanır.

Alüminyum oksijene karşı ilgisi çok fazladır. Hava ile temas neticesinde, kısa zamanda oksijen ile birleşerek alüminyum oksit (Al_2O_3) oluşturur. Bunun sonucu bütün yüzeyi çok renkli alümin tabakası ile örtülür. Alüminyum bu özellikleri korozyona karşı mukavemetini yükseltmektedir [26]. Oluşan bu oksit tabakası su ile yıkamak suretiyle çıkartılmaz. Alüminyum bu özelliği kullanma sahasını genişletmiştir. Soğuk şekil değiştirme korozyon mukavemetini düşürür. Alüminyum saflık derecesi azaldığı takdirde de korozyon mukavemeti düşer. Yabancı elemanlar korozyon mukavemetini azaltmaktadır [26].

Sıcak ve soğuk şekil değiştirme, yeniden kristalleşme sıcaklığı yardımıyla şu şekilde ifade edilir: Soğuk şekil değiştirme, yeniden kristalleşme sıcaklığının altında sıcak şekil değiştirme ise yeniden kristalleşme sıcaklığı üzerinde yapılan şekil değiştirmedir [27]. Soğuk şekil değiştirmeden sonra taneler bozulmuş olarak kalır; sıcak şekil değiştirmeden sonra ise taneler tekrar düzgün bir halde teşekkül eder. Alüminyum oda sıcaklığında soğuk şekil değiştirildiği takdirde, çekme ve akma mukavemeti yükselir. Buna karşılık uzama miktarı ve şekil değiştirme kabiliyeti azalır [27]. Bu artma ve azalma şekil değiştirme (haddeleme) derecesine bağlıdır. Sert (yani soğuk şekil değiştirmiş) alüminyum, yumuşak alüminyumdaki daha az bir korozyon mukavemetine sahiptir. Daha önce soğuk şekil değiştirmiş bir alüminyum parça sıcak şekil değiştirilebilir. Fakat mukavemet düşer. Sıcak şekil değiştirme sıcaklığı 300-450°C arasındadır.

2.2. Alüminyum Alaşımları ve Özellikleri

Alüminyuma katılan alaşım elemanları, mukavemet özelliklerini yükseltir. Başlıca alaşım elemanları: Magnezyum (Mg), manganez (Mn), silisyum (Si), bakır (Cu), çinko (Zn) ve

bazen de kurşun (Pb), nikel (Ni) ve titanyumdan ibarettir. Alaşım elemanları, alaşım içinde üç farklı halde bulunur;

1. Alüminyum içinde katı halde eriyebilirler (katı eriyik)
2. Katı halde alüminyumda erimeyip veya sınırlı eriyip mekanik bir karışım teşkil ederler
3. Alüminyumla veya birbirleriyle metaller arası veya kimyasal bileşik teşkil ederler

Alüminyum alaşımları imal edildiği yönteme göre iki ana gruba ayrılırlar:

Hadde alaşımlar (dövülmüş alaşımlar): Bu alaşımlar da ısıtılma işlemi neticesinde sertleşen ve tabii sert alaşımlar olmak üzere ikiye ayrılır. Dökme, dövme, haddeleme, çekme ve ekstrüzyon gibi mekanik operasyonlar istenilen harici şekilleri elde etmek için kullanıldığı gibi, ısıtılma işlemleri de, içyapıyı değiştirerek sertlik, mukavemet, süneklik vs. içyapıyı mekanik özelliklere etki etmek üzere kullanılır.

Döküm alaşımlar: Başlıca döküm alaşımları şunlardır; AlCu, AlZnCu, AlCuNi, AlSi, AlSiNi, AlSiMg, AlMg, AlMgSi.

2.3. Alüminyum ve Alaşımlarında Isıl İşlemler

Alüminyum ile ısıtılma işlemi neticesinde sertleşen alüminyum alaşımları arasında şu fark vardır. Alüminyum tavlandıktan sonra mukavemetini bir miktar kaybeder ve yalnız soğuk şekil değiştirme neticesinde sertleşir. Buna karşılık sertleşen alüminyum alaşımları, belirli sıcaklıklarda belli zaman bekletilerek mukavemeti ve sertliği yükseltilebilir [27]. Bu bekletmeye yaşlandırma ve bu olaya da ayrışma sertleşmesi denir [27]. Yaşlandırma belirli sıcaklıkta yapılırsa suni yaşlandırma oda sıcaklığında yapılırsa tabii yaşlandırma adını alır. Bir alüminyum alaşımının ısıtılma işlemi sertleştirilmesi 4 kademeyle incelenir:

1. Önceden tayin edilen bir sıcaklığa kadar ısıtılma.
2. Belirlenen bir sürede bu sıcaklıkta bekletme.
3. Düşük bir sıcaklığa ulaşmaya kadar hızla soğutma.
4. Soğutmayı takiben, yaşlandırma veya çekim sertleşmesi.

2.4. Alüminyum ve Alaşımlarının Talaşlı İşlenebilirliği

İşlenebilirlik terimi talaşlı işlemlerde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, tek boyutlu bir özellik olmayıp karmaşık boyutların oluşturduğu bir sistem özelliğidir [3]. Kesici takım ve iş

parçası malzemelerinin, işlem ortamı ve tezgâh ile oluşturduğu talaşlı üretim işlemi, kesme koşullarıyla birlikte iş parçası yüzey kalitesini ve maliyet faktörünü göz önünde tutarak işlenebilirliği belirler [3].

İyi işlenebilir bir malzemenin talaşlı işleminde kısa sürede yüksek talaş hacmi ile işlenmesi ve yeni oluşan yüzeyin kaliteli olması (düşük yüzey pürüzlülüğü göstermesi) beklenir. Aynı zamanda takım malzemesinin işlem esnasında az aşınması ve böylece uzun ömürlü olması gerekir. İyi işlenebilirlik daima maliyet faktörünü göz önünde tutarak talaşlı işlemin ekonomik olmasını ön görür. İşlenebilirlik adı altında arzulanan özellikler, genelde karışık karakterde olup ilgili kesme operasyonuna bağlı kalınarak optimum verim alınacak şekilde belirlenir [3]. İşlenebilirlik için önemli kriterler aşağıda sıralanmıştır;

a) Takım ömrü: Standart kesme koşulları altında, takımın kabul edilebilir bir miktar aşınmasına kadar geçen süre (T) veya bu süre içerisinde kaldırılan talaş hacmi (Vt).

b) Kesme kuvvetleri: Talaşlı işlem sürecinde takım üzerine etkili olan kuvvetlerdir (F, F_c , F_t , F_s , F_n)

c) Yüzey kalitesi: Talaşlı işlem sonrası iş parçası malzemesinin yüzey pürüzlülüğü (R_a , R_y , R_z)

d) Talaş oluşumu: Talaşlı işlem esnasında iş parçası malzemesinden alınan talaş şekli.

Genellikle, saf alüminyumun işlenmesi çoğu alüminyum alaşımlarından daha zordur. Saf alüminyumun işlenmesinde uzun tel tel talaşlar çıkar ve bunların aşındırıcı özelliği nedeniyle yüzey kalitesi kötüleşir [3]. Çoğu alüminyum alaşımları, yüksek kesme hızlarında işlenerek, iyi yüzey kalitesi ve uzun takım ömrü verirler. Genellikle, sertleşmiş ve temperlenmiş alaşımlar, tavlanmış alaşımlardan daha kolay işlenir ve daha iyi yüzey meydana getirirler [3]. Silisyum içeren alaşımları işlemek daha zordur çünkü talaş kaymadan ziyade, yırtılır ve bu nedenle kötü yüzey elde edilir. Genelde, alüminyum alaşımlarını işlemek için fazla talaş derinliği ve ilerleme miktarıyla soğutma sıvısı da kullanılır.

Magnezyum gibi Al ve alaşımlarının ergime noktası (659 °C) düşük ve kesme esnasında oluşan sıcaklıklar ısıtılma işlem görmüş YHÇ takımların yapısına zarar verecek boyutta yüksek değildir [3]. Pek çok Al ve alaşımları 600 m/dak kesme hızında karbürlü takımlarla ve 300 m/dak kesme hızında da YHÇ takımları ile işlenerek iyi takım ömrü sağlanır [3,4]. Al ve alaşımlarının işlenmesinde takım yüzeyinde yan kenar aşınması meydana gelir fakat kapsamlı aşınma mekanizması üzerinde çalışma yapılmamıştır. Yüksek takım aşınması sadece birkaç Al alaşımında ciddi problem oluşturur. Örneğin, % 17-23 Si içeren Al-Si alaşımlarında, ötektik yapıda ince dağılmış Si kristallerine ilaveten, 70 µm kadar büyüklükte Si taneleri ve kristalleri ihtiva ederler ve bunlar karbürlü takımlarda bile aşınma miktarını hayli artırırlar. % 11-14 Si içeren ötektik alaşımlar, karbürlü takımlarda 300-450 m/dak hızla iyi takım ömrüyle işlenebilir.

Fakat Si tanelerinin mevcudiyeti ile kesme hızı $V_c=100$ m/dak'ya kadar düşer. Büyük Si parçalarının kötü etkisi kesici takım üzerinde oluşan gerilme ve sıcaklığın neticesidir. Çoğu motor üreticileri tarafından pistonların ve diğer yüksek Si içerikli makine parçalarının işlenmesinde kullanılır. Uzun takım ömrü ve daha iyi yüzey kalitesi elde etmek için tornalama, frezeleme ve delme işlemleri yüksek hızlarda yapılır [3]. Pistonlar $f_a=0.125$ mm ilerlemede, $V_c=300-1000$ m/dak kesme hızlarında tornalamakta ve her 10.000 parçada bir takım ucu değiştirilmektedir. Bunlarında işlenmesinde elmas takımların avantajlı olduğu ispatlanmıştır [1]. Genellikle, Al alaşımlarının işlenmesinde kesme kuvvetleri düşüktür, kesme hızı arttığında ise kesme kuvvetleri az miktarda düşmektedir. Ancak düşük hızlarda saf alüminyum işlendiğinde daha yüksek kesme kuvveti meydana gelmektedir [1,4]. Takım talaş ara yüzeyi temas alanı çok büyük olduğunda, yüksek ilerleme kuvveti (F_f) düşük kayma düzlemi açısı ve çok kalın talaşların oluşmasına yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak, yüksek kesme kuvveti (F_c) ve fazla güç sarfiyatı ortaya çıkmaktadır [3]. Bu etki, alaşım yaparak veya soğuk çekme ile özellikle düşük hızlarda, azaltılır. Genellikle, çoğu alüminyum alaşımlarının (döküm ve çekme alaşımlar), sahip olduğu düşük kayma dayanımlarına rağmen işlenmesi saf alüminyumdan daha kolaydır [3]. Saf Al işlendiğinde talaş sıvanması oluşmaz. Fakat çok yüksek kesme hızı dışında kötü yüzey kalitesi oluşur. Çoğu Al alaşımlarında, birden fazla faz ihtiva ettiğinden, düşük hızlarda BUE meydana gelir. Yüksek hızlarda örneğin; $V_c= 60-90$ m/dak üzerinde BUE (talaş yapışması veya sıvanması) oluşmaz. BUE' ın oluştuğu yerlerde kesme kuvvetleri düşük, talaş ince fakat yüzey pürüzlülüğü kötü olma ihtimali artar. BUE elmas takımlar kullanılarak azaltılabilir veya yok edilebilir [3]. Alüminyumun işlenebilme problemlerinden birisi ise talaşın kontrol edilmesi olup, bu yüzey merkezli kübik yapıya sahip olan alüminyumda kırılma öncesi aşırı plastik deformasyona maruz kalmasından kaynaklanmaktadır. Al ve alaşımları kesildiğine talaşlar uzun, oldukça kalın, dayanıklı ve kolaylıkla parçalanmaz [3]. Bu talaş şekli takımlara dolaşabilir ve talaşların temizlenmesi için işlemin durdurulması gerekir, bu da üretim hacmini etkiler. Talaş açısı (θ), yaklaşma açısı (ϕ) değiştirilerek veya talaş kırıcılar tasarlanarak kesme işleminde iyileşme sağlanabilir. Diğer bir yaklaşım da, alaşımların bileşiminin ufak talaş oluşması veya daha kolay kırılabilen talaşlar elde etmek için modifiye edilmesidir. Standart Al içine kurşun, bizmut veya kalay ve antimon % 0.5 kadar katılır. Bu alaşım elementleri talaşların küçük parçacıklar halinde kolayca kırılmasını sağlar. Bu ergime noktası düşük metaller, alüminyum içinde katı çözelti oluşturmaz ve yapıda ince küresel olarak dağılmış durumdadır. Bunlar, talaş oluşturmak için kayma düzleminde geçerken alüminyumun sünekliğini azaltır. Alüminyum' a alaşım elementleri katılmasının esas amacı, kaldırılan talaş miktarının artırılmasından veya daha iyi takım ömründen ziyade talaş oluşumunu kolaylaştırmak olmuştur. Uygulamalarda alüminyum alaşımları, YHÇ, karbürler yanında seramik takımlarla

işlenmektedir [3]. Ancak daha ekonomik talaş kaldırma işlemini gerçekleştirmek için ÇKE takımların tercih edilmesi gerekir. Örneğin; ÇKE uçlu takımlarla sertliği 50-150 BHN olan Al alaşımları işlendiğinde talaş kaldırma miktarında % 40 artış olduğu Tablo 2.3’ de gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Sertliği 50-150 BHN (BSD) olan Al alaşımlarının işlenmesinde oluşan talaş miktar [3]

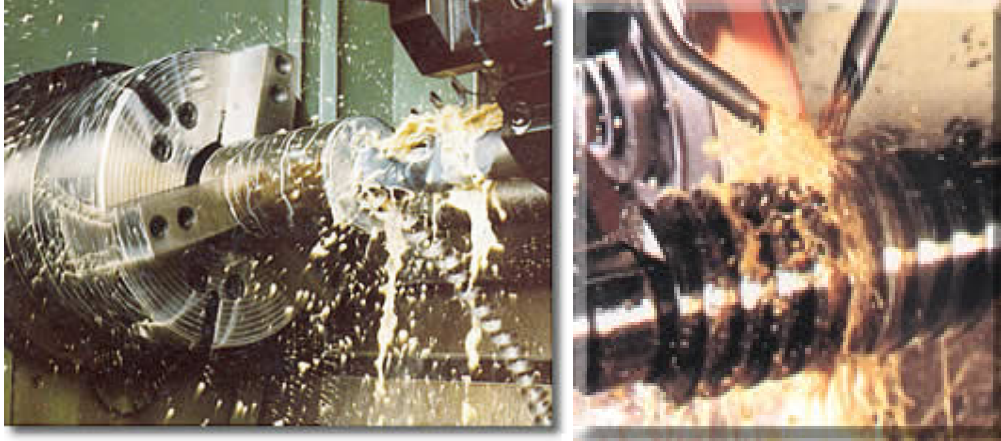
Takım cinsi	Kesme hızı (m/dak)	İlerleme miktarı (mm/dev)	Talaş Derinliği (mm)	Talaş hacmi (cm ³ /dak)
ÇKE uçlar TiN (PVD)	762	0.018	3.30	1.149
Kaplamalı Karbürler	549	0.018	3.30	0.827

3. TALAŞLI İMALATTA KULLANILAN KESME SIVILARI

Metallerin talaşlı imalatında kullanılan kesme sıvılarının tam olarak ne zaman ve nasıl kullanılmaya başlandığını söylemek zordur. Ünlü metalurjist F.W. Taylor (1890) takım çelikleriyle yapmış olduğu çalışmalarda az miktarda su kullanılmasının kesme hızını büyük oranda arttırdığını tespit etmiştir. Kesme sıvılarının ve metal kesme tekniklerinin gelişimi, makine tasarımı ve kesici takım malzemeleri ile paralel gelişme göstermiştir. Bir kesme sıvısının, kaliteli bir kesme işlemini yerine getirebilmesi için gerekli şartlar şunlardır;

- Tatminkâr bir kesme hızını sağlaması,
- Yüzeyi düzgün bir mamul üretimine imkân vermesi,
- Ekonomik kesici takım ömrünün teminidir.

Bu şartları yerine getirebilmesi büyük ölçüde kesme operasyonunun doğasına bağlıdır. Hız, ilerleme, kesme derinliği, kullanılan kesici takımın türü ve en tabiisi işlenen metalin metalurjik özelliklerine bağlıdır. Bu konu tamamen, sürtünme etkisi, basınç, sıcaklık değişimi, ısı akışı, iç gerilmeler v.s. gibi talaş kaldırma fiziğinin esaslarıyla ilgilidir. Ayrıca kesme sıvısı iş parçası ve tezgâh üzerinde meydana gelebilecek korozyonu önlemelidir. Duman yapmamalı ve kötü bir kokusu olmamalı, çabuk bozulmamalı, zararlı herhangi bir madde içermemelidir. Şekil 3.1’ de talaşlı üretimde soğutma sıvısının kullanımı görülmektedir.



Şekil 3.1. Talaşlı üretimde soğutma sıvısının kullanımı

3.1. Kesme Sıvısının Fonksiyonları

Kesme verimini arttırmak için, bir kesme sıvısı üç ayrı fakat birbiriyle ilişkili fonksiyonu yerine getirmek zorundadır.

3.1.1. Yağlama Fonksiyonu

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 [1]. Sonuçta metalin metalle teması ile ortaya çıkan sürtünme büyük ölçüde azaltılmış olur. Yağlayıcılık rölatif hareket halinde bulunan iki yüzey arasında bir film oluşturarak ve sürtünme katsayısını azaltarak hareketi kolaylaştırmak ve rölatif hareket halindeki yüzeylerin aşınmasını engellemektir [28]. Metal işleme operasyonlarında kullanılan kesme ürünlerinde çalışma şartlarının gereksinimlerine göre aşağıdaki yağlayıcılık mekanizmalarından biri veya birkaçı aynı anda kullanılabilir.

3.1.1.1. Hidrodinamik Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılıkta, yağlayıcı madde sadece sahip olduğu viskoziteden dolayı iki yüzey arasında bir film tabakası oluşturarak yüzeylerin temas etmesini, dolayısıyla sürtünmeyi engeller [28]. Bu yağlayıcılıkta oluşan film tabakası son derece zayıf bir film tabakasıdır ve çok kolaylıkla bozulabilir. Bu nedenle bu yağlayıcılık çok az miktarda yağlayıcılığın gerektiği durumlarda kullanılır.

3.1.1.2. Polar Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık sıvının sahip olduğu polar katıqlarla olur [1]. Sıvının içindeki polar katıqlar metal yüzeyinde toplanırlar ve polaritelerinden dolayı birbirlerini iterler, bu sayede metal yüzeylerinin birbirlerine temas etmesini engelleyerek sürtünmeyi minimumda tutarlar. Yağlayıcılık hidrodinamik yağlayıcılığa göre daha yüksektir [1]. Seçilen polar katıqların cinsi ve miktarı da yağlayıcılık derecesini etkiler. Yüksek basınç altında çalışmalar söz konusu olduğu zaman katıqların polariteleri bozulduğundan dolayı bu yağlayıcılık istenen sonuçları vermez.

3.1.1.3. Yüksek Basınçlı (EP, Extreme Pressure) Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık formülasyona dahil edilen EP katkıları ile elde edilir. EP katkıları metal yüzeyi ile kimyasal reaksiyona girerek metal yüzeylerinde çok dayanıklı bir film oluştururlar ki, bu film en zor şartlarda 800–900°C'lere ulaşan sıcaklıklarda bile bozunmayarak yağlayıcılık özelliğini devam ettirir ve aşınmayı engeller [28].

3.1.2. Soğutma fonksiyonu

Isı 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 zaman soğutma kabiliyetini kaybeder [28]. Bu nedenle kesme sıvıları sürekli olarak, büyük oranlarda kesici takım ve parça üzerine akmalıdır. Yeterli hızda akan, kâfi miktardaki akışkan uygulanırsa, ısı üretildiği oranda uzaklaştırılacaktır.

3.1.3. Kaynağı önleme fonksiyonu

Talaşlı işlemede sınırlı bölgedeki metal-metal teması, kesme sıvısının soğutma ve yağlama özelliğine rağmen iş parçası, kesici takım ve talaş üzerinde daima mevcuttur. Bu sınırlı alanlarda ortaya çıkan ısı küçük metal partiküllerinin iş parçası ve kesici takıma kaynamasına imkân verebilecek yüksekliktedir [28]. Bu olayı önlemek için sülfür, klorür ve diğer kimyasal bileşikler kesme sıvılarına ilave edilir. Bunlar temas alanlarını sabunumsu metalik bir film tabakası ile kaplayarak metal partiküllerinin kaynak olmasını engellerler [28].

3.2. Kesme Sıvılarının Geliştirilmesi

Suyun korozyon önleme özelliğinin olmaması, yağlama özelliğinin az oluşu gibi dezavantajlarının yanında, müstesna soğutma kabiliyeti sebebiyle, suyu tatminkâr bir kesme sıvısı yapmak için başka maddelerle birleştirilmesi yolunda çabalar harcanmıştır. Bu olay son dönemlere kadar emülsiyeye olabilen yağların keşfinde çok az başarılı olmuş ve araştırmacılar tatminkâr bir solüsyon aramaya başlamışlardır. Araştırmalar neticesinde hayvansal yağların olumlu bir sonuç verdiği ortaya çıkmıştır. Bu yağların en büyük dezavantajı maliyetlerinin yüksek oluşudur. Ayrıca bozulmaya eğilimleri, bakteri üremesi ve gelişimine müsait olmaları ve yüksek sıcaklığın ortaya çıktığı durumlarda kısa dönemde kokmaları da önemli faktörlerdir[28]. Madeni yağların ortaya çıkması, hayvansal yağlarla bu yağların karıştırılması ile hayvansal yağların en önemli dezavantajları giderilmiş ve birçok olumlu özelliğinden de istifade

edilmiştir. Ayrıca muhtelif sülfür bileşikleri kaynamayı önlemek amacıyla bu yağların harmanlanmasında ilave edilmiştir [28]. Daha sonraları klorür ve sülfür bileşiklerinin de özdeş özelliklere sahip olduğu anlaşılmıştır. Bugün kesme sıvıları dikkatli bir kontrol altında bilimsel yöntemlerle üretilen oldukça karmaşık bileşiklerdir.

3.3. Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması

Kesme sıvıları çalışma sırasında istenilen performansları elde edebilmek için değişik özelliklerde formüle edilirler. Bu ürünlerin kullanım alanları çok geniştir. Bazen yağlayıcılık ön plandadır, bazen soğutuculuk daha önemlidir ve ince talaş oluşan operasyonlarda da kaynağı önleme özelliği daha önemlidir. Kesme sıvıları bütün bu gereksinimlere cevap verebilecek şekilde neat yağlar, emülsiyonlar (bor yağları), yarı sentetik ürünler ve tam sentetik ürünler olarak değişik gruplarda üretilirler [2].

3.3.1. Neat Kesme Sıvıları

Bu yağlar, yağlayıcılık ihtiyacının soğutuculuk ihtiyacından daha fazla olduğu uygulamalarda suyla karıştırılmadan oldukları gibi kullanılan ürünlerdir [2].

Petrol, hayvan, deniz veya bitkisel kaynaklı yağların biri veya birkaçının kombinasyonundan oluşurlar [2]. Madeni yağlar, kesme yağlarının formülasyonunda en çok kullanılan yağdır. Madeni yağların hiçbir katkısı yoktur bu nedenle kullanım alanları yüksek işlenebilirlikteki metaller (hafif metaller ve alaşımları) ve ağır olmayan kesme şartlarındaki çeliğin işlenmesi ile sınırlıdır. Madeni yağ katıksız olarak kullanıldığı durumda sadece hidrodinamik yağlayıcılık sağlar [2]. Öte yandan madeni 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 ilave edilebilir.

3.3.2. Emülsiyonlar

Bu ürünler %60'dan daha fazla madeni yağ içerirler. Emülsiyon, yağın emülsiyon yapıcı ajanlarla ve diğer katıklarla birlikte uygun sıcaklıktaki su ile karıştırılarak yağ taneciklerinin su içinde askıda kalmasıyla oluşan bir karışımdır [2]. Hayvansal ve bitkisel kaynaklı yağların ya da esterlerin ilavesi emülsiyonların yağlayıcılığını artırır. Sülfürlü, klorlu ve fosforlu katıkların ilavesi ise emülsiyona daha yüksek yağlayıcılık ve aşırı basınç (EP)

özellikleri verir [2]. Su, yüksek özgül ısısı, yüksek termal iletkenliği ve yüksek buharlaşma ısısı ile en etkili soğutma ortamıdır [2]. Emülsiyonlarda, suyun mükemmel soğutma özellikleri yağlayıcılık sağlayan katıqlarla birleştirilmiştir.

Kesme emülsiyonlarından çalışma arasında yüksek performans ve uzun efektif ömür alabilmek için düzenli aralıklarla bakımlarının yapılması gerekmektedir. Emülsiyonların konsantrasyon ve pH değerleri günlük olarak kontrol edilerek kaydedilmelidir. Günlük yapılan pH ve konsantrasyon testlerinden başka en az ayda bir emülsiyonun iletkenlik, korozyon, bakteri, köpürme, koku gibi testleri yapılmalı ve sonuçlara göre emülsiyonun kullanılabilirliğine karar verilmeli ve gerekiyorsa düzeltici müdahaleler yapılmalıdır. Emülsiyonların kullanım sırasındaki performansları ve efektif ömürleri direk olarak kullanılan sudan etkilendiği için, emülsiyonların hazırlanmasında kullanılan sularında düzenli aralıklarla test edilmeleri gerekmektedir [2].

Emülsiyonların kullanıldığı operasyonlara göre ideal kullanım konsantrasyonları vardır ve maksimum performans bu aralıklarda elde edilir [2]. Konsantrasyon kontrolü en kolay biçimde el refraktometresi ile yapılır. Konsantrasyon yüksek ise parça yüzeyinde ve tezgâhta yapışkan depoziteler oluşur, kesme bölgesinde duman olur ve operatör ellerinde tahriş problemleri olabilir (özellikle sentetik ürünlerde). Konsantrasyon düşük ise parçada ve tezgâhta korozyon problemleri görülebilir, yağlayıcılık azalacağından kesici takımların uçlarını bileme süresi kısılır, istenilen kalitede yüzey düzgünlüğü elde edilemez ve emülsiyonun bakteri üremesine karşı koruyuculuğu daha az olur.

3.3.3. Sentetik Ürünler

Bu tip ürünler suyla seyreltildiklerinde emülsiyonların süte benzeyen görünüşlerinin aksine yarı şeffaf ve şeffaf solüsyonlar oluştururlar ve soğutuculuğun yağlayıcılığa göre daha fazla gerek duyulduğu uygulamalarda tercih edilirler [29]. Bu ürünler madeni yağ içermezler ve uygulama amaçlarına göre yağlayıcılığı artırıcı, korozyon önleyici katıqlar içerirler [29].

3.3.4. Yarı Sentetik Ürünler

Bu tip yağlar emülsiyonlara göre daha az madeni yağ içerirler. Kullanım amaçlarına göre formülasyonlarına aşırı basınç (EP) katıqları, korozyon önleyici katıqlar, bakteri üremesini önleyici katıqlar dahil edilir. Emülsiyonların yağlayıcılık özellikleri ile sentetik ürünlerin soğutuculuk özelliklerini bünyelerinde taşıdıkları için en yaygın olarak kullanılan ürünlerdir[29].

3.4. Kuru İşleme ve Minimum Yağlama

Kesme yağı maddeleri, eskiden beri olduğu gibi, talaşlı işleme tekniğinde soğutma, yağlama ve temizleme gibi olumlu etkileri nedeniyle hala çok önemli bir yer tutmaktadır. Ancak diğer yönden bunlar çevre ve insanlar için bir tehlike potansiyeli doğurmakta ve imha edilmeleri, devamlı artan masraflara neden olmaktadır. Bu nedenle son zamanlarda kesme yağlarından oluşan zararlı atıkların çevreye zarar vermemesi için büyük çabalar harcanmaktadır. Kuru işleme ve MSS teknikleri kesme sıvısı atıklarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan araştırmalar arasındadır. HSS takımları ile yapılan delme işlemlerinde soğutma ve yağlama maddesi olarak genelde emülsiyonlar kullanılmaktadır. Çünkü bunlar, bu üretimin bir özelliği olan çok yüksek düzeylerdeki soğutma ve yağlama taleplerini çok iyi karşılamaktadırlar. Delme çalışmaları sırasında takımların ısı yüklenmesi özellikle yüksek düzeydedir. Ayrıca kesme köşelerinde tıraşlama ve enlemesine kesimlerde birbirini çekme (adhezyon) etkileri tipik aşınma görüntülerine neden olur [28]. Uzun delme ve yatay çalışma pozisyonlarında bu sorun, soğuk yağlama maddesinin talaş alınarak çalışılan noktaya zor ulaşabilmesi nedeniyle daha da büyür. İçlerinden soğuk yağlama maddesini akıtarak çalışan özel soğutma kanallı spiral deliciler burada genellikle en mükemmel çözümü sunarlar.

3.5. Kesme Sıvılarının Neden Olduğu Cilt Hastalıkları

Mesleki cilt hastalıkları bundan yaklaşık 400 yıl önce fark edildi ve bu zamandan beri, bu konu üzerinde birçok çalışma yapıldı. 1950'li yıllarda endüstriyel cilt hastalıklarının % 27'si kesme yağlarının neden olduğu cilt hastalıklarını kapsıyordu. O yıllarda Amerika'da bu yağlayıcılarla temasta olan her 1000 işçiden 3 kişide cilt tahrişine rastlanıyordu. Son yıllarda, endüstrilerde çalışanların cilt rahatsızlığı problemleri daha büyük ilgi görmüştür. Yaygın olarak görülen, işçileri güçten düşüren bu mesleki cilt hastalığı, Amerika'da en çok rastlanan mesleki sağlık problemidir. Günümüzde Amerika'da endüstriyel cilt hastalığı, bütün mesleki hastalıkların % 40'ını teşkil eder. Bir sigorta şirketinin kayıtlarına göre, yılda 800000–1 milyon vakaya rastlanmış ve her vaka yaklaşık 100–150 dolar doktor masrafı ve ayrıca iş gücü kaybına sebep olmuştur.

Makine başında çalışan kişiler, gün boyunca su ile temas halindedir. Suyun cilt ile uzun süreli teması, geçici cilt rahatsızlıklarına neden olur. Daha önemlisi, su ile tahriş olmuş cildin, sağlıklı bir cilde göre kimyasallardan tahriş olma ihtimali daha fazladır. Kesme yağları normalde alkali yapıdadır ve cilt, alkali ürünlere asidik ürünlerden daha

hassastır. Bunlar yapılarında sabun içerdiklerinden cildin yağını alırlar ve tahrişe uygun bir ortam hazırlarlar. Kesme yağlarının içerdiği diğer maddeler, amin gibi, cildi tahriş edici maddelerdir. İstenmeyen cilt reaksiyonlarına yol açan iki faktör vardır;

- Ürünün konsantrasyonu
- Temas süresi

Cildin kimyasallara karşı tepkisini etkileyen diğer faktörler şunlardır: Irk, cins, genetik faktörler, yaş, sağlık durumu, beslenme, cildin tipi, önceki cilt rahatsızlıkları. Irk, cinsiyet ve yaş faktörleri, cildin kuruluğu, pigmentasyon derecesi, terleme, temizlik gibi dış faktörlerle birleşir. Buradan da anlaşılacağı üzere, kimyasalların cilde etkisi kişiden kişiye büyük değişiklikler gösterir.

Tıbbi metinlerde tanımlanan birçok cilt hastalığı türü vardır. Fakat kesme yağlarının neden olduğu başlıca iki tür cilt hastalığı vardır.

1. Kesme yağlarının neden olduğu cilt hastalıklarının % 80'i cilde direkt zarar veren kimyasallardan dolayı oluşur. Bu çoğunlukla temas hastalığı olarak bilinir ve genelde tahriş edici maddenin konsantrasyonunun yüksek olduğu veya temas süresinin cilde zarar verecek kadar uzun olması durumunda görülür. Yavaş yavaş ortaya çıkar ve kişi ilk başlangıçta hastalığın farkına varmaz. İlk göstergeler ciltte kırmızılık, kabarma, su toplamadır. Ayrıca tahriş olan bölgede acı ve kaşıntı olur. Daha sonra deride pullaşma, çatlak, kabuklanma ve incelme görülür. Daha ciddi durumlar, bu aşamadan sonra yağ ile çalışmaya devam edilirse görülür. Parmakların arasında ve arkalarında patlamalar görülür.

2. Alerjik cilt hastalığı durumudur. Bu tür, bütün cilt hastalıklarının yaklaşık %20'sini oluşturur. Uzun süre kesme yağlar ile temas halinde olan bireylerde görülür. Uzun süreli temastan sonra, vücudun bağışıklık mekanizması cilt ile temasta olan kimyasallarla reaksiyona girerek antikorlar üretir. Bu bir kere olduktan sonra, kişi kesme sıvısına karşı alerjik bir cevap verir. Bu iki ayrı tip cilt hastalığını birbirinden ayırmak güçtür. Çünkü belirtiler her ikisinde de aynıdır.

Cilt hastalığına maruz kalmış insanlara uygun işlemlerin yapılması çok önemli bir konudur. Eğer mümkünse, kesme yağlarından temas kesilmeli ve tahriş olan bölgeler yumuşak bir sabun ve bol su ile yıkanmalıdır. Tıbbi müdahale gerekiyorsa acilen doktora gösterilmelidir. Bu konuda önemli bir soru da, rahatsız kişinin hastalık yaratan şartlardan ne kadar zaman uzak kalması gerektiğidir. İngiltere'de yapılan bir çalışmaya göre, ortalama işten uzak kalma zamanı, erkekler için 22 gün, kadınlar için de 26 gündür. Bu konuda yapılan ikinci bir çalışmada, rahatsız kişilerin %22' sinin 1 ay için, %29' unun da bir yıl gibi uzun bir zaman için işten uzak kalması gerektiği ortaya çıkmıştır. Yapılan üçüncü bir çalışmada ise, bu tür rahatsızlıkların çoğunlukla 2– 4 ay içerisinde kaybolduğunu göstermiştir.

Bu alanda çalışan çoğu çalışan, bu tür cilt hastalıklarının zamanla düzeleceğini ve cildin eski sağlığına kavuşacağını düşünür. Fakat 1752 kişi üzerinde yapılan bir çalışmada, hastalığa yakalanmış insanların %25' inin tamamen sağlığına kavuştuğu, %50' sinin periyodik aralıklarla rahatsızlık duydukları ve %25' inin ise aylar sonra hala hastalıktan kurtulmadıkları görülmüştür.

3.5.1. Kesme Yağının Seçimi

Bir işletmede, kesme yağı kullanılmaya başlandığında, bunu cildi tahriş etme özelliği de düşünülmelidir. Kullanıcı ürünün kompozisyonu hakkında bilgi istediği gibi cildi tahriş edip etmeme özelliği de istemelidir. Her işletme kullanacağı kesme yağları için belli standartlar oluşturmalıdır. Genel olarak ürünün pH' ı ne kadar yüksekse, cilt rahatsızlıklarının görülme şansı da o kadar yüksektir. pH' ı 8,5 'tan yüksek olmayan bir ürün kullanan işletmede, cilt hastalıkları daha az görülür. Bir otomotiv fabrikasında petrol bazlı ürünler yerine sentetik bazlı ürünler kullanılarak cilt hastalıkları azaltılmıştır.

3.5.2. İşletme Şartları

İşletme büyüklüğünün, operasyon türünün, temizliğin ve diğer faktörlerin cilt rahatsızlıklarına etkisi konusunda çok az çalışma yapılmıştır. Bu tür hastalıklar personel sayısı 50 kişiden az olan işletmelerde daha çok görülmüştür ve fazla mesai olması bu sayıyı arttırmıştır. Kirli yağ haznesi, kirli iş elbisesi ve solvent kullanımı, işletmelerde cilt hastalıklarını arttıran etmenlerdir.

3.5.3. İşletmelerin Havalandırılması

Bazı zararlı kimyasalların teneffüsüne karşı, insan vücudu antikorlar üretebilir. Daha sonra, bu dumanları teneffüs eden bir kişi, bu kimyasala karşı alerjik bir tepki gösterebilir. Havadaki toz ve kimyasalların yok edilmesi, alerjik hastalıkların azalmasında büyük bir etmendir. Bunun için işletmelerde iyi bir havalandırma sistemi olması gerekir.

3.5.4. İşin Tipi

Yapılan işin tipi kadar, bu işlerde kullanılan kesme sıvılarının da 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 yüksektir. Bazı taşlama sıvılarında yüksek korozyon önleme özelliğine sahip nitrit ve amin türünde maddeler kullanılır. Bu iki malzeme reaksiyona girerek korozyon önleme özelliği yüksek olan bir bileşik meydana getirir. Ortaya çıkan bu nitroso bileşiklerin kanserojen etkiye sahip olduğu bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Ayrıca bu ürün, ciltte çok fazla miktarda tahrişe yol açar. Bunun için bu tür malzemelerin kullanılması Avrupa'da yasaklanmıştır.

3.5.5. Cilt Hastalıklarına Karşı Alınacak Önlemler

Cilt hastalıklarına karşı önlem almanın en önemli yolu problemin kaynağını bilmek ve rahatsızlığa neden olan kimyasalın kullanımını durdurmaktır. Ne yazık ki, tahrişe neden olan kaynak, kanıtlanmış gerçeklerden çok tahminlerle belirlenir. Meydana gelen cilt tahrişlerinin nedeni olarak çoğu kez kesme yağları gösterilir. Fakat bunun yanında metallere karşı olan alerjik durumlar, işletmenin şartları gibi diğer faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır.

Cilt hastalıklarının nedeninin doğru olarak saptanması için testler yapılmalıdır. Yapılan bir testte kullanılmış yağın tahriş etme yönünde pozitif sonuç vermesi, bunun yanında kullanılmamış yağın negatif sonuç vermesi, yağın zamanla mikrobiyolojik bir reaksiyon sonucunda oluşan bir kimyasaldan, ürünün oksidasyonu sonucu oluşan bir kimyasaldan veya metal iyonları, solvent, diğer yağlar ve diğer maddeler tarafından kirlenmiş olabileceğini gösterir. Kesme yağlarında kullanılan bazı maddelerin pozitif sonuç vermesi, kesme yağının tek başına tahrişin sorumlusu olduğunu göstermez. Kesme yağlarında kullanılan birçok madde aynı zamanda kozmetikler, sabunlar, kâğıt, gıda, tekstil ve diğer ürünlerde de kullanılmaktadır. Kesme yağıyla birlikte bu ürünlerde de olan toplam temas cilt tahrişlerine neden olabilir. Örneğin kesme yağıyla çalışan kişilerin daha sıkça el yıkamaya ihtiyaç duyması ve böylece aynı zamanda sabunun içindeki tahriş edici maddeyle sıkça temas halinde olması tahriş yaratır.

Bazı durumlarda kimyasalların tek başına yapılan bir testleri pozitif sonuç vermezken, bunların karışımıyla yapılan testlerde pozitif sonuç alınmıştır. Buradan da anlaşılabacağı üzere bazı cilt hastalıkları iki veya daha fazla kimyasaldan dolayı olabilir. Bu gibi durumlarda rahatsızlanmış kişiyi sadece kesme yağından uzak tutmak problemin çözülmesine yetmez.

4. DENEY ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada, minimum ve geleneksel soğutma sıvısı kullanılarak farklı ilerleme hızları, devir sayıları ve farklı tipte freze kesici takımı kullanılarak yapılan deneyler sonrası iş parçası yüzey pürüzlülüğü ve çapak yüksekliği incelendi. Deneyler Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Takım Tezgâhları laboratuvarında bulunan dikey işleme merkezli freze tezgahında (Lagun Ft-2-İspanya) yapıldı. Frezeleme işleminin yapıldığı freze tezgahının fotoğrafı Şekil 4.1 ve kesme işlemi ise Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.1. Deneylerin yapıldığı tezgah



Şekil 4.2. Kesme işlemi

4.1. Deney Koşulları ve Belirlenmesi

Deney koşulları faktöriyel tasarım dikkate alınarak belirlendi. Faktöriyel tasarımda genelde değişik ve birbirleri ile ilişkili olmayan faktörlerin belli bir karaktere olan etkileri inceleme konusu yapılmaktadır. Bir başka anlatımla bir faktörün durumu diğer faktör ve faktörlerin değişik seviyelerinde ele alınmakta ve faktörler arasında karşılıklı etkileşim olup olmadığı ortaya çıkarılmaktadır. Faktöriyel tasarımda deneysel plan oluşturulurken her faktör planlanan seviyelerde göz önüne alınır. Deneysel tasarımı oluşturan her faktör üç seviye olarak göz önüne alındı (3^n faktöriyel tasarım) ve $3^4=81$ farklı koşulda deneyler yapıldı.

Yapılan deneylerde kullanılan değişken parametreler ve değerleri Tablo 4.1’de görülmektedir. Bu çalışma aralıklarında yapılan deneylerde soğutma sıvısı, klasik ve minimum hacimli olmak üzere iki farklı metotla kesme bölgesine gönderildi. Soğutma sıvısı olarak bor yağı-su karışımı kullanıldı. Bor yağı/karışım oranı geleneksel soğutma ile yapılan deneylerde 1/10 olarak ayarlandı, minimum hacimli soğutma tekniğinde ise bor yağı/karışım oranı 1/10 ve 9/10 olmak üzere iki farklı yoğunlukta çalışıldı.

Minimum soğutma sıvısı pülverize bir şekilde iş parçası-takım ara yüzeyine gönderildi. Pülverizasyon ve debi ayarı, boya tabancası ve pistonlu hava kompresörü kullanılarak sağlandı. Bu pistonlu hava kompresörünün basıncı 5 bar olarak seçildi. Minimum hacimli soğutma tekniğinde deneyler 5 ml/dak debi (Q) ile yapıldı, bu debi ve kompresör basıncı tüm deneyler boyunca sabit tutuldu. Geleneksel soğutma tekniğinde tezgâhın kendi soğutma sistemi kullanıldı ve deneyler 1 lt/dak debi ile yapıldı ve tüm deneyler boyunca bu debi sabit tutuldu.

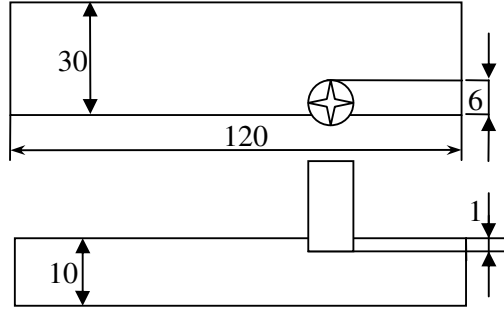
Tablo 4.1. Deneylerde kullanılan parametreler

Değişken Parametreler	Değerleri
Devir sayısı (dev/dak)	260, 780, 1330
İlerleme hızı (mm/dak)	20, 40, 80
Matkap cinsi	HSS, TiN, Karbür
Soğutucu tipi ve bor yağı/karışım oranı	Geleneksel (1/10), MSS (1/10 ve 9/10)

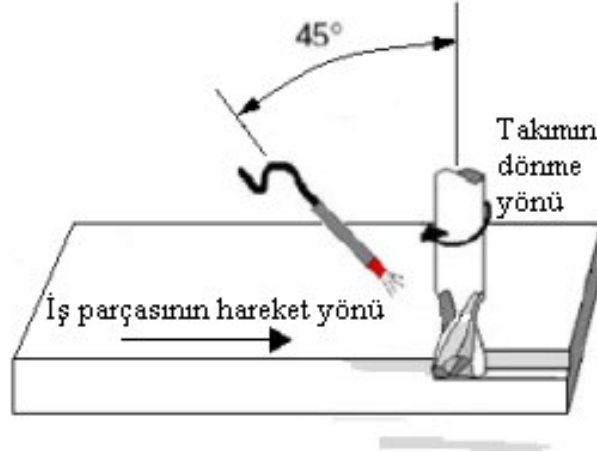
Deneylerde iş parçası malzemesi olarak standart AA 7075 alüminyum alaşımı kullanıldı. Deney numuneleri, 120x30x10 mm boyutlarında olup, Şekil 4.3’de görülmektedir. Standart AA 7075 alüminyum alaşımı kimyasal bileşimi Tablo 4.2’de görülmektedir. Numuneler üzerinden 1 mm derinliğinde ve 6 mm genişliğinde talaş kaldırıldı. Kesici takım malzemesi olarak 10 mm çapında 4 ağızlı HSS, TiN, Karbür kesici takımları kullanıldı. Her takım sadece 1 kez kullanılarak, bir sonraki deney için malafaya yeni takım takıldı. Yapılan deneylerde kesici takımın dönme yönü ile iş parçasının hareket yönü Şekil 4.4’te görülmektedir.

Tablo 4.2. AA 7075 alüminyum alaşımasının kimyasal bileşimi

Element	Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Cr	Zn	Al
Ağırlık (%)	1,2-2,0	2,1-2,9	0,3	0,5	0,4	0,18-0,28	5,1-6,1	Geriye kalan



Şekil 4.3. Deney numunesi.



Şekil 4.4. Frezeleme işleminde kesici takım dönme ve iş parçası hareket yönü

4.2. Yüzey Pürüzlülüğünün Tespiti

Yüzey kalitesi, parça yüzeyinde genellikle kesici takımın bıraktığı izlerden ve baskılardan meydana gelen düzgünsüzlük olarak ifade edilmektedir [30]. Parçanın yüzey kalitesini gösteren iki çeşit düzgünsüzlük vardır. Birincisi çok küçük yüzeysel hatalardan meydana gelen ve yüzey pürüzlülüğü denilen mikro geometrik düzgünsüzlük, ikincisi parçanın ideal şeklinden sapmalarını belirten ve form düzgünsüzlüğü denilen makro geometrik bozukluktur [30]. Tamamen giderilemeyecek şekilde olan ve ekonomik bakımdan uygun

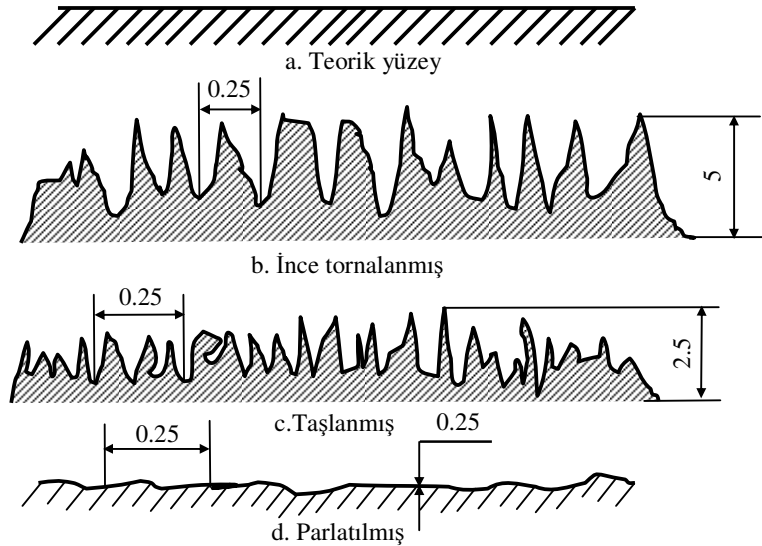
görülen her iki yüzey düzgünlüğü parçanın fonksiyonuna göre belirli sınırlar içerisinde tutulması gerekir. Bu sınırlar fonksiyonel ve ekonomik faktörler göz önüne alınarak tayin edilir.

Yüzey pürüzlülüğü Şekil 4.5’de görüldüğü gibi bir takım çıkıntı ve girintilerden meydana gelmiştir. Ölçme tekniğinin gelişmesi ile bu düzgünlük kolayca ölçülebilir. Ayrıca bu yöntem uygun olarak yüzey pürüzlülüğünü somut bir şekilde ifade eden ve uluslar arası standartlarda kabul edilen bir sistem kurulmuştur. Bu sisteme göre pürüzler, yüzeye dik olan kesitlere göre tespit edilir. Bu kesitte numune uzunluğu boyunca pürüzlerin şeklini gösteren profilin ortalama çizgisine göre ortalama sapmaları tayin edilir [30]. Profil ile ortalama çizginin üstünde ve altında kalan alanların toplamı birbirine eşit olmak üzere bu çizginin yeri tespit edilir. Yüzey pürüzlülüğü, profilin aritmetik olarak ortalama yüksekliğidir ve R_a ile gösterilir. Böylece referans olarak profilin ortalama çizgisi alınır, yüzey pürüzlülüğü;

$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} y dx \quad (\mu m) \quad (4.1)$$

$$R_a = \frac{|y_0| + |y_1| + \dots + |y_n|}{n} \quad (\mu m) \quad (4.2)$$

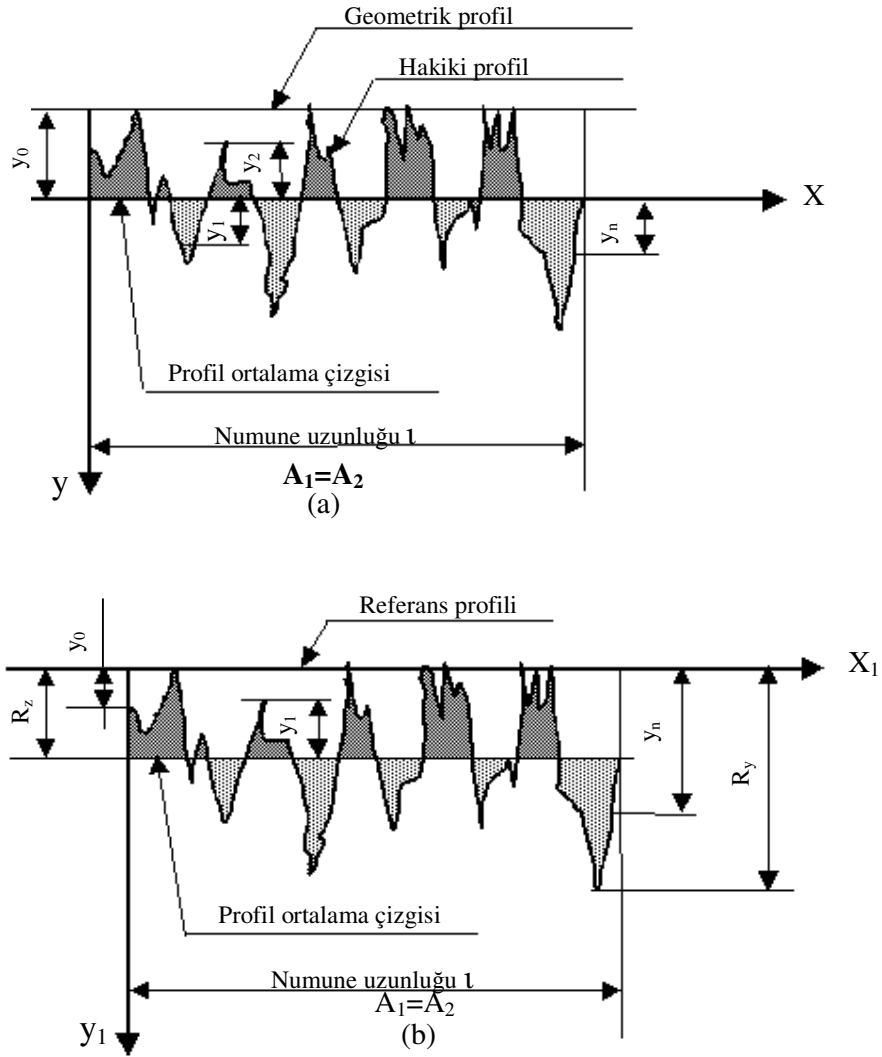
Bağıntısı ile ifade edilir. Burada $y_0, \dots, y_n$ geometrik ortalama için pürüz yükseklikleri ve numune uzunluğuna tekabül eden pürüz sayısıdır. Bu ana ifadenin yanı sıra, pürüzlülüğü karakterize eden pürüzlülüğün eni, dalga yüksekliği, dalga eni, kesici takımın çoğunlukta olan izleri gibi ikinci mertebeden faktörler de vardır (Şekil 4.7).



Şekil 4.5. Yüzey pürüzlülüğü ile ilgili örnekler [30]

Yüzey pürüzlülüğünün birimi mikron (10^{-3} mm) veya mikroinch (10^{-6}) dir. Teorik bakımdan yüzey pürüzlülüğünü ifade etme imkânı sonsuz olmasına rağmen pratik nedenlere

dayanarak, tercih edilen diziler veya yüzey pürüzlülüğü temsili sayıları tespit edilmiştir. Müşterek çarpanı (1.25) olup R10 serisinden oluşan ve tercih esnasında gerçekleşen yüzey pürüzlülüğü, işleme usulüne de bağlıdır [30]. R_a 'nın yanı sıra, en yüksek çıkıntı ile en düşük çıkıntı arasındaki uzaklığı belirten R_y değerleri de pürüzlülük kontrolünde kullanılmaktadır (Şekil 4.6). Ancak maksimum pürüzlülüğü ifade eden R_y değeri ölçülen yere göre değiştiğinden bu yöntem yetersizdir. Bu nedenle yüzeyin maksimum pürüzlülüğü, ezilme yüksekliği denilen R_z ile ifade edilmektedir.



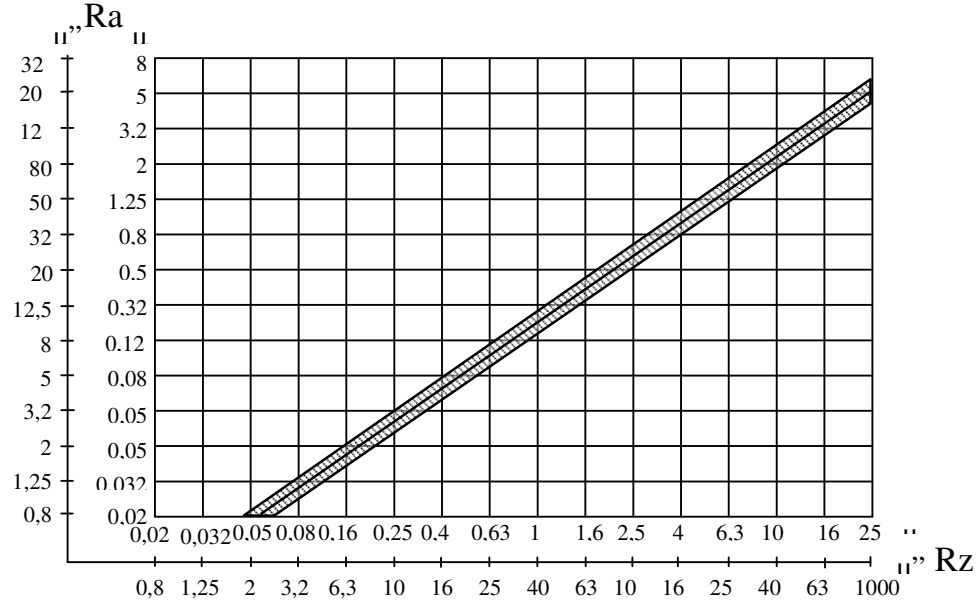
Şekil 4.6. Yüzey pürüzlülüğünün değerlendirilmesi [30]

R_a ile R_z arasında belirli bir bağıntı olmamakla birlikte Şekil 4.7'de istatistiki değerlere dayanarak sayısal bağıntılar vardır. Bu bağıntı ortalama değer olarak;

$$R_a = (0,2 \dots 0,25) R_z ;$$

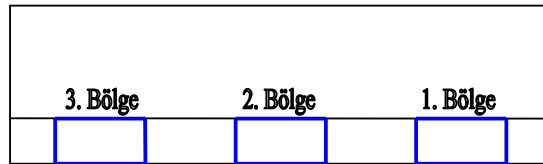
$$R_z = 0,6 R_y$$

alınabilir.



Şekil 4.7. R_a ile R_z arasındaki ilişki [30]

Bu çalışmada, ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) ve maksimum yüzey pürüzlülüğü (R_y) değerleri ölçüldü. İş parçasının işlenmiş yüzeylerine ait yüzey pürüzlülüklerini ölçmek için Mitutoyo SJ-201 yüzey pürüzlülük muayene cihazı kullanıldı. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleri işlenmiş yüzeyden 3 adet ölçüm yapılarak aritmetik ortalaması alındı. Ölçme işlemi işleme yönüne paralel olarak yapıldı. Ölçümlerde kesme uzunluğu 0.8 mm ve numune sayısı 5 olarak seçildi. Böylece travers (ölçme) boyu $0.8 \times 5 = 4$ mm olmaktadır. Şekil 4.9’da yüzey pürüzlülüğü ölçümlerinin hangi bölgelerden yapıldığı görülmektedir.



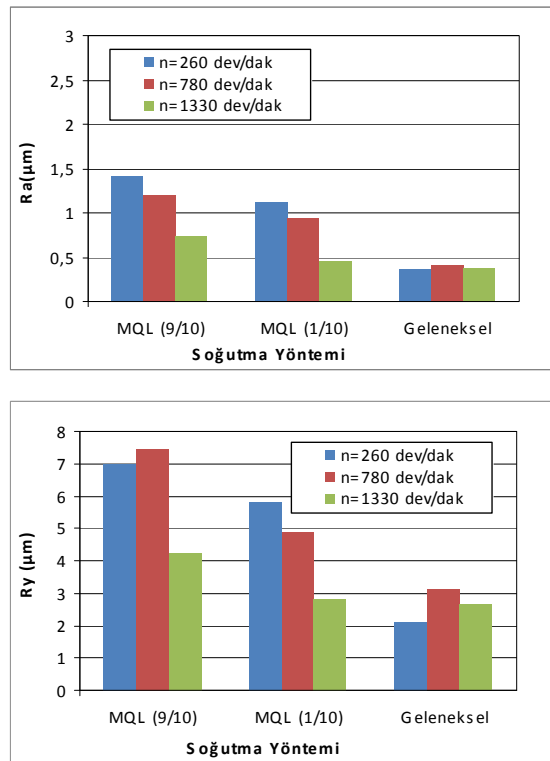
Şekil 4.9. Yüzey pürüzlülüğü için ölçüm yapılan bölgeler

5. DENEY SONUÇLARI ve TARTIŞMA

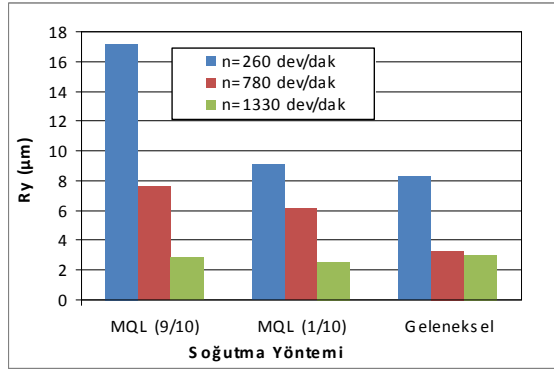
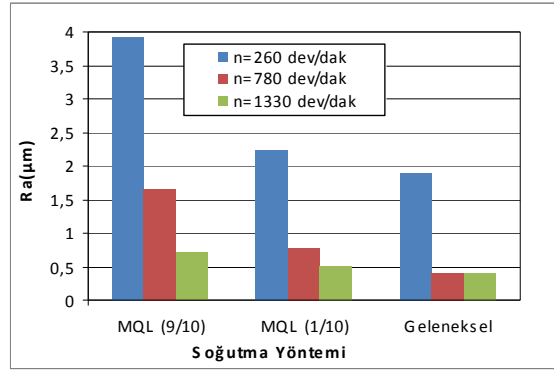
Bu çalışmanın amacı farklı kesme parametrelerine bağlı olarak iş parçasında meydana gelen hem yüzey pürüzlülüğünü hem de çapak yüksekliğini tespit etmektir. Fakat yapılan deneylerde çapak oluşumu meydana gelmediğinden deney sonuçları ve yorumlar iş parçası yüzey pürüzlülüğü dikkate alınarak yapıldı. Yüzey pürüzlülük değeri olarak ortalama yüzey pürüzlülük değeri R_a ve maksimum yüzey pürüzlülük değeri R_y dikkate alındı. Grafiklerde farklı kesme parametrelerinin bu yüzey pürüzlülük değerlerini nasıl etkilediği incelendi.

5.1. Soğutma Yönteminin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

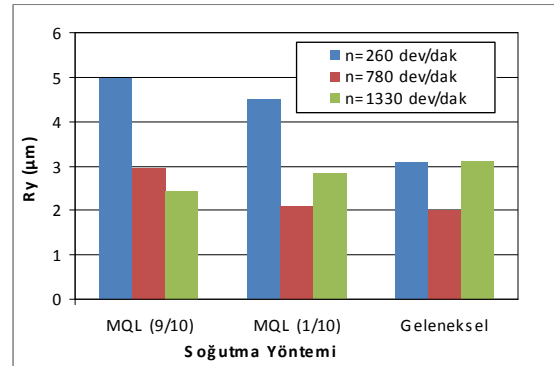
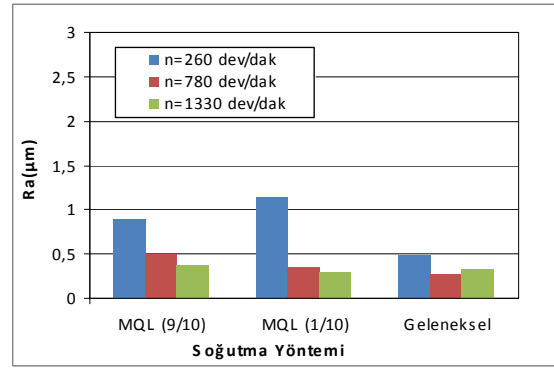
Geleneksel ve minimum miktarda soğutma sıvısı kullanılarak farklı devirlerde ve 20 mm/dak ilerleme hızında yapılan deneyler neticesinde, soğutma yöntemi ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki incelendi. Soğutma yönteminin yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi, aşağıdaki grafiklerde görülmektedir (Şekil 5.1-Şekil 5.3).



Şekil 5.1. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, HSS freze)



Şekil 5.2. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, TiN freze)



Şekil 5.3. Yüzey pürüzlülüğünün, soğutma yöntemine göre değişimi ($f=20$ mm/dak, Karbür)

Şekil 5.1-Şekil 5.3 incelendiğinde; geleneksel soğutma tekniğinde düşük devirlerde, MSS(1/10) soğutma tekniğinde ise yüksek devirlerde daha iyi yüzey pürüzlülük değerleri elde edildi.

MSS tekniği ile yapılan deneylerde karışımdaki bor yağının miktarı arttırıldığında, yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı gözlemlendi. Karışımın yoğunluğu arttıkça akışa karşı gösterilen direnç olan viskozite de artmaktadır [31]. Artan viskozite ile soğutma sıvısı iyi bir şekilde pülverize olamayacaktır. Pülverizasyon etkili olmadığı için soğutma sıvısı takım-talaş ara yüzeyine tam giremediğinden yağlama az olacak ve yüzey kötüleşecektir [31]. Ayrıca bor yağının ısı taşınım katsayısı suyun ısı taşınım katsayısından düşük olduğu için, MSS 9/10' da kullanılan soğutma sıvısının ısı taşınım katsayısı MSS 1/10' a göre düşük olacaktır. Bu nedenle bor yağı-karışım oranı 9/10 olan soğutma sıvısı ile yapılan deneylerde takım-talaş ara yüzeyinde daha çok ısı birikerek, kesme bölgesinin ısınmasına neden olup, yüzey kalitesini bozmaktadır[12].

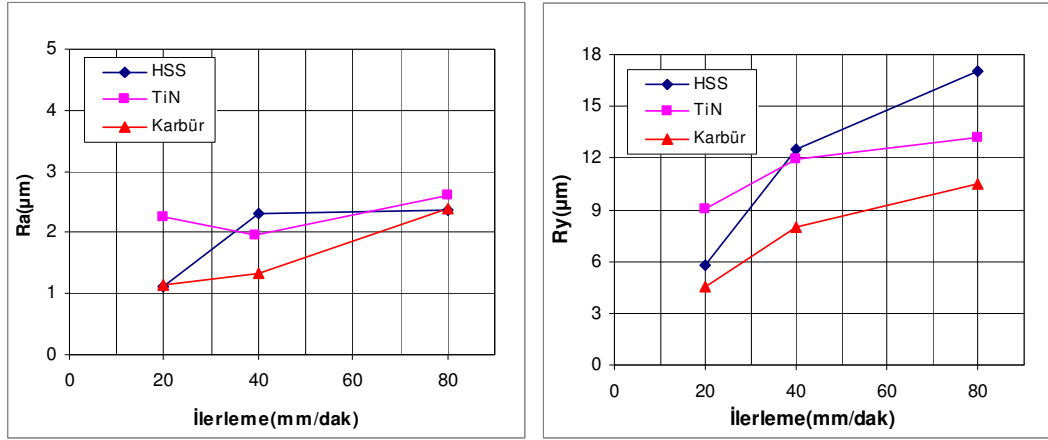
Geleneksel soğutma tekniği yüksek kesme hızı ve ilerleme hızlarındaki işlemede etkili değildir. Yüksek kesme hızı ve yüksek ilerleme söz konusu olduğu zaman MSS tekniği, ortaya çıkan yüksek sıcaklığın azaltılması ve ürünün yüzey kalitesinin iyileştirilmesi için uygulanabilir bir alternatiftir [12].

MSS tekniğinde kullanılan soğutma sıvısının miktarı geleneksel soğutmaya göre çok daha azdır. Küçük bir hesap yapacak olursak; 120 mm uzunluğunda bir numune 20 mm/dak ilerleme hızı ile 6 dakika işlendiğinde, geleneksel soğutma tekniğinde 1lt/dak, MSS tekniğinde 5 ml/dak debi kullanırsak, geleneksel soğutmada 6 lt buna karşılık MSS tekniğinde ise 30 ml yani 0.03 lt soğutucu akışkan kullanılacaktır. Bu iki sonuç birbiri ile kıyaslandığında geleneksel soğutma tekniğinde 1 parça işlenmesi için gerekli olan soğutma sıvısı ile MSS tekniğinde 200 parça işlenebilecektir. MSS tekniği ürün maliyetini düşürdüğü gibi talaşlı işlem esnasında kullanılan soğutma sıvısı miktarını da azaltır. Bu sayede MSS tekniğinde kullanılan soğutma sıvısı geleneksel soğutmaya nazaran daha az olduğu için çevre kirliliği azaltacaktır.

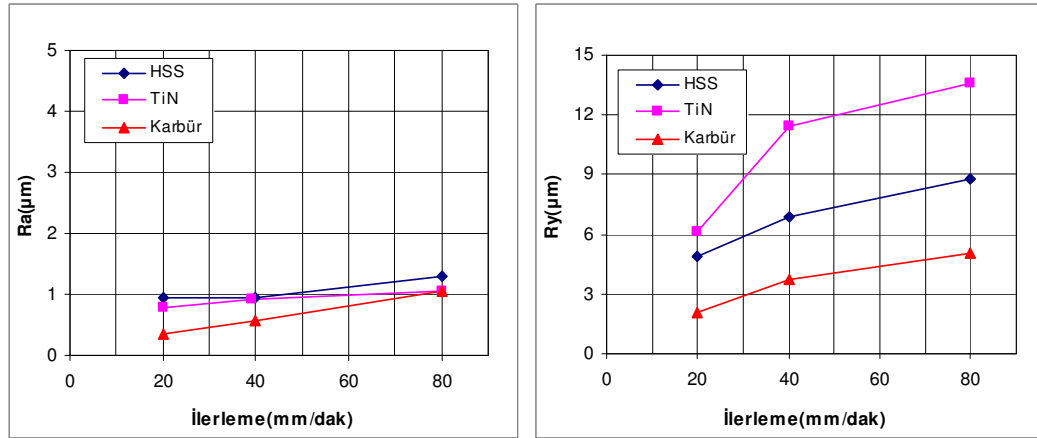
Yukarıda belirtilen gözlemler sonucu, genel olarak yüksek işleme şartlarında MSS (1/10) tekniği, geleneksel soğutma tekniği ile kıyaslandığında performans karakteristikleri (yüzey pürüzlülüğü), insan sağlığı ve çevre kirliliği bakımından daha iyi özellikler göstermiştir.

5.2. İlerleme Hızının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

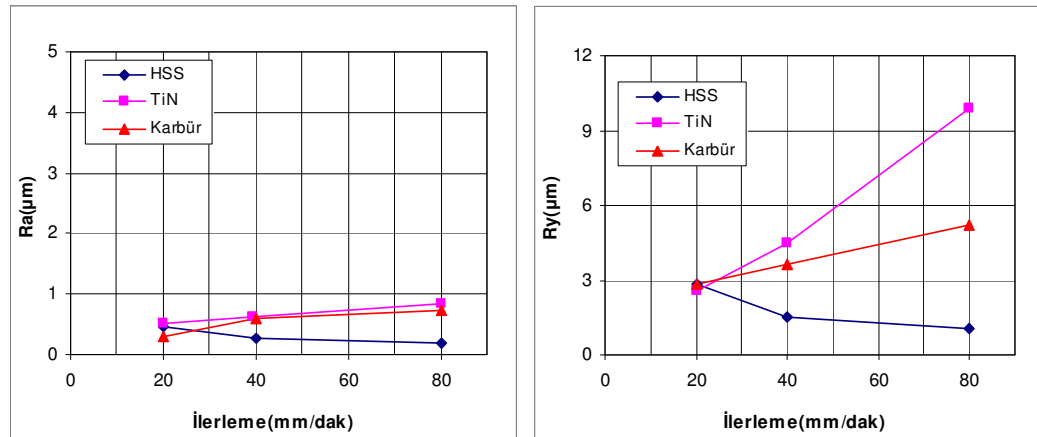
İlerleme hızının yüzey pürüzlülüğüne olan etkisi aşağıdaki şekillerde görülmektedir (Şekil 5.4-Şekil 5.12).



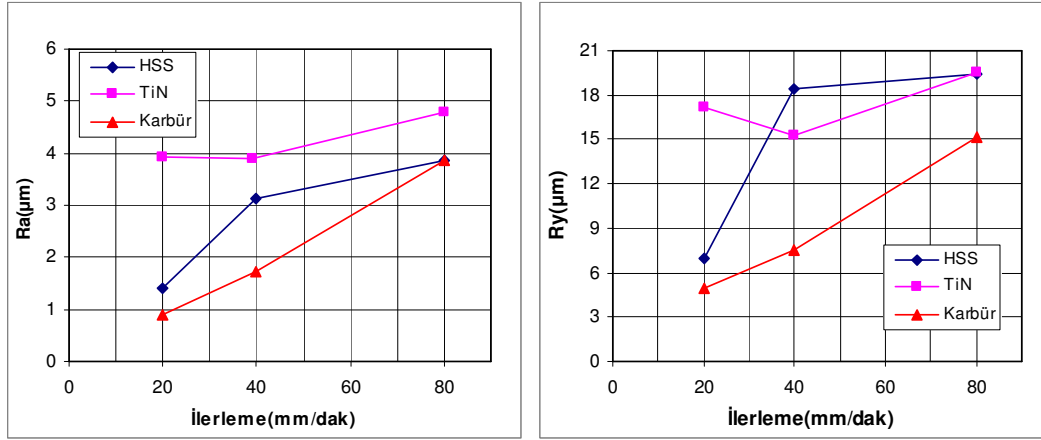
Şekil 5.4. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=260 dev/dak, MSS (1/10))



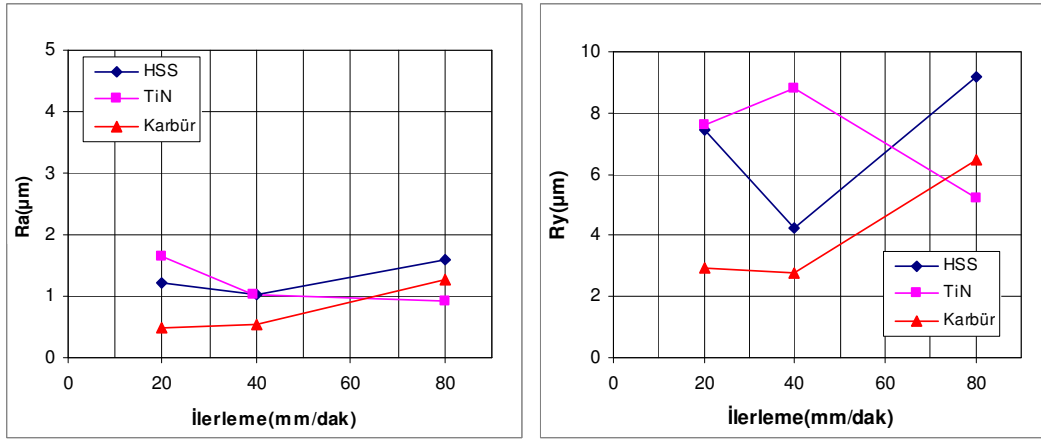
Şekil 5.5. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=780 dev/dak, MSS (1/10))



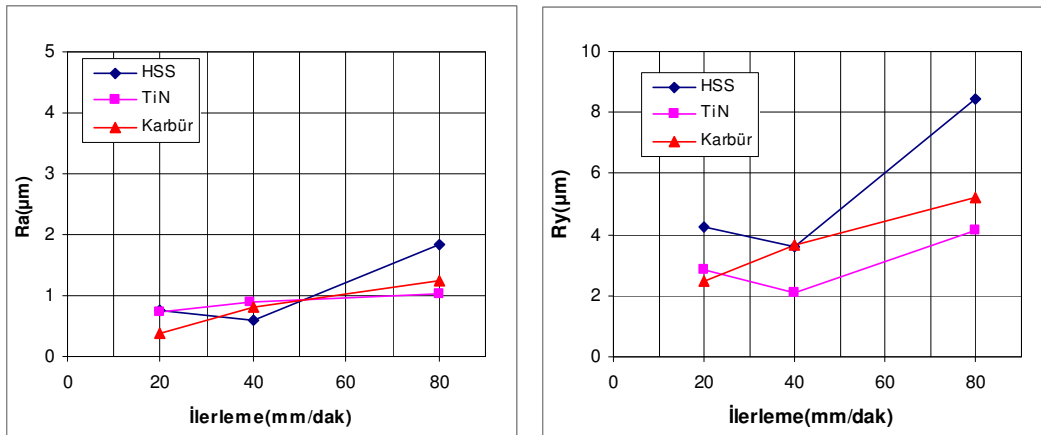
Şekil 5.6. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=1330 dev/dak, MSS (1/10))



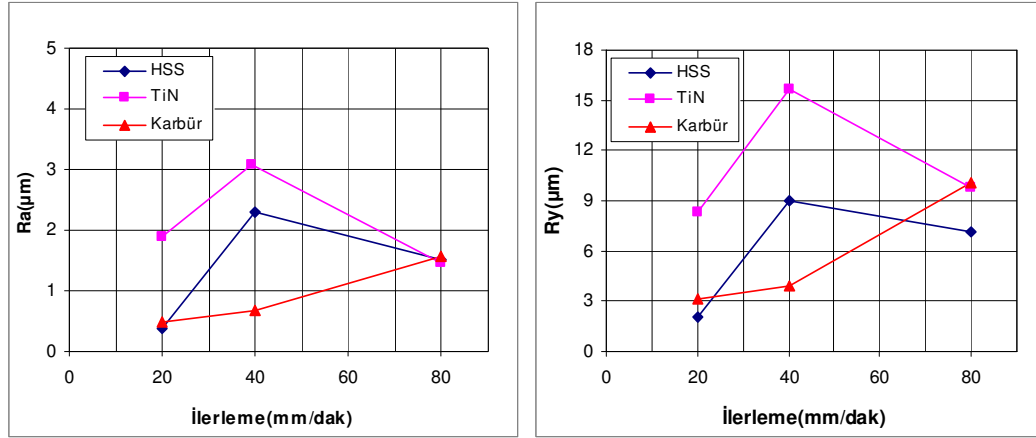
Şekil 5.7. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=260 dev/dak, MSS (9/10))



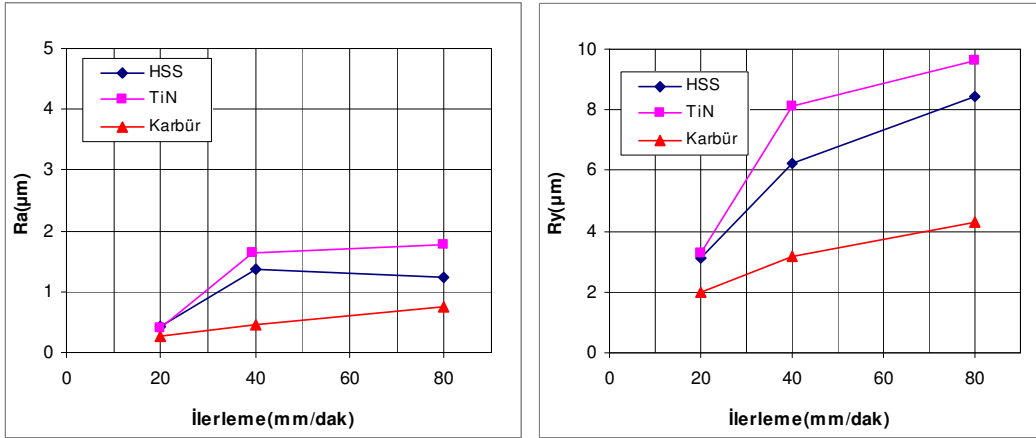
Şekil 5.8. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=780 dev/dak, MSS (9/10))



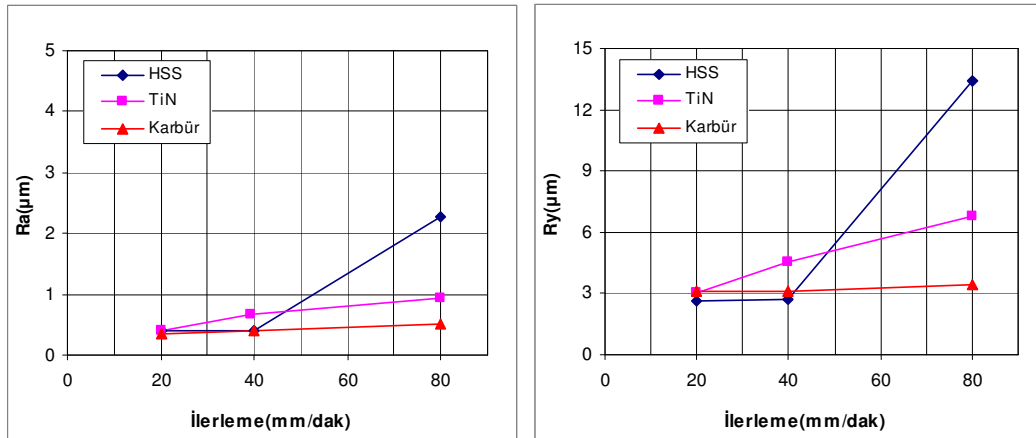
Şekil 5.9. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi (n=1330 dev/dak, MSS (9/10))



Şekil 5.10. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=260$ dev/dak, Geleneksel (1/10))



Şekil 5.11. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=780$ dev/dak, Geleneksel (1/10))



Şekil 5.12. Yüzey pürüzlülüğünün, ilerleme hızı ile değişimi ($n=1330$ dev/dak, Geleneksel (1/10))

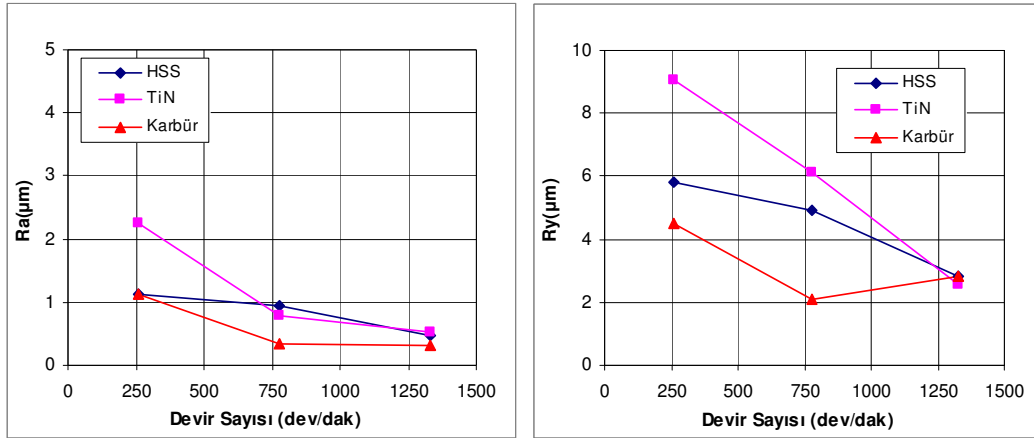
Kullanılan tüm kesici takım malzemesi ve soğutma yöntemleri için ilerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmektedir (Şekil 5.4-Şekil 5.12). İlerleme miktarı arttığında yüksek ilerleme kuvvetine (F_f), düşük kayma açısına ve kalın talaşların oluşmasına neden olmaktadır [3]. Bu durum yüzey pürüzlülüğünü olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalarda da, ilerleme hızı arttıkça kesme kuvvetlerinin arttığı ve buna bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün arttığı görülmüştür [32-36].

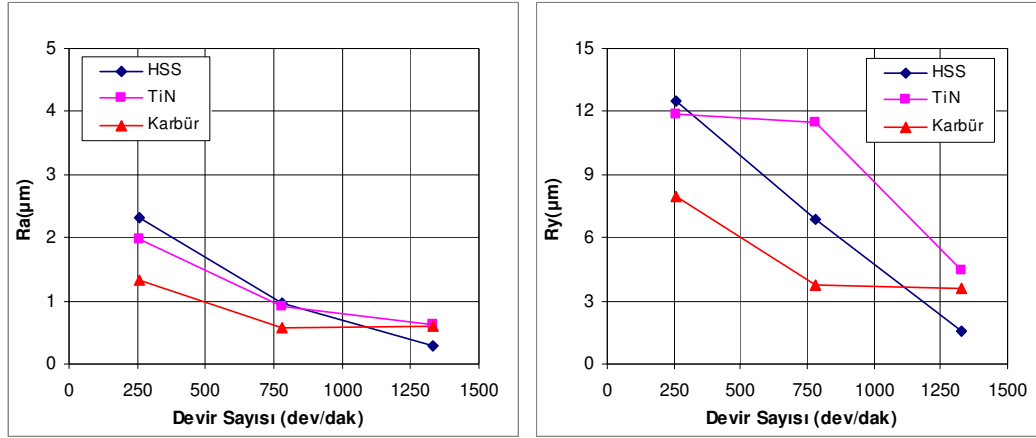
5.3. Devir Sayısının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

İşletmelerde yüksek verimlilik için artan talepler, yüksek kesme hızları ve yüksek ilerleme hızlarının ihtiyacını doğurmuştur. Yüksek kesme hızı ve yüksek ilerlemelerde yapılan işlemlerde, yüksek kesme sıcaklığı meydana geldiğinden, takım ömrü azalmakta ayrıca yüzey kalitesi bozulmaktadır [3,12].

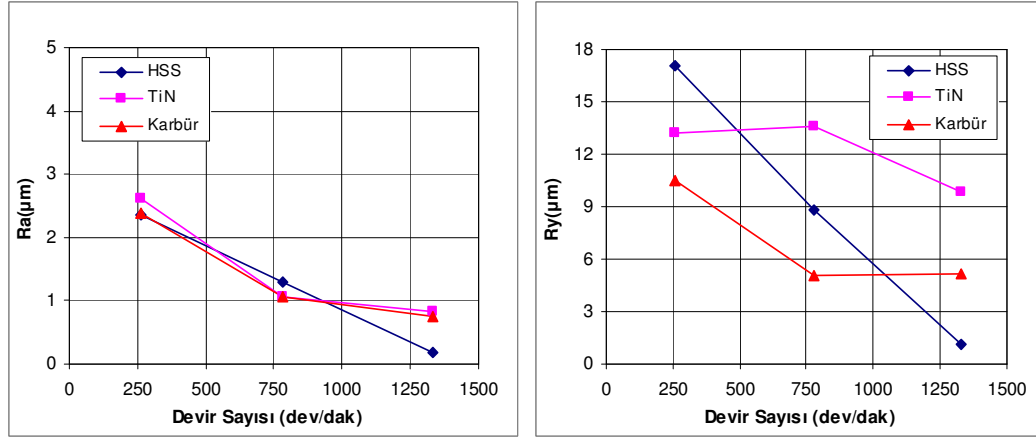
Devir sayısı ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 5.13'den Şekil 5.21'e kadar olan grafikler incelendiğinde, devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğünün azaldığı görülmektedir. Bu değişim, HSS, TiN, Karbür takımlar, MSS (1/10, 9/10) ile geleneksel soğutma teknikleri için de aynıdır.



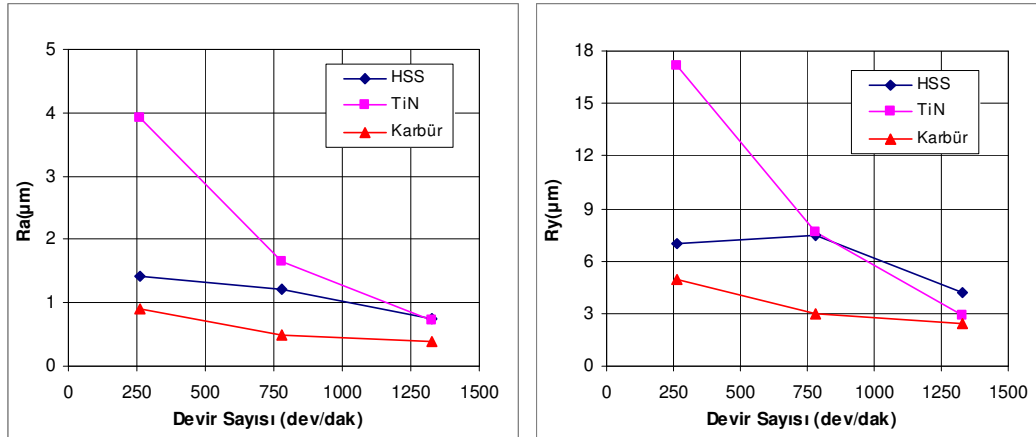
Şekil 5.13. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi ($f=20$ mm/dak, MSS (1/10))



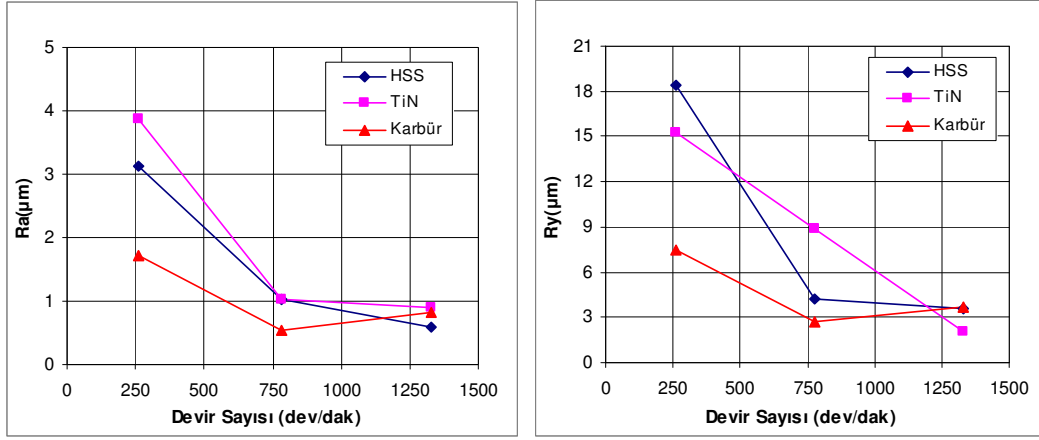
Şekil 5.14. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=40 mm/dak, MSS (1/10))



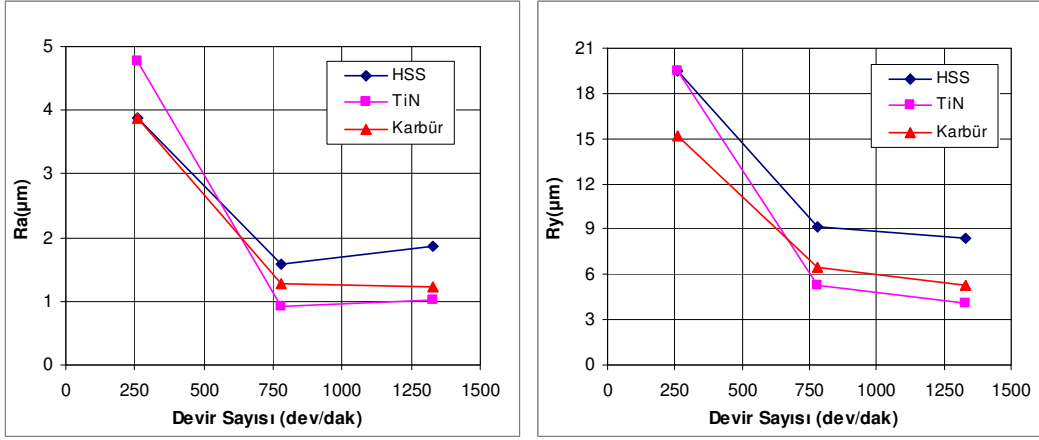
Şekil 5.15. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=80 mm/dak, MSS (1/10))



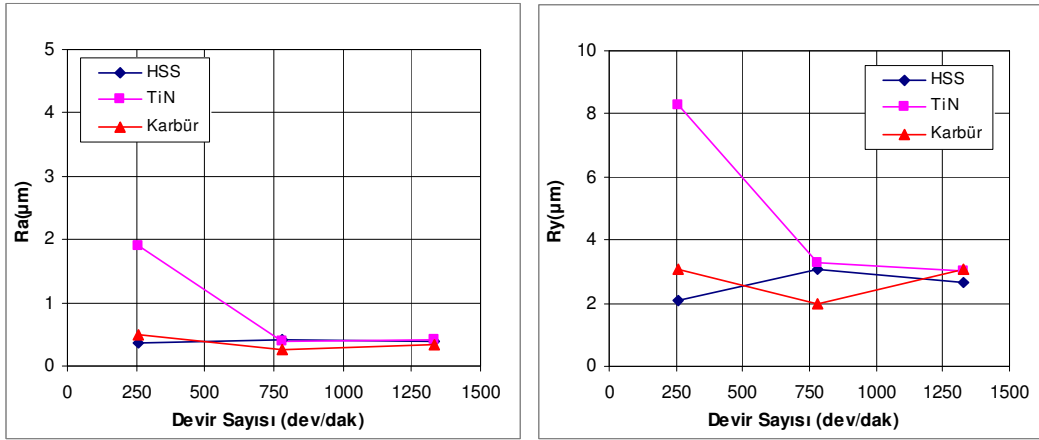
Şekil 5.16. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=20 mm/dak, MSS (9/10))



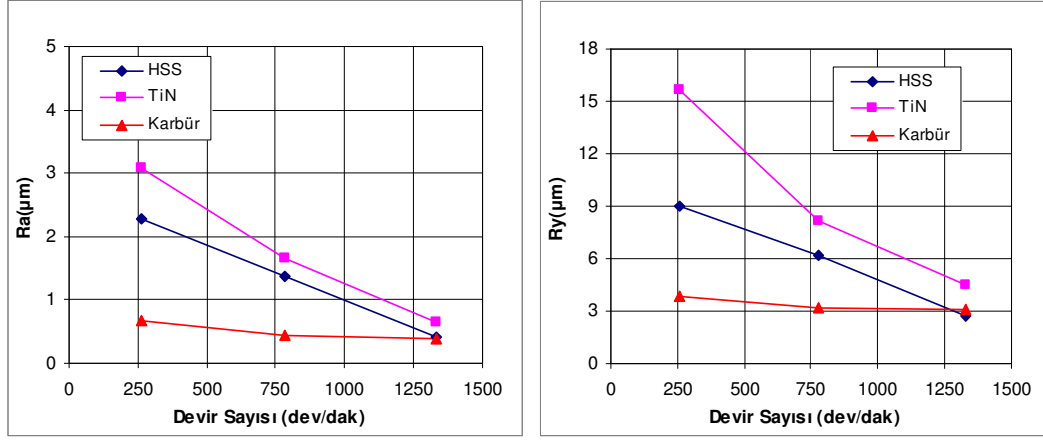
Şekil 5.17. Yüzey pürüzlülüğünün devir sayısı ile değişimi (f=40 mm/dak, MSS (9/10))



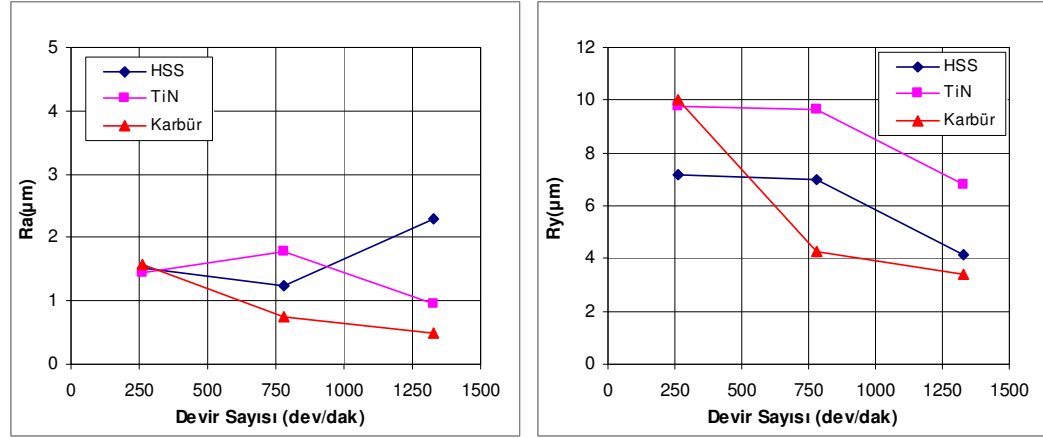
Şekil 5.18. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=80 mm/dak, MSS (9/10))



Şekil 5.19. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=20 mm/dak, Geleneksel (1/10))



Şekil 5.20. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=40 mm/dak, Geleneksel (1/10))



Şekil 5.21. Yüzey pürüzlülüğünün, devir sayısı ile değişimi (f=80 mm/dak, Geleneksel (1/10))

Devir sayısı ile kesme hızı arasında denklem (5.1)'deki ilişki mevcuttur.

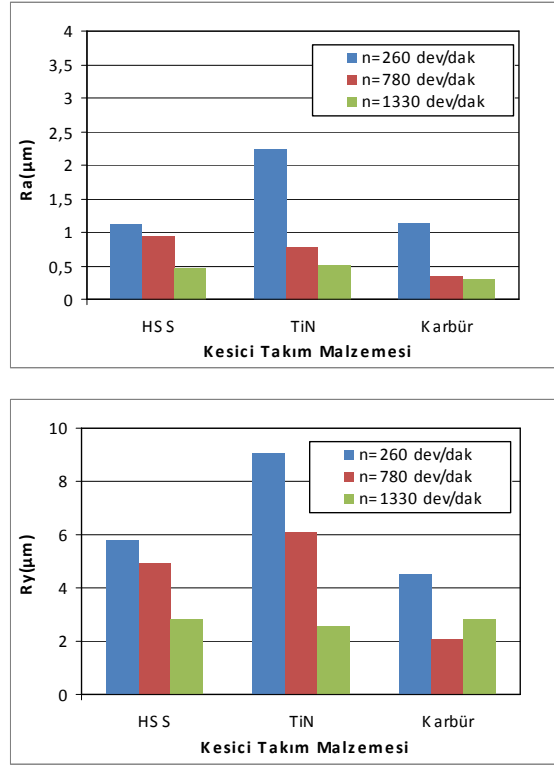
$$V_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \begin{pmatrix} d & , & \text{mm} \\ n & , & \text{d/dak} \\ V_c & , & \text{m/dak} \end{pmatrix} \quad (5.1)$$

Devir sayısı (n) arttıkça, kesme hızı, diğer parametreler (π,d) sabit olduğu için artar ve işlenen parçada kesme bölgesinde meydana gelen kesme kuvvetleri bunun neticesinde azalır. Kesme kuvvetlerinin azalmasından dolayı yüzey pürüzlülüğü iyileşecektir [3,4]. Çoğu alüminyum alaşımları, yüksek kesme hızlarında işlenerek, iyi yüzey kalitesi ve uzun takım ömrü verirler[3]. Al alaşımları, birden fazla faz ihtiva ettiğinden düşük kesme hızlarında talaş sıvanması (BUE, Built-up edge) meydana geldiği için yüzey pürüzlülüğü kötüleşmektedir [3,4].

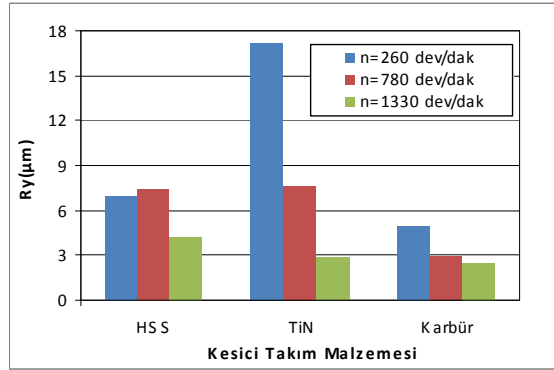
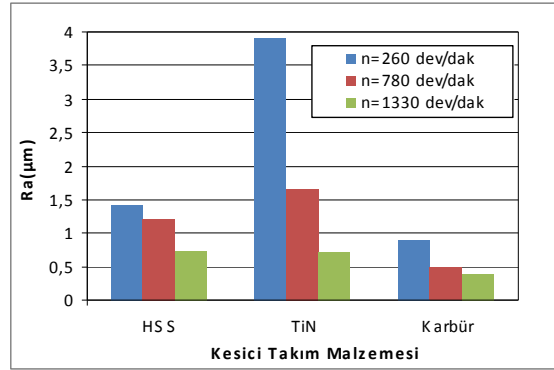
Bu kısımda en düşük yüzey pürüzlülük değeri 1330 d/dak devir sayısında $R_a=0.30 \mu\text{m}$, en yüksek yüzey pürüzlülük değeri 260 d/dak devir sayısında $R_a=4.77 \mu\text{m}$ olarak elde edildi.

5.4. Kesici Takım Malzemesinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi

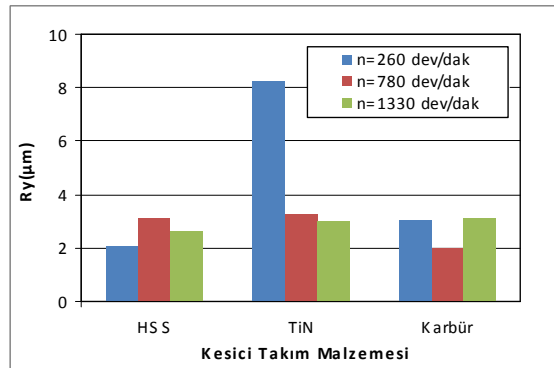
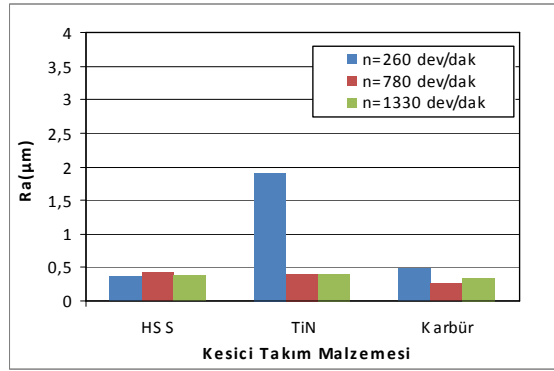
HSS, TiN ve Karbür kesici takım malzemeleri ile yüzey pürüzlülüğü arasındaki ilişki Şekil 5.22' den Şekil 5.24' e kadar olan grafiklerde görülmektedir.



Şekil 5.22. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi (f=20 mm/dak, MSS (1/10))



Şekil 5.23. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi (f=20 mm/dak, MSS (9/10))



Şekil 5.24. Yüzey pürüzlülüğünün, kesici takım malzemesi ile değişimi (f=20 mm/dak, Geleneksel (1/10))

Şekil 5.22-Şekil 5.24’ de görülen grafiklerde kesici takım malzemesine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünün değişimi görülmektedir. Genel olarak karbür takımların kullanılması ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri diğer takımlara nazaran daha iyidir. Aynı şekilde HSS takımların kullanılması ile elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri ve TiN kaplı kesici takımlardan elde edilen yüzey pürüzlülük değerleri birbirine yakındır. Düşük devirlerde HSS kesici freze takımlarında daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilirken yüksek devirlerde TiN kesici freze takımlarında daha düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.

Karbür takımlardan elde edilen yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri 0.30-3.87 μm arasındadır. TiN kaplı takımlardan elde edilen yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri 0.34-4.77 μm arasındadır. HSS kaplı takımlardan elde edilen yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri 0.39-3.87 μm arasındadır.

Deneylerde kullanılan kesici takım malzemesine bağlı olarak yüzey pürüzlülüğünde meydana gelen bu değişimler kesici takımların sertlik değerlerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Deneylerde kullanılan freze takımlarının sertlik değerleri Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5.1. Kesici takımların sertlik değerleri [29]

Kesici Takım Malzemesi	Sertlik Değeri (HV30)
HSS	800-900
TiN	2000
Karbür	3000

Deneylerde kullandığımız freze takımlarının sertlik değerleri, Tablo 5.1’ de görüldüğü gibi HSS→ TiN →Karbür takımlar doğrultusunda artmaktadır. Artan matkap sertliği ile birlikte yüzey pürüzlülüğü değerleri de düşmüştür [37,38]. Buna göre sert takımlar ile daha iyi bir yüzey kalitesi sağlandığı gözlenmiştir.

6. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, 7075 alüminyum alaşımının freze ile işlenmesinde soğutma yöntemi, takım cinsi, devir sayısı ve ilerleme hızının etkisine bağlı olarak iş parçası yüzey pürüzlülüğü deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışmalar neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Soğutma tekniği olarak MSS (1/10) ve geleneksel soğutma tekniğinde çok yakın yüzey pürüzlülük (R_a) değerleri elde edilmesine rağmen MSS (9/10) soğutma tekniğinde daha kötü yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir.
- Deneylerde kullanılan takımlardan, karbür takımın sertlik değeri TiN ve HSS' den büyük olduğu için karbür takımlarla yapılan deneylerden elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin TiN ve HSS takımlar ile kıyaslandığında daha düşük çıktığı gözlenmiştir. TiN takımların sertliği HSS takımlardan daha fazla olmasına rağmen TiN takımlardan, düşük devirlerde daha kötü yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Buna karşılık yüksek devirlerde yapılan deneylerde TiN takımların yüzey pürüzlülük değerleri HSS takımlardan daha iyi çıkmıştır.
- Yapılan deneylerde tezgaha verilen ilerleme hızı arttıkça yüzey pürüzlülük değerlerinin arttığı gözlenmiştir.
- Devir sayısına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğü değerlerine bakıldığında; kullanılan tüm kesici takım malzemesi ve soğutma yöntemi için yapılan deneylerde devir sayısı arttıkça yüzey pürüzlülüğü değerlerinin azaldığı gözlenmiştir.

Yapılan frezeleme deneyleri neticesinde elde edilen tüm sonuçlar göz önünde bulundurulduğu zaman; frezeleme işlemlerinde en uygun matkap cinsi olarak karbür matkaplar kullanılmalıdır. Soğutma yöntemi olarak bakıldığında, MSS (1/10) ve geleneksel soğutma yönteminde elde edilen yüzey pürüzlülüğü (R_a) değerleri çok yakın olmasına rağmen daha az soğutma sıvısı kullanıldığı için MSS (1/10) soğutma tekniği, geleneksel soğutma yöntemine tercih edilebilir. Bu özelliklere sahip kesici takım ve soğutma yöntemi seçimiyle beraber, düşük ilerleme hızı ve yüksek devir sayısı şartları altında yapılacak frezeleme işlemleri sonrası, işlenmiş yüzeylerde daha az deformasyon ve daha düşük yüzey pürüzlülüğü değerleri elde edilecektir. Bunun yanı sıra maliyet göz önüne alınacak olursa; karbür takımların fiyatının HSS takımlardan daha pahalı olması, yapılan deney çalışmalarında karbür takımın performansına yakın performans gösteren HSS takımların kullanılması önerilebilir. Eğer HSS matkap

kullanılarak frezeleme işlemi yapılacak olursa, MSS (1/10) soğutma tekniği, yüksek devir sayısı ve düşük ilerleme hızı seçilerek frezeleme yapılması tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Şahin, Y., 2002, "Talaş Kaldırma Prensipleri I", Star ofset-Şelale ofset, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara.
2. Popke, H., 1997, "Kuru işleme ve minimum yağlama tekniği"
3. Şahin, Y., 2000, "Talaş Kaldırma Prensipleri II", Star ofset-Şelale ofset, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara.
4. Çakır, M. C. 2000, Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri, Vipaş, Bursa.
5. Rahman, M., Kumar, S.A., Salam, M.U., 2001, "Evaluation of minimal quantities of lubricant in end milling", International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 18, 235–241.
6. Itoigawa, F., Childs, T.H.C., Nakamura, T., Belluco, W., 2006, Effects and mechanisms in minimal quantity lubrication machining of an aluminum alloy, Wear, 260, 339–344.
7. Heinemann, R., Hinduja, S., Barrow, G., Petuelli, G., 2005, Effect of MSS on the tool life of small twist drills in deep-hole drilling, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 1, 1–6.
8. Braga, D.U., Diniz, A.E., Miranda, G.W.A., Coppini, N.L., 2002, Using a minimum quantity of lubricant (MQL) and a diamond coated tool in the drilling of aluminum–silicon alloys, Journal of Materials Processing Technology, 122, 127-138.
9. 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 & Manufacture, 42, 539–547.
10. Diniz, A.E., Ferreira, J.R., Filho, F.T., 2003, Influence of refrigeration/lubrication condition on SAE 52100 hardened steel turning at several cutting speeds, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 43, 317–326.
11. Kishawy, H.A., Dumitrescu, M., Ng, E.G., Elbestawi, M.A., 2005, Effect of coolant strategy on tool performance, chip morphology and surface quality during high-speed machining of A356 aluminum alloy, International Journal of Machine Tools & Manufacture, 45, 219–227.
12. Dhar, N.R., Kamruzzaman, M., Ahmed, M., 2006, Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel, Journal of Materials Processing Technology, 172, 299–304.

13. Zeilmann, R.P., Weingaertner, W.L., 2006, Analysis of temperature during drilling of Ti6Al4V with minimal quantity of lubricant, *Journal of Materials Processing Technology*, 179, 124–127.
14. De Lacalle, L.L.N., Angulo, C., Lamikiz, A., S´anchez, J.A., 2006, Experimental and numerical investigation of the effect of spray cutting fluids in high speed milling, *Journal of Materials Processing Technology*, 172(1), 11–15.
15. Chee Keong, N., Shreyes Melkote, N., Rahman, M., Senthil Kumar, A., 2006, Experimental study of micro- and nano-scale cutting of aluminum 7075-T6, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 929–936
16. Dhar, N.R., Islam, M.W., Islam, S., Mithu, M.A.H., 2007, The influence of minimum quantity of lubrication (MQL) on cutting temperature, chip and dimensional accuracy in turning AISI-1040 steel, *Journal of Materials Processing Technology*, 171, 93–99.
17. Dhar, N.R., Ahmed, M.T., Islam, S., 2007, An experimental investigation on effect of minimum quantity lubrication in machining AISI 1040 steel, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47, 748–753.
18. Ezugwu, E.O., Bonney, J., Da Silva, R.B., Çakır, O., 2007, Surface integrity of finished turned Ti–6Al–4V alloy with PCD tools using conventional and high pressure coolant supplies, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47, 884–891.
19. Da Silva, L.R., Bianchi, E.C., Fosse, R.Y., Catai, R.E., França, T.V., Aguiar, P.R., 2007, Analysis of surface integrity for minimum quantity lubricant-MQL in grinding, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47(2), 412–418.
20. Attanasio, A., Gelfi, M., Giardini, C., Remino, C., 2006, Minimal quantity lubrication in turning: Effect on tool wear, *Wear*, 260, 333–338.
21. Obikawa, T., Kamata, Y., Shinozuka, J., 2006, High-speed grooving with applying MQL, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 1854–1861.
22. Chern, G.L., 2006, Experimental observation and analysis of burr formation mechanisms in face milling of aluminum alloys, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 1517–1525.
23. Bruni, C., Forcellese, A., Gabrielli, F., Simoncini, M., 2006, Effect of the lubrication-cooling technique, insert technology and machine bed material on the workpart surface finish and tool wear in finish turning of AISI 420B, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46, 1547–1554.
24. Diniz, A.E., Micaroni, R., 2007, Influence of the direction and flow rate of the cutting fluid on tool life in turning process of AISI 1045 steel, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 47, 247–254.

25. Liu, J., Han, R., Sun, Y., 2005, Research on experiments and action mechanism with water vapor as coolant and lubricant in Green cutting, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 45, 687–694.
26. Eruslu, N., Altınoğlu, Y., Taptı, A., 2000, “Alaşımlar” Ders Notu.
27. Kaplan, H., 1990, "The Making of Magnesium", *Light Metal Age*, s.18.
28. Aksoy, Z., 2001, "Kuru veya Minimal Miktar Soğutma Sıvısı ile Talaş Kaldırma"
29. Kalaycıoğlu, B., 1999, "CNC Tezgahlarda Yüksek Hızda Talaşlı İmalat"
30. Akkurt, M., 1985, *Takım Tezgahları*, Birsen Yayınevi, İstanbul.
31. Soğukoğlu, M., 2000, “Akışkanlar Mekaniği”, Birsen Yayın Evi, sf. 1-20, İstanbul.
32. Lalwani, D.I., Metha, N.K., Jain, P.K., 2008, Experimental investigations of cutting parameters influence on cutting forces and surface roughness in finish hard turning of MDN250 steel, *Journal of Materials Processing Technology*.
33. Dawim, J.P., Gaitonde, V.N., Karnik, S.R., 2007, Investigations into the effect of cutting conditions on surface roughness in turning of free machining steel by ANN models, *Journal of Materials Processing Technology*.
34. Davidson, M.J., Balasubramanian, K., Tagore, G.R.N., 2008, Surface roughness prediction of flow-formed AA 6061 alloy by design of experiments, *Journal of Materials Processing Technology*, 202, 41-46.
35. Ozben, T., Kilickap, E., Çakır, O., 2008, Investigation of mechanical and machinability properties of SiC particle reinforced Al-MMC, *Journal of Materials Processing Technology*, 198, 220-225.
36. Pawade, R.S., Joshi, S.S., Brahmanekar, P.K., Rahman, M., 2007, An investigations of cutting forces and surface damage in high-speed turning of inconel 718, *Journal of Materials Processing Technology*, 192-193, 139-146.
37. Monaghan J. And O'Reilly P., 1992, The Drilling of an Al/SiC Metal-Matrix Composite, *Journal of Materials Processing Technology*, 33, 469-480.
38. Michael, F., Kahles, J.F., Koster, W.P., 1989, *ASM Handbook: Surface finish and surface integrity*, Vol. 3, American Society for Metals.
39. Dudzinski, D., Devillez, A., Moufki, A., Larrouquere, D., Zerrouki, V., Vigneau, J., 2004, A review of developments towards dry and high speed machining of Inconel 718 alloy, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 44, 439–456.
40. Decker, R. F., 1998, "The Renaissance in Magnesium" *Advanced Materials and Processes*, 9, pp.(31-33).
41. Lancker, M.V., 1996, “Metallurgy of Alüminium Alloys”, Chapman and Hall Ltd.