

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KESME SIVILI ve KURU TALAŞLI İŞLEMENİN İŞ  
PARÇASI ve KESİCİ TAKIM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Makina Mühendisi H.Emre GÜNDOĞDU

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı İmal Usulleri Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ayşegül AKDOĞAN**

**İSTANBUL, 2006**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	vi
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ŞEKİL LİSTESİ .....	viii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xii
ÖNSÖZ .....	xiii
ÖZET .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
1 GİRİŞ .....	1
2 TALAŞ KALDIRMA PROSESİ .....	2
2.1 Kesici Takım Aşınması .....	2
2.1.1 Aşınma Mekanizmaları .....	6
2.2 Kesme Sıvısının Görevleri .....	9
2.2.1 Yağlama .....	10
2.2.2 Soğutma .....	13
3 KESME SIVILARI BİLEŞENLERİ .....	20
3.1 Mineral Yağlar .....	20
3.2 Bitkisel Yağlar .....	23
3.3 Sentetik Yağlar .....	24
3.3.1 Polialfaolefinler .....	25
3.3.2 Sentetik Esterler .....	26
3.4 Katkıları .....	28
3.4.1 Film Katkıları .....	28
3.4.2 Aşırı Basınç (EP) Katkıları .....	28
3.4.3 Korozyon Önleyiciler .....	29
3.4.4 Köpüklenme Önleyiciler .....	30
3.4.5 Buharlaştırma Önleyici Katkıları .....	31
3.4.6 Koku Önleyiciler .....	31
3.4.7 Boya Katkı Maddeleri .....	31
3.4.8 Biositler .....	31
4 KESME SIVILARININ SINIFLANDIRILMASI .....	33
4.1 Saf Yağlar .....	34
4.1.1 Çalışma Esnasındaki Koşullar .....	36

4.1.2	Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları .....	39
4.1.3	Uygulama Alanları.....	41
4.2	Su Bazlı Kesme Sıvıları.....	43
4.2.1	Çözünebilen Yağlar .....	51
4.2.1.1	Katkılar .....	55
4.2.1.2	Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları .....	55
4.2.2	Yarı Sentetik Kesme Sıvıları .....	56
4.2.2.1	Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları .....	57
4.2.2.2	Katkılar .....	57
4.2.3	Sentetik Kesme Sıvıları .....	58
4.2.3.1	Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları .....	59
4.2.3.2	Katkılar .....	59
4.2.4	Su Bazlı Kesme Sıvılarının Uygulama Alanları.....	60
5	KOROZYON.....	62
5.1	Korozyon Mekanizmaları .....	63
5.2	Oksit Filmlerinin Oluşması.....	66
5.3	Demir Esaslı Malzemelerin Korozyonu .....	66
5.4	Demir Dışı Malzemelerin Korozyonu .....	68
5.5	Korozyon Türleri .....	69
5.5.1	Homojen Dağılımlı Korozyon .....	69
5.5.2	Galvanik Korozyon.....	69
5.5.3	Tane Sınırları Korozyonu .....	71
5.5.4	Tabakalaşma Korozyonu .....	72
5.5.5	Seçici Korozyon.....	72
5.5.6	Çukurcuk Korozyonu.....	72
5.5.7	Aralık Korozyonu .....	73
5.5.8	Erozyonlu Korozyon.....	74
5.5.9	Gerilimli Korozyon.....	75
5.5.10	Korozyonlu Yorulma .....	75
5.5.11	Kazımalı Korozyon (Fretaj).....	76
5.5.12	Bakterilerden Kaynaklanan Korozyon .....	77
5.5.12.1	Aeorobik Korozyon .....	77
5.5.12.2	Anaeorobik Korozyon .....	78
5.6	Kesme Sıvısının Korozyon Koruyuculuğu.....	79
5.6.1	Pasive Ediciler .....	79
5.6.2	Organik Film Yapıcılar.....	79
5.6.3	Mikrobiyal Korozyona Karşı Katkılar.....	80
5.7	Kesme Sıvılarına Uygulanan Korozyon Testleri .....	81
5.7.1	Herbert Test DIN 51 360/1 .....	81
5.7.2	Talaş Testi DIN 51 360/2 .....	81
5.8	Korozyonun Makine Parçaları Üzerindeki Etkileri ve Alınacak Önlemler.....	82
6	KESME SIVILARININ FİLTRELENMESİ.....	87
6.1	Kirlilik Yaratıcı Partiküller .....	87
6.2	Transfer Sistemleri.....	89
6.3	Kesme Sıvısını Tekrar Kullanıma Hazırlayan Sistemler.....	89
6.3.1	Ayırma Sistemleri .....	90
6.3.1.1	Çöktürme Tankları.....	90
6.3.1.2	Köpük Ayırıcılar .....	91

6.3.1.3	Santrifüj Ayırıcılar .....	91
6.3.1.4	Manyetik Ayırıcılar .....	91
6.3.1.5	Yağ Ayırıcılar .....	92
6.3.2	Filtre Sistemleri .....	93
6.3.2.1	Değiştirilebilen Filtreler.....	93
6.3.2.2	Sabit Filtreler .....	94
7	UYGUN KESME SIVISİNİN SEÇİMİ VE UYGULANMASI .....	96
7.1	Uygun Kesme Sıvısı Seçimi .....	96
7.1.1	Dökme demir .....	96
7.1.2	Çelikler .....	96
7.1.3	Paslanmaz çelikler .....	96
7.1.4	Alüminyum ve alaşımları .....	97
7.1.5	Bakır ve alaşımları .....	98
7.1.6	Titanyum ve alaşımları .....	98
7.1.7	Magnezyum ve alaşımları.....	98
7.2	Kesme Sıvısının Hazırlanması.....	99
7.2.1	Tezgah Temizliği .....	99
7.2.2	İlk Dolum İçin Karışımın Hazırlanması .....	99
7.2.3	İlavelerin Yapılması.....	100
7.3	Sıvı Kontrolleri .....	100
7.4	Sıvı Değişimi .....	100
7.5	Kesme Sıvısı Seçimi İçin Örnek Uygulama .....	101
8	KESME SIVISI KULLANIMINA ALTERNATİFLER.....	105
8.1	Kesme Sıvılarının Fayda Sağladığı Kesme İşlemleri .....	105
8.2	Kesme Sıvılarının Olumsuz Etkilediği Kesme İşlemleri.....	106
8.3	Kuru Kesme .....	110
8.3.1	Kuru Kesme İçin Kesici Takımda Aranılan Özellikler.....	110
8.3.2	Kuru Kesme İçin Kaplamalı Takımlar .....	112
8.3.3	Metallerin Kuru İşlenmesi .....	115
8.4	Minimum Miktarda Yağlayıcı Kullanarak Kesme (Mql).....	116
8.5	Kesme Sıvısı Kullanarak Kesme, Kuru Kesme ve Minimum Miktarda Yağlayıcı Kullanarak Kesme Hakkındaki Çalışmalara Örnekler .....	117
9	DENEYSEL ÇALIŞMA.....	136
9.1	Malzeme .....	136
9.2	Kullanılan Kesme Sıvıları .....	136
9.3	Kesme Koşulları .....	137
9.3.1	Kullanılan Tezgah.....	138
9.3.2	Kesici Uç .....	138
9.3.3	Numunelerin Hazırlanması.....	138
9.4	Uygulanan Deneyler .....	139
9.4.1	Korozyon Deneyi.....	140
9.4.2	Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi.....	150
9.4.3	Talaş Testi.....	151
9.4.4	Kesme Deneyi.....	154
10	SONUÇLAR.....	158

KAYNAKLAR.....	160
ÖZGEÇMİŞ.....	164

## SİMGE LİSTESİ

$A_s$	Kayma düzlemi
$a_p, a_z$	Paso kalınlığı
$c$	Spesifik ısı
$f$	İlerleme
$F$	Sürtünme kuvveti
$F_s$	Kayma kuvveti
$F_n$	Kayma kuvveti normal
$F_c$	Kesme kuvveti
$F_t$	Teğet kuvvet
$F_{ref}$	Refraktometre katsayısı
$N$	Sürtünme kuvveti normal
$k$	İş parçası iletkenlik sabiti
$r_{fd}$	Kesme sıvısıyla ulaşılan takım ömrünün, kuru kesme takım ömrüne oranı
$R$	Kuvvet vektörü
$R_a, R_{tm}, R_y$	Yüzey pürüzlülüğü değerleri
$t$	Deforme olmamış talaş kalınlığı
$t_c$	Deforme olmuş talaş kalınlığı
$T$	Takım-talaş ara yüzeyindeki ortalama sıcaklık
$u$	Spesifik kesme enerjisi
$V$	Kesme hızı
$VB_B$	Serbest kenar aşınması
$V_C$	Talaş hızı
$V_S$	Kayma hızı
$\emptyset$	Kayma açısı
$\alpha$	Talaş açısı
$\theta$	Kenar açısı
$\gamma$	Boşluk açısı

## KISALTMA LİSTESİ

BUE	Yığma Ağız
CVD	Kimyasal Buharlaştırma Yöntemi
EP	Aşırı Basınç
HC	Sert-hidrojenere
HLB	Suyla uyum-yağla uyum dengesi
HSS	Yüksek Hız Çeliği
Mql, MQL	Minimum yağlayıcı kullanımı
PAO	Polialfaolefin
PVD	Fiziksel Buharlaştırma Yöntemi
SEM	Elektron Mikroskobu Analizi

## ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Talaş, iş parçası ve kesici takım ilişkisi (Kendall, 1991).	3
Şekil 2.2 Ortogonal kesme şartlarında kuvvet eşitlikleri ve kinematik ilişkiler. $t$ , kesilmemiş talaş kalınlığı; $t_c$ , talaş kalınlığı; $\phi$ , kayma açısı; $\alpha$ , talaş açısı; $\gamma$ , boşluk açısı; $\theta$ , kenar açısı; $V_s$ , kayma hızı; $V_c$ , talaş hızı; $V$ , kesme hızı; $F$ , sürtünme kuvveti; $N$ , sürtünme kuvveti normali; $F_s$ , kayma kuvveti; $F_n$ , kayma kuvveti normali; $F_c$ , kesme kuvveti; $F_t$ , teğet kuvvet; $R$ , kuvvet vektörü ( $R=R'=R''$ ) (Kendall, 1991).	3
Şekil 2.3 Aşınma yüzeyleri (Kendall, 1991).	4
Şekil 2.4 Kesme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Kendall, 1991).	6
Şekil 2.5 Takım aşınması çeşitleri (Gamsız, 1999).	7
Şekil 2.6 Çelik iş parçasının kuru ve $CCl_4$ ile işleme neticesindeki yüzey pürüzlülük grafiği (Trent, 1991).	12
Şekil 2.7 (A) Kuru kesmedeki BUE oluşumu, (B) Kesme sıvısı kullanıldığında BUE oluşumu (Trent, 1991).	13
Şekil 2.8 Araştırmacıların kesme sıvısını uyguladığı 3 farklı bölge (Marksberry, 2004).	14
Şekil 2.9 (A) Havayla kesme, (B) Takım talaş yüzeyine kesme sıvısı göndererek kesme, (C) Serbest yüzeye kesme sıvısını jet halinde göndererek kesme (Trent, 1991).	16
Şekil 2.10 “Şekil 2.9” daki kesici uçların sıcaklık dağılımları (Trent, 1991).	17
Şekil 2.11 “Şekil 2.10” deki kesici uçların talaş yüzeylerindeki sıcaklık dağılımları (Trent, 1991).	17
Şekil 2.12 Kesici takım sıcaklığı. Kesme sıvısının, düşük alışımlı bir çeliğin kesilmesine etkilerini görmek amacıyla yapılan deney. İlerleme 0.2mm/devir (Trent, 1991).	18
Şekil 3.1 Mineral yağ bileşikleri (Rhenus, 1997).	21
Şekil 3.2 Mineral yağların, viskozitelerinin sıcaklıkla değişimi (Schey, 1983).	22
Şekil 3.3 Basıncın artmasıyla, mineral yağların viskozitelerindeki ve katılaşmalarındaki artışı gösteren grafik (Schey, 1983).	23
Şekil 3.4 Sentetik yağların moleküler yapılarına örnekler (Lammle, 1991).	25
Şekil 3.5 Sentetik esterlerin yapıları (Schey, 1983).	27
Şekil 3.6 Bazı temel sıvıların Noack DIN 51 581'e göre buharlaşma kayıpları (Rhenus, 1997).	28
Şekil 4.1 Kesme sıvılarının endüstriyel pazardaki gelişimleri (Byers, 1994).	33
Şekil 4.2 Konvansiyonel ve düşük sprey oluşturan aynı viskoziteye değerindeki iki kesme sıvısının oluşturdukları sprey miktarları (Rhenus 1997).	38
Şekil 4.3 Noack'a göre eşit viskoziteli iki yağın buharlaşma kayıplarının karşılaştırılması (Rhenus, 1997).	38
Şekil 4.4 Bronşlama prosesi (Rhenus, 1997).	42
Şekil 4.5 Ortalama matkaplama torku üzerinde konsantrasyonun etkisi (Upton, 2000).	48
Şekil 4.6 Ortalama itme üzerinde konsantrasyonun etkisi (Upton, 2000).	48
Şekil 4.7 0.4 mm/devir ilerlemede delinen deliklerin yüzey profilleri (Upton, 2000).	49
Şekil 4.8 El refraktometresi (Rhenus, 1997).	50
Şekil 4.9 (a) Sodyum oleat, (b) “Doğrusal pin”, (c) Su içinde yağ emülsiyonu (Laemmlle, 1991).	54
Şekil 5.1 Demir yüzeyinin paslanma mekanizması (Byers, 1994).	67
Şekil 5.2 Bir çelik malzemeyi çevreleyen magnezyum metalinde meydana gelen galvanik korozyon ( <a href="http://www24.brinkster.com/shyo">www24.brinkster.com/shyo</a> ).	69
Şekil 5.3 Paslanmaz bir çelikte tane sınırları boyunca çökelen krom karbür partiküllerinin şematik gösterimi ( <a href="http://www24.brinkster.com/shyo">www24.brinkster.com/shyo</a> ).	71

Şekil 5.4 Paslanmaz çelik bir levhanın, bir asit klorid çözeltisinde çukurlaşması (www24.brinkster.com/shyo). .....	73
Şekil 5.5 Aralık Korozyonu (Bilhan, 2003) .....	73
Şekil 5.6 Suyla temas eden bir parçada meydana gelen aralık korozyonu (www24.brinkster.com/shyo). .....	74
Şekil 5.7 Yorulmalı Korozyon (www24.brinkster.com/shyo). .....	76
Şekil 5.8 Bakterilerden kaynaklanan korozyon (Byers, 1994). .....	77
Şekil 5.11 Korozyon önleyici organik film tabakasının oluşumu (Byers, 1994). .....	80
Şekil 5.12 Herbert testi DIN 51 360/1 (Rhenus, 1997) .....	81
Şekil 5.13 Talaş testi DIN 51 360/2 (Rhenus, 1997).....	82
Şekil 5.9 Tezgah tablası üzerindeki kesme sıvısı artıkları.....	83
Şekil 5.10 Kesme sıvısının tezgah boyasını kaldırması. ....	84
Şekil 5.14 Kesme sıvısının kalıp gözleri içinde birikmesi. ....	85
Şekil 5.15 C1050 malzemeden işlenen kauçuk kalıbı üzerinde, işlemekten kalan kesme sıvısının sebep olduğu pas lekeleri. ....	85
Şekil 6.1 Çelik malzeme talaş kaldırma talaşı (Byers, 1994).....	88
Şekil 6.2 Çelik malzeme taşlama talaşı (Byers, 1994) .....	89
Şekil 6.3 Alüminyum malzeme talaşı (Byers, 1994).....	89
Şekil 6.4 Dökme demir malzeme talaşı (Byers, 1994).....	89
Şekil 6.5 Çöktürme tankı (Byers, 1994).....	90
Şekil 6.6 Hidrosiklon sistemi (Byers, 1994). ....	91
Şekil 6.7 Manyetik sistem (Byers, 1994) .....	92
Şekil 6.8 Yağ ayırma ünitesi. ....	92
Şekil 6.9 Değiştirilebilir filtreler (Byers, 1994) .....	93
Şekil 6.10 Kartuş filtre (Byers, 1994) .....	94
Şekil 6.11 Yerçekiminden faydalanan rulo filtre sistemi (Byers, 1994) .....	94
Şekil 6.12 Sabit filtreleme sistemi (Byers, 1994).....	95
Şekil 7.1 Sfero dökme demir diferansiyel gövdesi (Otoyol, 2005).....	101
Şekil 7.2 Kesme sıvısı kontrol formu (Otoyol, 2005) .....	104
Şekil 8.1 Farklı kesme sıvıları kullanılarak tornalama ve kuru tornalama esnasındaki takım ömrü-kesme hızı karşılaştırması. S3 = Sentetik sıvı (%3), SS3 = Yarı sentetik sıvı (%3), M3 = Çözünebilen sıvı (%3), M10 = Çözünebilen sıvı (%10), D = Kuru kesme (Machado vb., 1997; Sales vb., 2001). ....	106
Şekil 8.2 a) Termal çatlaklar b) Frezelemede kullanılmış karbür takım üzerindeki tarak çatlakları (De Melo vb., 2000; Vieira vb., 2001; Sales vb., 2001) .....	107
Şekil 8.3 Takım ömrü eğrileri (Vieira vb., 1997; Sales vb., 2001) .....	108
Şekil 8.4 Kaplamalı karbür takımlarla ulaşılan takım ömrü değerleri (Haron vb., 2001).....	109
Şekil 8.5 Kaplamasız karbür takımlarla ulaşılan takım ömrü değerleri (Haron vb., 2001)....	109
Şekil 8.6 Talaş Kırıcı Geometri.....	112
Şekil 8.7 Minimum Miktarda Yağlayıcı Ünitesi (Quaile, 2000).....	117
Şekil 8.8 $fz=0.175$ mm/dış, $paso=1.75$ mm ve $VB_{max}=0.7$ mm koşullarında işleme sonucunda elde edilen Taylor eğrileri (Vieira, 2001) .....	118
Şekil 8.9 Kesme hızının, kesici takım iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık üzerindeki etkisi (Vieira, 2001).....	119
Şekil 8.10 Serbest kenar aşınması 0.3 mm değerine ulaştığındaki kaldırılan talaş hacmi ( $V_c =$ $350$ m/dak ve $f = 0.4$ mm/devir) (Diniz, 2004).....	120
Şekil 8.11 $V_c = 290$ m/dak, $f = 0.4$ mm/devir, P15 takım ve kuru kesme koşullarında aşınmış kesici takım serbest kenarı (Diniz, 2004). ....	122
Şekil 8.12 $V_c = 290$ m/dak, $f = 0.4$ mm/devir, P25 takım ve ıslak kesme koşullarında aşınmış kesici takım serbest kenarı (Diniz, 2004). ....	122
Şekil 8.13 $V_c = 290$ m/dak, $f = 0.4$ mm/devir, P15 takım ve kuru kesme koşullarında aşınmış	

kesici takım talaş yüzeyi (Diniz, 2004).....	122
Şekil 8.14 $V_c = 290$ m/dak, $f = 0.4$ mm/devir, P25 takım ve ıslak kesme koşullarında aşınmış kesici takım talaş yüzeyi (Diniz, 2004).....	123
Şekil 8.15 Kaplamasız karbür kesici takımlar üzerinde serbest yüzey aşınmasının seyri (Kishawy, 2004).....	127
Şekil 8.16 Kesme sıvısı uygulamasının kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri (Kishawy, 2004).....	128
Şekil 8.17 23 dakika çalışma süresinin sonunda aşınmış uçlara ait fotoğraflar a) Yeni uç b) Kuru kesme c) Sürekli akışkanla kesme d) Minimum yağlayıcı ile kesme ( $V = 100$ m/dak, $f = 2800$ mm/dak, $a_p = 0.35$ mm) (Rahman, 2001).....	129
Şekil 9.1 Deneylerde kullanılan kesme sıvıları a) Mineral bazlı kesme sıvısı b) Mineral bazlı kesme sıvısı (EP katkılı) c) Tam sentetik kesme sıvısı d) Yarı sentetik kesme sıvısı.....	137
Şekil 9.2 Su sertlik ölçüm kiti.....	137
Şekil 9.3 Konvansiyonel torna tezgahı (Ersan Kauçuk).....	138
Şekil 9.4 TPUN160308 Korloy marka kaplamasız takımlar.....	138
Şekil 9.5 Ortam şartlarında bekleme bırakılan numuneler.....	140
Şekil 9.6 Ağırlık ölçümlerinin yapıldığı Precisa marka hassas terazi.....	142
Şekil 9.7 Yarı sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.....	143
Şekil 9.8 Kuru kesme şartlarında kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.....	143
Şekil 9.9 Çözünebilen yağ ile kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.....	143
Şekil 9.10 Çözünebilen yağ (EP katkılı) ile kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.....	144
Şekil 9.11 Tam sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.....	144
Şekil 9.12 Yarı sentetik sıvıyla hazırlanan numune (1,2).....	145
Şekil 9.13 Kuru kesilerek hazırlanan numuneler (8,9).....	145
Şekil 9.14 Çözünebilen kesme sıvısıyla hazırlanan numuneler (4,5).....	146
Şekil 9.15 EP katkılı çözünebilen kesme sıvısıyla hazırlanan numuneler (11,12).....	147
Şekil 9.16 Tam sentetik kesme sıvısıyla hazırlanan numune.....	147
Şekil 9.17 Yarı sentetik kesme sıvısıyla hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar. (1,2).....	148
Şekil 9.18 Kuru kesilerek hazırlanan numuneye ait makro fotoğraf (3).....	148
Şekil 9.19 Çözünebilen kesme sıvısı ile hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar (5,6).....	149
Şekil 9.20 EP katkılı çözünebilen kesme sıvısı ile hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar (7,8).....	149
Şekil 9.21 Tam sentetik kesme sıvısı ile hazırlanan numuneye ait makro fotoğraflar (9).....	149
Şekil 9.22 Numunelerin iç yapısı.....	150
Şekil 9.23 Taylor Hobson marka pürüzlülük ölçüm cihazı (Isuzu).....	150
Şekil 9.24 Ölçülen yüzey pürüzlülüğü aritmetik ortalama sapma ( $R_a$ ) değerlerine ait grafik.....	151
Şekil 9.25 Talaş testi için hazırlanan numuneler (%5 konsantrasyon).....	152
Şekil 9.26 %5 konsantrasyondaki Talaş testinin sonuçları.....	152
Şekil 9.27 %2 Konsantrasyonda uygulanan Talaş testinin sonuçları. a) Tam sentetik kesme sıvısı, b) Çözünebilen kesme sıvısı, c) Yarı sentetik kesme sıvısı, d) EP katkılı çözünebilen yağ.....	153
Şekil 9.28 Kesici Uçlar Üzerindeki Aşınmalar 1.Çözünebilen yağ, 2. Yarı sentetik kesme sıvısı, 3. EP katkılı çözünebilen yağ, 4. Kuru Kesme (Yığma ağzı kırmızı halka içinde gösterilmiş).....	155
Şekil 9.29 Çözünebilen yağ ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$ ve $a_p=2.5$ mm).....	156
Şekil 9.30 EP katkılı çözünebilen yağ ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$ ve $a_p=2.5$ mm).....	156
Şekil 9.31 Yarı sentetik kesme sıvısı ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$ ve $a_p=2.5$ mm).....	156
Şekil 9.32 Kuru kesme şartlarında meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$ ve $a_p=2.5$ mm).....	157

Ek -1 C1050 imalat çeliğine ait malzeme sertifikası.....	165
--	-----

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 4.1 Su karakteristiklerini ölçme metotları (Rhenus, 1997) .....	44
Çizelge 4.2 Kesme sıvısı hazırlamada kullanılacak suyun sahip olması gereken özellikler (Rhenus, 1997).....	46
Çizelge 5.1 Çeşitli metal ve alaşımlar için galvanik dizi (Ortam = Deniz suyu) (Yalçın, 1997). .....	70
Çizelge 6.1 Farklı malzemelerin işlenmesinde kesme sıvısı için denge değerleri (Byers, 1994).....	88
Çizelge 7.1 Kesme sıvılarının karşılaştırılması .....	102
Çizelge 9.1 C1050 İmalat Çeliğinin Kimyasal Bileşimi .....	136
Çizelge 9.2 Numunelerin hassas terazide ölçülen ağırlıkları. ....	141
Çizelge 9.3 Numunelerin ilk ve son ağırlık ölçümleri arasındaki farklar. ....	142
Çizelge 9.4 Ölçülen yüzey pürüzlülüğü değerleri. ....	150

## ÖNSÖZ

Talaş kaldırma operasyonlarının sanayide çok geniş uygulama alanları vardır. Her geçen gün daha hızlı ve kusursuz üretime duyulan ihtiyaç talaş kaldırma operasyonlarının da bu yüksek hızı yakalayabilmesi için geliştirilmesini gerektirmektedir. Kesme sıvılarının da ilk kullanıma amaçları kesme hızlarını arttırmaktır. Tarih boyunca, tezgah ve kesici takımlar konularındaki gelişmelerle birlikte kesme sıvıları alanındaki gelişmeler üretimi daha verimli ve hızlı kılmaya yöneliktir.

Kesme sıvılarının talaş kaldırma prosesini daha verimli hale getirmesi, beraberinde bazı negatif etkileri de insanlığa sunmuştur. Çevre, insan sağlığı, iş parçası, kesici takım ve tezgah üzerindeki negatif etkiler, araştırmacıları kesme sıvılarının yerini alabilecek çarelere yönlendirmiştir. Üretilen daha hızlı ve daha rijit tezgahlar, geliştirilen yeni kesici takım malzemeleri ve geometrilerinin paralelinde kesme sıvısının operasyondaki işlevselliğini kaldıran veya minimuma indiren kuru kesme ve minimum yağlayıcı ile kesme yöntemleri pratikte uygulanabilir olmuştur.

Kesme sıvılarının kesici takım ve iş parçası üzerindeki negatif etkileri üretimde kesintilere sebep olmaktadır. Tez çalışmamda, bu etkiler ve bu etkiler arasında önemli bir paya sahip olan korozyon, detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca uygulama alanı her geçen gün genişleyen kuru kesmeye değinilmiştir.

Çalışmalarım sırasında beni cesaretlendiren ve deneyimlerini benimle paylaşan değerli danışmanım Sn.Prof.Dr. Ayşegül AKDOĞAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında yardımlarını benden esirgemeyen Sn.Arş.Gör.Kemal NURVEREN'e, kesme sıvılarını temin eden Mevag Satış Müdürü Sn.Mak.Müh. Erdiç YILDIZ'a, bana bilgilerini sunan Boğaziçi Endüstriyel Yağlar firması çalışanı Sn. Metalürji Müh. İ.Gökhan TAN'a ve deneysel çalışmalarımda beni yalnız bırakmayan Ersan Kauçuk yöneticilerine ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak hayatımın her anında yanımda olan ve sonsuz güvenleriyle beni tamamlayan aileme çok teşekkür ederim.

## ÖZET

Metallerin talaşlı işlenmesinde, kesme sıvıları takım ömrünü arttırmaları nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Kesme sıvılarının sağladığı avantajlarla birlikte operasyon, çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri de incelenerek gerekli iyileştirmeler yapılmaktadır.

Çalışmada, kesme sıvılarının özellikleri ve fonksiyonları incelenmiş, iş parçası ve kesici takım malzemesi üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır. Ana etkilerden biri olan korozyon, geniş bir şekilde incelenmiş ve kesme sıvılarının korozyonla olan ilişkilerini anlatmak amacıyla korozyon deneyleri yapılmıştır. Farklı kesme sıvıları kullanılarak kesilen ve beklemeye bırakılan numunelerin ağırlık artışları ölçülerek korozyon davranışları tespit edilmiştir. Numunelerin makro ve mikro fotoğrafları çekilmiş ve oluşan korozyonun gelişimi gözlenmiştir. Ayrıca farklı konsantrasyonlardaki kesme sıvılarının korozyon etkilerini görmek amacıyla Talaş Testleri yapılmıştır. Yüzey pürüzlülüğü ölçümleriyle, kesme sıvılarının işlenen yüzey kalitesi üzerindeki etkileri belirtilmiştir.

Talaş kaldırmada, iş parçası ve kesici takım malzemesi üzerinde meydana gelen deformasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca, kesme sıvıları kullanılarak ve kuru kesme şartlarında yapılan tornalama deneyleri ile kesici takım aşınması ve işlem esnasında çıkan talaş incelenmiştir.

Kesme sıvılı veya kuru kesme yönteminin seçiminde, işlenecek malzeme ve kesici takım türünün etkin rol oynadığı saptanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Metal işleme, talaş kaldırma, kesme sıvıları, korozyon, kuru kesme.

## **ABSTRACT**

Cutting fluids are widely used at machining of metals due to the increase on tool life. With the advantages of cutting fluids, their effects on the operation, environment and human health are being researched and the essential improvements about cutting fluids are being done.

In this work properties and functions of cutting fluids are examined and their effects on workpiece and cutting tool material are detailed. The corrosion effect which is a major effect of cutting fluids, is investigated extensively and to tell the relationship between the cutting fluids and corrosion effect, corrosion experiments have been done. By measuring the weight increase of the specimens which have been machined by using different cutting fluids and left to rest, corrosion behavior is established. Macro and micro photographs of specimens have been taken and the progress of corrosion is observed. Also to see the corrosion effect of cutting fluids which are at different concentrations, Chip Tests have been done. By surface roughness measurements, the effects of cutting fluids on machined surface are explained.

The deformations that are occurred during machining on the workpiece and cutting tool material are defined. Furthermore by doing lathe experiments with using cutting fluids and at dry cutting conditions, cutting tool wear and chips have been investigated.

It is concluded that to prefer between machining with cutting fluids or dry, the workpiece and the cutting tool varieties play an effective role.

**Keywords:** Metalworking, machining, cutting fluids, corrosion, dry cutting.

## 1 GİRİŞ

Metal işlemede, kesme sıvısının kullanılması, ilk olarak 1894 yılında F.Taylor tarafından denenmiştir. Taylor, deneylerinde kesme bölgesine büyük miktarda su göndererek, takım ömründe bir kayıp olmadan kesme hızını %33 arttırmayı başarmıştır (Avila ve Abrao, 2001). Taylor'ın deneylerinden sonra kesme sıvılarının, birçok operasyonu ve malzemeyi kapsayacak şekilde gelişmesi devam etmiştir. Kesme sıvıları performans bakımından ve sağlık kriterleri bakımından büyük değişiklikler geçirmiş, çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkileri tespit edilmiş ve bunlara karşı önlemler alınmıştır.

Kesme sıvısından birinci olarak, iş parçası ve takım arasında yastık görevi yapacak yağlayıcı tabaka oluşturması istenir. İkinci olarak sıvı, ortamda oluşan yüksek ısıyı uzaklaştırmalıdır. Yüksek ısı hem takım ömrünü kısaltacağından hem de iş parçası üzerinde boyutsal değişikliklere sebep olacağı için istenen bir durum değildir. Ayrıcı sıvı, talaş kaldırma esnasında oluşan talaşı kesme bölgesinden uzaklaştırarak iş parçasına ve takıma yapışmasını ve metal kaynamasını önler. Sıvıdan istenen özellikler uygulanacağı operasyona göre değişmektedir. Kesme sıvılarından beklenen özelliklerden kısaca bahsettiğimizde, görülmektedir ki kullanımlarındaki amaç; iş parçalarının öngörülen toleranslar içinde ve istenen yüzey kalitelerinde üretilmesi, kesici uç aşınmasının minimize edilmesi, üretimin hızlanması ve bu maddelerin sonucu olarak üretim maliyetlerinin düşmesidir.

Kesme sıvısının operasyonda sağladığı avantajların yanında, operasyon üzerinde negatif etkileri de mevcuttur. Bu negatif etkiler kesici takım, iş parçası, makine parçaları, çevre ve insan sağlığı üzerinde gözlenir. Çevre ve insan sağlığı üzerindeki negatif etkiler, üzerinde çalışılması gereken en hassas konular olmakla birlikte kimya, çevre ve tıp bilimlerinin konuları arasındadır.

Bu çalışmada; kesme sıvılarının iş parçası ve kesici takım üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Kesme sıvılarının negatif etkilerinden dolayı, kullanım alanı hızla genişleyen kuru kesme yöntemine aynı paralellikte değinilmiş, kuru kesme alanındaki gelişmeler ve minimum miktarda yağlayıcı ile kesme yöntemi incelenmiştir. Ayrıca kesme sıvılarının, iş parçası üzerindeki korozyon etkilerini görmek için farklı kesme sıvıları kullanılarak korozyon deneyleri yapılmıştır.

## 2 TALAŞ KALDIRMA PROSESİ

Metal işleme sıvıları, metal işleme prosesini optimize eden mühendislik araçlarıdır. Metal işleme genelde iki temel proses olarak incelenir: Metal deformasyonu ve talaş kaldırma yada kesme (Byers, 1994). Metal işleme operasyonları; talaş kaldırma ve taşlama, sıvama, ekstrüzyon, kalıplama, dövme, haddeleme, kaplama ve ısıl işlemler olarak gruplandırılabilir.

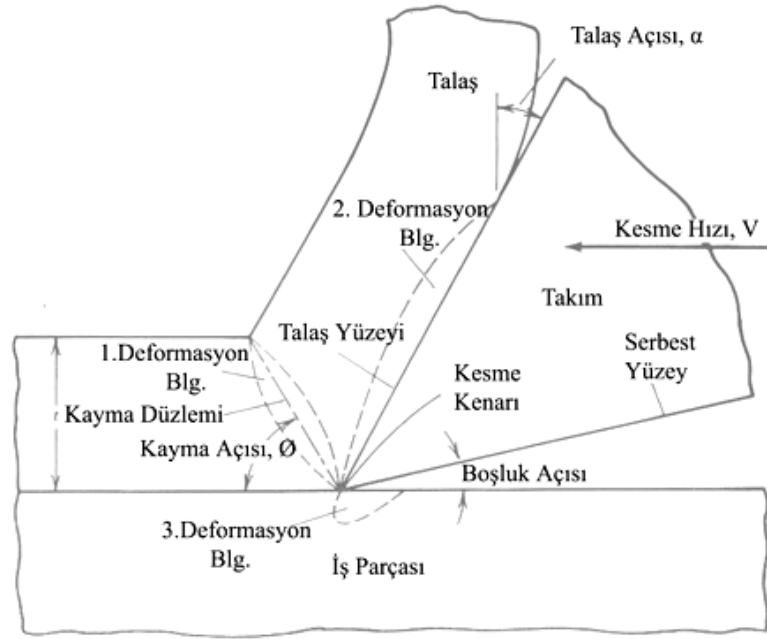
Bu operasyonların her biri için kullanılacak metal işleme sıvısı birbirinden farklı özelliklere sahip olmalıdır. Fakat bu sıvıların çalışacağı koşullar için bazı genellemeler yapılabilir.

Metal kaplama ve ısıl işlemler dışındaki proseslerde, kullanılan metal işleme sıvıları çok yüksek basınç altında çalışırlar. Bu durumda iş parçasında meydana gelen plastik deformasyonun ve malzeme akışının; basınçlı, hidrodinamik veya “kalın-film” yağlamasından etkilenmesi mümkün değildir. Talaş kaldırma operasyonlarında sınır yağlaması sonuç verir. Sınır yağlaması, normal yağlardan, sıvılardan yada greslerden farklı yağlayıcılarla gerçekleşir. (E.L.H. Bastian, 1951).

Talaş kaldırmada karşılaşılan diğer bir durumda yüksek sıcaklıktır. Bazı operasyonlarda iş parçasının büyük kısmı soğuk olmasına rağmen kesme bölgesinde noktasal olarak çok yüksek sıcaklıklar ortaya çıkar. İş parçasında ve takımında oluşan yüksek sıcaklıklar kesme sıvılarının kullanımını mecbur kılar. Bu problemin çözümü için hem fiziksel hem de kimyasal yaklaşımlar mümkündür. Fiziksel olarak kesme bölgesinde oluşan ısı; su, sulu çözelti yada iyi ısı iletme özelliği olan bir sıvı aracılığıyla kondüksiyon yoluyla ortamdan uzaklaştırılır. Kimyasal olarak ise, birlikte çalışan yüzeyler arasındaki sürtünmeden kaynaklanan ısı, metal işleme sıvısı içine sürtünme azaltıcı bileşikler yada katkıları eklenerek önlenir yada azaltılır.

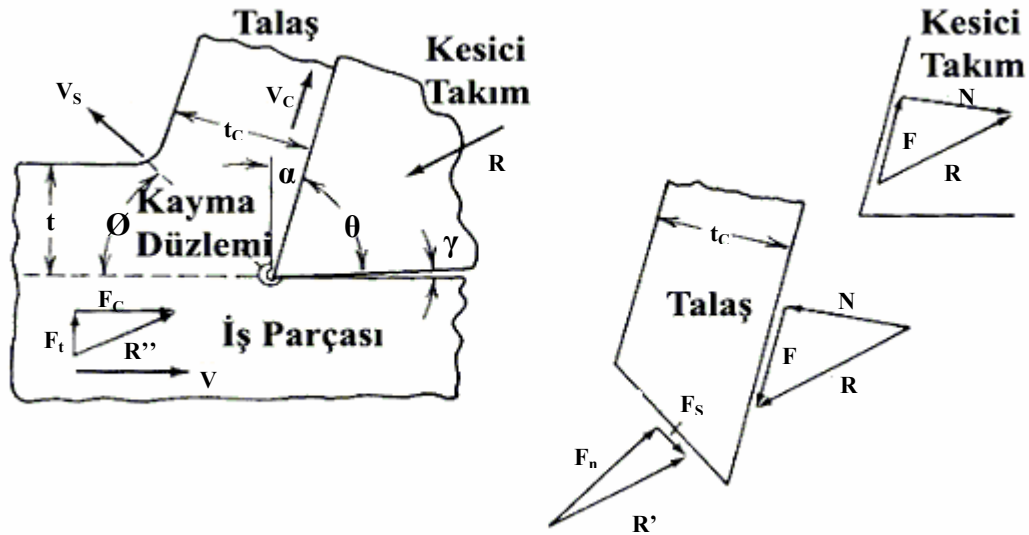
### 2.1 Kesici Takım Aşınması

Talaş kaldırma prosesi, yüksek basınç ve sıcaklık altında, iş parçasının takım malzemesi üzerinde kaymaya zorlanması ve sürekli temiz, taze bir yüzeyin oluşması şeklinde gerçekleşir. Gerek sürtünmelerden, gerekse malzemenin plastik şekil değiştirmesinden ve talaş şeklinde kopmasından dolayı kesme bölgesinde yüksek ısı açığa çıkar. Kuvvet, basınç, gerilme ve sıcaklık şeklindeki tüm bu etkenler, belirli bir çalışma süresi sonunda; takımında, başta aşınma olmak üzere, ağız kısmında kırılmalara ve takım ile iş parçası arasında kimyasal reaksiyonlara sebep olarak, takımında bozulmalara yol açmaktadır.



Şekil 2.1 Talaş, iş parçası ve kesici takım ilişkisi (Kendall, 1991).

Kesici takım üzerindeki aşınmalar kesme kenarı boyunca ve komşu yüzeylerde meydana gelir. Şekil 2.1'de kesme prosesi şekillendirilmiştir. Burada talaş yüzeyi ve serbest yüzey kesişerek kesme kenarını oluşturur.

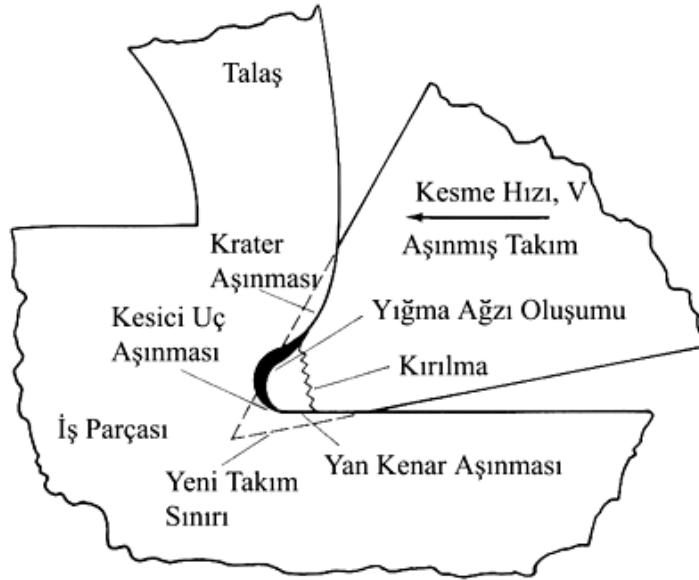


Şekil 2.2 Ortogonal kesme şartlarında kuvvet eşitlikleri ve kinematik ilişkiler.  $t$ , kesilmemiş talaş kalınlığı;  $t_c$ , talaş kalınlığı;  $\phi$ , kayma açısı;  $\alpha$ , talaş açısı;  $\gamma$ , boşluk açısı;  $\theta$ , kenar açısı;

$V_s$ , kayma hızı;  $V_c$ , talaş hızı;  $V$ , kesme hızı;  $F$ , sürtünme kuvveti;  $N$ , sürtünme kuvveti normali;  $F_s$ , kayma kuvveti;  $F_n$ , kayma kuvveti normali;  $F_c$ , kesme kuvveti;  $F_t$ , teğet kuvvet;  $R$ , kuvvet vektörü ( $R=R'=R''$ ) (Kendall, 1991).

Kesici takım, iş parçasında  $t$  derinliğinde,  $R$  kuvvet vektörü boyunca uygulanır.  $R$  kuvvet vektörünün  $F_s$  bileşeni malzemeyi  $A_s$  kayma düzlemi boyunca kesilmeye zorlar ve  $t_c$  kalınlığında talaş kaldırılır. Talaş hareketinin yönü talaş açısı  $\alpha$  ile kontrol edilir. Talaş hızının büyüklüğü  $V_c$ , kesme hızı  $V$ 'nin, talaş açısının ve kayma açısı  $\theta$ 'nın bir fonksiyonudur. Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'ye göre  $F$  kuvveti ve  $V_c$  hızı ikincil deformasyon düzlemini oluşturur.  $F_s$  kuvveti ve  $V_s$  hızı,  $A_s$  boyunca etkiyerek birincil deformasyon düzlemini oluştururlar. Ve  $F_c$  kuvveti ile  $V$  hızı üçüncü deformasyon bölgesini meydana getirirler. Bunlar ideal kuvvetler ve hızlardır. Kesici takım üzerindeki aşınmalar; gerilme, gerinme, hız ve sıcaklık değerlerinin kritik değerin üzerine çıktığı yüzeylerde meydana gelir (Kendall, 1991).

Talaş yüzeyi boyunca talaşın hareketinden kaynaklanan  $V_c$  ve  $N$  kuvvetinin yarattığı yüksek normal gerilmeler krater aşınmasına sebep olur (Şekil 2.3). Serbest yüzey boyunca takımın  $V$  hızında hareket etmesi ve  $F_t$ 'den kaynaklanan yüksek normal gerilme takımla iş parçası arasındaki teması artırır ve serbest yüzey aşınmasını doğurur. Kesme kenarı üzerine bu kuvvet bileşenlerinin etkilerinin birleşmesi ( $R$  kuvvet vektörü) kesme kenarı aşınmasını artırarak uç yarıçapını büyütür. Ayrıca çıkan talaşın, basma dayanımına maruz kalarak, kesici uç yüzeyine yapışması ve yığılarak çok sert bir tabaka oluşturması, yığılma ağzını meydana getirir.



Şekil 2.3 Aşınma yüzeyleri (Kendall, 1991).

Talaş kaldırma üretkenliğini arttırmanın bir yolu birim zamanda kaldırılan talaş hacmini büyütmeektir. Bunun içinde kesme hızını arttırmak gerekir. Fakat bunu yaparken artan hızla

takım aşınmasının artacağı göz önünde bulundurulmalı ve ikisi arasında denge sağlanmalıdır. Üretkenliğin artırılması için kesme hızının artırılması, aşınmaya yol açan etkilerin şiddetini artırır, gerinim değerleri artar ve ortaya çıkan termal enerjinin artmasıyla çevre sıcaklıklarının yükselmesine sebep olur.

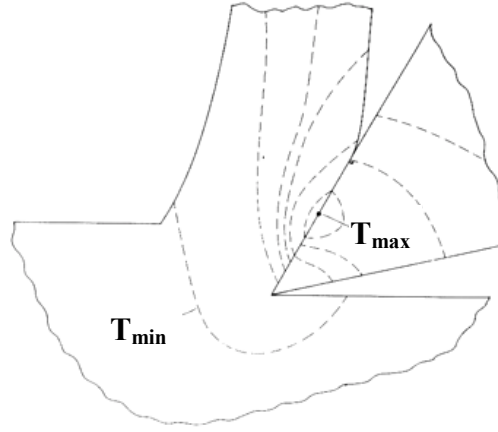
Aşınma bölgelerinde ortaya çıkan termal enerji ve uzaklaştırılan termal enerji arasındaki fark iş parçasının ve kesici takımın sıcaklığını belirler. Termal enerjinin uzaklaştırılması, kesici takım ve iş parçası malzemelerinin ısı iletkenlik özelliklerine bağlıdır. Talaş, termal enerjinin bir kısmını iş parçasından ve takımdan uzaklaştırır. İş parçasının büyüklüğü ve spesifik ısısı iş parçasının ısı kapasitesini belirler. İş parçasının yüzey alanı konveksiyonla ve radyasyonla çevreye verilen ısıyı etkiler. Eğer bir kesme sıvısı kullanılıyor ise sıvının ısıyı uzaklaştırma kapasitesi büyük etkiye sahiptir.

Kesici takım malzemeleri, yüksek sıcaklıklarda sertliklerini ve tokluklarını koruma, kimyasal kararlılık sağlama gibi özellikler göz önünde bulundurularak seçilir ve üretilir. Fakat yüksek sıcaklıklarda mutlaka değişimler meydana gelir. Kesici takımların sıcaklıkları konusunda yapılmış birçok çalışma vardır. Genel olarak, ortalama sıcaklık şartlarını saptamak için 2.1 formülü kullanılır:

$$T = u \left( \frac{Vt}{k\rho c} \right) \quad (2.1)$$

Burada T, takım-talaş ara yüzeyindeki ortalama sıcaklıktır. u, spesifik kesme enerjisi (birim hacimdeki malzemenin kaldırılması için harcanan enerji). V, kesme hızı. t, deformasyona uğramamış talaş kalınlığı. k, iş parçasının iletkenlik sabiti. ρ, iş parçasının yoğunluğu. c, spesifik ısı.

Şekil 2.4'te kesme bölgesindeki tipik bir ısı dağılımı görülmektedir. Yukarıda verilen ortalama sıcaklık denklemi, önemli değişkenlerin, sıcaklığı nasıl etkilediğini göstermektedir. Yüksek dirençli iş malzemelerinin spesifik kesme enerjileri de yüksektir. Bu yüksek dirençli malzemelerin bazıları, örneğin titanyum, zayıf iletken ve yoğunluğu düşüktür. Bu şartlar titanyumun işlenmesi esnasında yüksek kesici takım sıcaklıklarını doğurur. Kullanılacak kesici takım malzemesinin yüksek sıcaklık şartlarında sertliğini ve tokluğunu koruması gerekir (Kendall, 1991).



Şekil 2.4 Kesme bölgesindeki sıcaklık dağılımı (Kendall, 1991).

### 2.1.1 Aşınma Mekanizmaları

Bir talaşlı imalat operasyonunda meydana gelen aşınmanın türü; kesici takım malzemesine, iş parçası malzemesine ve kesme koşullarına bağlıdır (Kishawy, 2004).

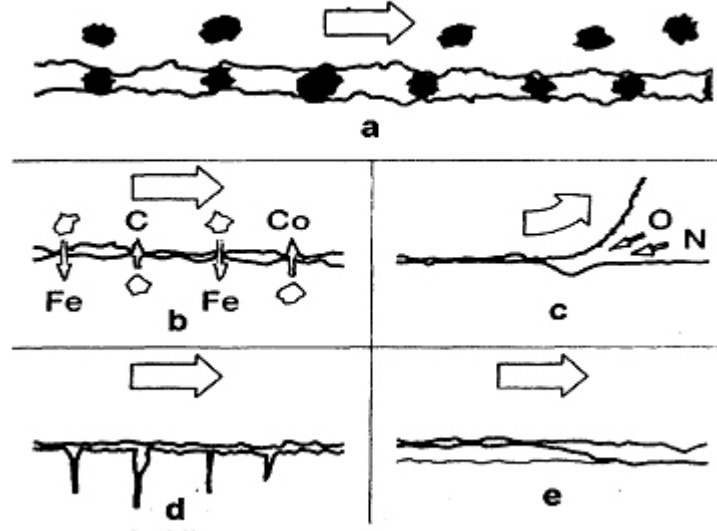
Talaş kaldırma esnasında kesici takım üzerinde abrazyon, difuzyon, oksidasyon, yorulma ve adhezyon aşınma mekanizmaları meydana gelir.

**Abrazyon aşınması** (Mekanik aşınma (Özgürler, 1988)), genelde iş parçası malzemesinde bulunan sert parçacıklar tarafından, taşlamaya benzeyen bir işleme oluşan aşınma tipidir (Şekil 2.5a). Talaşın altındaki çok sert partiküller, takımın talaş yüzeyinden geçerken takım malzemesini mekanik etki sonucu kazır ve aşındırır. Bu sert partiküller stabil halini kaybetmiş yığılma ağzının gerinim ile pekleşmiş parçacıkları, adhezyon aşınması sonucu koparılmış kesici takımın sert parçacıkları ve iş parçası içindeki sert kısımlar olabilir. Abrazyon aşınmasına karşı takımın dayanımı, takımın sertliğine bağlıdır. Takım ne kadar sert olursa abrazyon aşınmasına karşı dayanımı da o kadar yüksek olur (Gamsız, 1999)

Kesme sıvısı tam olarak parçacıklardan arındırılırsa abrazyon aşınması en aza indirilebilir. Aşınma,

- Partiküllerin türüne (aşınma meydana gelebilmesi için parçacıkların sertliği temas ettikleri yüzeylerden daha fazla olmalıdır),
- Partiküllerin büyüklüklerine (aşınma meydana gelebilmesi için parçacıklarının boyutlarının yağ filmi kalınlığından büyük olması gerekir) (Connor ve Boyd, 1968),
- Aşındırıcı partikül miktarına,

- Birlikte çalışan yüzeylerin malzemelerine,
- Hız, yük, yağlayıcı, sıcaklık gibi çalışma parametrelerine bağlıdır (Möller, 1986).



Şekil 2.5 Takım aşınması çeşitleri (Gamsız, 1999)

**Difüzyon (yayınma) aşınması**, bir yüzeyden diğerine atom transferleri ile gerçekleşir ve takım malzemesi ile iş parçası malzemesi arasındaki ilgiye bağlıdır (Şekil 2.5b). Metalik kristallerdeki atomların, yüksek atomik konsantrasyonlu bölgeden, düşük atomik konsantrasyonlu bölgeye geçmeleri suretiyle meydana gelir. Talaş yüzeyinde, krater (oyuk) şeklinde bir aşınma çeşidine neden olan bu aşınma, sıcaklığa önemli şekilde bağlıdır. Yayınma hızı sıcaklıktaki artışla üstel olarak artar. Bu aşınma, takım çeliği ve hız çeliği takımlarda görünmez. Çünkü bu malzemeler yayınmanın görüldüğü sıcaklıklara erişmeden ( $1000^{\circ}\text{C}$ 'nin üzeri değerler) sertliklerini kaybederek yumuşarlar (Özgürler, 1988).

Yayınma sırasında aşağıdaki reaksiyonlar oluşur:

- Fe atomlarının bağlayıcı faz olan Co içine doğru yayınması.
- Co'tın çelik içinde yayınması sonucu, Fe ve Co'tın tam bir kristal oluşturması.
- Wolfram karbürün, karışık karbürler ve çift karbürler oluşturarak  $\text{Fe}_3\text{W}_3\text{C}$ ;  $(\text{FeW})_6\text{C}$  ve  $(\text{FeW})_{23}\text{C}_6$  şeklinde çözülmesi.

Wolfram karbürün çözülmesi sırasında açığa çıkan karbon, konsantrasyonun düşük olduğu tarafa doğru hareket eder. Başka bir anlatımla çeliğe doğru yayınır. Karbon yayınması, kobalt fazından geçer. Karbonun kobalt içindeki maksimum çözünürlüğü 1200°C'de %0.7 düzeyindedir. Fe atomlarının varlığı bu çözünürlüğü %1.5 ile 2 arasına kadar yükseltir. Yayınan Fe, böylece çözülmeyi hızlandıran iki reaksiyonu yönlendirmiş olur. Fe-karışık karbürlerin oluşmasına neden olur ve karbonun kobalttaki çözünürlüğünü yükseltir. Bu durum ise Wolfram monokarbürün çözülmesi için ön koşuldur (Özgürler, 1988).

**Oksidasyon aşınması**, havanın etkisi ile yüksek kesme sıcaklıklarında meydana gelen ve yüzeylerde bir oksit tabakasının oluşması ile sonuçlanan bir aşınma çeşididir (Şekil 2.5c). Kesme işleminden sonra kesici takım incelendiğinde, temas yüzeylerinin yakınlarında renklenmelerin oluştuğu görülür. Bu renklenmeler kesici takım malzemesinin oksidasyona uğradığının göstergesidir. Oluşan oksit tabakası kesme ağzında çok küçük çentikler meydana getirir. Çeşitli takım malzemeleri, çeşitli oksit tabakaları oluşturur. Örneğin tungsten ve kobalt , sürtünme ile kolay uzaklaştırılan gözenekli bir oksit tabakası oluşturur. Alüminyum oksidi çok kuvvetli ve serttir. Buna bağlı olarak bazı takım malzemeleri oksidasyon aşınmasına daha elverişli, bazıları değildir.

**Yorulma aşınması**, talaş kaldırma sırasındaki termik ve mekanik olayların etkisi ile meydana gelen bir çok bozulma olayını içermektedir (Şekil 2.5d). Sıcaklığın değişmesi ve kesintili kesmede takımın ısınması ve soğuması ile oluşan termik şoklar, ayrıca yüzeylerin yüklenmesi ve serbest kalması, kesme ağzında çatlakları ve kırılmaları meydana getirir. Ayrıca kuvvetlerin etkisi altında, ağızlarda parça şeklinde kırılmalara neden olan saf mekanik yorulmalar meydana gelebilir. Özellikle bu durumlar, yüksek ilerleme hızlarında sert malzemelerin işlenmesinde görülür.

**Adhezyon aşınması**, sürtünme halinde bulunan yüzeyler arasında atomik bağların oluşması ve bunların kopması ile birlikte yüzeylerden malzeme kaldırılması şeklinde gelişir (Şekil 2.5e). Talaş kaldırmada takımla temasta bulunan, talaş ve iş parçası yüzeyi her zaman taze ve aktif olduğundan ve ayrıca temas yüzeyleri büyük basınçlar altında zorlandığı için burada yüzeyler arasında atomik bağlar oluşur ve bunların kopması sonucu takımda adhezyon aşınması meydana gelir. Bu aşınma genelde serbest yüzey üzerinde ve özellikle çelik, alüminyum ve dökme demir gibi sürekli veya kesikli talaş tipi veren malzemelerin işlenmesinde meydana gelir. BUE oluşumu da adhezyon aşınmasının bir sonucudur.

## 2.2 Kesme Sıvısının Görevleri

Kesme sıvılarının fonksiyonlarını özetlemek gerekirse, şu özelliklere sahip olmak zorundadırlar:

- Yüksek basınç altında yağlayıcılık sağlamalıdır (sınır yağlayıcılık).
- Yüzey sürtünmesini minimize ederek sıcaklık artışını önleme (kimyasal soğutma).
- Talaş kaldırmadan kaynaklanan ısıyı uzaklaştırmak (fiziksel soğutma).
- Yüzeyler arasında yastıklama görevi görerek metal yapışmasını (adhezyon) önlemek (fiziksel yüzey etkinliği).
- İş parçası takım ara yüzeyinde kimyasal etki göstererek iş parçası ve takımın sürtünme yapışmasını ve takımın hızlı aşınmasını önlemek.
- Kesme bölgesindeki talaşı ve kirlilikleri uzaklaştırmak.
- İş parçasının metalürjik özelliklerini korumak (E.L.H. Bastian, 1951).

Genellikle bu özelliklerin hepsine sahip olan bir metal işleme sıvısı bulmak mümkün olmamakla birlikte bir metal işleme operasyonu için tatmin eder sonuçlar veren sıvılar bulmak mümkündür.

Kesme sıvıları, sahip oldukları yağlama ve soğutma özellikleriyle kesici takım-iş parçası kesişim ara yüzeyindeki sıcaklığı ve sürtünmeden kaynaklanan kuvvetleri düşürürler. (Schey, 1983). Düşük hızda işlemlerde, kesme sıvısının yağlama özelliği önemlidir. Soğutma ana fonksiyon değildir çünkü oluşan ısının büyük bir kısmı talaşla uzaklaştırılır. Orta kesme hızlarında kesme sıvısının hem soğutma hem de yağlama özellikleri önemlidir. Yüksek hızda işlemlerde ise, soğutma kesme sıvısının ana fonksiyonudur. Çünkü talaş, ısıyı uzaklaştıracak kadar zaman bulamaz. Keza, yüksek hızlı operasyonlarda kesme sıvısının yağlama etkisi de sınırlanır. Kesme sıvısının kesici takım iş parçası kesişim ara yüzüne ulaşması kılcal akış (kapilar akış) şeklinde gerçekleşir. Yüksek hızda işlemede, sıvının ara yüzeye ulaşması için zaman yeterli gelmez. Yağlama etkisinin azalması sebebiyle daha fazla ısı oluşur buda kesme sıvısının soğutma fonksiyonunu daha önemli hale getirir (M.G. Gressel, 2001). Ayrıca yüksek hızlarda, sıcaklığın çok yükselmesi sebebiyle kesme sıvısı içindeki yağlayıcı maddeler bozunabilirler (Schey, 1983).

Tornalama operasyonunda kesme sıvısının talaş yüzeyine ulaşması kimi zaman kesintiye

uğrarken, serbest yüzey ve oluşan talaş, kesme sıvısı tarafından akıcı olarak ıslatılır. Pekelharing, kesim esnasında takımın, ilerleme yönünde, ilerleme miktarının iki katı büyüklükte titreşime uğratılmasıyla, kesim işleminin kesintiye uğrayacağını ve kesme sıvısının talaş yüzeyine ulaşmasının sağlanacağını önermiştir. Frezelemede, talaş yüzeyine periyodik olarak kesme sıvısının ulaşması mümkündür. Fakat, frezeleme operasyonunun kesikli bir işlem olması sebebiyle takımda anormal sıcaklık değişimleri meydana gelecek ve kesme sıvısı bu değişimleri daha fazla arttıracaktır. Matkaplama operasyonunda ise, kesme bölgesine kesme sıvısının ulaşması çoğu zaman zordur. Ayrıca, kesme bölgesinde biriken talaş kesme sıvısına engel olur (Schey, 1983).

Taşlama sıvıları, kesme sıvılarının gösterdiği fonksiyonların çoğunu gösterirler. Taşlama taşıyla iş parçası kesişim yüzeyine nüfuz ederler. Bu sayede ortaya çıkan ısı ve harcanan güç düşer. Metal kesmede oluşan ısının çoğu talaşla ortamdaki uzaklaşır. İş parçası ve takımda daha az ısı ortaya çıkar. Taşlama operasyonunda ise oluşan ısının büyük bölümü iş parçasında tutunur. Bu ısının oluşmasının engellenmesi ve ortamdaki uzaklaştırılması için taşlama sıvısının, yağlama ve çok iyi soğutma özelliklerine sahip olması beklenir (Nachtman, 1989).

### 2.2.1 Yağlama

Kesme sıvısının yağlayıcı özelliği ile ısı oluşumuna yol açan sebepler ortadan kaldırılır, yada etkileri en aza indirilir. İyi bir yağlama özelliği olan kesme sıvıları şu görevleri yerine getirir:

- Talaş ile takım arasındaki metal-metal temasını engellemek için kesme sıvısının yağlayıcı bir film tabakası oluşturması gerekir.
- Takımla talaş yüzeyi arasındaki sürtünme kuvvetlerini düşürür ve sürtünmeden kaynaklanan ısıyı düşürür.
- BUE büyüklüğünü düşürür ve bazı durumlarda da BUE oluşumunu önler. BUE oluşumunun tamamen önüne geçilmesi işlenen iş parçasında mükemmel bir yüzey verir.
- Takımla talaş arasında yada iş parçası arasındaki adhezyonu azaltarak, adhezyon aşınmasını azaltır.
- Çok küçük süreksiz talaş veren ve kırılmalı yapıdaki iş parçaları söz konusu olduğunda önemsenmeyecek yağlama etkisi gösterir (Nachtman, 1989).

Daha iyi yağlama özelliği aşağıdaki koşullarda aranan bir özelliktir:

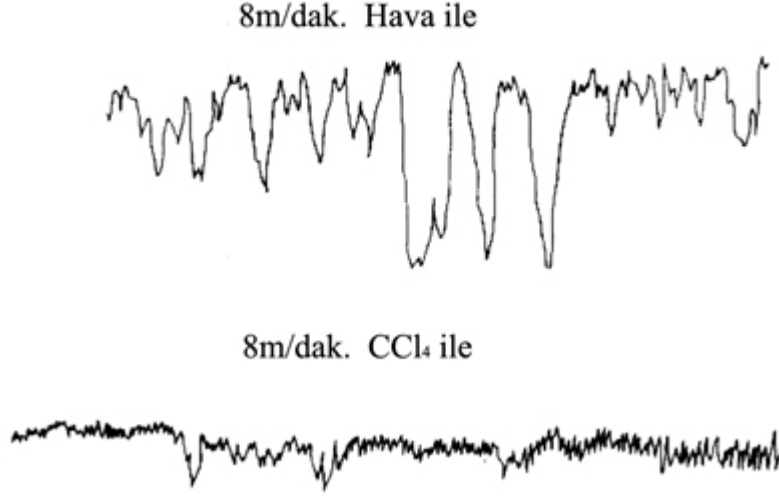
- Düşük hızlar
- İşlenmesi zor malzemeler
- Ağır işleme koşulları
- Daha iyi yüzey kalitesi gereksinimleri

Metal işleme sıvılarının, yağlama karakteristiklerini sağlayan birçok çeşit yağlama mekanizması vardır. Metal kesmede baskın iki mekanizma, sınır ve aşırı basınç (EP) yağlama mekanizmalarıdır. Kalın film (hidrodinamik) ve karışım yağlaması gibi diğer yağlama mekanizmaları, ekstrüzyon gibi metallere form verme operasyonlarında uygulanırlar. Çünkü talaş kaldırma operasyonu esnasında kesme basıncı, bilhassa devamlı talaş akımı olduğu zaman hidrodinamik yağlamaya kolay kolay imkan vermez.

Aşırı basınç ve sınır yağlama mekanizmalarının ikisinde de, yağlayıcı iş parçası yüzeyine ve kesici takıma yapışır. Bu iki yağlama mekanizması, yağlayıcı film tabakalarının oluşumu esnasında birbirlerinden ayrılırlar.

Sınır yağlama mekanizmasında, van der Waals kuvvetleri filmin yüzeylere yapışmasını sağlar. Bu film, takımla iş parçası kesişim yüzeylerindeki sürtünmeyi düşürür. Sınır yağlamada, yağlayıcı hacminin yağlama karakteristikleri üzerinde çok az bir etkisi vardır. Hidrodinamik yağlamada birlikte çalışan yüzeyler yağlayıcı ile tamamen birbirinden ayrılırken sınır yağlama mekanizmasında yüzeylerin bazı noktalarda birbirlerine teması söz konusudur. Yine hidrodinamik yağlama mekanizmasından farklı olarak, sürtünme katsayısı sıvı viskozitesinden bağımsızdır. Sürtünme karakteristikleri, sürtünen yüzeylerin özelliklerine ve yağlayıcı filmine bağlıdır. Kesme sıvısına eklenen polar katkılar sınır yağlayıcı özellik gösterir. Yağlayıcı film kalınlığı 1 ile 10 nm arasında değişir (Hamrock, 1994).

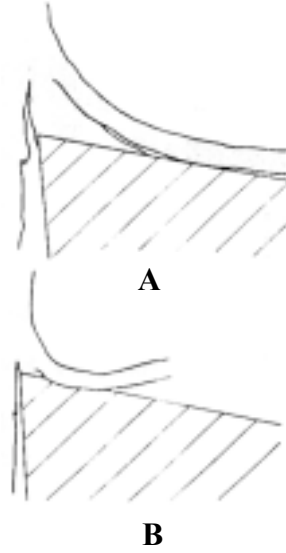
Aşırı basınç yağlama mekanizmasında ise, kesme sıvısı içindeki kimyasal bileşiklerle iş parçası geri dönülmez bir şekilde tepkimeye girer ve metalin yüzeyi kimyasal olarak değişir. Bu reaksiyon metal tuzlarını oluşturur. Bu tuzlar, iş parçası ile takımın temas ettiği yüzeylerde kaynamayı önler ve metal tuzlarının sahip olduğu daha düşük kayma gerilimleri sebebiyle sürtünmeyi düşürür. Sıcaklık, hava, oksijen, nem ve su aşırı basınç yağlayıcılarının performanslarını etkileyen faktörlerdir (M.G. Gressel, 2001).



Şekil 2.6 Çelik iş parçasının kuru ve CCl<sub>4</sub> ile işleme neticesindeki yüzey pürüzlülük grafiği (Trent, 1991).

Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliğinden, işlenmiş yüzey kalitesini iyileştirmesi beklenir. İşleme esnasında BUE oluşumu da meydana gelir. Şekil 2.6'da düşük karbonlu çeliğin 8m/dak. kesme hızında ve 0.2 mm/devir ilerlemede kuru ve CCl<sub>4</sub> (Karbontetraklorür) içeren kesme sıvısıyla tornalama işlemine tabi tutulması sonucu elde edilen yüzey pürüzlülüğü eğrileri görülmektedir. CCl<sub>4</sub>, iyi bir yağlayıcıdır fakat insan sağlığına olan etkilerinden ötürü günümüzde kullanılmamaktadır. Kesme sıvısıyla kesmedeki yüzey pürüzlülüğündeki büyük iyileşme BUE oluşumunun azalmasından kaynaklanmaktadır (Trent, 1991).

Şekil 2.7'de de görüldüğü gibi havayla kesme işleminde, suda kesmeye göre daha büyük BUE meydana gelir. Saf su ve oksijen gazı kullanılarak yapılan deneylerde, kesme sıvısıyla yapılan deneyde elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu, kuru kesmede meydana gelen büyük boyuttaki BUE oluşumunun koruyucu azot paketlerine bağlı olduğunu gösterir. Oksijen, su buharı yada kimyasal olarak aktif gaz kullanıldığında bu maddeler işlenmiş taze yüzeyle birleşir, BUE oluşumunu meydana getiren iş parçası katmanları arasındaki yapışmayı azaltır ve bu sayede BUE nispeten küçük olur (Trent, 1991).



Şekil 2.7 (A) Kuru kesmedeki BUE oluşumu, (B) Kesme sıvısı kullanıldığında BUE oluşumu (Trent, 1991).

### 2.2.2 Soğutma

Yapılan araştırma ve çalışmalarda talaşlı imalat işlemlerinde oluşan ısının takım aşınmalarında önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bir başka deyişle, talaş kaldırma esnasında ortaya çıkan ısının mümkün olduğu kadar düşürülmesi, takım ömrünün o denli artmasına neden olmaktadır. Takım aşınmasının önüne geçebilmek için işlem esnasında oluşan ısının tehlikeli boyutlara varmadan kontrol altına alınması gerekir. Aksi takdirde:

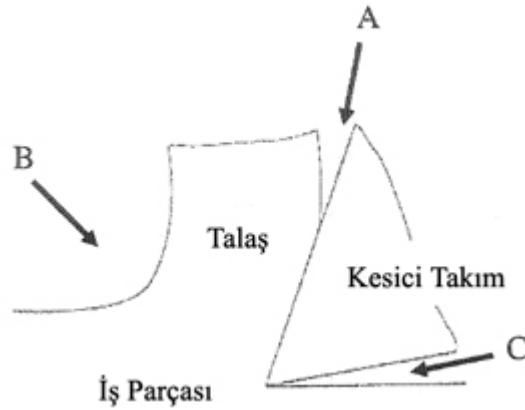
- Kesici takımda aşınmalar çok çabuk ortaya çıkar ve takım ömrü kısalmır,
- İşlenen iş parçasında boyut ve toleransların kontrolü yüksek ısı yüzünden olanaksız hale gelir.

Merchant, metal kesmede ısının iki ana bölgeden kaynaklandığını tespit etmiştir: 1) Kesme açısının fonksiyonu olarak kesme bölgesinde metalin plastik akışından (birincil deformasyon bölgesi), 2) Talaşla kesici takım arasındaki sürtünmeden (ikincil deformasyon bölgesi); bu alan kaldırılmamış talaş alanının 8 katı büyüklüğüne eşit olabilmektedir. Bu bölgelerde talaş kesilme sonucu kaldırılır ve ısı oluşur. Sürtünmeden kaynaklanan ısı ise daha az miktardadır. Diğer bir deyişle, harcanan enerjinin 2/3'ü metalin deformasyonuna giderken, 1/3'ü talaş sürtünmesine gider (Marksberry, 2004). Kesme sıvıları ısının ortaya çıkmasını önleyemezler ve ısının meydana çıktığı ana bölgelere ulaşamazlar. Kayma bölgesinde oluşan ısının çoğu talaşla taşınır, küçük bir kısmı iş parçasına geçer. İdeal olanda çoğu ısının talaş tarafından taşınmasıdır. Bu transfer edilen ısı, talaşın oksitlenmesine sebep olduğundan talaş renginin

değişmesinin de göstergesidir (Şahin, 2003). Kesme sıvıları iş parçasının ve kaldırılan talaşın sıcaklığını verimli bir şekilde düşürürler. Kaldırılan talaşın sıcaklığını düşürmek çok önemli değildir fakat iş parçasının sıcaklığını düşürmek boyutsal hassasiyet açısından önemlidir (E.M. Trent, 1991).

Kayma düzleminde oluşan ısının kesici takım ömrü ve performansı üzerinde az bir etkisi vardır. Buna karşın kesici takım-iş parçası kesişim ara yüzeyinde ve çevresinde oluşan ısı çok önemlidir. Çünkü yüksek kesme hızlarında bu bölgede meydana gelen yüksek ısı, ince bir alanda oluşur. Kesme sıvısı ısının olduğu bu ince bölgeye direkt olarak ulaşamaz. Kesici takım, talaş ve iş parçasının bu bölgeye yakın olan kısımlarına ulaşabilir. Isının kondüksiyon yoluyla talaş, kesici takım ve iş parçasından kesme sıvısına geçişinin, kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde oluşan yüksek ısının dağıtılması üzerinde az bir etkisi vardır. Çünkü talaş ve iş parçası çok hızlı bir şekilde kesişim yüzeyinde uzaklaşmaktadır ve ısının kondüksiyonla transfer olmasına çok az zaman kalmaktadır. Literatürde, araştırmacılar kesme sıvısını farklı bölgelere göndererek gözlemler yapmışlardır. Bu araştırmalarda kesme sıvısının gönderildiği 3 ana bölge Şekil 2.8’de görülmektedir:

- 1) Alan A (Takım talaş yüzeyi)
- 2) Alan B ( Kaldırılmış talaş)
- 3) Alan C (Takım serbest yüzeyi)



Şekil 2.8 Araştırmacıların kesme sıvısını uyguladığı 3 farklı bölge (Marksberry, 2004).

### ***Alan A (Talaş Yüzeyi)***

Northcott, kesme sıvısının sadece, kesici takımın kesme işlemini yapan noktasına gönderilmesinin gerektiğini söylemiştir. Kesme sıvısı bol miktarda uygulanmalıdır. Kullanılan sıvı bir tank içine yönlendirilmeli ve sirküle edilerek tekrar kullanılmalıdır. Böylece ekonomiklik sağlanmalıdır. Aynı zamanda çok fazla miktarda kullanılmasının da

yağlama etkisi açısından bir faydası yoktur.

L.De Chiffre, talaş baskısını, BUE oluşumunu, yüzey pürüzlülüğünü, kesme kuvvetlerini ve güç tüketimi azaltmak için kesme sıvısının talaş yüzeyi üzerinde kesme noktasına gönderilmesinin gerektiğini söylemiştir. Bu şekilde bir soğutmanın yeni kesilmiş talaşla takım arasındaki adhezyonu azaltacağını düşünmüştür.

Jawahir, talaşla-kesici takım temas büyüklüğünün kesme sıvısı kullanımıyla artacağını düşünmüştür. Kesme sıvısı talaşın yarı çapının büyümesine sebep olacaktır ve kesme sıvısının iş parçası boyutsal hassasiyeti ve yüzey pürüzlülüğü üzerinde etkisi çok az olacaktır.

Childs, sonlu elemanlar yöntemiyle yaptığı çalışmada kesme sıvısının talaş yüzeyi üzerindeki etkisinin en az olduğunu söylemiştir. Talaş yüzeyindeki en yüksek sıcaklığın oluştuğu noktada sıcaklık sadece 20°C azalmıştır (Marksberry, 2004).

### ***Alan B (Kaldırılmış Talaş)***

De Chiffre, kesme sıvısının kaldırılmış talaş üzerine gönderilmesinin, düşük hızlarda Rehbinden etkisiyle talaşın bukle bukle oluşmasına yardımcı olacağını ve yüksek hızlarda soğutmayı sağlayacağını öne sürmüştür.

Jawahir, talaşın iki tarafındaki büyük sıcaklık farkından ötürü talaş yarıçapının düştüğünü iletmiştir. Buda temas büyüklüğü üzerinde küçük bir etki yapmaktadır.

Taylor, serbest yüzey üzerinde yukarı doğru su gönderildiğinde, bütün ısının ortaya çıktığı takım ucuna en iyi şekilde ulaşımın gerçekleştiğine düşünmüştür. Teorisine o kadar inanmıştır ki kesme sıvısını başka bir bölgeye göndermeye gerek duymamıştır. Bu şekilde deneylerine başladıktan aylar sonra, kesme sıvısını deforme olmuş talaşın üzerine göndermeyi denemiştir. Bu uygulamada kesme hızında büyüme sağlamış ve buna çok şaşırmıştır. Daha önceki deneylerinde elde ettiği değerler anlamsız kalmıştır (Marksberry, 2004).

### ***Alan C (Serbest Yüzey)***

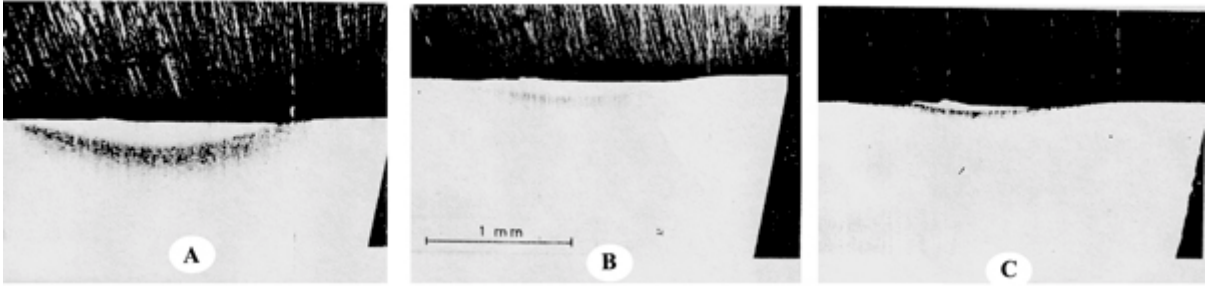
Taylor, bütün çelik çeşitleri için ince talaş yada kalın talaş meydana geldiğinde, talaşın oluştuğu noktaya kesme sıvısının gönderilmesinin en verimli durum olduğuna inanmıştır. Taylor, kesici takım ucu ne kadar sıcak olursa suyun kullanılmasından kazanılan kazancın o oranda büyük olduğunu ileri sürmüştür. Taylor, su jetinin, en yüksek sıcaklıkların oluştuğu kesici takım ucuna en kolay ulaşımın sağlandığı, kesici takımın serbest yüzeyinden gönderilmesi gerektiğine kuvvetli bir şekilde inanmıştır. Fakat bu gönderme şekli makine

operatörleri tarafından tercih edilmemektedir. Çünkü bu durumda kesme sıvısı fazla miktarda sıçramaktadır ve hızın düşürülmesi gerekmektedir.

Jawahir, kesme sıvısının bu bölgeden kesme kenarı üzerine uygulanmasının, talaşın temas büyüklüğünü küçülterek, daha küçük talaş yarıçapı oluşmasına sebep olduğunu dile getirmiştir.

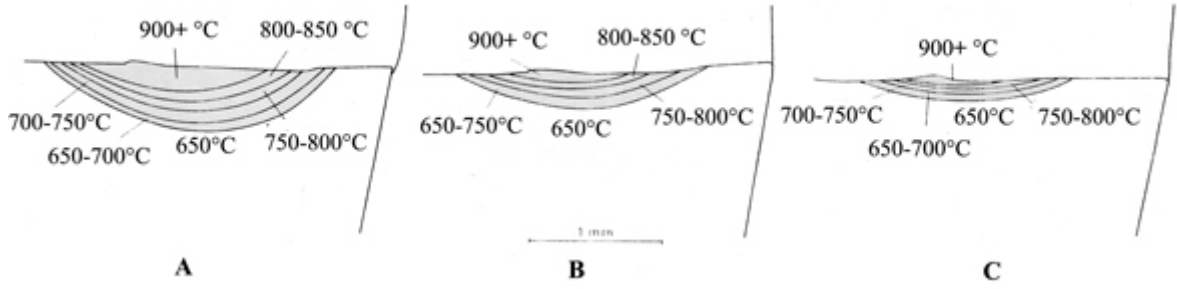
Childs, serbest yüzey üzerine kesme sıvısının uygulanmasının çok yüksek bir soğutma etkisi sağladığını, en yüksek sıcaklıkların  $60^{\circ}$  ile  $70^{\circ}$  K düştüğünü gözlemlemiştir (Marksberry, 2004).

Kesme sıvısı, takımın ulaşılabilen yüksek sıcaklıktaki yüzeylerine gönderilir. Bu yüzeyler ısının en hızlı terk ettiği yüzeylerdir ve aynı zamanda en fazla aşınan yüzeylerdir. Bu sebeplerden ötürü takım üzerinde ısının dağılımını bilmek soğutma işlemine yardımcı olabilir. Bu amaçla, Trent ve arkadaşları tarafından az karbonlu bir çelik ve nikel malzeme üzerinde kesme deneyleri yapılmıştır.

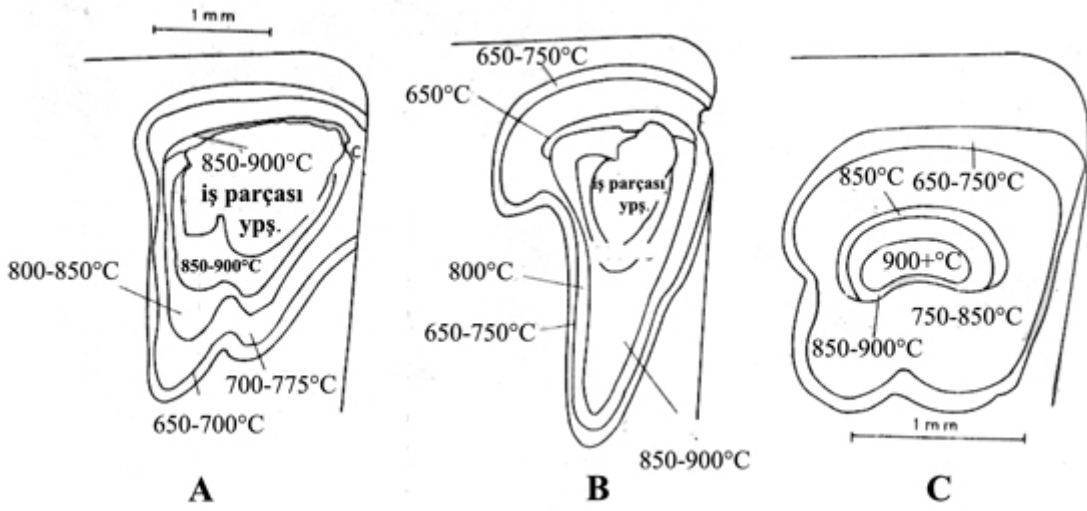


Şekil 2.9 (A) Havayla kesme, (B) Takım talaş yüzeyine kesme sıvısı göndererek kesme, (C) Serbest yüzeye kesme sıvısını jet halinde göndererek kesme (Trent, 1991).

Şekil 2.9'da yüksek hız çeliği kesici takımın, yüksek hızda düşük karbonlu çeliği işledikten sonraki kesme kenarı kesiti görülmektedir. a'da kuru kesme, b'de su bazlı yağ emülsiyonu talaşın üzerine ve talaş yüzeyine gönderilerek kesme yapılmış, c'de ise su jeti takımın serbest yüzeyine püskürtülmüştür. Şekil 2.10'da sıcaklık eğrileri görülmektedir. Şekil 2.11'de ise, talaş yüzeyleri üzerindeki sıcaklık eğrileri görülmektedir. Bu grafiklerden soğutma ile ilgili bazı önemli sonuçlara ulaşılır (Trent, 1991).



Şekil 2.10 “Şekil 2.9” daki kesici uçların sıcaklık dağılımları (Trent, 1991).



Şekil 2.11 “Şekil 2.10” deki kesici uçların talaş yüzeylerindeki sıcaklık dağılımları (Trent, 1991).

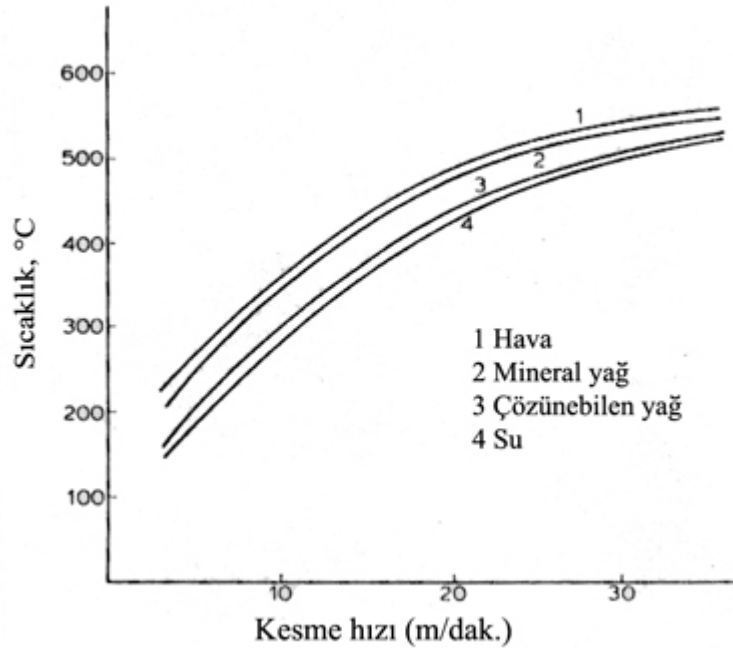
İlk olarak, soğutucu akışkanın kullanılması kesici takım-iş parçası ara yüzeyinde yüksek sıcaklıkların oluşmasına engel olamaz. Çünkü ısı akış bölgesinde sürekli oluşmakta ve bu bölgeye kesme sıvısı direkt olarak ulaşmamaktadır. Talaş yüzeyinin en sıcak noktasında sıcaklık 900°C’ye çıkmakta ve kuru kesmede, kesme sıvısıyla kesmede veya kesme sıvısını jet şeklinde uygulayarak kesmede bu sıcaklık değişmemektedir.

İkinci olarak, kesme sıvısının uygulanması yüksek ısıdan etkilenen kesici takım malzemesi hacmini düşürür. Kesme sıvısı jeti uygulaması, normal akışta kesme sıvısı uygulamasına nazaran bu konuda daha başarılıdır. Kesme sıvısı kullanıldığı durumda takım üzerindeki sıcaklık dağılımları daha diktir.

Üçüncü olarak, kuru kesmede ve normal akışta kesme sıvısı kullanıldığında takımın deforme olmasından kaynaklanan serbest yüzeydeki hasarların, kesme sıvısı jeti kullanılarak bu

bölgedeki sıcaklığın düşürülmesiyle önüne geçilmiştir. Kesme sıvısı kullanıldığında kesme kenarında soğuk bölgenin daha geniş olması, difüzyon sebebiyle oluşan serbest yüzey aşınmasının da azaldığını gösterir.

Kesici takım-iş parçası termokuplar metoduyla, çelik işlerken takım üzerindeki sıcaklıkları belirlemek için yapılan deneysel çalışmalarda, su bazlı kesme sıvısının kullanılması sıcaklıklarda düşüşü sağlamıştır. Kurimoto ve Barrow yaptıkları çalışmalarda çelik malzemeyi, yüksek hız çeliği takımla ve karbür takımla işlemişlerdir. Sonuç olarak farklı kesme hızlarında yaptıkları deneylerde su bazlı kesme sıvısıyla kesmede ölçtükleri sıcaklıkların kuru kesmeye göre daha düşük olduğunu gözlemlemişlerdir. Şekil 2.12'de yüksek hız çeliği takımla yapılan deneylerin sonuçları görülmektedir. Kesme sıvısı takımın talaş yüzeyinin üzerinden gönderilmiştir. Deneyler esnasında kesme hızı arttıkça kesme sıvısının etkisinin düştüğü tespit edilmiştir. Suyun çok üstün bir soğutma yeteneği vardır. 1:15 oranında hazırlanan emülsiyon sıvı, suya göre daha yüksek çalışma sıcaklığı verirken, saf yağ, kuru kesmeye göre sıcaklığı az bir miktar düşürebilmektedir (Trent, 1991).



Şekil 2.12 Kesici takım sıcaklığı. Kesme sıvısının, düşük alışımlı bir çeliğin kesilmesine etkilerini görmek amacıyla yapılan deney. İlerleme 0.2mm/devir (Trent, 1991).

Kesme sıvısının soğutmayı etkili bir şekilde sağlayabilmesi için, kesici takım ile iş parçasının temas noktasına alçak basınç altında bol bir şekilde tatbik edilmesi gerekir. Bu şekilde kesme

sıvısı işlenecek bölgeyi iyi bir şekilde kaplayacak ve kesme sıvısının sıçraması önemsiz boyutlarda olacaktır. Aynı zamanda kesme sıvısının akışı, talaşları işlenen bölgeden alıp götürecektir. Soğutmanın diğer etkilerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- Soğutma etkisinin kesici takım üzerinde ani bir soğumaya yol açması istenmez. Sıcaklıktaki ani değişiklikler takımda kırılmalara yol açabilir. Seramik takımlar bu konuda oldukça hassastırlar.
- Kesme sıvılarının soğutma etkisi, kesme sıvısının termal özelliklerine bağlıdır. Genelde, soğutma etkisi azdan çoğa doğru; yağ, emülsiyon ve su çözeltisi diye sıralanır. Sürtünme etkileri bu ilişkiyi karıştırır. Çünkü yağlama özellikleri, oluşan ısıyı etkiler.
- Soğutma verimi, yüksek viskoziteli sıvıların ısı iletme özelliklerinden ötürü azalabilir. Yüksek kesme hızları, soğutma etkisini artırır çünkü kesme sıvısının viskozitesi sıcaklıkla düşer. Fakat belirli bir sıcaklığın üzerinde, soğutma üzerindeki bu yararlı etki ortadan kalkar.
- Soğutma verimi, ıslanan yüzeyin miktarına, sıvının viskozitesine, kimyasal özelliklerine ve fiziksel özelliklerine bağlıdır.
- Uygulanan kesme sıvısı, soğutma etkisiyle kesilen malzemenin kayma direncini artırır. Buda metal kesme için gereken kuvvetleri artırır. Genelde bu etki metallerin çoğunda çok küçüktür (Nachtman, 1989).

### 3 KESME SIVILARI BİLEŞENLERİ

Kesme sıvılarının bileşenleri, mineral (petrol bazlı) yağ ile çeşitli katkılardır. Mineral yağların yerine sentetik yağlarda kullanılmaktadır. Günümüzde mineral yağların geri kazanım maliyetlerinin yüksek olması ve çevreye olan zararlarının istenmemesi sebebiyle bitkisel ve hayvansal yağlar önem kazanmaya başlamıştır.

Kesme sıvıları konusunda ihtiyaçların farklılaşması ve çeşitlenmesi, 15-20 çeşit malzemenin bileşiminden oluşan karışımların geliştirilmesine yol açmıştır. Geliştirilen ürünlerin teknik olarak ihtiyaçları karşılmasına özen gösterildiği gibi, son yıllarda insanla olan uyumuna da çok dikkat edilmektedir. Ürün formülasyonlarında kullanılacak ham maddelere ve miktarlarına getirilen sınırlamalar bu hususta hizmet etmektedir

Kesme sıvılarının bileşiminde kullanılan kimyasal katkıların çok çeşitli fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonların en önemlileri emülsiyeye etme, korozyon önleme, yağlama, pH düzenleme, bağlayıcılık, köpüklenme önleme, yayılma ve ıslatma olarak sayılabilir.

Kesme sıvısı içinde kullanılan katkıların hepsi sıvıya bir katkıda bulunur. Bir katkının eklenmesinin etkileri kimyager tarafından gözlemlenir ve sıvının optimum özelliklerde olması sağlanır. Genelde kesme sıvısının kararlı, az köpüren ve atıklarının geri kazanılabilir yada yok edilebilir olması istenir. Katkıların özellikleri kendilerine özgüdür. Tipik olarak eğer kesme sıvısının çok iyi biyolojik kararlılığı ve sert suda yüksek kararlılığı varsa, bu sıvının atığı zor bir şekilde geri kazanılır yada doğaya zararsız hale getirilir. Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği iyi ise, sıvının temas ettiği yüzeylerden artıklarının temizlenmesi zor olur (Byers, 1994).

#### 3.1 Mineral Yağlar

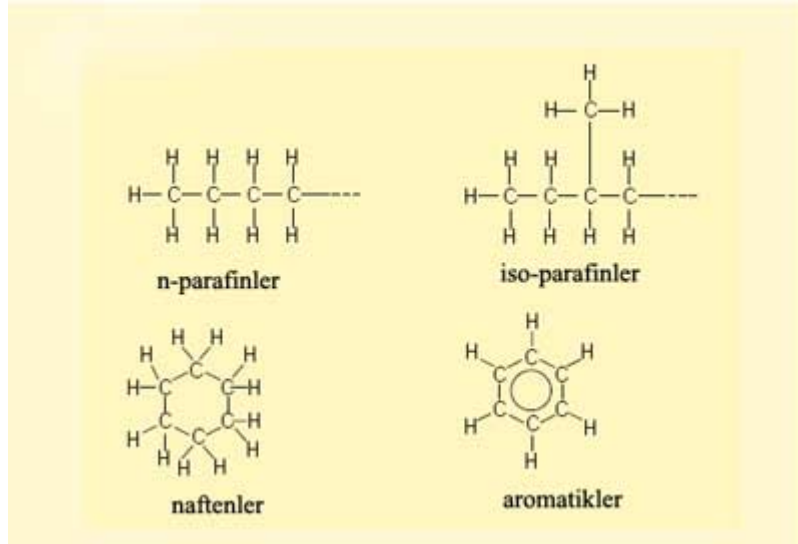
Mineral yağlar, metal işleme yağlayıcıları için temel sıvı olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir (Rhenus, 1997).

Mineral bazlı metal işleme sıvıları için ana yağlar, farklı türlerdeki rafine edilmemiş yağlardan elde edilir. Ham yağlar farklı proseslerden geçirilerek rafine edilirler. Bu prosesler vakum destilasyonu, propan ile asfalttan arındırma, solvent rafinasyonu (solvent olarak kullanılan furfural, mineral yağların içerisindeki istenmeyen kükürt bileşikleri; reçineler ve renkli maddeler ile oksijene karşı stabil olmayan petrol bileşenlerini çözer), wax'tan (mumdan) arıtma ve hidrojenerasyon (her bir karbon atomuna bir hidrojen atomunun eklenmesiyle karbon atomları arasındaki doymamış bağların azalmasını sağlayan bir kimyasal

reaksiyondur) (Hani ,2002). Bu işlemlerle mineral yağa, viskozite, renk ve koku gibi fiziksel özelliklerle birlikte; doygunluk derecesi, sülfür gibi istenmeye elementlerin ayrıştırılması gibi kimyasal nitelikler kazandırılır. .

Mineral yağlar içinde bulunan hidrokarbonların temel yapıları Şekil 3.1’de görülmektedir. Bu 4 grup arasında oluşabilecek makul bileşimler kesme sıvılarının formülasyonlarında kullanılır.

Rafine edilmiş mineral yağ içindeki bileşiklerin dağılım oranları, ham yağın kökenine ve rafine etme yöntemlerine bağlıdır. Parafin bağlı karbon atomları baskınsa “Parafin temelli” yağlar olarak isimlendirilirler. Eğer naften’in paylaşımı çok büyükse, yağ “naftenik-bazlı” olarak isimlendirilir. Aromatik hidrokarbonları yüksek oranda içeren yağlar “aromatik” yağlar olarak isimlendirilirler ve insan sağlığına zararlarından ötürü metal işleme sıvısı olarak kullanılmazlar (Rhenus, 1997).



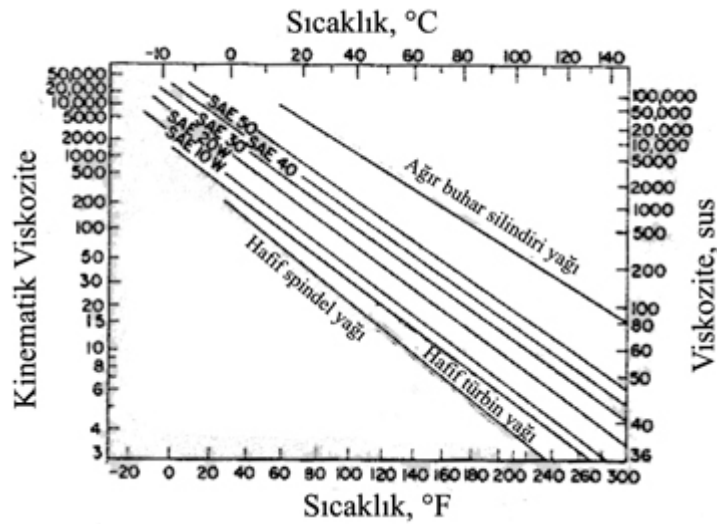
Şekil 3.1 Mineral yağ bileşikleri (Rhenus, 1997)

Parafinik yağlar daha iyi oksidatif kararlılık sağlar, proses esnasında daha az dumanlanmaya sebep olurlar. Fakat yağlayıcı katkıları naftenik yağlar içinde daha fazla çözünebilir ve uyumlu oldukları için naftenik yağlar tercih edilen yağlardır. Gelişim sürecine bakıldığında naftenik yağların fiyatlarının daha uygun olduğu ve parafinik yağlara göre daha kolay emülsiyeye oldukları görülür. Fakat bütün mineral bazlı yağlar petrol bazlı oldukları için arıtılmaları ve geri kazanılmaları oldukça maliyetlidir. Ve çevreye zehirli etkileri vardır (Zimmerman, 2003).

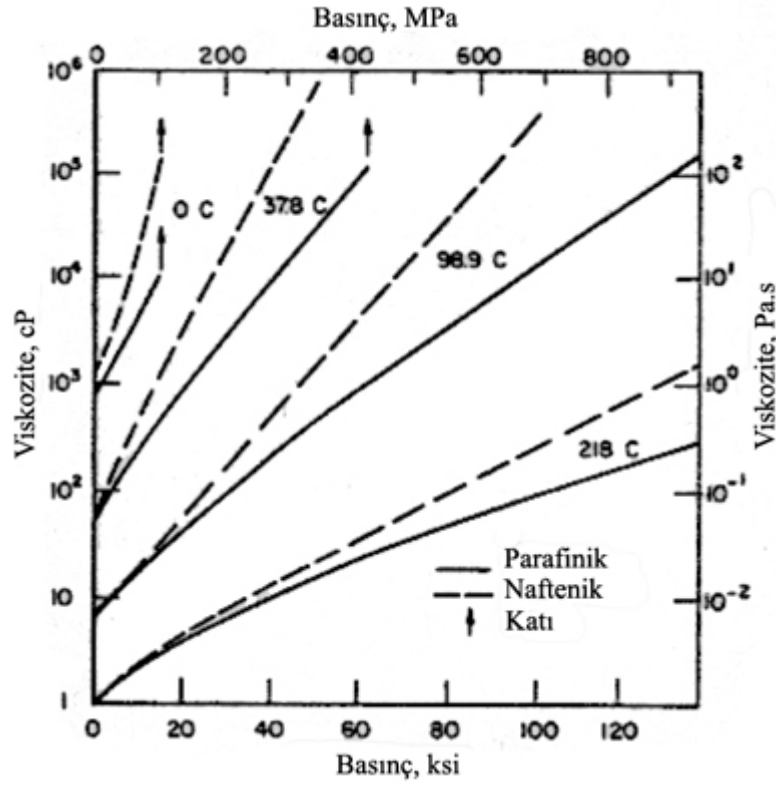
**Zincir Uzunluğunun Etkisi :** Mineral yağlar molekül başına 10 ile 70 arasında değişen sayıda

karbon atomu içerirler. Zincir uzunluğu arttıkça, viskozite, parlama noktası, yanma noktası ve kaynama noktası artar. Viskozite basınçla yükselirken, sıcaklıkla düşer. ASTM D-341 grafikleri viskozitenin sıcaklıkla değişimini verir. Şekil 3.2'deki örnekte 3 mineral bazlı yağın viskozite-sıcaklık verileri görülmektedir. İş parçası üzerinde kalan yağ artıkları lekelenmelere yol açar. Lekelenme problemi sabit sıcaklıkta zincir uzunluğunun büyümesiyle artar.

**Yapının Etkisi :** Belirli bir moleküler ağırlıkta, parafinlerin yoğunlukları ve viskoziteleri daha düşüktür. Fakat sıcaklık arttıkça viskozite değerlerinde az bir azalma olur. Daha az sıkıştırılabilirlerdir. Basınç-viskozite katsayıları düşüktür. Viskoziteleri, basıncın artmasıyla daha yavaş bir şekilde artar (Şekil 3.3), fakat daha düşük sıcaklıklarda katılaşırlar. Parlama noktaları yüksektir. Buharlaşılabilen korozif asitlerin oluşması sebebiyle daha geç oksidasyona uğrarlar. Dallenmanın artmasıyla isoparafinler naftenler gibi davranmaya başlar (Schey, 1983).



Şekil 3.2 Mineral yağların, viskozitelerinin sıcaklıkla değişimi (Schey, 1983)



Şekil 3.3 Basıncın artmasıyla, mineral yağların viskozitelerindeki ve katılaşmalarındaki artışı gösteren grafik (Schey, 1983)

Günümüzde ekonomi ve ekoloji birbirine çok yakın hale gelmiştir. Hidrojenerasyon, temel yağların üretilmesinde artan oranda kullanılmaktadır. Bu sayede aromatik bileşiklerin yağlar içindeki oranı mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmaktadır. Mineral yağlar içinde bulunan aromatik ve çok halkalı aromatik bileşiklerin, hayvanlar üzerinde yapılan deneyler neticesinde kanserojen olduğu tespit edilmiştir. Hidrojenerasyon bu sağlık risklerini minimize eder. Sert-hidrojenere edilmiş yağlar (HC yağlar), aromatik bileşikleri daha az içerdikleri gibi, daha makul buharlaşma karakteristiğine sahiptirler (Rhenus, 1997).

Çok halkalı aromatik bileşiklerden kaynaklanan bu tehlikenin bir tanımlamayla önüne geçilmiştir. Çoklu halka paylaşımı >%3 olan bütün mineral yağlar (IP 346 metoduyla belirlenmiştir) R ifadesiyle (risk ifadesi) tanımlanmıştır. “R45: Kansere sebep olabilir” tehlikeli malzemeler kanununun 21. tabiki’dir. Bu türdeki yağlar metal işleme sıvılarının formülasyonunda kullanılmamalıdır (Rhenus, 1997).

### 3.2 Bitkisel Yağlar

Mineral yağların negatif etkilerinin olması araştırmacıları çevreye ve insan sağlığına zararı

bulunmayan bitkisel yağları araştırmaya yönlendirmiştir. Biyolojik olarak geri kazanılabilen yağlar üzerindeki çalışmalar son 10 yılda oldukça artmıştır. Bitkisel yağların kanserojenik etkileri bulunmamakla birlikte, mineral yağlar gibi kaynakları sürekli tükenmemektedir. Aksine bitkisel yağ kaynakları sürekli kendi kendini yenilemektedir. Bu sebeplerden ötürü bitkisel yağlar üzerindeki ilgi git gide artmaktadır. Fakat bitkisel yağlar hala petrol bazlı yağlardan 1.5 – 2 kat daha pahalıdır.

Bitkisel yağlar, yağlayıcılık özelliği dikkate alındığında mineral yağlardan daha iyi olmamakla birlikte benzer özellikleri gösterirler. Bitkilerin tohumlarından elde edilen yağlar, yağlayıcılığı arttıran doğal feti asitleri ve bileşikleri içerirler. Kolza tohumu ve kanada yağı, bitkisel yağlarda en çok tercih edilen maddelerdir. Yüksek polar özelliklerinden ötürü metal yüzeylerine yapışır ve kaplarlar. Yüzeylerdeki kirlilikleri daha iyi temizlerler. Bitkisel yağların çoğu doymamıştır. Mineral yağlara göre daha az oksidatif kararlılığa sahiptirler. Bu sebepten mineral yağlara göre oksidatif bozunmaları önlemek için daha fazla miktarda antioksidantlara ihtiyaç duyarlar. Antioksidantların sadece maddi boyutları olup insan sağlığına ve çevreye bir etkileri yoktur.

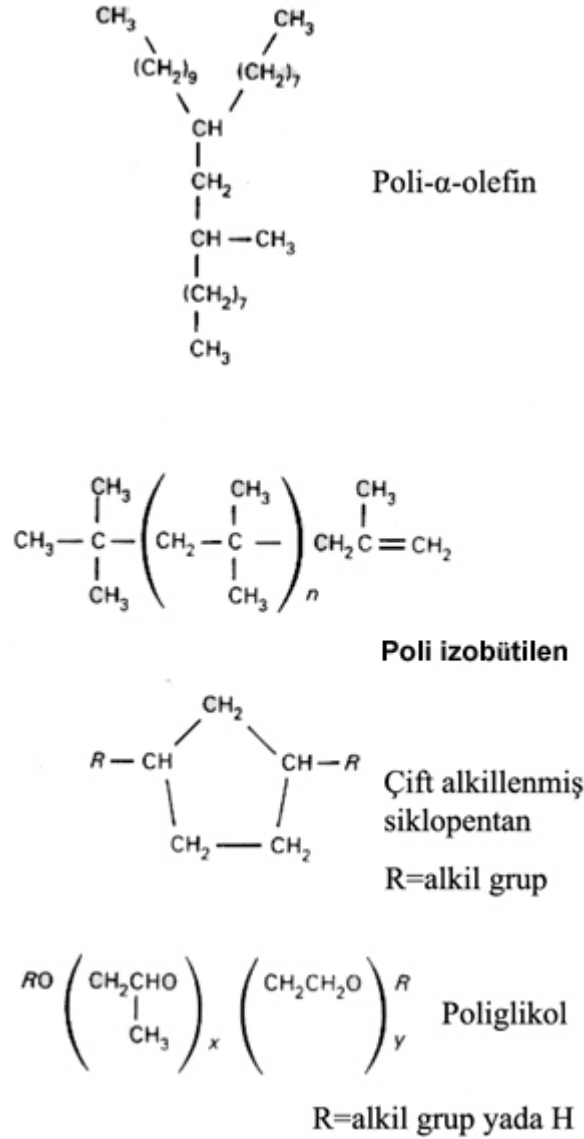
Kolza tohumu yağının, 22 karbonlu doymuş zincirlere sahip olması sebebiyle yağlayıcılık özelliği çok iyidir. Temiz bir şekilde yanar ve duman yapmaz. Petrol bazlı yağların yanmaya olan eğilimleri ve yüksek duman oluşturmaları göz önüne alındığında bu iyi bir özelliktir (Zimmerman, 2003).

### 3.3 Sentetik Yağlar

Petrol bazlı yağlara karşın daha az kullanılmalarına rağmen, amaca göre değiştirilebilen özellikleri sayesinde yüksek fiyatları göz ardı edilmeye başlanılmış ve git gide popüler olmaktadır. Şekil 3.4' te sentetik yağlayıcılara örnekler görülmektedir.

Poliglikoller, kesme sıvılarında çoğunlukla kullanılır. Bu malzemeler etilen oksit ile propilen oksit'in polimerizasyonu ile elde edilir. Terminal gruplar alkil gruplar yada hidrojen olabilir. Poliglikollerin özellikleri, moleküler ağırlık ile, terminal grupların karakterleri ile ve etilen oksidin propilen okside oranı ile kontrol edilir. Örneğin yüksek moleküler ağırlığı olan türler yüksek viskoziteye sahiptir. Propilen okside nazaran daha yüksek oranda etilen oksit içeren poliglikoller suda çözünebilirlerdir. Daha az etilen oksit içerenler ise suda çözünemezler. Bu oran ayarlanarak elde edilen poliglikol, oda sıcaklığında suda çözünebilir, yüksek sıcaklıklarda ise suda çözünemez. Bu özellik sayesinde, çözelti sistemde dolaşırken normal durumunu muhafaza eder ve sıcak kesici takım – iş parçası ara yüzeyine ulaştığında poliglikol

ve katkılar çözültiden ayrılır (Laemmle, 1991).



Şekil 3.4 Sentetik yağların moleküler yapılarına örnekler (Lammle, 1991)

Poli izobütülenler, moleküler ağırlıkları değiştirilerek geniş bir viskozite aralığında üretilebilir. Çok yüksek sıcaklıklarda depolimerize olurlar. Bu özellikleri sayesinde demirli ve demirsiz malzemelere form verilmesinde çok kullanışlıdır. Talaş kaldırmada tercih edilmezler (Laemmle, 1991).

### 3.3.1 Polialfaolefinler

Poliolefinler de, metal işleme sıvıları içinde mineral yağlara alternatif olarak kullanılırlar. Burada, parafinik yağlarla benzer özellik gösteren sentetik ürünlere ihtiyaç duyulur. Bu

yağlayıcı formülasyonunu kolaylaştırır. Poliolefinler, düz zincir moleküllerden yada dallanmış moleküllerden oluşurlar.

Polialfaolefinler ise (PAO, poly- $\alpha$ -olefinler) geç önem kazanmışlardır.. Üretim tamamen sentetik olarak, temelde etilen'in polymerizasyonu sayesinde gerçekleşir. Mineral yağlarla karşılaştırıldığında az sayıda kimyasal türü mevcuttur. Aromatik halkalar içermezler. Bu yüzden aromatik bileşiklerden kaynaklanan tehlike PAO'nun kullanılmasıyla elimine edilmiştir. Buharlaştırma kabiliyetleri oldukça yüksektir (Rhenus, 1997).

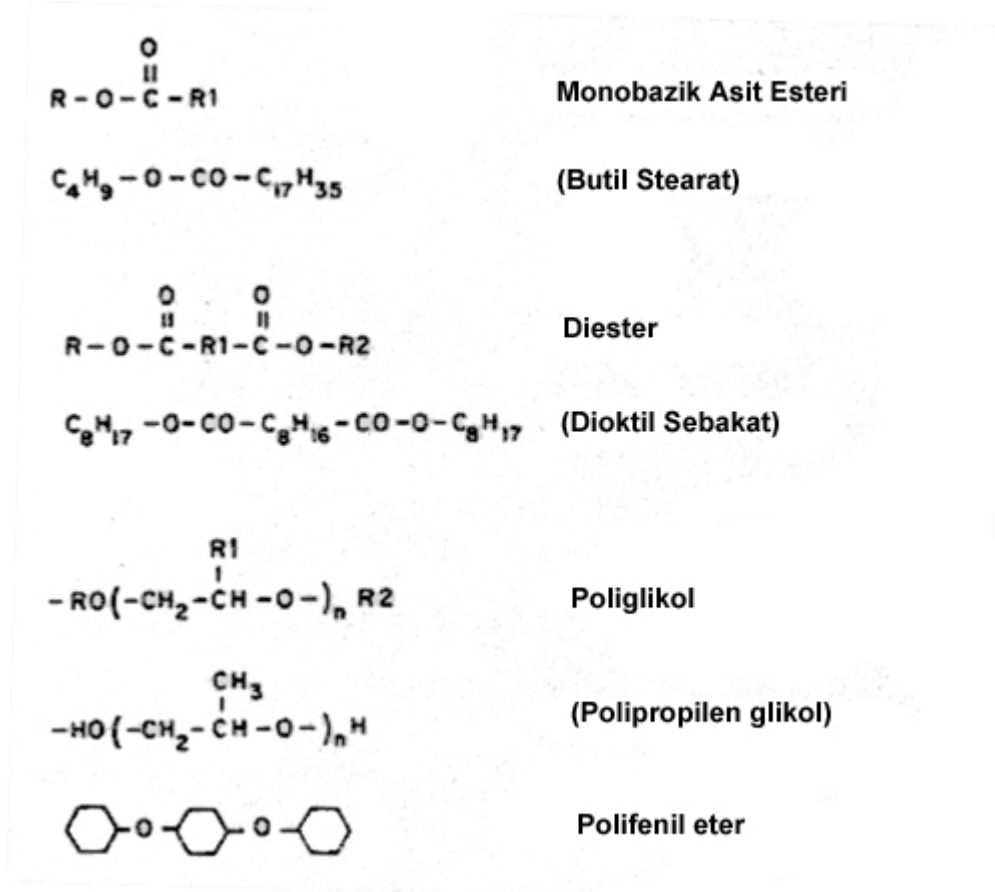
### 3.3.2 Sentetik Esterler

Polialfaolefinler gibi, esterlerde mineral yağlara alternatif olarak git gide önem kazanmaktadır (Şekil 3.5). Esterler, organik asitlerle alkollerin reaksiyona girmesiyle oluşur. Ester bağı  $-C-O-R$  yüksek kararlılık gösterir ve bu sayede yağlayıcı olarak yüksek sıcaklık dayanımına sahiptir (Schey, 1983). Sentetik esterler ve polialfaolafinler, kesme sıvıları içinde mineral yağlarla birlikte kullanılabilirler.

Esterler, soğuk çalışma şartlarında bozunmama, yüksek viskozite indeksi, oksidasyona karşı dayanım, viskozite, buharlaştırma kabiliyeti, sıcaklık ve hidroliz kararlılığı gibi kriterler dikkate alınarak kimyasal yapılarına göre kullanım için seçilmelidirler.

Metal işlemede kullanılacak esterlerin şu özellikleri göstermesi gerekir:

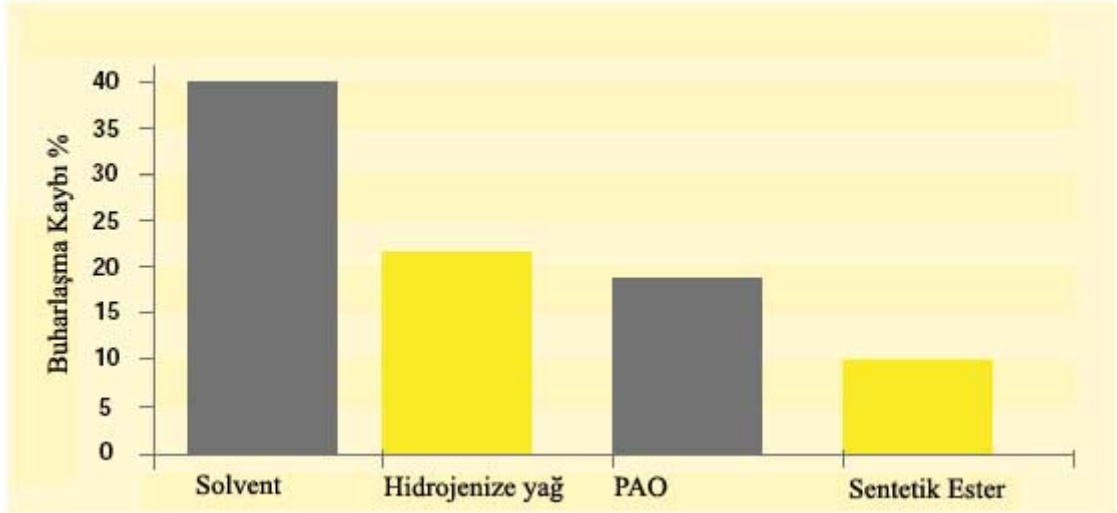
- Düşük katılma noktası, soğuk şartlarda iyi akış davranışı.
- İyi viskozite-sıcaklık karakteristiği.
- Her türlü mineral yağla ve diğer sentetik yağlayıcı yağlarla karışım oluşturabilme.
- Aşınmayı yavaşlatma ve iyi sürtünme özellikleri.
- Düşük buharlaşma kayıpları.
- Sıcaklığa karşı dayanım.
- İyi biyolojik olarak ayrışma özellikleri
- İyi filtrelenebilme.



Şekil 3.5 Sentetik esterlerin yapıları (Schey, 1983)

Birçok esterın su tehlike sınıfı WGK 0' dır. Bu sayede iyi bir biyolojik ayrışma kapasitesi ve düşük zehir şartları sağlanır. Bu özellikleri sayesinde mineral yağlardan (WGK1) ayrılırlar. WGK, Federal Alman Su Yönetimi Merkezinin uygulamaya koyduğu, maddelerin suya olan zararını gösteren bir sınıflandırmadır. Buna göre, WGK = 0 olan maddelerin suya herhangi bir zararları yoktur. WGK = 1 ise maddenin suya az bir zararı vardır. WGK = 2 ise madde suya zararlı, WGK = 3 ise de madde suya çok fazla zararlıdır.

Esterler, doğal kaynakların korunmasını sağlarlar ve buharlaşma kabiliyetleri de polialfaolefinlere göre daha iyidir (Şekil 3.6).



şekil 3.6 Bazı temel sıvıların Noack DIN 51 581'e göre buharlaşma kayıpları (Rhenus, 1997).

### 3.4 Katkılar

Kullanılan katkıların çoğu sıvı haldedir. Bazı temel kimyasal katkı maddeleri olarak feti asitleri, feti alkanolamidleri, esterler, sülfat tuzları, sabunlar, etoksilenmiş yüzey aktif maddeler, klorlanmış parafinler, glükolesterler, etanolaminler, polialkil glükoller, sülfürize yağlar, feti yağlar ve çeşitli bakteri-mantar önleyici kimyasallar sayılabilir.

#### 3.4.1 Film Katkıları

Film katkıları, kesici takım-iş parçası ara yüzeylerinde emilir ve sınır yağlayıcı olarak çalışırlar. Direkt metal-metal temasını ve bölgesel kaynamaları engelleyerek iş parçası yüzeyini korurlar. Film katkıları olarak görev yapan bileşikler; feti asitleri, esterler, alkoller, amidler, aminleri ve alkil asit fosforları içerebilir.

#### 3.4.2 Aşırı Basınç (EP) Katkıları

Demir içeren metallerin işlenmesinde aşırı basınç katkıları çok kullanılıdır. En çok kullanılan EP katkıları; kükürt, klor, fosfor içeren bileşiklerdir yada iki veya daha fazla sayıdaki bu elementlerin bileşiminden oluşurlar. Aşırı basınç katkıları, demir içeren metallerin işlenmesi esnasında, takım-iş parçası kesilişim ara yüzeyinde sıcaklığın çok yükselmesiyle reaksiyon tabakası oluştururlar. Bu reaksiyon tabakası sürtünmeyi ve aşınmayı azaltır. Klorlu katkılar olarak vakslar, parafinler, olefinler esterler sayılabilir. Klorlu katkılar korozif özelliğe sahiptir ve az oranda HCl çıkışına sebep olabilirler. Bu sebeple korozyon önleyicilere ihtiyaç duyulabilir. Kükürtlü katkılar, aktif yada pasif olabilirler. Bileşimlerinde % 1-5 arasında

kükürt içerirler ve kokuludurlar. Çoğu zaman renkleri de koyu tondadır. Fosfat esterleri, ince film (sınır) yağlayıcılık sağlarlar ve düşük sıcaklıklarda EP katkısı etkisi gösterirler. Kullanılabilirlikleri için yağda çözülmelidirler. Serbest asit formunda da kullanılabilirler. Kolayca nötralize edilirler, nötralize edilmiş fosfat esterleri korozyona karşı dirençlidir ve yağ karışımlarına pas önleyici özellik sağlarlar (Byers, 1994).

EP mekanizmasının şu adımlardan geçerek meydana gelir: Öncelikle EP katkı maddesi çevreyle (oksijen, su, diğer katkılar ve ana sıvıyla) reaksiyona girer. Sonra, katkı maddesi metal yüzeylerce emilir. Şiddetli basınç ve sıcaklık şartlarının olduğu temas durumunda, reaksiyon ürünleri oluşur ve aktif molekül içindeki bağlar kırılarak polimer yapıdaki film tabakasını oluşturur. Organik ve organik-metalik bileşikler halindeki aktif elementlerin konsantrasyonunda artış olur. Aynı zamanda oksit bileşiklerinde de artış meydana gelir. Sürtünme, reaksiyonu destekler ve bir sonraki adıma yönlendirir. Reaksiyon ürünü, kayma ve kimyasal erime ile aşınır. İş parçası üzerinde kalır veya tekrardan yağlayıcıya katılır. Tekrardan yağlayıcıya katıldığında yağlayıcının akış karakterini ve aktivitesini değiştirir. Reaksiyon ürünü tekrardan bu proseslere uğrar. Başarılı bir yağlama reaksiyon ürünlerinin uzaklaştırılması ve tekrardan meydana gelmesi arasında denge kurulmasıyla sağlanır (Schey, 1983).

Diğer bir EP katkı türü olan pasif aşırı basınç katkıları, kesici takım-iş parçası kesişim ara yüzeyinde karbonat partiküllerinden oluşan bir film tabakası oluşturarak görev yaparlar. Bu film tabakasının düşük kayma gerilmesi ve yüksek buharlaşma noktası vardır. Sürtünmeyi azaltırlar ve iş parçasından takıma geçen metal transferini minimize ederler. Pasif aşırı basınç katkıları kükürt, klor ve fosfor içermezler fakat kükürt içeren aşırı basınç katkıları gibi çalışırlar. Konvansiyonel aşırı basınç katkılarına göre avantajları: Daha az koroziftirler, Kullanımdan sonra daha kolay ayrıştırılırlar, Daha az köpüklenme yaparlar, Kolayca iş parçası üzerinden temizlenebilirler (Laemmle, 1991).

### 3.4.3 Korozyon Önleyiciler

Kesici takımları, makina parçalarını, iş parçasını ve kesme sıvısı sistemini korozyona karşı korumak için kullanılırlar. 1980'lerde genel olarak sodyum nitrit, korozyon önleyici olarak kullanılmaktaydı. 1970'lerin ortalarında, kansere sebep olduğu tespit edilen nitroz aminlerin konvansiyonel kesme sıvılarının çoğunun formülasyonlarında kullanıldığı tespit edilmiştir. Nitrozaminlerin, sodyum nitrit ile ikincil aminlerin (özellikle diathanolamin) tepkimeye girmesiyle ortaya çıktığı bulunmuştur. Sodyum nitrit'in yerini alacak maddeler için

araştırmalar yapılmıştır. Bu maddelere örnek olarak amin-boratlar, karboksil aminler ve sülfat tuzları sayılabilir. Bunlar nitroz aminleri oluşturmazlar.

Aminler, çoğu su bazlı kesme sıvısının içinde bulunan önemli bir bileşendir. Korozyon koruyuculuğu, bakterilere karşı koruyuculuk ve suyla karıştırıldıklarında pH değerinin 9.0 ile 9.3 arasında kalmasını sağlarlar. Hayvanlar üzerinde yapılan deneylerde nitroz aminlerin kansere sebep olduğu kaydedilmiştir. Nitroz aminler, amin ile nitrozrasyon ajanının reaksiyona girmesiyle oluşur. Ortamda iki bileşeninde olması gerekir.

Amine + nitrozrasyon ajanı → Nitroz aminler

Günümüzde kullanılan soğutucu yağlayıcıların çoğu nitrit içermez. Bu sebeple reaksiyonun bir elemanı ortamda bulunmaz. Yinede, emülsiyonlar ve kimyasal kesme sıvıları üzerinde yapılan araştırmalar göstermiştir ki, nitrit iyonları çok az miktarda ortaya çıkmaktadır. Nitritin ortaya çıkmasının nedenleri şöyle sıralanabilir: Karışım suyu içindeki nitratın bakteriler tarafından ayrıştırılması, emülsiyon içindeki kirlilikler yada iş parçası üzerinde kalan artıklar (iş parçasını pastan korumak için önceden sürülmüş koruyucular yada sertleştirme işleminden kalan nitrit içeren tuzlar). evre havasında bulunan Nitroz oksitler (NOx) de nitrozrasyon ajanı olarak ortama katılabilir. Nitroz oksit kaynakları olarak içten yanmalı motorlar (forklift motorları), gaz yakıcılar sayılabilir.

Tecrübeler göstermiştir ki amin içermeyen soğutucu yağlayıcılar, amin içerenlere yakın özellikler sunmaktadır. Emülsiyonlarda, daha uygun olan 8.0-8.8 değerleri arasında ph değerlerini sağlarlar. Kullanım esnasında nitroz amin problemi oluşmaz. Emülsiyonların içine nitrit girse de, tepkime için gerekli olan aminler ortamda bulunmadığı için nitroz aminler oluşamaz (Rhenus, 1997).

#### **3.4.4 Köpüklenme nleyiciler**

Kpklenmenin kesme operasyonlarında olumsuz etkileri vardır. Köpük, kesici takım-iş parçası keşişim ara yüzeyinin yeterli soğumasını engeller, kirliliğe sebep olur ve eğer köpüklenme aşırı olursa kesme sıvısı kaybı meydana gelir. Su bazlı metal kesme sıvıları içindeki emülsiyon ediciler, yağ ile su birleşim gerilimini düşürürler ve suya nazaran yağın yüzey gerilimini de düşürürler. Kesme sıvısı ile havanın temas ettiği yüzeylerde yüzey aktif maddeler havanın ortamda bulunması sebebiyle sürekli genişleyen ama patlamayan bir elastik film oluşturur. Havanın, kesme sıvısı içine girmesiyle köpük oluşur.

Kesme sıvısının sistemde dolaşması ve sıvının kesici takıma püskürtülmesi esnasında, hava,

kesme sıvısı içine girer. Çok az miktarda eklenen köpüklenme önleyici olarak adlandırılan kimyasal maddeler köpüklenmeyi azaltır veya tamamen önlerler. İyi bir köpüklenme önleyici madde iyi dağılma kabiliyetine ve yüzey gerilimine sahip olmalıdır. Sistem içinde çözülmeden iyi bir şekilde yayılmalı ve köpük yüzeylerinin üzerlerini kaplamalıdır. Bu sayede, hava ile sıvı arasındaki birleşim yüzeyinde oluşan sıvının elastik filmini bozar ve hava serbest kalır. Silikonlar, verimli köpüklenme önleyicilerdir. Yalnız kaplamalı ve boyalı yüzeylerde adhezyon problemine yol açarlar. Silikon olmayan köpüklenme önleyiciler olarak, uzun zincirli alkoller ve suyla çözülmeyen poliglikoller sayılabilir.

#### **3.4.5 Buharlaştırma Önleyici Katkılar**

Yağ bazlı çözeltiler kullanıldığı durumda kesme sıvısından kaynaklanan havadaki kirlilik fabrikalarda büyük bir problem oluşturur. Az miktarda akrilat yada polibütan ilavesi daha büyük partikül oluşmasını sağlar ve bu partiküllerde daha ağır oldukları için daha zor havaya karışırlar.

#### **3.4.6 Koku Önleyiciler**

Takım iş parçası ara yüzeyindeki yüksek sıcaklık kesme sıvısını ısıtır ve operatörü rahatsız edecek kokular doğar. Bu kokuları önlemek için çam yağı, sedir yağı gibi maddeler eklenir. Bu sayede kesme sıvısı daha uzun süre kullanılabilir.

#### **3.4.7 Boya Katkı Maddeleri**

Yağda ve suda çözünebilen boya katkı maddeleri kesme sıvısını belirlemek ve yerini tayin etmek için kullanılır.

#### **3.4.8 Biositler**

Metal işleme sıvıları, içerdikleri organik maddeler nedeni ile mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam oluştururlar. Yeterli koruma sağlanmadığında ürün mikrobiyolojik olarak bozulmaya başlar. Kötü koku, filtre tıkanması, pH' da düşme, korozyon oluşumu ve yağın kremlenmesi gibi problemler oluşur. Bunun sonucunda metal işleme sıvısı kullanılamaz hale gelir ve değiştirilmesi gerekir. Bu işlem operasyonun durmasına, dolayısıyla zaman kaybına neden olur. Ayrıca üreyen patojenik organizmalar çalışanların tehlikeli deri enfeksiyonlarına maruz kalmalarına sebep olabilir.

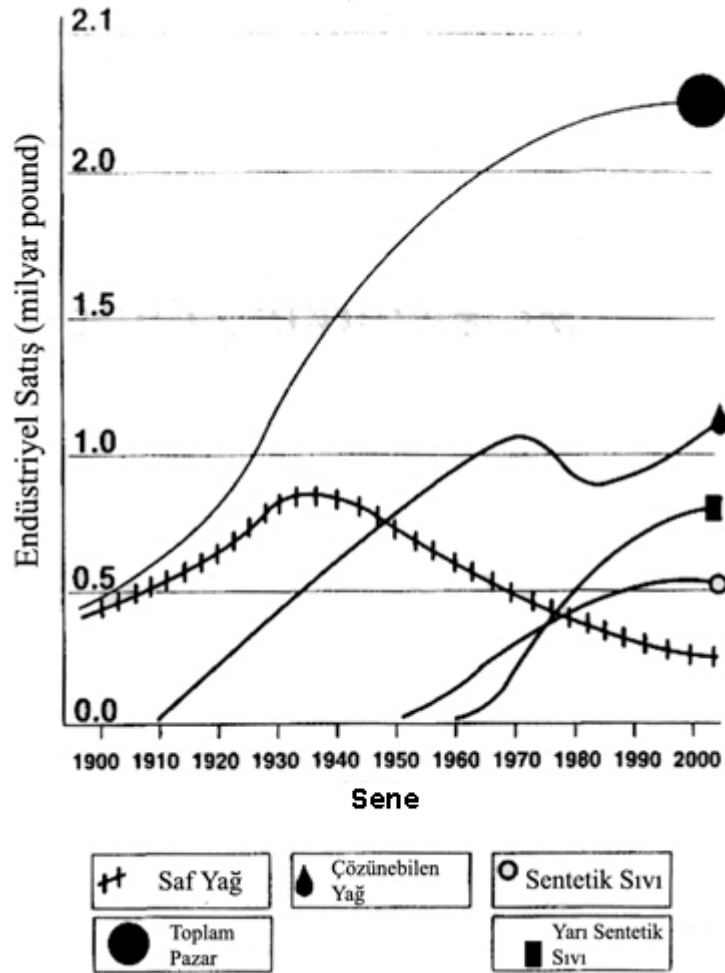
Mikroorganizmalar, yeni hazırlanmış bir emülsiyonda bulunan yağ partiküllerinin çapının 24 saat içerisinde 2µ' dan 10µ' a çıkmasına sebep olurlar. Sistemde bulunan yağ partiküllerinin

aplarındaki bu artış 3 ile 6 gün içerisinde emülsiyonun bozulması Şeklinde kendini gösterir. Eğer sistemde kaçak yağ varsa bu zaman daha da kısılabılır.

Metal işleme yağı, mikrobiyolojik olarak bozulmuŐ ise oluşan değişiklikler düzeltilip, telafi edilemez ve geri dönüŐü yoktur. Mikroorganizmalar ortamda kullanılan sudan dolayı her zaman mevcutturlar. Ayrıca metal parçaları, insan vücudu ve sa sürekli bir bakteri kaynağıdır. Kesme sıvıları içinde bu mikro organizmaların üremelerini ve çoğalmalarını engellemek için biositler kullanılır. Kullanılacak olan biosit hem mantarlara hem de bakterilere karşı etkili olmalıdır. Mantarlar, bakterilere nazaran daha yavaş üremelerine rağmen, filtreleri ve üretim hattını tıkayan büyük kütleler oluştururlar, bazı hallerde de sistemin durmasına, kötü koku ve korozyona sebep olurlar. Mikrobiyolojik kirlilik seviyesine göre 3 günde veya haftada bir biosit eklemesi yapılmalıdır (Gemsan, 2004).

#### 4 KESME SIVILARININ SINIFLANDIRILMASI

20. yüzyılda metal işleme sıvıları basit yağlardan özel ve kompleks su bazlı yağlara doğru bir geçiş sergilemiştir. Şekil 4.1'de bu ürünlerin pazardaki gelişimini gösteren grafik görülmektedir. 1910 ve 1920 yılları arasında saf yağların soğutma performanslarını ve alevlenme dirençlerini iyileştirmek amacıyla suda çözünebilen yağlar geliştirilmiştir. Yağın su içinde emülsiyeye edilmesiyle duman ve alev oluşumu engellenmiş, operasyon veriminde artış sağlanmıştır. Su kesici takımların soğumasını sağlayarak kesici takım ömrünün artmasını sağlamıştır. Fakat ortamda suyun varlığı iş parçası üzerinde pasa sebep olmuş ve pas önleyicilere ihtiyaç duyulmuştur (Byers, 1994).



Şekil 4.1 Kesme sıvılarının endüstriyel pazardaki gelişimleri (Byers, 1994).

Sentetik sıvılar, suda çözünebilen yağlara göre taşlama operasyonlarında daha iyi soğutma ve pasa karşı koruma sağladıkları için, ilk olarak 1950'lerde geliştirilmiştir. 1970'lerin

başlarında, yağ bazlı sıvıların yerini alacak yağ içermeyen sentetik sıvılar pazara sunulmuştur. Sentetik sıvılar sert suda daha kararlı oldukları için daha iyi soğutma ve mikrobiyal bozunmalara karşı yüksek dayanım sağlamaktadırlar. Fakat suda çözünebilir yağlar sentetik sıvılara göre bakteri üremesine karşı daha zayıf olmalarına rağmen, daha iyi yağlayıcılık ve geri kazanım özelliklerine sahiptirler. Bu sebepler yarı sentetik sıvıların geliştirilmesine yol açmıştır. Su bazlı olan yarı sentetik sıvılar, kararlı bir mikro emülsiyon sistemi oluşturmak amacıyla, yağ bazlı katkıların su içinde emülsiyon edilmesiyle meydana gelirler. Yarı sentetik sıvılar, suda çözünebilir yağ teknolojisinin avantajlarıyla birlikte, sentetik sıvıların bakterilere karşı yüksek dayanım ve uzun tank ömrü özelliklerine sahiptirler.

1980'lerde sentetik ve yarı sentetik sıvılar pazarda yağ bazlı ürünlerin yerini almıştır. Fakat 1990'ların başlarında yağ fiyatları düşmüştür ve bu sebeple yağ bazlı ürünler tekrar gündeme gelmiştir. Sentetik sıvıların elden çıkarma maliyetleri yağ bazlı sıvılara göre yüksek olduğundan yağ bazlı sıvıların pazar payları artmıştır. Sentetik sıvılar içinde korozyon kontrolü sağlaması amacıyla kullanılan etanol aminlerin zararlarından ötürü suda çözünebilir yağların kullanımı daha da artmıştır. Bu sebeplerden ötürü günümüzde, saf ve suda çözünebilir yağların pazar payları %65'e ulaşmıştır.

Kesme sıvılarını şu şekilde sınıflandırmak mümkündür:

- Yağ bazlı kesme sıvıları
  - Saf yağlar (%100 yağlar)
  - Çözünebilir Yağlar (%60-90 yağ)
- Kimyasal kesme sıvıları
  - Sentetikler (%0 yağ)
  - Yarı Sentetikler (%2-30 yağ)

#### **4.1 Saf Yağlar**

Saf yağlar, mineral bazlı, sentetik yada bitkisel yağlar olup suyla sulandırılmadan, yalnız başlarına yada polar ve/veya kimyasal aktif katkılarla birleşik oluşturarak kullanılırlar.

Saf yağlar, az sayıda malzemeden oluşurlar, çünkü ortamda bulunacak suyun negatif etkileri yoktur. Önemli ana içerik olan yağ (mineral yağ, bitkisel yağ ve sentetik esterler), polar katıklar ve kimyevi aktif EP katkılarının eklenmesiyle zenginleşir ve kesme performansı artar. Diğer katıklar (buharlaştırma önleyiciler yada bozulmayı geciktiriciler) kesme sıvısının ömrünü

ve kararlılığını arttırlar.

Çevreye verdikleri zarar göz önüne alındığında bitkisel yağlar çevreye en az zararı olan saf yağlardır. Mineral bazlı yağlara oranla oldukça pahalı olmalarına rağmen, kullanılmış bitkisel yağların elden çıkarılması, biyolojik olarak ortadan kaldırılmaları oldukça kolaydır. Fakat mineral bazlı yağlara nazaran biyolojik bozunmalara daha duyarlıdırlar.

Bitkisel yağlar içinde kurumayan yağlardan olan kolza yağı, kunduz yağı ve hindistan cevizi yağı en iyileridir. Kolza tohumu yağı en az miktarda doymuş feti bileşikleri içerir. Uzun C<sub>22</sub> karbon feti zincirlerine sahip oldukları için yağlayıcılık özellikleri çok üstündür. Temiz ve dumansız bir şekilde yanarlar. Bu özellikleri mineral bazlı yağlara göre avantaj sağlar.

Saf yağlar hidrodinamik yağlama sağlarlar. Yağlayıcı katkılarla birleşik oluşturduklarında ağır kesme operasyonlarında oldukça kullanışlı olurlar. Özellikle işleme zor metallerin işlenmesinde çok iyi görev yaparlar (Byers, 1994).

Birleşik halindeki saf yağlardan genel olarak kullanılanlardan biri, %10-40 oranında sınır yağlayıcı eklenmiş naftenik yağdır. Bunlar domuz yağı veya don yağı gibi hayvansal yağları yada çam yağı, kolza tohumu yağı veya hindistan cevizi yağı gibi bitkisel yağları içerebilirler. Bu yağların yağda çözünebilir esterleri verimlidir. Çünkü feti yağların doğasındaki biyolojik bozunmaya olan yatkınlığı düşürürler. Oksijenle polimerize edilmiş bitkisel ve hayvansal yağlarda katkının metal yüzeyine olan ilgisi artar ve kesici takım ile iş parçası arasında katman oluşturur.

Polar katkılar yağın ıslatma ve nüfuz etme özelliklerini geliştirir ve kaygan bir sınır yağlayıcı tabaka oluştururlar. Bu katkıların seçilmesindeki sebepler sahip oldukları oksidasyon direnci, yağda çözünebilirlik ve yapışkanlık özellikleridir. Polar katkılarla güçlendirilmiş mineral yağlar, demir içermeyen metallerin işlenmesinde sorunsuz olarak kullanılırlar. Polar katkılar atmosfere karşı koruma sağlayan bir film tabakası oluşturarak paslanmayı önlerler. Güçlendirilmiş bu yağlar normal kesme operasyonlarında kullanılırlar (Byers, 1994).

Ağır işleme operasyonları için kükürtlü, klorlu yada fosfatlı kimyasal katkılar mineral yağa eklenir. Bu katkılar yüzey aktiftir ve kesici takım yüzeyinde metalik film oluştururlar. Bu yüzden daha çok iş parçası/kesici takım ara yüzeyinde katı yağlayıcı gibi davranırlar.

Bu katkı maddeleri yalnız başlarına veya başka bir kimyasal aktif yağlayıcı ile yada değişen sıcaklık ve basınç koşullarına dayanım sağlaması amacıyla polar katkılarla birlikte kullanılır. Örneğin domuz yağı, klorlanmış parafinler ve kükürtletilmiş domuz yağı içeren bir yağ şu

şekilde bir yağlayıcılık özelliği gösterir: Düşük sıcaklık ve basınçta domuz yağı iyi bir sınır yağlayıcı özellik gösterir. Fakat sıcaklık 570-750 °F'a ulaştığında, klorlanmış parafinler devreye girer ve demir kükürt film tabakasını oluştururlar. Sıcaklık 1300 °F'a yaklaştığında kükürtlenmiş yağ görevi devralır ve metalik sülfid yağlayıcı film tabakasını oluşturur.

Klorlanmış katkıları; klorlanmış mumlar, parafin, olefin veya esterlerdir. Klorlanmış katkıları leke bırakmazlar fakat korozyonlardır. Bu sebeple formüllerinde, aynı zamanda korozyon önleyici katkıları da ihtiyaç duyulur.

Kükürtlenmiş katkıları aktif ve aktif olmayan olmak üzere ikiye ayrılırlar. Kükürt içeren bir mineral yağ aktif bir katkıdır ve EP yağlayıcısı gibi davranan bağımsız serbest kükürt içerir. Fakat bu kükürt iletken olmayan metallerin üzerinde leke bırakır. Domuz yağı gibi kükürt içeren katı yağlar daha kuvvetli bir kimyasal bağa sahiptirler ve daha az leke bırakırlar. Genelde, kükürtlü yağları içeren saf kesme yağları daha koyu renktedir ve keskin bir kokuları vardır.

Bunlardan başka hem kükürt hem de klor içeren yağlar kullanılmaktadır. Bu yağlar düşük karbonlu çeliklerin ve nikel-krom alaşımlarının işlenmesinde elverişlidirler.

Fosfatlanmış esterler, içerdikleri ester bileşiği sayesinde sınır yağlayıcılığı sağladıkları gibi, içerdikleri fosfat bileşeni sayesinde düşük sıcaklıklarda aşırı basınç yağlayıcısı olarak görev yaparlar.

#### **4.1.1 Çalışma Esnasındaki Koşullar**

Kullanım esnasındaki viskozite ölçümlerinde, taze yağın ölçülmüş viskozitesine göre farklılıklar varsa, kaçak yağların sisteme sızdığı anlaşılır. Viskozitede bir artışın soğutma performansı üzerinde olumsuz etkisi vardır ve sonuç olarak kesme performansı düşer.

Abrazyon, talaş ve yabancı partiküller sebebiyle soğutucu yağlayıcı içerisinde oluşan kirlilikler kesme performansını düşürür ve takım aşınmasını hızlandırır. Bunların neticesinde de işlem görmüş iş parçası yüzey kalitesi düşer. Çözüm olarak filtre sistemi kontrol edilmeli yıpranmışsa değiştirilmelidir. Santifiruj ve manyetik ayırıcılar sisteme eklenmelidir.

Yağ içindeki su fazlalığı bulanıklık, köpüklenme ve performansta düşme şeklinde kendini gösterir. Çözüm olarak suyun sisteme girmesi olabildiğince engellenmelidir.

Sistemde köpük oluşumu soğutma ve yağlama performansında düşmeye sebep olur. Buda performans kayıplarına ve yüzey kalitesinde bozulmalara yol açar. Pompaların havaya geçit

verip vermediği kontrol edilmelidir.

### ***Soğutma Çevrimi***

Saf yağların verimli kullanılması, birim zamanda işlemede bulunma miktarlarına bağlıdır. Saf yağ sistemde ne kadar hızlı dolaşırsa, depoda kalma süresi o oranda azalır. Buda sıvının, içindeki kirlilikleri, havayı ve ısıyı atması için yeterli zamanı sağlamaz. Çok hızlı çalışan sistemlerde özel soğutma üniteleri kullanılabilir. Makine içinde depolanan soğutucu yağlayıcıyı soğutmak için bir soğutma sisteminin kullanılması soğutucu yağlayıcının ömrünü uzatır. Depodaki yağın 20 ile 24°C arasında tutulması idealdir.

Saf yağın depolandığı depoda oluşabilecek köpük içinde boş alan bulunmalıdır. Bu yüzden soğutucu yağlayıcı sisteminin dizaynına özen gösterilmelidir.

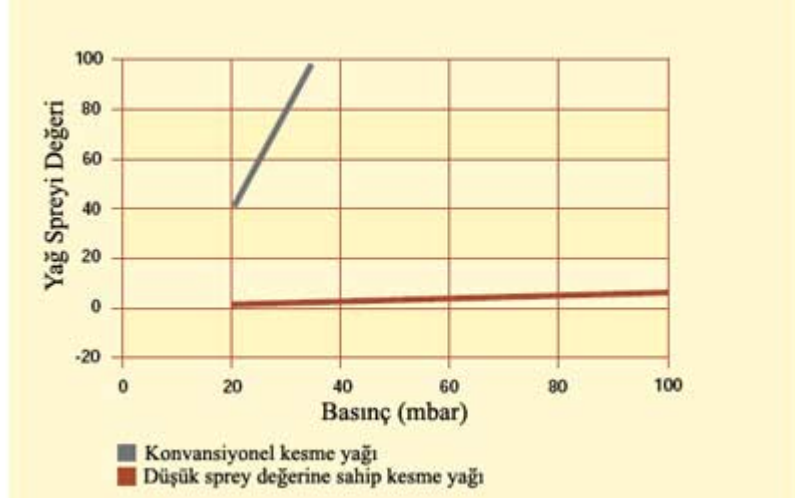
### ***Filtreleme Kapasitesi***

Filtreleme kapasitesini belirlemede herhangi bir standart method yoktur. Pratikteki denemeler bunun viskoziteye bağlı olduğunu gösterir. Günümüzde standart olarak 40°C'de 12mm<sup>2</sup>/s değerine kadarki viskozitelere sahip ince yağlar için ön kaplamalı filtreler kullanılırken, daha yüksek viskoziteye sahip yağlar için mum filtreler kullanılmaktadır. Filtre malzemesi, filtre hassasiyeti ve filtreleme prosedürü kullanılan soğutucu yağlayıcıya, iş parçasına ve istenen yüzey kalitesine cevap verebilecek şekilde belirlenmelidir.

### ***Yağ Spreyi ve Buharlaştırma***

Metal işleme yağları kullanımları esnasında yüksek mekanik ve ısı zorlamalara maruz kalırlar. Bu sebeple yağ ve katkı karışımı buharlaşır yada partiküller halinde havada yayılır. Yağın partiküller halinde havada yayılmasıyla yağ spreyi oluşur.

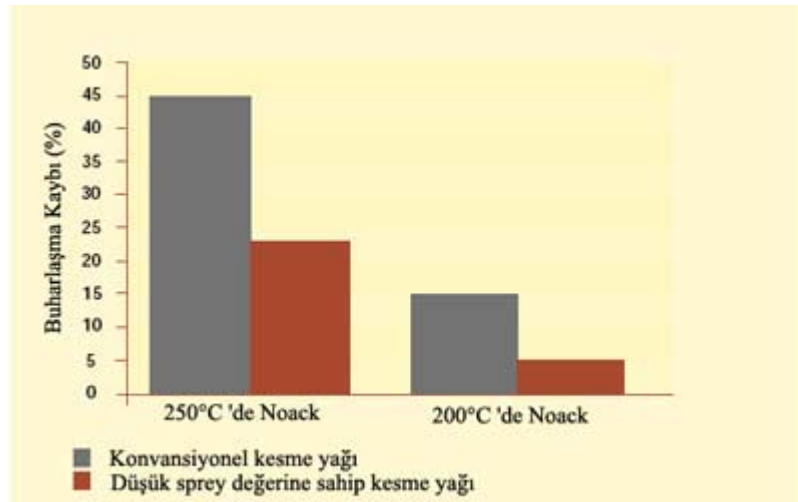
Yağ spreynin emisyonu ile yağ buharının emisyonu birbirinden farklıdır. Yağ spreyi teknik yöntemlerle sistemden ayrılabilir. Fakat düşük sprej oluşturan yağların kullanılması daha ekonomiktir. Günümüzde kullanılan kesme ve taşlama yağlarının çoğu düşük sprej oluşturma özelliğine sahiptir (Şekil 4.2). Sprej önleyici katkıları, mekanik olarak oluşan yağ partiküllerinin oluşumunu önler, fakat yağ buharı oluşumu üzerinde önemli bir etkileri yoktur.



Şekil 4.2 Konvansiyonel ve düşük sprej oluşturan aynı viskoziteye değerindeki iki kesme sıvısının oluşturdukları sprej miktarları (Rhenus 1997).

Yağın buharlaşması, operasyondaki ana problemlerden biridir. İşlemedeki yüksek sıcaklıklar kaçınılmaz olarak yağ emisyonuna yol açar. İşlem bittikten sonra dahi sıcak yüzeyler yağın buharlaşmasına sebep olur. İşleme ortamının, bir bölmeyle dış ortamdan ayrılması tavsiye edilir. Emme sistemleri de buharın emilmesine yardımcı olur. Yağ buharının çevreye yayılması önlenmelidir. Çünkü 5  $\mu\text{m}$ 'den küçük olan yağ buharı insan akciğerine girebilmektedir.

Mineral yağlar, kimyasal olarak çoğunlukla birden fazla bileşikten meydana gelirler. Buharlaşma kaybı içlerindeki karbon dağılımına ve rafine edilme derecelerine bağlıdır. Genel olarak ana yağın viskozitesi azaldıkça buharlaşma kaybı artma gösterir.



Şekil 4.3 Noack'a göre eşit viskoziteli iki yağın buharlaşma kayıplarının karşılaştırılması (Rhenus, 1997)

Üretim esnasında yağa son viskozitesi, farklı viskozitelere sahip ana yağların karıştırılmasıyla kazandırılır. Hidrojenerasyon metoduyla üretilen yağlar, solvent çıkarma metoduyla üretilenlere göre daha az buharlaşma kaybı gösterirler. Bu yüzden düşük emisyonlu kesme yağları hidrojenere yağlarla formüle edilirler ve partiküler dağılma (anti-sprey) önleyici katkılarla karıştırılırlar.

Mineral bazlı yağların buharlaşma kaybı DIN 51 581'e göre Noack adı verilen bir testle ölçülebilir. Noack değeri ne kadar küçük çıkarsa, yağın o oranda az buharlaşma kaybına uğradığı anlaşılır (Şekil 4.3).

Polialfaolefinlerin ve çok zayıf sentetik hidrokarbonların fiyatları çok yüksek olduğu için pek tercih edilmezler. Sentetik esterler ise düşük buharlaşma karakteristikleri, insan derisiyle olan uyumları ve çevreye az zarar vermeleri (biyolojik olarak çabuk çözünürler ve suyu az kirletirler) sebebiyle dikkat çekmektedirler (Rehus 1997).

Gelecekte biyolojik olarak hızlı çözünen soğutucu yağlayıcıların kullanılması çok daha önem kazanacaktır. Esterler düşük viskoziteli yağların önemli bileşenleri olup düşük buharlaşma kaybını garanti ederler. Yüksek hızda taşlama operasyonlarında bu yağların yerine başka çeşit yağlar kullanıldığında çok fazla yağ emisyonu oluşur. Ayrıca bu yağlar yüksek viskozite indeksine, iyi hava ayırma özelliklerine ve insan derisiyle mükemmel bir uyuma sahiptir.

Hidrojenere yağlar yada esterler gibi düşük emisyonlu yağların kullanılması düşük buharlaşma ve düşük partikül olarak yayılma karakteristiklerinden ötürü çevreye ve insan sağlığına yönelik avantajlar getirmektedir. Ancak yüksek maliyetli olmaları dezavantajlı taraflarıdır. Fakat olayın bütününe bakıldığında maliyetlerin daha uygun olduğu görülür. Kesim esnasında ve iş parçası üzerinde kalan yağ kayıpları daha azdır, buharlaşma daha azdır. Düşük viskoziteli yağlar, geliştirilmiş soğutma karakteristiklerinden ötürü daha kaliteli iş parçası yüzeyi ve daha uzun takım ömrü sağlarlar. Emme sistemlerindeki filtre değişimi daha uzun aralıklarda olacağı için filtreleme maliyetleri de düşmektedir.

#### **4.1.2 Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları**

Suyla karışmayan soğutucu yağlayıcıların viskoziteleri, 40°C'de 2 - 450mm<sup>2</sup>/s değerleri arasında değişir. Bu aralık sıvı honlama yağlarıyla başlar ve büyük talaş kalınlıklarında kesmenin gerçekleştiği ağır işleme operasyonlarında kullanılan kesme yağlarıyla son bulur. Yüksek viskoziteli yağlayıcılar daha kalın yağ filmi oluştururlar. Bu yüzden takım ile iş parçası temas yüzeyi daha az olur ve daha düşük sürtünme meydana gelir. Yüksek viskoziteli

yağlar uygun partiküler dağılıma özelliği gösterirler ve düşük buharlaşma değerine sahiptirler. Fakat, kullanımdan sonra iş parçası ve kesici takım üzerinde film şeklinde artık oluştururlar. Buda yağ kayıplarına neden olur (Rhenus, 1997).

Kalın yağ filmleri kalite kontrol açısından da istenmez. Çünkü üretimdeki tolerans değerlerinde sapmalara sebep olur. Düşük viskoziteli yağlar ısıyı iletme konusunda daha başarılıdır. Eğer kesme sıvısının dolaştığı sistem, sıvı yüzeyinde köpüklenme yapıyor ise düşük viskoziteli kesme sıvısı kullanmak daha yararlı olacaktır. Düşük viskoziteli kesme sıvılarında, artıkların depo içinde çökmesi daha hızlı olur. Buda filtreleme açısından kolaylık sağlar.

Modern üretim prosesi taşlama ve kesme sıvılarının düşük viskoziteli olmasını öngörür. Düşük viskoziteli sıvının soğutma kapasitesi daha yüksektir. Artıkların çökmesi daha hızlı olur. Filtreleme performansı yüksektir. Fakat düşük viskoziteli sıvıların da buharlaşma noktaları düşük olur, daha kolay havada partiküller halinde yayılırlar ve alevlenme noktaları daha düşüktür (Rhenus, 1997).

Avantajları:

- İş hijyeni ile ilgili parametrelerde azalma.
- Biosit, mikrop oluşumu, nitrozamin, bor bileşikleri, emülsiyonlardaki yüksek pH değerleri, su kalitesi ve ideal karışım oranının sağlanması gibi problemler söz konusu değildir.
- Denetim teknolojisi maliyetlerinde azalma.
- Sistem teknolojisi maliyetlerinde azalma.
- Diğer kesme sıvısı türleriyle karşılaştırıldıklarında en az bakım maliyetini gerektirirler.
- Suda çözünebilen soğutucu yağlayıcılar kullanılırken, makina ve sistem temizliğinden kaynaklanan proses duraklamaları saf yağlara göre daha uzundur. Korozyon daha sık meydana gelir.
- Atık maliyetlerinde azalma.
- Uzun seneler boyunca tekrar tekrar kullanılabilirler. Bu, maliyetleri ve çevreye olan zararlı etkiyi düşürür.

Dezavantajları:

- Yüksek alevlenme riski.
- Kesme yağları ve taşlama yağları kullanımları esnasında havayla birlikte yanıcı karışımlar oluşturabilirler. Böyle bir durumda ateşlemeyi oluşturacak kuvvetli bir kıvılcım meydana gelirse yağ yanmaya başlar. Bu durumla nadiren karşılaşılır ama dikkatli olmak lazımdır.
- Yeniden dolum maliyeti. Makinaların yağ hazneleri %100 kapasitede yağla doldurulduğunda büyük maliyetler ortaya çıkar.
- Yüksek yağ buharı emisyonları.
- Yağ damlacıklarının havaya yayılmasına ve yağ buharına dikkat edilmelidir. Yağın viskozitesi düştükçe bu değerlerin çevreye ve insan sağlığına olan zararı artar. Böyle bir durumda yağ emme sistemleri kullanılmalıdır.
- Soğutma performansları düşüktür.
- Kullanılan yağın ömrünü ve verimli çalışabileceği zamanı uzatmak amacıyla soğutma sistemleri kullanılmalıdır. Bu sistemlerin kurulum ve çalışma maliyetleri söz konusudur.

#### 4.1.3 Uygulama Alanları

Suyla karışmayan soğutucu yağlayıcıların kullanıldığı operasyonlar sıralanmıştır:

##### ***Dişli açma***

Saf kesme yağları dişli açma prosesleri için yeterince soğutma sağlarlar ve kullanılmalarındaki ana amaç istenen yüksek yüzey kalitesini sağlamalarıdır. İşlem uygulandıktan sonra ek işlemlerle yüzeyin kalitesi daha da arttırılabilir.

Prosesi geliştirmek maksadıyla çeşitli katkıları kesme yağına eklenir. Gresli yağlar, kükürt ve fosforlu gres katkıları kullanılır. Geçmişte yaygın bir şekilde klor katkıları kullanılıyordu fakat hassas yüzeylerde korozyona sebep olmaları sebebiyle ve çevreye olan zararlarından ötürü günümüzde klor kullanılmamaktadır.

##### ***Bronşlama***

Buradaki ana unsur takımın ömrünü uzatmaktır (Şekil 4.4). Çünkü bronşlama takımları katı kütüklerden imal edildikleri için fiyatları çok yüksektir. Ayrıca proses esnasında çıkan talaşın uzaklaştırılması da göz önüne alınmalıdır.



Şekil 4.4 Bronşlama prosesi (Rhenus, 1997)

Bronşlama yağlarının viskoziteleri  $40^{\circ}\text{C}$ 'de  $14\text{-}32\text{mm}^2/\text{s}$  aralığındadır. Düşük kesme hızları kullanılacağı için kenar yapışmasının önüne geçmek amacıyla bazı katkıların kullanılması gerekir. Aktif kükürt katkıları avantaj sağlar. Gresler, yağlayıcılık özelliğini artırır.

### ***Honlama***

Bu operasyon iç ve dış silindirik yüzeylerin çok hassas işlenmesinde uygulanır. İstenen yüzey kalitesine göre honlama işlemi bir yada iki evrede gerçekleştirilir. Yüzey üzerinde en fazla 0.1 mikrometre olan kaba çukur derinliği başarılı bir şekilde sağlanır. Honlama yağı olarak düşük viskoziteli ( $40^{\circ}\text{C}$ 'de  $3\text{-}6\text{mm}^2/\text{s}$ ) yağlar kullanılır. Kaynama noktası düşük olan yağlar ortamda kirliliğe sebep olur. Bu yüzden kirlilikleri emecek bir emme sistemine ihtiyaç duyulabilir. Ester bazlı yağlar daha iyi özellikler sunarlar fakat fiyatları daha yüksektir. Honlama yağları polar katkıları ve EP katkılarını içerirler. Nadiren aktif kükürt içerirler.

### ***Taşlama***

Taşlamada çok hassas yüzeyler elde edilmek istendiğinde nadiren saf yağlar kullanılır. Taşlama yağları yüksek performansta taşlama (kesme hızı  $60\text{m/s}$ 'nin üzerinde) ve yüksek kaliteli yüzey elde etmede önemli bir role sahiptir. Taşlama operasyonlarında kesme hızının artmasıyla, yağlama soğutmaya göre daha fazla önem taşımaya başlar. Buda kullanılacak katkıları ve seçilecek ürünü etkiler.

### ***Diş açma***

Diş açma operasyonları, kesici takımı korumak amacıyla düşük hızlarda uygulanır. İç diş açma operasyonu, yükselen ısı ve biriken talaştan ötürü zor bir operasyondur.  $40^{\circ}\text{C}$ 'de 15 ile

40 mm<sup>2</sup>/s viskozite aralığındaki diş açma yağları bu uygulama için tercih edilir. Aktif kükürt katkıları ve polar katkılar içerirler. Dar deliklere diş çekilmek istendiğinde daha düşük viskoziteli yağlara ihtiyaç vardır.

Suyla karışmayan diş açma yağları ağır ve zor talaş kaldırma operasyonlarında, kullanımdaki kesme sıvısından ayrı olarak, katkı maddesi olarak kullanılabilir. Bir fırça yardımıyla elle uygulamak mümkündür. Sprey şeklinde püskürtülen tarzları da vardır.

#### 4.2 Su Bazlı Kesme Sıvıları

Çözünebilen yağlar, yarı sentetik kesme sıvıları ve tam sentetik kesme sıvıları bu gruba girer. Adlarından da anlaşılacağı üzere belirli bir oranda su içerirler. Su ihtiva etmeleri sebebiyle saf kesme yağlarından ayrılan en belirgin özellikleri, ısıyı daha verimli bir şekilde iletmeleridir.

Suyla karışabilen kesme sıvıları konusundaki en önemli nokta, su ile bileşimin ana elemanı olan yağın yada alternatif yağlayıcının kararlı bir bileşik oluşturmasıdır. Emülsiyede ajanlar (yüzey aktif maddeler), su ve yağ ortamları arasındaki sınır yüzey gerilimini düşürerek yağ damlacıklarının su içinde dağılmasını sağlarlar.

Suyla birlikte soğutucu yağlayıcılar su içinde yağ emülsiyonlarını oluştururlar. Fakat yağ içinde su emülsiyonlarının (tereyağı, krema) metal işlemede bir rolleri yoktur.

Emüle edici ajan, emülsiyon içinde önemli bir bağlantı ortamını gerçekleştirir ve soğutucu yağlayıcının fonksiyonlarını gerçekleştirmesinde çok önemlidir. Diğer eklenen suyla karışabilen katkılar, emüle edici sistemi uzunca bir süre kararlı tutmaya ve soğutucu yağlayıcının performansını geliştirmeye yöneliktir (Rhenus, 1997).

Suyun avantajlarının yanında getirdiği dezavantajlar da vardır. Bu sebeple kesme sıvısı hazırlamada kullanılacak suyun özelliklerine ve sistem üzerindeki etkilerine dikkat etmek gerekir.

Su bazlı kesme sıvılarının hazırlanması için firmalarca tavsiye edilen karışım oranı %5'tir. Hazırlanan kesme sıvısı yüksek oranda su içerdiği için kesme sıvısı içindeki suyun kalitesinin, operasyonun performansına etkisi çok yüksektir. Bu yüzden kullanılacak suyun özelliklerini bilmek gerekir. Çizelge 4.1, kesme sıvılarında kullanılması gereken suyun karakteristiklerini ve bu karakteristikleri ölçme yöntemlerini göstermektedir (Rhenus, 1997).

Çizelge 4.1 Su karakteristiklerini ölçme metotları (Rhenus, 1997)

Su Özelliği	Ölçüm Methodu
pH Değeri	Potansiyometre
İletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Potansiyometre
Toplam Sertlik ( $^{\circ}\text{d}$ )	Merckoquant 10046
Nitrit (ppm)	Merckoquant 10007
Nitrat (ppm)	Merckoquant 1.10020
Klor (ppm)	Laboratuvar prosesi (spesifik iyon elektrod)
Mikrop (CFU/ML)	Laboratuvar prosesi (derin dilim tekniği)

### ***Suyun pH Değeri***

Soğutucu yağlayıcı emülsiyonları için normal olarak pH 9.0-9.3 arasındadır. pH değeri 7 olan bir suyla karışım hazırlamak optimumdur, çünkü karışımdaki su bu durumda nötr davranır. pH değeri 9'a kadar olan sular problemsiz olarak kullanılabilir. Karışımda kullanılacak su için  $\text{pH} < 6$  olması dikkate alınmalıdır, çünkü emülsiyonun pH'ını düşürür. Bu zamanda, emülsiyonun korozyon koruyuculuğu düşer, demir iyonlarının sıvı içine alınımını artırır ve bu yüzden elektrolit konsantrasyonu artar. pH değişmeye devam ederse ferro hidroksit oluşur ve emülsiyonun kararlılığı bozulur.

### ***Elektrik İletkenliği***

Elektrik iletkenliği, karışımdaki suyun elektrolit içeriği konusunda bilgi verir. Su içindeki çözülmüş tuz miktarı iletkenliği etkiler. Karışımda kullanılacak suyun iletkenliği mümkün olduğunca düşük olmalıdır. Çünkü yüksek elektrolitik içeriğinin emülsiyonları bozucu etkisi vardır. Kesin bir limit değer söylenemez, fakat ürüne göre bu değer değişir.

Talaş kaldırma operasyonları için elektrik iletkenliği  $< 1000-1500 \mu\text{S}/\text{cm}$  değerinden küçük olmalıdır.

### ***Toplam Sertlik***

Toplam sertlik karışım suyu içindeki  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  iyonlarının toplamıyla belirlenir. Çevirmeler şu şekilde yapılır:

$$7.14 \text{ mg } \text{Ca}^{+2} / \text{ litre su} = 7.14 \text{ ppm } \text{Ca}^{+2} = 1 \text{ }^\circ\text{d} \quad (4.1)$$

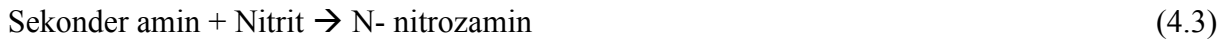
$$4.33 \text{ mg } \text{Mg}^{+2} / \text{ litre su} = 4.33 \text{ ppm } \text{Mg}^{+2} = 1 \text{ }^\circ\text{d} \quad (4.2)$$

Genellikle toplam sertlik laboratuvarlarda titrasyon metoduyla ölçülür. Karışım suyunun toplam sertliği, uygulamadaki en önemli özelliklerden biridir. Çok sert su, aniyonik emülsiyon edici ajanlarla birlikte çözülebilirliği düşük olan bileşikler, kireç sabunlarını oluşturur. Bunlar emülsiyonun yüzeyinde beyaz tortu yapar. Bu tortunun, soğutucu yağlayıcının köpüğe karşı tepkisine göre negatif bir etkisi vardır. Filtre ve iş parçası üzerindeki pıhtılar da bunu gösterir. Paralelinde aniyonik emülsiyon edici ajanlarda azalma olur. Sonuçta, emülsiyonun kararlılığı bozulur, kremi tabaka oluşur, yağ ayrılır, kesme sıvısının kullanım ömrü kısalmış ve ekonomik verimlilik düşer.

Çok yumuşak karışım suyu ise emülsiyonda köpük oluşumuna sebep olur. Optimum toplam sertlik 5-20  $^\circ\text{d}$  arasında olmalıdır. Çok yumuşak suyun sertliğini yükseltmek için özel ürünler mevcuttur.

### ***Nitrit / Nitrat***

Ticari kurumlar ve TRGS611 ile belirlenen uygun şartlara göre karışım suyu içindeki nitrit = 20ppm ve nitrat = 50 ppm değerlerinde sınırlandırılmıştır. Bu şartlar emülsiyonu etkiler. Bu inorganik iyonların miktarlarının sınırlandırılmasının nedeni, sekonder aminlerin varlığında kararlı nitroz aminlerin oluşması riskidir.



Bu tepkime aynı zamanda nitrat içeriğinin de sınırlandırılması gerektiğini ön görür. Çünkü nitrit, emülsiyon içindeki nitratın ayrışmasıyla ortaya çıkar.

Genel bir yaklaşım olarak, karışım suyu içindeki nitrit ve nitrat oranları mümkün olduğunca az olmalıdır. İçme suyu kalitesi yeterli olacaktır. EC kurallarına göre, nitrit ve nitrat içeriği <5ppm olmalıdır.

### ***Klor***

Karışım suyu içindeki yüksek klor, suyla karışabilen kesme sıvılarının korozyon

koruyuculuğu özelliği üzerinde negatif etki yapar. Bu özellik sülfat içinde geçerlidir. Fakat karışım suyu içinde sülfatın varlığı klorun varlığından daha az etkilidir. 250ppm'e kadar olan klor miktarı kabul edilebilir miktardır.

Klor miktarının fazla olması dikkate alınmalıdır. Çünkü bu artış suyun buharlaşmasından veya sisteme yeni kesme sıvısı eklenmesinden kaynaklanabilir.

### ***Bakteri ve Mikrop***

Karışım suyunun mümkün olduğu kadar bakteri ve mikrop içermemesi istenir. Buradaki kıstas için yine içme suyu alınabilir. Buna göre kullanılmakta olan kesme sıvısı içinde bakteri ve mikrop oranı en fazla  $10^2$  CFU/ml değerinde bulunabilir (CFU= koloni halinde bulunan gruplar) (Rhenus, 1997).

Sonuç olarak Çizelge 4.2'de metal kesme işlemlerinde kullanılacak kesme sıvıları içindeki karışım suyunun sağlaması gereken minimum şartlar görülmektedir:

Çizelge 4.2 Kesme sıvısı hazırlamada kullanılacak suyun sahip olması gereken özellikler (Rhenus, 1997)

<b>Su Özelliği</b>	<b>Değer</b>
pH Değeri	7'ye çok yakın
İletkenlik ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Max. 1000-1500
Toplam Sertlik ( $^{\circ}\text{d}$ )	5-20
Nitrit (ppm)	Max. 5
Nitrat (ppm)	Max. 50
Klor (ppm)	Max. 250
Mikrop (CFU/ML)	Max. $10^2$

### ***Kesme Sıvısı Konsantrasyonu***

Suyla karışabilen soğutucu yağlayıcılar kullanılırken, sabit bir konsantrasyonun sağlanması çok önemlidir. Bu şekilde üründen maksimum verim alınır. Korozyon dayanımı, biyolojik dayanım ve karışım suyu içindeki emülsiyon kararlılığı stabil kalır. Bu unsurlardaki

değişimler ve işleme sonrası elde edilen yüzey kalitesindeki yada iş parçasında istenen ölçü hassasiyetindeki değişiklikler konsantrasyonda sapma olduğunu gösterir.

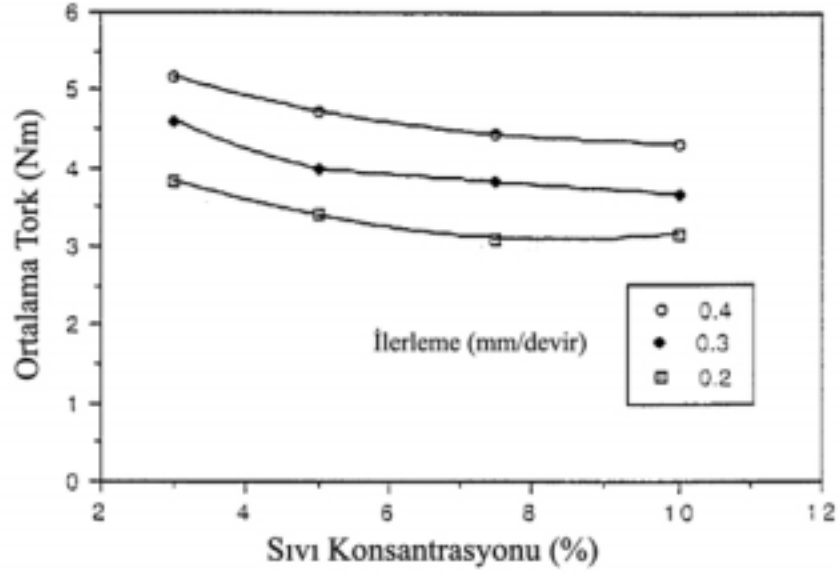
Genelde, suyla karışan soğutucu yağlayıcıların konsantrasyonu kullanım esnasında düşer. Bunun sebebi aşınmayla, talaşla ve iş parçasıyla ortamdaki uzaklaşan yağ miktarıdır. Eğer yüksek çalışma sıcaklıkları söz konusu ise buharlaşan suyunda etkisi ortaya çıkar ve bu durumda soğutucu yağlayıcının konsantrasyonu artar. Kullanım esnasında, konsantrasyon sabit kalan bir büyüklük değildir.

Konsantrasyon oranının metal kesme üzerindeki etkisini ölçmek amacıyla, Upton, Alüminyum alaşımlı malzeme üzerinde karbür matkap ucuyla CNC işleme merkezinde farklı konsantrasyonlarda kesme sıvıları hazırlayarak deneyler yapmıştır. Araştırmanın amacı, biyostabil, klor içermeyen, EP katkılı çözülebilir kesme sıvısının optimum çalışma konsantrasyonunu belirlemektir. Kesme sıvısını matkap ucunun içinden kesme bölgesine göndermiştir. Kullandığı matkap uçları, içinden kesme sıvısı geçmesine izin verecek türdendir. Bu sayede derin deliklerin delinmesi esnasında, yeterli kesme sıvısının kesme bölgesine ulaşması sağlanmıştır. Kesme sıvısı hacmen %3, %5, %7.5 ve %10 konsantrasyonlarda hazırlanmıştır. Matkaplama işlemi 8mm çapında karbür matkap takımıyla yapılmıştır. Her farklı konsantrasyondaki kesme sıvısı için 3 ayrı 40mm derinliğinde delik 100m/dak kesme hızında ve 0.2, 0.3, ve 0.4mm/devir ilerlemelerde delinmiştir. Her testten sonra, ağız yapışmasının önüne geçmek için matkabın ucu temizlenmiştir. Delinen delik sayısı az olduğu için takım aşınması göz ardı edilmiştir. Bir dinamometre ve bilgisayar aracılığı ile dinamik kuvvet verileri ölçülmüştür. Bu veriler, matkaplama torku (Nm) ve matkaplama itme kuvveti'nden (Kn) oluşur. Delinmiş deliğin yüzey kalitesi "Talysurf" aletiyle ölçülmüştür.

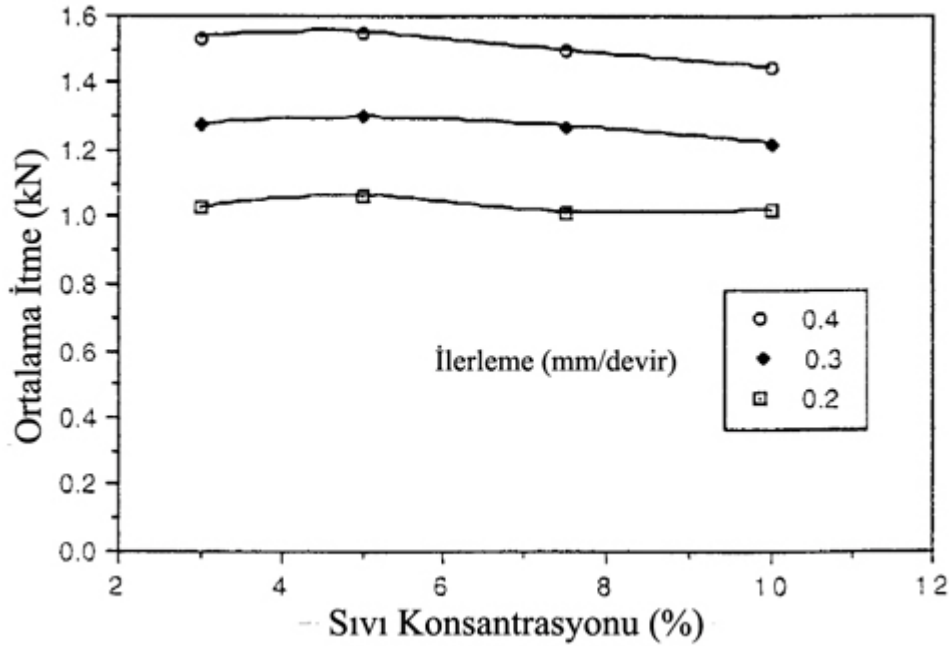
Ortalama matkaplama torku ve itme sonuçları Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da görülmektedir. Şekil 4.5'te, 0.4mm/devir ilerleme değerinde soğutucu akışkan konsantrasyonu %3'ten %7.5'a çıkarıldığında, ortalama matkaplama torkunun %17 oranında azaldığı görülmektedir. Aynı şartlar altında ortalama itme gücü (Şekil 4.6) benzer davranışı göstermiştir. Fakat burada konsantrasyondaki değişimin etkisi daha azdır.

Şekil 4.7'deki delik yüzey izleri, 0.4 mm/devir ilerleme değerinde farklı konsantrasyonların etkisini göstermektedir.  $R_{tm}$  değeri, konsantrasyon %3'ten %5'e çıkarıldığında zaman, 7.23  $\mu\text{m}$ 'den 2.58  $\mu\text{m}$ 'ye düşmüştür. Ayrıca  $R_a$  değeri de 1.25  $\mu\text{m}$ 'den 0.27  $\mu\text{m}$  değerine iyileşmiştir.

%7.5 ve %10 konsantrasyon değerleri içinde deneyler yapılmış ve  $R_{m}$  değerinde iyileşme tespit edilirken,  $R_a$  değeri benzer sonuçları vermiştir.



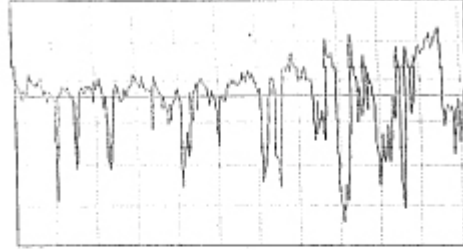
Şekil 4.5 Ortalama matkaplama torku üzerinde konsantrasyonun etkisi (Upton, 2000).



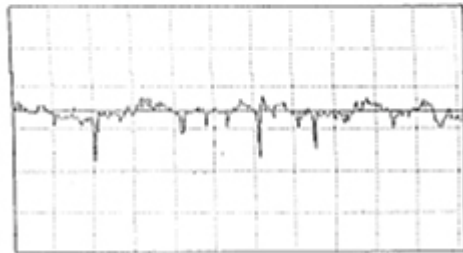
Şekil 4.6 Ortalama itme üzerinde konsantrasyonun etkisi (Upton, 2000).

Optimum kesme sıvısı konsantrasyonu %7.5 olarak saptanmıştır, fakat %10 konsantrasyonu çıkıldığında küçüğe olsa bir miktar fayda sağlanmıştır.

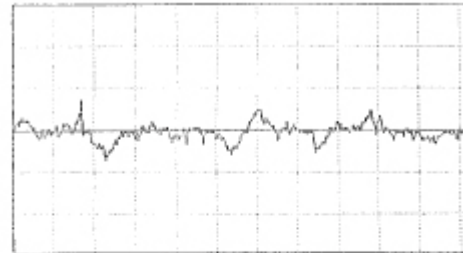
Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği arttığı zaman matkap ucunda daha az ağız yapışması gözlenmiştir. EP katkılarının kullanılması ve bu sayede sürtünmenin azalmasıyla matkap ucunda talaş yapışması azalmaktadır.



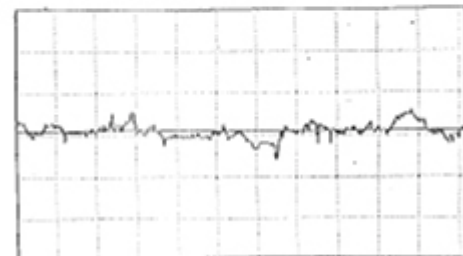
Yüzey profili - %3 konsantrasyon  
Ra = 1.25 , Rtm = 7.23



Yüzey profili - %5 konsantrasyon  
Ra = 0.27 , Rtm = 2.58



Yüzey profili - %7.5 konsantrasyon  
Ra = 0.3 , Rtm = 2.08



Yüzey profili - %10 konsantrasyon  
Ra = 0.26 , Rtm = 1.61

Şekil 4.7 0.4 mm/devir ilerlemede delinen deliklerin yüzey profilleri (Upton, 2000).

Konsantrasyonu ölçmenin en basit yolu refraktometre kullanmaktır. El tipi olanları mevcuttur. İncelenecek emülsiyonun yada kimyasal kesme sıvısının birkaç damlası refraktometre saydam uçları arasına konur. Işığa karşı tutulur ve ölçülen değer ölçek üzerinden okunur. Okunan değer °Brix halindedir. Bu değer soğutucu yağlayıcı türüne göre refraktometre faktörü ile ayrı

bir konsantrasyon türüne çevrilebilir.

$$\text{Ölçülen Değer (°Brix)} \times F_{\text{ref}} = \text{Soğutucu Yağlayıcı Konsantrasyonu (\%)} \quad (4.4)$$

Soğutucu yağlayıcı konsantrasyonu ağırlık olarak, hacimsel konsantrasyonla uyur. Çünkü ürünlerin yoğunlukları 1g/ml dolaylarındadır.

Refraktometre sabiti  $F_{\text{ref}}$ , kesme sıvılarının teknik datalarından bulunabilir.

Ölçümlerin sıcaklıktan etkilenebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yüzden ölçüm örnekleri 20°C ye ısıtılmalıdır. Ölçümlerdeki küçük sapmalar buna bağlanabilir.



Şekil 4.8 El refraktometresi (Rhenus, 1997)

Ayrıca, HCL titrasyonu yöntemiyle, Asit çatlama yöntemiyle ve Eleman içeriğine göre konsantrasyonu tayin etmek mümkündür. Ancak bu yöntemler laboratuvar şartlarında gerçekleştirilir.

### ***Kesme Sıvısı pH Değeri***

pH değeri, kullarındaki soğutucu akışkanın durumu konusunda yorum yapmayı sağlayan en önemli değişkenlerden biridir. pH değeri çalışma koşulları için gösterge kağıdı vasıtasıyla yeterli hassasiyette ölçülebilir. Bunun yanında elde taşınabilir elektronik ölçüm cihazları da vardır. pH değeri potansiyometre üzerinde laboratuvar şartlarında DIN 51 369'a göre ölçülebilir.

Soğutucu yağlayıcı emülsiyonlarının yada çözeltilerinin pH değerleri zayıf alkali durumundadır. Günümüzde genel olarak soğutucu yağlayıcıların pH değerleri 9.0 ile 9.3 arasında tutulmaktadır. Ürün yapısına, kirliliğe (mikro organizmalar) yada başka maddelerin

ortaya çıkmasına bağlı olarak soğutucu yağlayıcının pH değeri değişir. Genellikle düşer.

Amin içeren soğutucu yağlayıcılar için 8.5 pH değeri en düşük limit olarak kabul edilir. Bu değer altında soğutucu yağlayıcını karakteristikleri çok hızlı bir şekilde zayıflar. Amin içermeyen soğutucu yağlayıcılar ise 8'in altındaki pH değerlerinde problemsiz çalışabilmektedirler.

pH değerindeki artış önlenmelidir. Çünkü bu artış insan derisi üzerinde tahrişe sebep olur. Deri için optimum pH değeri hafif bir şekilde asidiktir. Ortam alkali oldukça, deri üzerine daha çok yük biner.

pH değerindeki dalgalanmalar, kesme sıvısının korozyon koruyuculuğu özelliğinin ve kararlılığının düşmesine sebep olur.

Düşük pH değerleri günümüzde amin içermeyen soğutucu yağlayıcılar ile sağlanmıştır. Ve soğutucu yağlayıcıların deriyle uyumluluğunda büyük gelişmeler olmuştur. Aynı zamanda 8-9 pH değer aralığında çalışan kesme sıvılarının problemsiz çalışmalarından ötürü sağlanan ekonomik kazançlar açıkça ortaya çıkmıştır. Böylece daha sabit bir kararlılık sağlanmış, kesme sıvısının kullanımı boyunca korozyona karşı korunum sağlanmış ve daha az sıklıkta kontrol ölçümlerine gerek duyulmuştur (Rhenus, 1997).

#### **4.2.1 Çözünebilen Yağlar**

Karbür takımların kullanılmaya başlanması ve işleme hızlarının artmasıyla suda çözünebilen metal kesme sıvılarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Çözünebilen yağlar veya emülsiyeye olabilen yağlar metal işlemede en çok kullanılan kesme sıvılarından biridir. Emülsiyeye edicilerle kuvvetlendirilen yağa, özel katkıları ilave edilir. Yağ kürecikleri sürekli faz olan su içinde çok iyi bir şekilde dağılmıştır. Sulandırma, talaş kaldırma operasyonunun ağırlığına göre %1 ile %20 arasında uygulanır. En genel kullanım oranı %5'tir.

Çözünebilen yağlar diğer deyişle emülsiyonlar, emülsiyeye olan yağlar yada suyla çözünebilir yağlar, %60-90 arası oranda mineral yağ (sentetik veya bitkisel yağları da içerebilirler), emülsiyeye edicileri ve diğer katkı maddelerini içerir. Konsantre, suyla karıştırılarak metal işleme sıvısı halinde hazırlanırlar. Yağ konsantresi, suyla karıştırıldığında emülsiyeye ediciler yağın su içinde dağılmasını sağlar ve kararlı bir "su içinde yağ" emülsiyonu oluşur. Ayrıca işleme esnasında yağın iş parçasına yapışmasını sağlarlar. Emülsiyeye edici partiküller ışığı yansıtır ve sıvıya sütümsü, opak bir görünüş verir.

Çözünebilen yağlar, yağ ile suyun karışması sebebiyle iyileştirilmiş soğutma karakteristikleri

ve iyi yağlama özellikleri gösterirler. Makinanın hareketli parçaları üzerinde koruyucu yağ tabakası oluşturur ve bu sayede kızak yağlarının ve greslerin kesme sıvısı içine emülsiyeye olması engellenir.

Çözünebilen yağlar demir esaslı ve demir esaslı olmayan metallerin hafif ve orta şiddetli operasyonlarında kullanılır. Saf yağların üstün yağlama özelliklerine sahip olmasalar da bazı durumlarda ağır operasyonlarda kullanılabilirler.

Çözünebilen yağların ana bileşeni 38°C sıcaklıkta 100 SUS (Saybolt universal saniye) viskozite değerine sahip naftenik veya parafinik yağdır. Daha yüksek viskoziteli yağların emülsiyeye edilmeleri daha zordur fakat daha iyi yağlayıcılık özelliği gösterirler. Daha çok naftenik yağlar tercih edilir. Çünkü maliyetleri daha ucuzdur ve kolayca emülsiyeye olurlar.

Emülsiyon içinde, yağın hazır bulunmasını iki faktör kontrol eder: Emülsiyonun kararlılığı ve emülsiyon içindeki yağın konsantrasyonu. Emülsiyon içindeki yağ konsantrasyonu genellikle “yağ oranı” diye isimlendirilir. Genelde, emülsiyonun daha az kararlı olması, yağlama için daha fazla miktarda yağın hazır bulunmasını sağlar. Fakat daha az kararlı olan bir emülsiyonun, kararlılık değişikliklerine meyili fazladır. Ayrıca emülsiyon içindeki yağ oranı artınca emülsiyonun soğutma kapasitesi düşer. Bu sebeplerden ötürü, metal işleme prosesinin türüne bağlı olarak ihtiyaç duyulan yağlama ve soğutma ihtiyaçlarına göre emülsiyonun yağ oranı dengelenmelidir.

Çözünebilen yağlar içindeki emülsiyeye ediciler yüzey aktif maddelerdir. Yüzey aktif maddenin görevi su içinde asılı kalan yağ damlacıklarını dengelemektir. Hidrofilik yada suyla uyumlu ve lipofilik yani yağla uyumlu maddeler içerirler. Bu sebeple yağla su karışımlarında yağ-su ara yüzeyinde konsantre olurlar, yağ-su ara yüz gerilimini düşürür ve emülsiyon oluşumunu desteklerler. Emülsiyeye edicinin suyla uyum-yağla uyum dengesi HLB olarak ifade edilir ve emülsiyeye edicinin suya yada yağa olan uygunluğunun ölçüsüdür. HLB değeri 0'dan başlar ve 30'un üstündeki değerlere çıkabilir. Yükselen sayılarda yağla uyum düşerken suyla uyum artar. HLB değeri 13'ten büyük olan emülsiyeye ediciler suda uygun çözeltiler oluştururlar.

Yağı emülsiyeye etmek için yeterli miktarda yüzey aktif madde bulunması gerekir. Bu sebepten ortamda bulunması gereken yüzey aktif madde miktarı yağ-su kesişim ara yüzeyi ile orantılıdır. Genelde emülsiyonlar ihtiyaç olan miktardan daha fazla miktarda yüzey aktif madde içerirler. Bunun sebebi sisteme kaçak olarak giren diğer yağların emülsiyeye edilmesinin istenmesidir. Fakat sistemde serbest olarak bulunan yüzey aktif maddelerin pıhtılaşmaya ve dengesizliğe sebep olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Zimmerman, 2003).

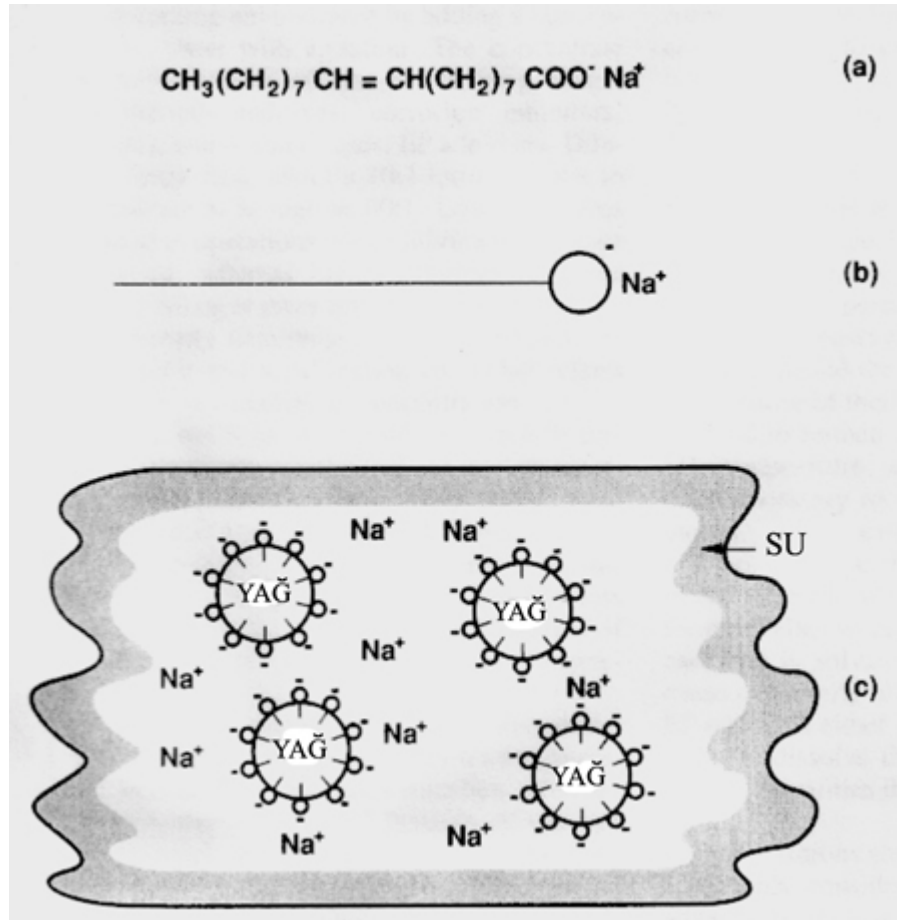
Emülsiyon parçacıklarının boyutları, çözeltinin görünüşünü belirler. Süt kıvamındaki emülsiyonlar 2-50 µm çapları arasında değişen boyutta partiküllere sahiptir. Mikroemülsiyonların görünüşleri tamamen şeffaftır ve emülsiyon parçacık boyutları en fazla 0.1-2.0 µm arasındadır. Emülsiyon parçacık boyutu küçük olan yağlar büyük olanlara nazaran metal-takım kesişim ara yüzeyinde yağlama için daha yoğun bir halde bulunur. Çünkü aynı hacme küçük partiküllerden çok daha fazla sığacaktır. Mikroemülsiyonların biyolojik kararlılıkları daha iyidir. Büyük parçacık boyutlu süt kıvamındaki emülsiyonlar ise daha az köpük oluştururlar, kesme sıvısı olarak değil de form verme işlemlerinde tercih edilirler. Ayırıştırılmaları daha kolaydır (Byers, 1994).

Genel olarak kullanılan emülsiyon edici sodyum sülfonattır. Sodyum sülfonat, doymuş yağ sabunlarıyla, esterler ve birleştirici ajanlarla birlikte kullanılarak beyaz bir emülsiyon meydana getirir. Kullanılacak su sert olduğunda veya mikroemülsiyon sistemleri söz konusu olduğunda yüksüz emülsiyon ediciler kullanılır.

Emülsiyon ediciler yağ-su arayüzeyinde tutunur ve yağ küreciklerinin birleşmesine mani olurlar. Bu olay Şekil 4.9'da görülmektedir. Bir aniyonik emülsiyon edici olan Sodyumoleat'ın yapısal formülü 4.9(a)'dadır. Basitleştirilmiş "Doğrusal Pin" Şekil 4.9(b)'de gösterilmiştir. Sodyum Oleat ile kararlı hale getirilmiş su içinde yağ emülsiyonu ise Şekil 4.9(c)'dedir.

Sodyumoleat'ın hidrokarbon zinciri yağ kürecikleriyle uyumludur ve onlara nüfuz eder. Sodyumoleat'ın karboksilat başı ise suyla uyumludur ve suya nüfuz ederken aynı zamanda yağ küreciklerinin yüzeylerine tutunur. Karboksilat başı negatif yük taşıdığı için, her bir yağ küresinin yüzeyi negatif yüklenir. Aynı yükler birbirini iteceği için yağ kürecikleri yayılı halde kalırlar. Emülsiyonun hala en düşük enerjili olduğu tamamen ayrılma durumu olduğu için, emülsiyonun kinetik olarak kararlı olduğu söylenebilir (Laemmler, 1991).

Metal kesme operasyonlarında emülsiyonun kararlılığı önemlidir ve emülsiyonun destabilite olmasından kaçınılmalıdır. Destabiliteye sıkça eklenen saf olmayan su içindeki minerallerden ve işleme operasyonundan kaynaklanan tortulardan ortaya çıkar. Elde olmayan sebeplerle eklenen temizleyiciler ve pisliklerde emülsiyonun bozulmasına sebep olur.



Şekil 4.9 (a) Sodyum oleat, (b) “Doğrusal pin”, (c) Su içinde yağ emülsiyonu (Laemmle, 1991)

Emülsiyonun bölünmesi, iki ayrı sıvının oluşmasıyla sonuçlanır. Bunlar su ve üstünde yüzen yağdır. Kesme sıvısı yüzeyinde yüzen kalın bir krem tabakası meydana gelir. Bu tabaka kesme sıvısı içinde oluşmuş, iki ayrı emülsiyonun sonucudur. Üstte kalan emülsiyon daha yüksek konsantrasyonda asılı yağ partikülü içerir. Krem tabakasının oluşumu emülsiyon bölünmesinin başladığının bir işaretidir.

Emülsiyonun bozunmasında iki kademe vardır: pıhtılaşma; emülsiyon partikülleri kümelenmeye başlar, diğeri kademe ise bütünleşme; birbirinden ayrı partiküllerin sayısı azalır. Bu iki olayda parçacık boyutlarının artmasıyla sonuçlanır. Bunu foton korelasyon spektroskopisi ile belirlemek mümkündür. Burada ortalama parçacık çapındaki artış emülsiyonun bozunması bilgisini bize verir. Emülsiyon edici ajanlar, dağılmış parçacıkların etrafında ara yüz film tabakası oluşturarak parçacıkların pıhtılaşmasını ve bütünleşmesini engeller veya geciktirir. Bu film tabakasının itici gücü elektriksel ve yapısal (sterik) mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Bu mekanizmaların kararlı bir şekilde gerçekleşmesi

için emülsiyon edici sistem belirli elektriksel ve yapısal özelliklerdeki anyonik ve iyonik olmayan yüzey aktif maddelerin bileşiminden oluşur.

İtici elektriksel kuvvetler sistemdeki iyonik emülsiyon edicilerden kaynaklanır. Aynı elektriksel yüklü iki molekül bir araya geldiğinde, aynı yüklü parçacıklar arasında itme kuvvetleri meydana gelecek ve emülsiyon parçacıkları birbirinden ayrı ve kararlı olacaktır. Metal işleme sıvılarında, emülsiyonun kararlılığı kısmen benzer yüklerin birbirini itmesi sistemine dayanır. Sistem içine karşıt yüklü parçacıkların girmesi parçacıkların yüzey yüklerini nötralize eder ve emülsiyonun bozunmasına sebep olur (Zimmermann, 2003).

#### **4.2.1.1 Katkılar**

Ürünler başka özellikler katmak için diğere bazı katkıları kullanılır. Yağ, su içinde sulandırıldığı için pas yapma özelliğı taşıır. Bu sebepten kalsiyum sülfonat, alkan amidler pas önleyici olarak eklenirler. Sıvının bozulmasını önlemek, bakteri oluşumunun önüne geçmek için kesme sıvısına biositler eklenir.

Çözünebilen yağın yağlayıcılık özelliğı içerdiği yağ ile sağlanır. Orta ve ağır operasyonlar için ek yağlayıcı katkıları eklenir. Domuz yağı, esterler, amidler, sabunlar çoğunlukla kullanılan sınır yağlayıcılardır. Klorlu, kükürtlü ve fosfor bazlı aşırı basınç katkıları da (EP) kullanılır.

Emülsiyon edici sisteme bağılı olarak aşırı bir köpüklenme söz konusu ise köpüklenme önleyiciler kullanılır. Silikon ve silikon olmayan köpüklenme önleyiciler kullanılmaktadır.

#### **4.2.1.2 Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları**

Avantajları,

- Çözünebilen yağlar, yağ ile suyun karışması sebebiyle iyileştirilmiş soğutma karakteristikleri ve iyi yağlama özellikleri gösterirler.
- Pasa karşı koruma için yüzeyler üzerinde yağ filmi oluştururlar.
- Fiyatları saf yağlara göre daha uygundur.
- Farklı operasyonlardaki uygulanabilirlikleri yüksektir.

Dezavantajları,

- Suyun varlığı çözünebilen yağlarda pas kontrolü, bakteri üremesi, küf, kaçak yağ sorunu

ve buharlaşma kayıpları gibi problemleri doğurur. Çözünebilen yağlara korozyona karşı ve mikrobiyal üremelere karşı koruma maksadıyla katkılarla formüle edilirler.

- Çözünebilen yağların kullanım esnasında zamanla karakteristiklerini kaybetmemeleri için yapılan bakım harcamaları oldukça yüksektir.
- Sert suyla karıştırıldıklarında iş parçası, makina parçaları ve filtre üzerinde kalıntılar bırakırlar.
- Yüksek oranda yağ içermeleri sebebiyle, iş parçası üzerinden en zor temizlenen suda çözünabilir sıvıdır.
- Bu dezavantajları sebebiyle bazı operasyonlarda çözünebilen yağların yerini kimyasal kesme sıvıları almıştır.

#### 4.2.2 Yarı Sentetik Kesme Sıvıları

Yarı sentetik sıvılar, çözünebilen yağlar gibi su bazlıdır. %5 ile %20 arasında değişen oranlarda mineral yağın, su içinde emülsiyeye edilmesiyle, mikroemülsiyon meydana getirirler. Geri kalanı ise emülsiyeye ediciler ve su teşkil eder. Islatma ajanları, korozyon önleyiciler ve biosit katkıları da formüllerine eklenebilir. Suyun sürekli fazda yağın ise dağılan fazda bulunduğu mikroemülsiyonlar su içinde yağ mikroemülsiyonları olarak adlandırılırlar.

Yarı sentetik sıvının içerdiği yüksek miktardaki emülsiyeye edici, yağ damlalarının küçük boyutlu olmasını sağlar. Küçük boyuttaki yağ küreleri sayesinde sıvı tarafından yansıtılan ışık miktarı azalır. Yarı sentetikler normal olarak şeffaf görünümlüdürler fakat opak da olabilirler. Emülsiyon partikül boyutları 0.1 ile 0.01 µm arasındadır. Bu değer ışığı tamamen geçirmesi için yeterlidir. Bir çoğu ısıya karşı duyarlıdır. Sıvı içindeki yağ molekülleri sıcak kesici uç etrafında toplanır ve daha fazla yağlayıcılık sağlar. Kesme sıvısı soğuduğunda moleküller tekrardan dağılır.

Düşük pH değerlerinde ve sert su ortamında kararlılığı korumak için yarı sentetik metal işleme sıvılarına, emülsiyeye edicilere ek olarak ikincil emülsiyeye ediciler katılır. Bu bileşenler tipik iyonik olmayan yüzey aktif maddelerdir. İkincil emülsiyeye edicilere örnek olarak alkanolamidler verilebilir (Zimmerman, 2003).

Feti asitleri, 3 amaç için yarı sentetik sıvıların formülasyonuna katılırlar. İlk olarak feti asit sabunları, yağ ve yağda çözünebilen katkıları için emülsiyeye edici olarak etki yaparlar. İkinci olarak feti asitleri son ürüne yağlayıcılık özelliği kazandırılırlar. Üçüncü olarak ise, yüzeylerle

reaksiyona girerek koruyucu film tabakası oluşturmak suretiyle korozyona karşı koruma sağlarlar. Örnek olarak Trietanolamin gibi alkanolaminler pH ayarlamak ve iyi bir pas koruması sağlamak için kullanılır. Feti asidin hidrokarbon kuyruğunun uzunluğu değiştirilerek bu 3 özellik arasında geçiş yapılabilir.

#### **4.2.2.1 Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları**

Yarı sentetikler, emülsiyeye olmaları sebebiyle suda çözünen yağlara, su bazlı olmaları sebebiyle de sentetik sıvılara benzerler. Hem çözünebilir yağların hem de sentetiklerin avantajlı özelliklerine sahiptirler. Hızlı bir şekilde ısıyı dağıtırlar, temizdirler ve bozunmaya karşı dirençlidirler. Pas önleme ve yağlayıcılık özellikleri sentetik sıvılara göre daha iyidir çünkü içerdikleri yağ, koruyucu film tabakası oluşturarak korozyonu önler ve yağlayıcılık sağlar. (Byers, 1994).

Sentetikler gibi birçok işleme operasyonunda kullanılabilirler ve çözünebilir yağlara göre bakımları daha kolaydır. Ağır operasyonlar için iyi yağlayıcılık özelliği gösterirler. Çözünebilir yağlara göre daha üstün soğutma ve ısıtma kabiliyetine sahiptirler. Bu sayede daha yüksek hızlarda ve ilerlemelerde çalışılabilirler. Viskoziteleri çözünebilir yağlara göre daha düşük olduğu için daha iyi çökeltme ve temizleme özelliğine sahiptirler. Yarı sentetikler küfe ve bakteriye karşı daha iyi dayanım sağlarlar. Saf yağlara ve çözünebilir yağlara oranla daha az yağ içerdiklerinden daha az duman ve yağ spreyi oluştururlar.

Suyun sertliği yarı sentetik sıvının kararlılığını oldukça etkiler ve bazı durumlarda sert su tortularına sebep olur. İçlerindeki temizlik katkıları sebebiyle daha kolay köpüklenirler ve genelde çözünebilir yağlara göre daha az yağlayıcılık özellikleri vardır. Atıklarının işlenmesi masraflıdır (Iowa Waste Reduction Center, 2003).

#### **4.2.2.2 Katkılar**

İnce film yağlayıcıları ve EP katkıları (S, Cl, P) yarı sentetik yağlarda, daha ağır operasyonlar için kullanılırlar. Suda çözünen klor katkılı feti asidi, sabunları ve esterleri bu yapıya verilebilecek örneklerdir. Bazı üreticiler; ürünü mikrobiyolojik etkilere karşı korumak amacıyla biosit ve fungusit paketi eklerler. Çünkü emülsiyon maddesinin çok olduğu ortamlarda buna ihtiyaç vardır ve gerekli miktarda da köpüklenme önleyici eklenir. Yarı sentetiklerde köpüklenme önleyicinin seçimi oldukça zordur. Çünkü seçilen köpüklenme önleyici; ortamda mikroemülsiyon olarak dağılırsa veya başka bir katkıyla birleşirse fonksiyonunu kaybeder.

Ortamda yeterli derecede emülsiyeye edici madde olması sebebiyle oluşan atıl yağ sistemde tekrar emülsiyeye edilebilir. Bu bazı operasyonlarda sistemin temiz kaldığı düşüncesiyle bir avantaj gibi görünmesine rağmen, zamanla sütsü bir emülsiyon görüntüsü oluşturur. Bu görüntü emülsiyonun yapısında bir değişme olduğunu gösteren en büyük kanıttır.

#### 4.2.3 Sentetik Kesme Sıvıları

Sentetik sıvılar su bazlı kimyasal ürünlerdir ve mineral yağ içermezler. Sentetik sıvı içindeki partikül boyutu 0.003 µm değerindedir. Genelde suda çözünebilir kimyasal yağlayıcılardan ve pas önleyicilerden oluşurlar. Konsantre halindedirler ve suyla karıştırılarak kesme sıvısı haline getirilirler. Sentetik kesme sıvılarının soğutma kapasiteleri yüksektir, yağlayıcılıkları iyidir, korozyona karşı koruma sağlarlar ve bakımları kolaydır. Yüksek soğutma kapasiteleri sayesinde yüksek ısı ve yüksek hızlı dairesel işlemlerde (yüzey taşlama) daha çok tercih edilirler. Az köpüklenirler ve genelde şeffaftırlar. Sentetik sıvılar, son yıllarda zor operasyonlarda kullanılmak üzere geliştirilmiş ve bir çok işleme operasyonu ile uyumlu hale gelmişlerdir.

Sentetik kesme sıvısı içindeki su mükemmel bir soğutma sağlar ama yağlayıcılık özelliği yoktur. Ayrıca daha öncede değinildiği gibi, su metal yüzeylerde korozyona sebep olur. Sentetik sıvılara, yağ bazlı sıvıların özelliklerini kazandırmak için pas önleyiciler ve yağ katkıları katılır.

Sentetik sıvılar, korozyonu önlemek ve pH değerini sabit tutmak amacıyla etanolamin içerirler. Sentetik korozyon önleyiciler; amin boratlar (borat esterleri olarak adlandırılırlar) ve amin karboksil sentezleridir. Bu az köpüklenme meydana getiren katkılar amin nitritlerin yerini almıştır. Amin nitritlerin kullanılmasına, sağlığa zararlı oldukları için son verilmiştir. Amin içermeyen inorganik korozyon önleyici sodyum molibden'dir. Temel amin-feti asit sabunları ve alkanolamidler sentetik sistemlerde çok iyi korozyon koruyuculuğu gösterirler. Aynı zamanda iyi birer yağlayıcıdırlar.

Sentetik sıvılar, bileşimlerine göre basit ve kompleks sentetikler olarak sınıflandırılırlar. Basit sentetik sıvılar hafif taşlama operasyonlarında kullanılır. Kompleks sentetik sıvılar sentetik yağlayıcılar içerirler ve daha ağır işleme operasyonlarında kullanılırlar. Kompleks sentetikler kullanıldığında, işleme esnasında yüksek hız ve ilerleme değerlerine çıkılabilir. Basit ve kompleks sentetiklerin ikisi de suyla karıştırıldıklarında şeffaf karışımlar meydana getirirler.

Sentetik sıvılar içinde kullanılan kimyasal katkılar:

- Suyu yumuşatması için fosfatlar ve boratlar.
- Yağlama maksadıyla sabunlar ve ıslatma ajanları.
- Kimyasal yağlama için fosforlu, klorlu ve kükürtlü bileşikler (Byers, 1994).

#### 4.2.3.1 Kullanımdaki Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları,

- Çok kaliteli mikrobiyal kontrol ve uzun süreli küfe karşı dayanım.
- Parlamazlar, duman yapmazlar ve zehirsizdirler.
- Korozyona karşı iyi koruma sağlarlar.
- Çok iyi soğutma özellikleri vardır.
- Köpüklenme problemleri azaltılmıştır.

Sentetikler kolay bir şekilde iş parçasından ve talaştan ayrılırlar. İş parçasına ve talaşa yapışan kesme sıvısı miktarı azaldığı için kesme sıvısı kaybı daha az olur. Temiz oldukları için bakımları kolaydır, servis ömürleri uzundur (Iowa Waste Reduction Center, 2003).

Sentetik sıvılarda yağ bazlı sıvılarda rastlanan problemlere daha az rastlansa da, aşırı çalkalanma köpüklenmelerine ve sprey halinde havada yayılmalarına neden olur. Sentetik sıvılar havada sprey oluşturmaları nedeniyle sağlık sorunlarına yol açabilirler. Sentetik sıvının özelliklerini geliştirmek maksadıyla katılan katkılar, sıvının kaçak yağlara olan hassasiyetini artırır, köpüklenmeyi ve özellikle sert su kullanıldığı durumlarda makine üzerinde yapışkan sıvı artıklarını artırır. Sentetik sıvılar sisteme giren makine yağlarınca çok çabuk kirletilirler. Kaçak yağlar gözlenmeli ve önlem alınmalıdır (Iowa Waste Reduction Center, 2003).

#### 4.2.3.2 Katkılar

Son yıllarda metal işleme sıvıları üzerindeki gelişmeler, ağırlıklı olarak sentetik sıvılar üzerindedir. Optimum yağlayıcılığı ve korozyon koruyuculuğunu sağlayacak katkı sistemleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu husustaki bir konsept, yarı sentetik teknolojisiyle sentetik kimyasının birleştirilmesidir. Suda çözünmeyen yağlayıcılarla mücadele etmesi için iki emülsiyecici kullanılarak, atığı işlem görebilen ve petrol bazlı yağ içermeyen bir sistem geliştirilmiştir (Byers, 1994).

Sentetik sıvılar genel olarak diğer metal işleme sıvılarına göre daha düşük yağlama

kapasitesine sahiptirler. Bu yüzden takım basınçlarının ve yüksek takım hızlarının hasıl olduğu, soğutmanın ana gerek olduğu talaş kaldırma operasyonlarında tercih edilirler. Bu tarz operasyonlarda, sentetik sıvılar saf yağlara göre takım ömründe %250'ye varan iyileşme sağlarlar.

#### 4.2.4 Su Bazlı Kesme Sıvılarının Uygulama Alanları

**Tornalama,** kesici takımın sürekli iş parçasıyla temas halinde olmasından ötürü, kesme bölgesine ulaşmak engellenmiştir. Bu yüzden ana sıvı ve hafif moleküler ağırlıktaki katıklar kesme sıvısı olarak seçilmelidir. Genelde, su bazlı çözeltiler ve yarı sentetik sıvılar tornalama operasyonları için uygundur.

**Frezeleme,** Bu operasyonda, düşük kesme hızlarından ve kesme bölgesine ulaşımın kolay olmasından ötürü, soğutmadan çok yağlama etkisi önemlidir. Genellikle çözünebilen yağlar ve yarı sentetik sıvılar tercih edilir.

Düşük karbon çeliği gibi metallerin tornalama ve frezelenmesinde de, oluşan talaşı dışarı atabilmek için biraz daha fazla yağlamaya gerek duyulur. Bu gibi metallerde su ile karışabilir yağlarla, hayvansal yağ içeren madeni yağlar kullanılabilir. Paslanmaz çelik, nikel ve kobalt esaslı alaşımlar gibi malzemelerin işlenmesinde, kesme bölgesinde çok fazla ısı olduğundan kükürt ve klor gibi EP katkıları içeren su ile karışabilen veya saf madeni yağlara ihtiyaç vardır.

Frezeleme işleminde su ile karışabilen yağların kullanılması halinde üstün soğutma ve talaşı ortamdaki uzaklaştırma kabiliyeti elde edilir, ancak talaşın yapışmasına karşı etkili bir sonuç alınmaz. Dolayısıyla yüzey kalitesinin önemli olduğu durumlarda bu tip sıvılar tercih edilmezler. Kesme yağları yapışmayı engellerler, daha iyi boyut hassasiyeti ve yüzey kalitesi sağlarlar, ancak kesme yağlarının koyu rengi kesme bölgesinin iyi görülmesini engeller.

**Matkaplama ve Raybalama,** Kesici takımın ve iş parçasının sürekli temasta olmasından ve kesme bölgesine ulaşımın çok zor olmasından ötürü içten soğutmalı matkap uçları tercih edilmelidir. Bu tip takımlarda kesme sıvısı kesici takım içerisindeki kanallar yardımıyla doğrudan kesme bölgesine aktarılır ve talaşlar bu yüksek basınçlı kesme sıvısı sayesinde delik dışına atılır. Su bazlı çözeltiler kükürt ve/veya klor katkılarıyla matkaplama ve raybalama operasyonlarında başarılı bir şekilde kullanılabilir. Fakat kesme sıvısının karakteristikleri işlenen parçanın bileşiminden oldukça etkilenir. Örneğin klor, serbest işleme çeliklerinin matkaplanmasında verimli değildir. Ağır operasyonlarda saf yağlar kullanılır.

Raybalama işlemlerinde kullanılan kesme sıvısının tipinden çok miktarı önemlidir.Devamlı olarak kesme bölgesine gönderilen bol miktarlardaki kesme sıvısı kesme bölgesindeki sıcaklığı sabit tutar. Kesme sıvılarının raybalama işleminde sağladığı bu yararları karşın bazı raybalama işlemleri kuru da yapılabilir

**Taşlama,** Dairesel taşlama taşının yüksek hızda dönmesi sebebiyle, sıvının taşla iş parçası temas bölgesine ulaşması çok önemlidir. Taşlama taşının ve iş parçasının kimyasal özelliklerinin ilişkisi de önemlidir. Taşlama işlemine uygun taş için uygun kesme sıvısı seçilmelidir. Genel olarak, tam sentetik kesme sıvıları taşlama sıvısı olarak kullanılır. Taşlama taşının yağlanması isteniyorsa yağ bazlı çözeltiler tercih edilmelidir.

Talaşlı imalat işlemlerinde işlem esnasında ortaya çıkan ısının büyük bir bölümü talaşlar yardımıyla ortamdan uzaklaştırılır. Taşlama işleminde ise çevresel hızın çok yüksek olması nedeniyle çok büyük ısılar ortaya çıkar ve bu ısının büyük bir kısmı işlenen parçada toplanır. Meydana gelen yüksek ısı sebebiyle, iş parçasıyla temas halindeki taş ara yüzeyindeki kesme sıvısı buharlaşır. Sıcaklık artmaya devam ettikçe iş parçası ile kesme sıvısı arasında buhar filmi oluşur. Buhar filmi, iş parçasından kesme sıvısına ısı transferini engel olur ve yüksek ısı iş parçası yüzeyine zarar verir. İş parçası sıcaklığının kesme sıvısı kaynama noktasına çıkmaması gerekir (Irani, 2005). Kesme sıvısı hem iş parçasını soğutur, hem de taşı temizler.

Dökme demir gibi kolay işlenebilen metaller ve otomat çelikleri kolayca taşlanabildikleri için, su ile karışabilen yağlar veya kimyasal solüsyonlar kesme sıvısı olarak kullanılır. Bu tür işlemlerde kesme sıvısının birincil görevleri soğutmanın sağlanması ve taşın temizlenmesidir.

Ancak, paslanmaz çelik, nikel alaşımlı çelikler gibi sert malzemelerin taşlanması daha zordur. Taşlama sırasında meydana gelen çok yüksek ısı sebebiyle, metal parçacıkları taşın gözeneklerini doldurur ve taşı iş göremez hale getirir. İşte bu tür işlemlerde kullanılacak kesme sıvısının yağlama özelliğinin yanı sıra temizleme ve soğutma özelliklerinin de iyi olması gerekmektedir. Bu tip işlemlerde kesme sıvısı olarak kükürt ve klor gibi EP katkı suyla karışabilir yağlar veya saf madeni yağlar kullanılır.

Taşlama işlemlerinde yüzey kalitesi büyük ölçüde kesme sıvısına bağlıdır. Kaba taşlama işlemlerinde kesme sıvısının soğutma ve temizleme özelliklerinin iyi olması istenir. Yağlama özelliği ikinci planda kalır. Bu yüzden bu tür işlemlerde suyla karışabilen yağlar ve çoğunlukla sentetik sıvılar kesme sıvısı olarak kullanılır. Son işlem talaş kaldırma operasyonlarında ise yüzey kalitesini iyileştirebilmek için çoğunlukla suyla karışabilen yağlar yada saf yağlar kesme sıvısı olarak kullanılmalıdır.

## 5 KOROZYON

Metalin korozyona uğraması, metalin çevresiyle reaksiyona girerek bozunması şeklinde olur. Elektrokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar sonucunda korozyon farklı şekillerde kendini göstererek malzeme yüzeyinde hasara yol açar (Akdoğan, 2003). Diğer bir ifadeyle korozyon, metalin doğada bulunan haline dönmesiyle meydana gelir. Örneğin demir, okside olarak demir cevheri (oksit) haline döner. Korozyon tamamen doğal bir prostestir, fakat pratik hayatta istenmeyen bir durumdur. Bazı metaller dışında (gümüş ve altın) doğada hiçbir metal, saf halde bulunmaz. Bileşik halindedir. Çünkü bileşik halinde kimyasal olarak daha az enerjili düzeydedirler. Doğadaki bütün sistemler gibi metaller de serbest enerjisi düşük olan hale geçme eğiliminde oldukları için, daha kararlı olan bileşik halinde bulunmayı tercih ederler (Zeren, 1999).

Korozyon, elektrokimyasal bir olaydır ve elektronların akışına sebep olan her türlü etki korozyona sebep olur. Korozyon, korozyona uğrayan metalin cinsine bağlı olduğu gibi; çevreye, sıcaklığa, basınca ve sürtünmeye de bağlıdır. Çevresel etkinin şiddetine göre, korozyonun şiddeti de değişir.

Bütün gerçekleşen kimyasal reaksiyonlarda, reaksiyona giren maddeler arasında elektron alış verişi meydana gelir. Reaksiyona giren maddeler bir şekilde birbirlerinden ayrı tutulurlarsa, reaksiyon ancak elektron akışına izin veren bir yolun meydana gelmesiyle harekete geçer. Elektronlar ve iyonlar, sabit bir metalik yüzey ile çevre arasında yada bir ortam içinde iki metalik yüzey arasında geçiş yaparlar. Bu proses esnasında metal okside olur ve çevrenin bir kısmı da enerji kazanarak kimyasal olarak indirgenir (Byers, 1994).

Elektrik akımının akabilmesi için iki nokta arasında potansiyel farkın olması gerekir. Noktaların birinde, diğerine göre daha fazla serbest elektron olmalıdır. Tek bir metalik yüzey söz konusu olduğu zaman, bu potansiyel fark çevredeki küçük bir değişiklikten kaynaklanabilir. Saf bir metal, yalnız kendi iyonlarının bulunduğu bir çözeltiliye daldırıldığı zaman, metal ile çözelti arasındaki reaksiyonlar bir dinamik denge haline ulaşır. Denge halinde, metalin çözünmesine karşı gelen anodik reaksiyon (Denklem 5.1) ile metal iyonlarının redüklenmesine karşı gelen katodik reaksiyonların (Denklem 5.2) hızları birbirine eşit olur.



Bu reaksiyonlardan oluşan elektrik akımı çözelti içinde iyonlarla ve metal içinde de elektronlarla taşınır. Bu reaksiyon hızlarının birbirine eşit olduğu anda, her iki yönde akan akım birbirine eşit olup denge akımı olarak adlandırılır. Bu andaki potansiyel de denge potansiyelidir. 5.1 ve 5.2 denklemlerine göre yürüyen reaksiyonlar karşılıklı olarak anot ve katot bölgelerini oluşturur. Bu iki bölge arasında çok küçük bir potansiyel farkı etkisi ile denge akımı bir bölgeden diğerine akar. Oksidasyon yani korozyon reaksiyon hızı ile redüksiyon reaksiyon hızı birbirine tam olarak eşit olacaktır. Eğer denge potansiyelinden anodik veya katodik yönde az bir sapma meydana gelirse, 5.1 ve 5.2 denklemlerine karşı gelen reaksiyonlardan birinin hızı artacak ve net bir akım geçişi olacaktır (Yalçın, 1997).

Alüminyum yada çinko korozyonu sonucu, beyaz tozumsu bir yapı meydana gelirken, bakır yeşil renkte yapı meydana getirir. Düşük alımlı çeliklerde, korozyon, su ve oksijen ortamının etkisiyle meydana geliyorsa, kahverengi granülür oksit tabakası meydana getirirler. Bu korozyon tabakasının çevrenin etkisini azaltıcı bir durumu söz konusudur. Oluşan korozyon tabakası 15 hafta sonunda atmosferik korozyonda bir azalma sağlar (Byers, 1994).

Bakterilerden kaynaklanan korozyon (aneorobik) siyah renktedir ve oksidatif korozyondan farklıdır.

### 5.1 Korozyon Mekanizmaları

- Fiziksel Korozyon
- Kimyasal Korozyon
- Elektrokimyasal Korozyon

**Fiziksel Korozyon**, ergimiş metaller içinde oluşan korozyondur. Korozyon doğrudan fiziksel çözünme yada katı hal değişimiyle oluşur. Örnek olarak civa yada ergimiş Alüminyum ve Sodyum' un katı metaller üzerindeki korozyonu verilebilir.

**Kimyasal Korozyon**, metallerin ortamla doğrudan reaksiyona girmesiyle oluşur. Diğer bir deyişle metal ile reaksiyona giren diğer element arasında doğrudan bir elektron alışverişi vardır. Kimyasal reaksiyonda diğer element genelde O<sub>2</sub> olduğundan, ürün metaloksittir.



O<sub>2</sub> ile temas eden metal malzeme yüzeyi oksit tabakasıyla kaplanır. Al ve Berilyum haricindeki bütün hafif metaller, üzerlerinde koruyucu özelliği olmayan tabaka oluştururlar.

**Elektrokimyasal Korozyon**, metal ve alaşımlarının sulu ortamlar içerisinde bozularak korozyona uğraması şeklinde tanımlanabilir. Elektron alışverişi tanımlanabilir bir ara yüzde, metal ile ortam arasında meydana gelir (Akdoğan, 2003). Sıvı ortam içindeki elektrolit içeriği korozyonun şiddetini belirler.

Saf su çok az miktarda iyonize olarak hidrojen ve hidroksil iyonlarını meydana getirir.  $H^+$  iyonları su molekülleriyle tekrar birleşerek hidrosinyum ( $H_3O^+$ ) iyonunu meydana getirir. Bu düşük bir iyonizasyondur ve sonuç olarak saf su metallerin çoğunun üzerinde çok düşük seviyede korozyona sebep olur. Suya asit, alkali veya tuzun eklenmesi, suyun iyonik içeriğini oldukça artırır ve korozyona sebep olur. En açık örnek olarak deniz suyu, taze suya göre çok daha hızlı korozyona yol açar.

Elektrolit, birçok rolden birini üstlenir. Akışkanın elektrik iletkenliğini arttırarak, metalin daha hızlı erimesine yol açar. Elektrolit, metal yüzeyiyle direkt olarak tepkimeye girerek, akışkan içinde çözünebilen bir bileşik meydana getirir. Aynı zamanda elektrolit metal yüzeyiyle tepkimeye girerek çözünmeyen bir film tabakası oluşturur. Bu tabaka metalin erimesini önlediği gibi elektrolitten gelecek ataklara karşıda koruma sağlar. Bu durumda metal “Pasifize” olmuştur ve korozyon oranı oldukça düşmüştür (Byers, 1994).

Sıvı çözeltinin korozyona sebep olan özellikleri:

### *pH etkisi*



Anodik (5.4) reaksiyonu, bütün pH değerlerinde gerçekleşir. Korozyon miktarı, katodik indirgenme reaksiyonundaki değişikliklere bağlıdır. Çözeltinin pH değeri, 4 ile 10 ortalama değerlerinde ise, yüzey üzerinde, dağınık, gözenekli metal oksit tabakası oluşur. Tabaka altında pH 9.5 değeri civarında kalır. Bu ortalama pH değerinde, korozyon oranı sabittir ve tabaka içindeki çözünmüş halde bulunan oksijen miktarına bağlıdır. Yani korozyon hızının pH değeri ile değişmediği kabul edilir (Doruk, 1982). Tabaka altındaki metal yüzeyinde oksijen katodik reaksiyonla indirgenir.



pH değeri 4'ün altında olan asidik çözeltilerde, oksit çözünebilir ve korozyon, ortamdaki  $H^+$  iyonları sebebiyle artar.



Metal yüzeyinde oluşan tabaka, çözünmüş oksijenin miktarını arttırarak korozyonu arttırır. Çözünmüş oksijen katodik olarak asit içinde indirgenir.



10'un üzerindeki pH değerlerinde, pasif demir oksit karakterli film tabakası oluşarak korozyonu düşürür. pH değeri 14'ün üzerine çıktığında çözünmüş oksijene ihtiyaç duyulmadan, çözünebilir ferrit iyonu oluşur ise korozyon oranı artabilir.

pH = 4-10 değerlerinde çözelti içindeki çözünmüş oksijenin dağılımı korozyon oranını kontrol eder (Jones, 1996).

### ***Çözünmüş Oksijen ve Diğer Çözünmüş Gazların Etkisi***

Ortam sıcaklıklarında, nötr ve alkali çözeltiler ile temasta bulunan demir ve çeliğin korozyonlarındaki artış çözelti içinde çözünmüş oksijen bulunmasına bağlıdır. Çözünmüş oksijenin varlığında metal yüzeyler üzerinde manyetik koruyucu film tabakası meydana gelir. Çözünmüş oksijeni etkileyen faktörler, metalin korozyonunu da orantılı olarak etkilerler. Çözeltinin karıştırılması veya çalkalanması çözünmüş oksijen miktarını arttırarak korozyonu arttırır. Sıcaklığın arttırılması da korozyonu arttırır. Fakat 80°C civarında oksijenin çözünürlüğünün düşmesi korozyonu düşürür.

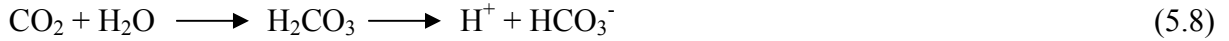
Çözünmüş oksijen, büyük yüzeyler üzerinde, farklı noktalarda farklı oranlarda bulunur. Oksijen bakımından zengin noktalar katot görevi görürken, oksijenin az bulunduğu ortamlar anot halini alır ve korozyona uğrar. Bir makinanın kızaklarını göz önüne aldığımızda, kızaklar yağ filmiyle kaplıdır. Bunların üzerine işleme esnasında kesme sıvısı gelir. Yağ filmi altında kalan bölgeler kesme sıvısına göre daha az oksijen içermektedir. Oksijen konsantrasyonundaki farklılık sebebiyle korozyon meydana gelir (Byers, 1994).

Çözelti içinde karbondioksit, ortam havasından veya çeşitli kimyasal proseslerden kaynaklanır. Çeşitli etkileri vardır. Çevre havasından kaynaklanan CO<sub>2</sub>, pH' ı etkiler ve yüzeyler üzerinde çözünmeyen pullanmalara sebep olur. Çözünmüş CO<sub>2</sub>' ten meydana gelen karbonik asit aşırı koroziftir, fakat korozyon ürünü FeCO<sub>3</sub> yüzey filmi koruyucu özellik gösterir. Eğer türbülanslı akış bu film tabakasını bozarsa erozyonlu korozyon oluşabilir (Jones, 1996).

### ***Sertliğin Etkisi***

Sert su, çözünmüş halde kalsiyum ve magnezyum iyonlarını içerir ve koruyucu karbonat filmi

sebebiyle yüzeylerde daha az korozyona sebep olur. Suda çözünen CO<sub>2</sub>, karbonik asidi (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) meydana getirir ve pH' ı düşürür.



Denklem 5.10'daki eşitliğe göre pH'ın artması bikarbonat konsantrasyonunu artırır. Bikarbonat iyonları alkali çözeltiler içinde, çözünmeyen kalsiyum karbonat yüzey filmi şeklini alırlar (CaCO<sub>3</sub>) (Jones, 1996).



## 5.2 Oksit Filmlerinin Oluşması

Korozyon sonucu oluşan ürünler metal yüzeyinde birikerek koruyucu bir film oluşturursa korozyon hızında azalma olur. Bu koruyucu filmin etkili olması; korozyon ürünlerinin çözünürlüğüne, ürünlerin metal yüzeyine yapışabilme yeteneğine, oluşan filmin geçirgenliğine, elektriksel direncine ve mekanik sağlamlığına bağlıdır. Çözünebilen korozyon ürünleri metal yüzeyinden uzaklaşır. Bu nedenle koruyucu özellikleri yoktur .

Oksit filmi ile metal arasında en sağlam bağ, ikisinin de birbiriyle uyuşabilen kristal yapıda olması ile mümkün olmaktadır. Metaller genellikle kübik sistemde kristalleştiği için, kübik sistemde kristal veren oksit filmleri metal yüzeyine daha iyi yapışabilmektedir. En önemli koruyucu oksit filmleri olarak Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ve Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> gösterilebilir (Yalçın, 1997).

Metal üzerinde çok kuvvetli bir oksit film tabakasının oluşmasıyla korozyona karşı dayanımı oldukça yükselir ve metal pasifleşir.

## 5.3 Demir Esaslı Malzemelerin Korozyonu

Korozyon, bir su damlasının demir içeren bir metalik yüzeyde durması halinde, su damlasının altında kahverengi bir halka oksit tabakası şeklinde görülür. Saf su korozif olmamasına rağmen, uygulamada saf su içindeki gazlar (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>) ve iyonlar (Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>) iletkenliği artırır ve korozyona yol açarlar.

Su damlasının merkezindeki bölge çevresine göre oksijen içeriği bakımından daha fakirdir ve iyonik farklılık doğar. Düşük oksijenli bölgeye anodik denir ve demir bu bölgede elektron kaybeder (Şekil 5.1).



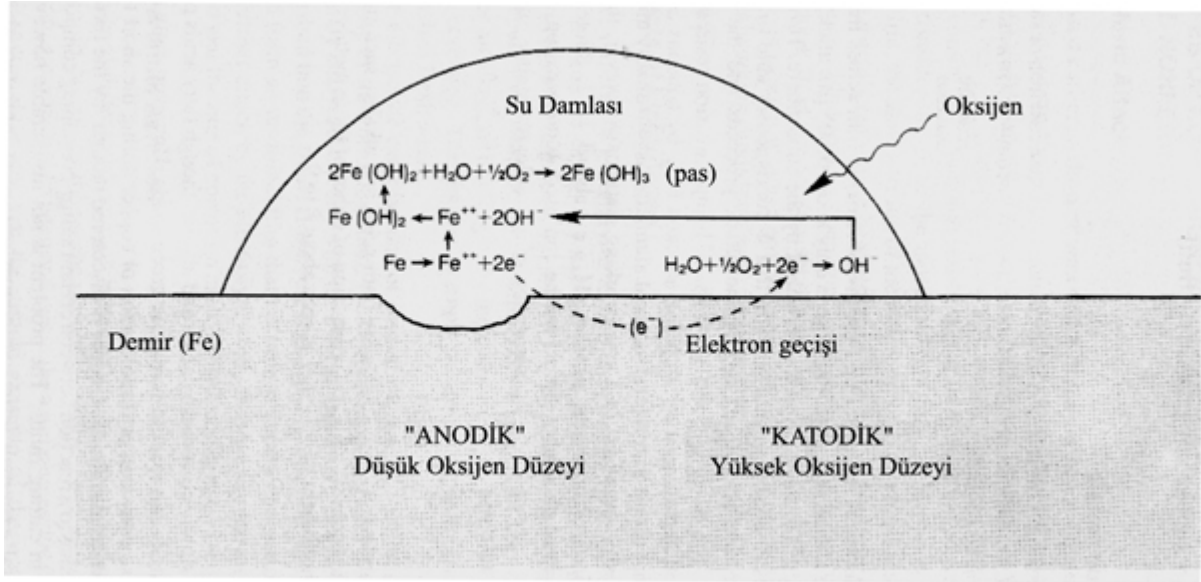
Su damlasının sınır bölgelerinde (katodik bölge), yukarıdaki reaksiyonda ortaya çıkan elektronlar suyla birleşir ve oksijen atomlarını hidroksil iyonlarına çevirirler.



Bu hidroksil iyonları demir iyonlarıyla ( $Fe^{+2}$ ) birleşerek demir hidroksidi oluşturur.



Demir hidroksit daha fazla suyla ve oksijenle birleşerek daha kompleks oksit oluşturur. Buna pas denir. Genel olarak  $Fe(OH)_3$  şeklinde ifade edilir.



Şekil 5.1 Demir yüzeyinin paslanma mekanizması (Byers, 1994)

Korozyona dayanıklı çelikler genellikle paslanmaz çelikler olarak adlandırılır. Paslanmaz çelikler pasifleşebilen alaşımlardır. Bu çeliklerde, pasifleşmeyi sağlayan asıl metal kromdur. Diğer katkıları paslanmaz çeliğin diğer yapısal özelliklerini geliştirmek içindir. Paslanmaz çelikler birer demir alaşımlarıdır. Eğer yüzeylerinde pasif film oluşmaz ise, paslanmaz çelikler de aynen demir alaşımları gibi korozyona uğrayabilir.

Krom, korozif ortamlara karşı dayanım sağladığı gibi alaşımın, yüksek sıcaklıklardaki oksidasyona karşı dayanıklılığını da artırır. Çelik içine çok az miktarda krom katılması halinde bile, endüstriyel atmosferde bırakılan çeliğin korozyon hızı önemli ölçüde azalır.

Yeterli miktarda krom katılmasıyla, en şiddetli korozif ortamlarda bile korozyonu tam olarak önleyebilmek mümkün olur. Normal bir çelik endüstriyel olarak kirlenmiş bir atmosfer içine bırakılırsa kısa sürede paslanır. Eğer içine %12 oranında krom katılacak olursa, hiç bir şekilde paslanma meydana gelmez. Çelik yüzeyinde oluşan demir-krom oksit filmi çok ince bir tabaka oluşturur. Bu tabaka oksitleyici ortamlar içinde stabil olduğu halde, indirgeyici ortamlarda dayanıklı değildir. Hidroklorik asit gibi indirgeyici özelliği olan bileşikler bu oksit tabakasının parçalanmasına neden olur. İndirgeyici ortamlarda bu oksit tabakası yeniden oluşamaz. Bunun sonucu olarak korozyon başlar (Yalçın 1997).

Çelik içindeki krom, sürekli olarak azalma eğilimindedir. Çelik içinde bulunan karbonla kromun,  $Cr_{23}C_6$  halinde krom karbür olarak çökmesi nedeniyle krom sürekli azalır. Bu olay paslanmaz çeliğin taneler arası korozyona uğramasına sebep olur.

#### **5.4 Demir Dışı Malzemelerin Korozyonu**

Al, Cu gibi metallerin yüzeyinde doğal koruyucu oksit tabakası vardır. Al' un yüzeyinde 0.005  $\mu m$  kalınlığındaki doğal oksit tabakası  $Al_2O_3$  oluşur. Mekanik etkiyle kırılabilen bu tabaka kısa sürede tekrar yenilebilir ancak alkalilere karşı dayanıksızdır. Al sürekli olarak bu tabakayı çözen bir çözeltiyle (asitli veya alkalik çözeltiler) temas halinde olursa, kaçınılmaz olarak koruyucu tabaka çözünür ve Al malzeme zarar görmeye başlar.

Çinko da, Al gibi asitlerden ve alkalilerden etkilenir. Bu tür malzemeleri korozyondan korumanın en iyi yolu malzemeleri kuru yada pH değeri 8 ile 9 arasında değişen ortamda tutmaktır.

Bakır, sadece asitlerce ve alkalilerce çok yavaş olarak korozyona uğrar. Kesme sıvılarının çoğunun içinde bulunan feti asitleri, bakır üzerinde zamanla donuk, yeşil renkte sabunlar meydana getirir. Fakat feti asitlerinin işleme sırasında, bakırla kısa süreli temasları sebebiyle korozyonun oluşması için yeterli zaman söz konusu değildir. Bakır, kükürt içeren kesme sıvıları kullanılarak işlendiğinde bakır sülfat oluşmasıyla lekelenir. Fakat bunun önüne geçmek için bakırın korozyona uğramasını önleyecek katkıları kesme sıvısına katılır. Bu katkıları, bakırın tüm yüzeyini kaplayacak şekilde, çözünmez organik bir moleküler tabaka oluşturarak bakırın korurlar (Byers, 1994).

## 5.5 Korozyon Türleri

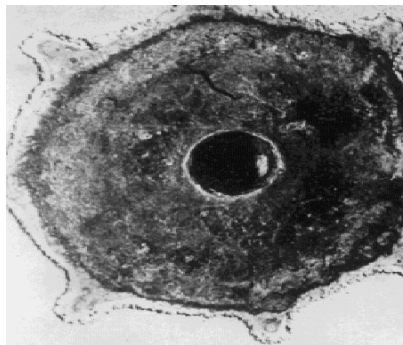
### 5.5.1 Homojen Dağılımlı Korozyon

Su damlasının metal yüzey üzerinde kalması, anodik (elektron veren) ve katodik (elektronlar oksijeni hidroksil iyonlarına indirger) bölgeler oluşturur. Eğer su yada diğer bir akışkan sadece damla olmayıp metal üzerini tamamen kaplıyor ise, bu anodik ve katodik bölgeler sürekli olarak değişir ve sonuçta şiddetli bir korozyon meydana gelir. Bu korozyon türü günlük hayatta en çok karşılaşılan türdür. Uzun süreli bir proses olmasına rağmen makina parçaları göz önüne alındığında çok daha fazla önem kazanır (Byers, 1994).

En yaygın korozyon türü olarak, homojen dağılımlı korozyonun yol açtığı metal kaybı diğer korozyon türlerine oranla çok yüksektir. Buna karşın en az korkulan korozyon türü olduğunu belirtmek gerekir. Çünkü homojen dağılımlı korozyonun hızı basit laboratuvar deneyleri ile saptanabilir. Böylece saldırgan ortamlara terk edilen parça ve yapıların ömrüne ilişkin tutarlı tahminlere ulaşmak mümkün olur. Homojen dağılımlı korozyon farklı koruma yöntemleri uygulanarak başarı ile kontrol edilebilir. Yüzey kaplamaları, katodik koruma ve saldırgan ortama ilave edilen korozyon hızını sınırlayıcı katkı maddeler gibi (Doruk, 1982).

### 5.5.2 Galvanik Korozyon

Birbirleriyle temas halinde olan farklı türden metal ve alaşımların aynı ortama terk edilmesi halinde karşılaşılan korozyon olayıdır. Bu tür galvanik eşlemeler çoğunlukla arzumuz dışında ve bir tasarım veya imalat gereksinimi olarak karşımıza çıkar. İlke olarak aktif olan metallerin korozyonu hızlanırken daha soy olan metallerin korozyonu yavaşlayacak veya tamamen önlenecektir.



Şekil 5.2 Bir çelik malzemeyi çevreleyen magnezyum metalinde meydana gelen galvanik korozyon ([www24.brinkster.com/shyo](http://www24.brinkster.com/shyo)).

Tasarım veya imalat gereksinimleri sonucu farklı türden metal veya alaşımları eşleme

durumunda olan mühendis, bu metal ve alaşımların korozyon tutumuna ilişkin gerçekçi tahminlerde bulunabilmelidir. Bunun için, belirli bir uygulama alanı için söz konusu olabilecek tüm metal ve alaşımların gerçek ortam içinde tutumlarını temel alan bir diziye (galvanik dizi) ihtiyaç vardır. Çizelge 5.1’de görülen galvanik dizi çok sayıda metal ve alaşımın deniz suyu içinde gözlemlenen gerçek potansiyeli temel alınarak geliştirilmiştir. Başka ortamlar için benzer dizilerin geliştirilmesi gerekir. Dizide birbirlerinden uzak olan metallerin eşlenmesi, dizinin üst sonuna yakın metallerin hızla çözünmesine ve kısa sürede görevini yapamayacak ölçüde bozunmasına yol açabilir. Bunun nedeni, dizide birbirlerinden uzak görünen metallerin büyük bir potansiyel fark oluşturmalarıdır. Bu nedenle, galvanik eşlemenin zorunlu olduğu hallerde dizide birbirlerine yakın metal ve alaşımların seçilmesi önem taşır.

Galvanik korozyonun etkenliğini belirleyen diğer bir faktör ortamın iletkenliğidir. Aktif metal veya alaşım üzerinde yoğunlaşan bozunma artan iletkenlikle hızlanır. Bu durumda metal kaybının çok geniş bir alana dağılmasını beklemek gerekir. Ortamın iyi bir iletken olması bozulmaya, homojen dağılımlı korozyon görünümü verebilir. İletkenliği sınırlı ortamlarda metal kaybında gerileme görülür. Korozyon homojen görünümünü kaybeder ve eşleme sınırı yakınında yoğunlaşır (Doruk, 1982).

Çizelge 5.1 Çeşitli metal ve alaşımlar için galvanik dizi (Ortam = Deniz suyu)(Yalçın, 1997).

<b>Metal veya Alaşım</b>	<b>Elektrod potansiyeli (mV)</b>
Magnezyum (HP)	-1750
Magnezyum	-1550
Çinko	-1100
Alüminyum (AL)	-1010
Dökme demir	-680
Yumuşak çelik	-680
Kurşun	-640
Paslanmaz çelik	-640
Paslanmaz çelik	-600
Paslanmaz çelik	-590
Kalay	-580
Pirinç	-430
Bakır	-430
Bronz	-380
Paslanmaz çelik	-290
Nikel	-270



#### 5.5.4 Tabakalaşma Korozyonu

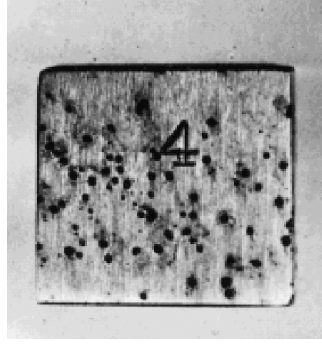
Suyu bir ölçüde geçiren maddelerle kaplanan metaller dış görünüşü hayli farklı ancak oluşum düzeni bakımından aralık korozyonu olarak tanımlayabileceğimiz kaplama altı korozyonla bozulurlar. Korozyon metal ile kaplama ara yüzeyinde köşe ve benzeri düzensizliklerin olduğu yerlerde başlar. Metal ile kaplama arasında sıkışan korozyon ürünleri 0.5 ile 1 mm genişliğinde lifler oluştururlar. Çok sayıda noktadan başlayarak değişik doğrultularda ilerleyen lifler zamanla karışık bir ağ görünümünü alırlar. Liflerin büyüme hızı 0.4 mm/gün civarındadır. Bu korozyon türünün önemli sakıncası, parçaların dış görünüşlerini olumsuz etkilemesidir. Havadaki nemin azaltılmasıyla önlenabilir. Endüstriyel atmosfere veya deniz suyu atmosferine maruz kalan parçalarda meydana gelme olasılığı fazladır (Akdoğan, 2003).

#### 5.5.5 Seçici Korozyon

Bu korozyon alaşımlarda, belirli bir metal veya faz üzerinde yoğunlaşır ve bu bölgelerde çözünme meydana gelir. Belirli iç yapı bileşenleri, tane sınırına yakın bölgeler ve bazı alaşım elementleri öncelikle çözünür. Bunun nedeni bu bölgelerin diğer bölgelere göre daha yüksek enerjiye sahip olmaları yani anodik olmalarıdır. Örneğin, CuZn alaşımlarında çinko kaybı, kır dökme demirde grafit iskeleti oluşumu, Altın-Gümüş alaşımının seyreltik HNO<sub>3</sub> çözeltisinde bırakılması sonucunda gümüşün çökmesi. Plastik şekil değiştirmeye maruz kalmış bölgeler de anot olup (yüksek enerjili) daha kolay korozyona uğrar. Seçici korozyonun ilerleyen safhalarında, parçanın boyutları değişmemiş görünse de çekme dayanımında büyük düşüş gözlenir (Akdoğan, 2003).

#### 5.5.6 Çukurcuk Korozyonu

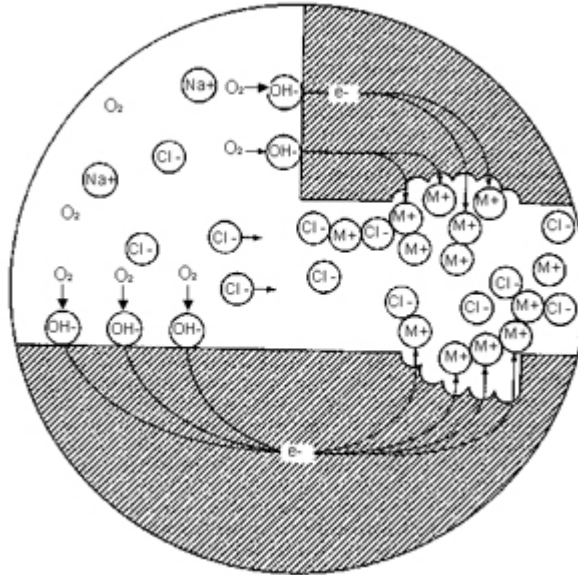
Korozyon olayının çok dar bölgeler üzerinde yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan korozyon türüdür. Metal yüzeyinde oluşan çok sayıda çukurcuklar genellikle bir karıncalanma görünümü verir. Çukurcukların çapı, derinliği ve sıklığı malzeme ve ortama bağlı olarak değişir. Toplam metal kaybı, homojen dağılımlı korozyonun aksine çok küçüktür. Ancak korozyona uğrayan parçalar örneğin kondenser boruları kısa zamanda delinerek kullanılmaz hale gelirler. Ayrıca çukurcuk diplerinde oluşan, mekanik gerilim yoğunlaşması, dayanım kaybı yanında korozyonlu yorulma ve gerilimli korozyon olarak tanınan çatlama olaylarını başlatabilir. Bozucu etkisi, yaygınlığı ve kontrolündeki güçlükler nedeni ile çukurcuk korozyonu en korkulan korozyon türlerinin başında gelir (Doruk, 1982). Klorun fazla olduğu ortamlarda çukurcuk korozyonu hızlı bir şekilde gelişir. Özellikle paslanmaz çelikler bu korozyondan etkilenirler (Byers, 1994).



Şekil 5.4 Paslanmaz çelik bir levhanın, bir asit klorid çözeltisinde çukurlaşması (www24.brinkster.com/shyo).

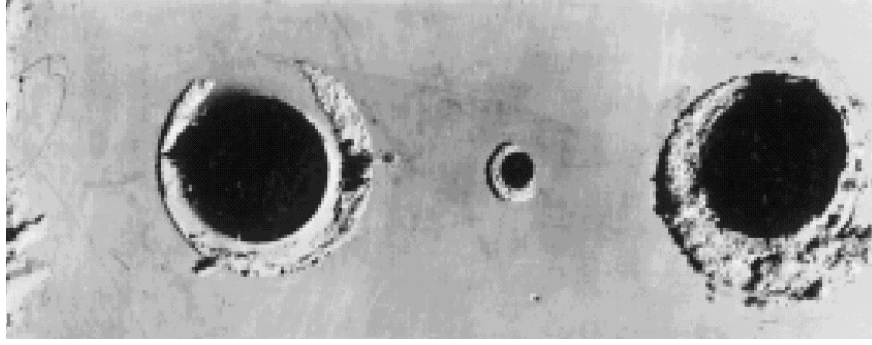
### 5.5.7 Aralık Korozyonu

Korozyon olayının belirli dar bölgeler üzerinde yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan bozulma türlerinden biri de aralık korozyonudur. Çukurcuk korozyonunun, malzemenin yapısal özelliklerinden kaynaklandığı söylenebilir. Çukurcukların olduğu yerlerin, büyüme doğrultusunun ve dağılımlarının malzemenin iç yapısı ile ilgili olduğu kabul edilmektedir. Buna karşılık aralık korozyonu makine parçalarının montajında kesinlikle yok edilemeyen dar bölgeler ve aralıklar içinde başlar. Bu tür dar bölgelerin oluşumuna ilişkin bir örnek Şekil 5.2 'te verilmiştir.



Şekil 5.5 Aralık Korozyonu (Bilhan, 2003)

Dar bölge korozyonunun oluşabilmesinin ön koşulu, aralıkların ortamın girmesine izin verecek kadar geniş, ancak gerekli tıkanıklığın sağlanabilmesi için de yeterli darlıkta



Şekil 5.6 Suyla temas eden bir parçada meydana gelen aralık korozyonu  
([www24.brinkster.com/shyo](http://www24.brinkster.com/shyo)).

olmasıdır. Gözlemler bu tür korozyonun milimetrenin onda biri, hatta daha küçük kesirleri ile ifade edebileceğimiz dar aralıklarda başlayabileceğini göstermektedir. Aralık genişledikçe korozyon etkinliğini kaybeder ve genişliği birkaç milimetreyi bulan dar bölgeler içinde ancak ender koşullar altında görülebilir.

Aralık korozyonunun oluşum düzeni çukurcuk korozyonununkine yakındır. Korozyon aralık içinde ve dışında yer alan oksijen reaksiyonu ile başlatılır. Ancak aralık içine sızan ortam içerdiği oksijeni çok küçük olan hacmi nedeni ile hızla kaybeder. Böylece oksijen reaksiyonu yalnızca aralık dışında oluşmaya devam eder. Metal erimesinin, aralığı oluşturan yüzeyler üzerinde yoğunlaşması sonucu ortam metal iyonları bakımından giderek zenginleşir. Çukurcuk korozyonunun etkinlik ve sürekliliğini sağlayan otokatalitik olay bu aşamada devreye girer (Doruk, 1982).

### 5.5.8 Erozyonlu Korozyon

Malzeme yüzeyi ile ortam arasındaki bağıl hızın yüksek değerlere ulaştığı sistemlerde görülen bozunma türüdür. Erozyonlu korozyon durağan koşullara oranla metal kayıp hızının önemli ölçüde artması ile kendini hissettirir. Örneğin hızlı aşınma ile iç basıncı tutamayacak ölçüde incelen borular çatlayarak görevlerini yapamayacak duruma gelirler. Metal kaybı metalin iyonlarına dönüşmesi veya yüzeyde oluşan oksit tabakalarının uzaklaştırılarak ortama karışması ile gerçekleşir. Bozunan yüzeylerin görünümü akım doğrultusuna yönelik yumuşak engebelerden oluşur.

Erozyonlu korozyonun rastlandığı haller hayli yaygındır. Gaz ve sıvıların pompalanması ve uzak mesafelere taşınmasında kullanılan teçhizat ve boru hatları, örneğin kömür ve maden cevherlerinin toz halinde su ile karıştırılarak uzak mesafelere pompalandığı boru hatları, sıcak su ve buhar hazırlama tesisleri verilebilecek örneklerdir. Pompa gövdesi ve kanatları, valfler

ve valf yuvaları, kazan ve kondenser boruları, türbin kanatları erozyonlu korozyona terkedilmiş olarak görev yapan parçalardır (Doruk, 1982).

### 5.5.9 Gerilimli Korozyon

Saldırgan ortamlarla temas halinde olan makine parçaları ve metal yapıların çoğu mekanik gerilimler altındadır. Yüksek basınçlı kaplar, buhar kazanları, içten yanmalı motorların silindir gömlekleri, pompa mili ve rotoru verilebilecek çok sayıda örnekten birkaçıdır. Gerilimli korozyon aynı zamana rastlayan korozif ve mekanik etmenlerin yol açtığı bozunma türü olarak tanımlanabilir. Bozunma parça yüzeyinin mevcut çatlaklar veya gerilim yoğunlaşmasına olanak sağlayan diğer geometrik düzensizliklerle başlar (örneğin, çukurcuk korozyonunun parça yüzeyinde oluşturduğu çukurcuklar mekanik gerilimlerin de etkisi altında giderek keskin uçlu çatlaklara dönüşebilirler). Çatlaklar mekanik gerilimlerin büyüklüğü ve çevresel koşulların etkinliğine bağlı olarak belirli hızlarla malzeme içine doğru yürürler. Parça kesitinin mevcut yükleri taşıyamayacak ölçüde daralması sonucu ani kopmalar meydana gelir.

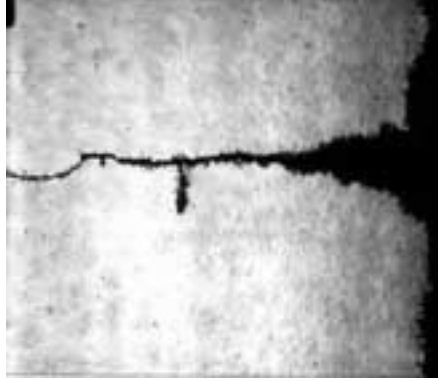
Gerilimli korozyonun en önemli özelliği kimyasal ve mekanik etkilerin birbirlerini destekler nitelikte gelişmeleridir. Bu nedenle aynı zamana rastlamayan korozif ve mekanik etkilerin toplamı gerilimli korozyon olarak nitelenemez. Gerilimli korozyonun oluşabilmesi için gerekli koşulları şöyle özetleyebiliriz: (1) Duyarlı bir malzeme, (2) etken bir ortam, (3) çekme gerilimi ve (4) zaman (Doruk, 1982).

### 5.5.10 Korozyonlu Yorulma

Periyodik yön değiştiren gerilimlerin, korozif ortamlarda yol açtıkları malzeme bozunmasıdır. Gerilimli korozyona paralel olarak, korozyonlu yorulmada da çatlak oluşum ve çatlak büyüme dönemlerinden söz edilebilir. Çatlak büyüme döneminin incelenmesinde, önceden çatlattılan numuneler aynı başarı ile kullanılabilir.

Bu benzerliklere karşın, korozyonlu yorulmayı gerilimli korozyondan farklılaştıran şu iki özelliğe değinmek gerekir: (1) Gerilimli korozyona özgü duyarlı malzeme-etken ortam ilişkisi korozyonlu yorulma için geçersizdir. Diğer bir deyişle, bir malzeme için belirli bir ölçüde saldırgan olan her ortam korozyonlu yorulma ile bozunmaya yol açabilir. (2) gerilimli korozyonun aksine bu defa korozyonlu yorulma sınırı olarak tanımlayabileceğimiz bir sınır gerilim veya gerilim şiddet faktöründen söz etmek mümkün değildir. Normal atmosferik koşullarda denendiğinde belirgin bir yorulma sınırı gösteren malzemeler, örneğin çelikler

saldırgan ortamlarda bu özelliklerini yitirirler. Gerilim-çevrim sayısı ilişkisi belli bir sınır değere yaklaşmak yerine artan zamanla veya çevrim sayısı ile sürekli düşüş gösterir.



Şekil 5.7 Yorulmalı Korozyon ([www24.brinkster.com/shyo](http://www24.brinkster.com/shyo)).

#### 5.5.11 Kazımalı Korozyon (Fretaj)

Yeterli yük altında birbirleri üzerinde ileri geri hareket eden metal yüzeylerde görülen bozunma türüdür. Bozunan yüzeylerin görünümü çok sayıda oksit parçaları ile çevrelenmiş çubukçuklardan oluşur. Olaya korozyonla desteklenen aşınma olarak bakılabilir. Başlangıçta parçaların teması, yüzeylerin çıkıntılı kısımlarının birbirlerine değmesi ile sağlanır. Yüksek gerilim altında birbirleriyle kaynayan sivri uçlar, parçaların kayma hareketi sırasında kazınırlar ve ara yüzeye giren havanın oksijeni ile oksitlenirler. Böylece oluşan oksit parçacıklarını ara yüzeyden uzaklaştırma olanağı yoktur. Bunlar genellikle serttir ve kazıyıcı ortam olarak etkilidirler. Olay kazınan parçaların oksitlenmesi ile tekrarlanarak sürdürülür.

Kazımalı korozyon için gerekli olan bağlı kayma miktarı yaklaşık  $10^{-6}$  cm olup çok düşüktür. Metal kaybı bağlı kayma büyüklüğü ve çevrim sayısı ile doğrusal artış gösterir. Çevrim frekansı arttıkça metal kaybında azalma olur. Ancak frekansın belirli bir minimum değerinden sonra metal kaybının sabit kaldığı yani frekans değişiminden etkilenmediği görülür. Kazımalı korozyona ilişkin ilginç bir gözlem metal kaybının artan havadaki nem miktarı ve sıcaklık ile azalmasıdır. Bu kazımalı korozyonun elektrokimyasal bir mekanizma ile oluşmadığını gösterir niteliktedir.

Kazımalı korozyon dar toleranslarla işlenmiş makine parçalarının bu özelliklerini kısa zamanda yitirerek işlevlerini sürdüremeyecek ölçüde bozunmalarına yol açabilir. Ayrıca metal yüzeyinde oluşturulan çukurcuklar yorulma çatlaklarının başlatıldığı yerler olarak önem taşırlar. Çatlak oluşum döneminin, böylece kısaltılmış olması, makine parçalarının ömrünü büyük ölçüde kısaltabilir.

### 5.5.12 Bakterilerden Kaynaklanan Korozyon

Bakteriyel korozyon diğer korozyon türlerinden farklı olup biyokimyasal bir olaydır. Biyokimyasal tepkime, kimyasal tepkimeler gibi elektronların hareketine dayanır fakat burada olayı başlatan adım biyolojik bir olaydır.

Su içeren metal işleme sıvıları içinde iki tip bakteri gelişir. Birincisi oksijene ihtiyaç duyan Aeorobik bakteriler, diğeri ise oksijen yokluğunda üreyebilen Aneorobik bakteriler.



Şekil 5.8 Bakterilerden kaynaklanan korozyon (Byers, 1994).

#### 5.5.12.1 Aeorobik Korozyon

Suyla karıştırılarak hazırlanmış bir kesme sıvısı bakteri kültürünün oluşması için uygun bir ortam teşkil eder. Sıcaklık, su, çözülmüş veya emülsiyeye halde bulunan organik malzemeler (yağlar ve korozyon önleyiciler iyi azot kaynaklarıdır), ve oksidasyon oranının farklı olduğu bölgeler, bakteri kültürünün çok hızlı bir şekilde üremesine sebep olur. Bakteri üremesini yavaşlatmak amacıyla kesme sıvısı karışımına katkılar katılır. Bu antimikrobiyel katkılara biositler denir.

Aeorobik bakteriler, indirekt ve direkt olmak üzere iki şekilde korozyona sebep olur. En açık etkileri kesme sıvısı içine korozyon koruyuculuğu sağlaması için eklenmiş olan kimyasal maddelerin (antikorozif) yapılarını bozmalarıdır. Antikorozif katkılar yüksek miktarda azot içerirler. Azot ise bakterilerin büyük çoğunluğu için ana enerji kaynağıdır. Bakteriler ayrıca metaller için korozif olan asidik atık maddeler üretirler. Bakterilerin kesme sıvısı karışımına diğeri bir zararları karışım içindeki yararlı maddeleri küçük parçalara ayırmalarıdır. Büyük parçaların bölünmesiyle oluşan bu küçük parçaların, bazıları yada hepsi korozif olabilir (Byers, 1994).

### 5.5.12.2 Anaerobik Korozyon

Korozyona sebep olan diğerk bir bakteri türünü yirminci yüzyılın başlarında iki Hollandalı araştırmacı, Von Wolzogen Huhr ve Van der Vlugt bulmuştur. Yer altı boruları üzerinde yaptıkları çalışma esnasında, korozyon ürünü olan siyah lekeler (demir sülfat) yalnızca borulara yapışmış şekilde rastlamayıp, aynı zamanda korozyona uğramış boruların etrafındaki toprakta da rastlamışlardır. Buradan yola çıkarak sülfat tüketen (aneerobik) bakterilerin varlığını ortaya koymuşlardır.

Bakterilerin çoğu kükürt içeren maddeleri sentezlemek için çok az miktarda sülfatı indirger. Fakat çok az türdeki bakteri ana enerji kaynağı olarak sülfat indirgemesini gerçekleştirir. Yaşayan canlıların çoğu enerjilerinin büyük bir kısmını şekerleri özellikle glikozu oksitleyerek sağlarlar. Buda ancak, oksijenin glikozla aynı zamanda içeri alınması ve suya indirgenmesiyle mümkündür.

Aneerobik bakterilerde ise bu söz konusu değildir. çeker kullanmazlar. Fakat laktik asit tuzunu okside ederek enerji sağlarlar. Oksijen kullanmak yerine ana enerji üretim proseslerini gerçekleştirmek için sülfatı sülfide indirgerler. Metal işleme sıvıları için sülfidler (özellikle demir sülfid) siyah renktedir ve kükürtlü kokar. Sülfat indirgeyen bakterilerin çok az türü olmasına rağmen çok geniş bir alana yayılmışlardır. Örneğin metal talaşlarında (özellikle dökme demir talaşı). Oksijenin varlığında bu bakteriler lekelenme, kötü koku veya korozyon gibi bir probleme yol açmazlar. Fakat yaşamlarını sürdürürler. Ortamda çok az miktarda oksijen bulunması aneerobik bakterilerin beslenmesini ve çoğalmasını önler. Fakat ortamda bulunan, yaşamak için oksijene ihtiyaç duyan bakteriler statik alanları deokside ederek aneerobik bakterilerin ihtiyaı olan ortamı hazırlarlar.

Aneerobik bakteriler, ihtiyaç duydukları sülfatı, metal işleme sıvısı içindeki emülsiyede edicilerden sağlarlar. Emülsiyede edici katkı maddelerinin çoğu sülfat içerir. Bununla birlikte metallerin çoğunun içinde kükürt yada kükürtlü yabancı maddeler bulunur.

Ayrıca su belirli bir miktar kalsiyum ve magnezyum sülfat içerir. Bunun kaynağı suyun yer altında temas ettiği kayalardır. Her yerde bulunan aneerobik bakteriler suyun iindedede bulunur. Bu bakteriler uyku halinde bulunurlar ve büyüyüp gelişmek için oksijen miktarının düşmesini beklerler.

Görüldüğu üzere oksijenin bulunması veya bulunmaması halinde de bakteriler korozyona sebep olmaktadır. Eğer korozyona sebep olan bakteriler aerobik bakteriler ise, korozyon pas şeklinde kendini gösterir. Aneerobik bakteriler ise siyah lekeler halinde kendini gösterir,

çünkü metalden bir miktar sülfür almıştır (Byers, 1994).

## 5.6 Kesme Sıvısının Korozyon Koruyuculuğu

İş parçasının ve makinanın güvenilir korozyon koruyuculuğunu sağlamak kesme sıvısının en önemli özelliğidir. Ürünlerde korozyon olduğunda, bunun belirtileri siyah noktalar, pas filmi, yüzey pası yada çatlak korozyonu şeklindedir. Bu durum ilave masraflara yol açar yada parçanın hurdaya çıkarılmasına sebep olur. Korozyona karşı korunum iki şekilde olur: Fiziksel olarak koruyucu tabaka oluşturarak (yağ yada boya) veya metal yüzeyi pasif hale getirerek.

Suda çözünebilen yağlarla hazırlanan kesme sıvıları içinde katkı maddelerinin kullanılması kaçınılmazdır. Katkı maddeleri çoğunlukla suyun negatif etkilerini önlemeye yöneliktir.

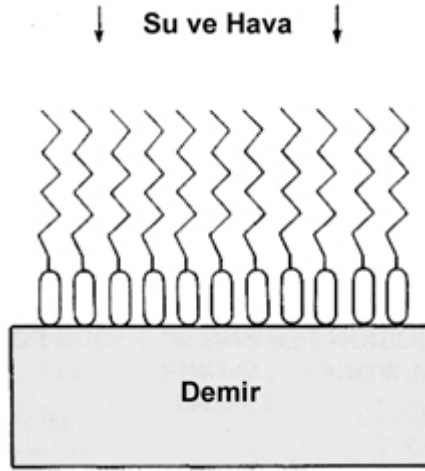
### 5.6.1 Pasive Ediciler

Karbon çeliği nemli havayla karşılaştığında yüzeyinde oksit tabakası oluşur. Bu tabaka gözeneklidir, su ve oksijeni geçirerek alt tabakalarda korozyonun devamına izin verir. Diğer taraftan kromda bir oksit tabakası meydana getirir fakat bu tabaka gözenekli değildir ve oksidatif korozyonun ilerlemesini engeller. Elektrokimyasal seri'de daha üst sıralarda bulunan Alüminyum da benzer şekilde koruyucu oksit tabakası oluşturarak kendi kendini pasifize eder. Metaller üzerinde oluşması en muhtemel film, oksit tabakası iken aynı prensiple aynı metal pasifleştirici ajanlarla birleştirildiğinde koruyucu film tabakası oluşur. Örneğin demir; nitrit, kromat, molybdan, tungsten veya perteknetat ( $TcO_4^-$ ) çözeltisine batırıldığında pasifleşir. Keza demir, konsantre haldeki nitrit asit çözeltisine batırıldığında da geçici olarak pasifleşir. Fakat bu metotlar, zehirli etkilerinden ötürü metal işleme sıvılarına uygulanamaz. İş parçasını pasifize etmek suretiyle korozyonu önlemek için az sayıda okside edici katkı maddesi vardır. Bunlara örnek olarak amin-boratlara, karboksil aminler ve sülfat tuzları sayılabilir

### 5.6.2 Organik Film Yapıcılar

Organik film yapıcı maddeler metal yüzeyini tamamen kaplarlar. Kesme sıvısı içindeki feti asitlerin uzun su itici hidrokarbon kuyrukları ve metal yüzeyine ilgisi yüksek başları vardır. Uzun ve ince moleküller birbirlerine kabaca paralel ve metal yüzeyine dik olacak şekilde sıralanır ve tek tabakalı su ve havayı geçirmeyen, feti tabaka meydana getirirler. (Şekil 5.11) Bu doymuş moleküller su bazlı metal işleme sıvılarında kullanıldıklarında çok iyi korozyon önleyici olarak görev yaparlar fakat operasyon sonrası uzun süreli depolamalarda yetersiz

kalırlar.



Şekil 5.11 Korozyon önleyici organik film tabakasının oluşumu (Byers, 1994).

### 5.6.3 Mikrobiyal Korozyona Karşı Katkılar

Kesme sıvısı içindeki bakteriler ve mikroplar korozyona sebep olabilir. Metal kesme sıvısında uzun süredir süregelen bakteriyel kaynaklı kokular ve buna bağlı korozyon problemleri mevcut ise sıvıyı makinadan uzaklaştırmak, makinayı temizlemek ve yeni sıvı koymanın haricinde yapılacak çok az şey vardır. Problemin tekrardan nüksetmesinin önüne geçmek için birçok adıma dikkat etmek gerekir. Sıvının doğru konsantrasyonda olmasına dikkat edilmelidir. Konsantrasyonu düşük olan sıvı içinde kısa sürede mikrobiyal oluşumlar meydana gelecektir. Keza sıvı içine yabancı kirliliklerin girmesi bakteri problemlerine yol açan diğer bir unsurdur. Eğer sistemde bakteriyel oluşum yeni başlamış ise sisteme doğru biositin eklenmesi sorunu çözebilir. Fakat problemin kaynağını bulmak, bir daha oluşmasını önlemek maksadıyla gereklidir.

Aneorobik kirliliklerden kaynaklanan kötü kokular ve siyah lekelerin önlenmesi için sıvının oksijen konsantrasyonu artırılmalıdır. Bunun için sıvının sürekli olarak sirküle etmesi, tank ve sistem içinde bir bölgede tortunun birikmesinin önüne geçilmesi gerekir. Özellikle bu tortular dökme demir malzemedен kaynaklanıyorsa, kükürt bakımından zengin bir ortam olduğu için aneorobik bakteriler çabuk bir şekilde çoğalırlar. Biriken tortular sistemden uzaklaştırılmalıdır. Metal işleme sıvısının konsantrasyonu önerilen değerde tutulursa bakteriyel problemler ve korozyon problemleri önlenmiş olur.

### 5.7 Kesme Sıvılarına Uygulanan Korozyon Testleri

Çalışma esnasında, kesme sıvısı için belirlenmiş olan spesifik konsantrasyon değeri sürekli sağlandığı müddetçe, kesme sıvısı pasa karşı koruma sağlar. Emülsiyonlar kullanıldığında çok farklı etkenlerin negatif etkileri olur:

- Konsantrasyon değişkendir.
- pH değeri düşer. Bunun nedeni, asidik bileşiklerin ortamda varolmasıdır. Bu asidik bileşikler fosfor içeren maddeler ve yüksek oranda mikrobiyal maddelerdir.
- Klor yada diğer tuzlar ortaya çıkar ve birikir.

Farklı test metotları vardır. DIN 51 360'a göre gerçekleştirilen korozyon koruma testleri tutarlı sonuçlar vermektedir.

#### 5.7.1 Herbert Testi DIN 51 360/1

Bileşimi belirli olan bir dökme demir plaka parlatılarak hazırlanır. Frezeleme talaşları 2gr'lık kümeler halinde bölgelere yerleştirilir. Talaş kümeleri pratikte kullanılan emülsiyonla yada kimyasal kesme sıvısıyla ıslatılır. Talaşlar ve dökme demir plaka pleksiglas kutu içinde sabit nemde 24 saat bekletilir. Süre sonunda siyah noktalara (S) ve pas oluşumu (R) 0-6 rakam aralığında değerlendirilir. Örnek: %2 R1 S2 , %3 R0 S0

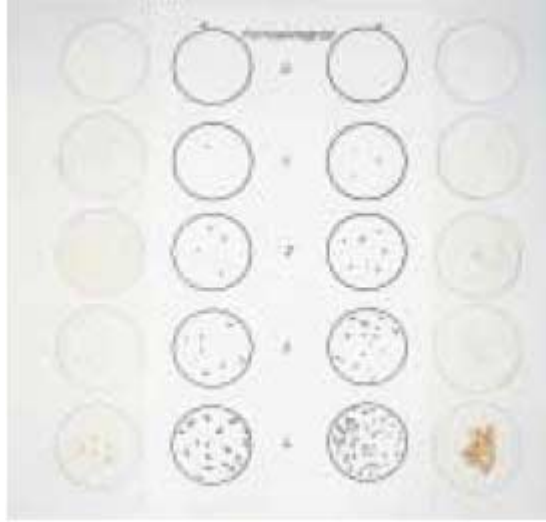


Şekil 5.12 Herbert testi DIN 51 360/1 (Rhenus, 1997)

#### 5.7.2 Talaş Testi DIN 51 360/2

2 gr dökme demir talaşı dairesel filtre kağıdına konur ve cam hazneye yerleştirilir. 2ml

emülsiyonla yada kimyasal kesme sıvısıyla ıslatılır. Test 2 saat sürer. Bu nedenle “2 saat testi” olarak da bilinir. Filtre üzerindeki pas lekelerinin sayısı bir diagramla karşılaştırılarak sonuca gidilir.



Şekil 5.13 Talaş testi DIN 51 360/2 (Rhenus, 1997)

Herbert testi, daha fazla zahmet gerektirir ve günümüzde daha çok ürün geliştirme safhalarında kullanılır. Talaş testi, çoğunlukla emülsiyonlar üzerinde uygulanır ve kısa sürelidir.

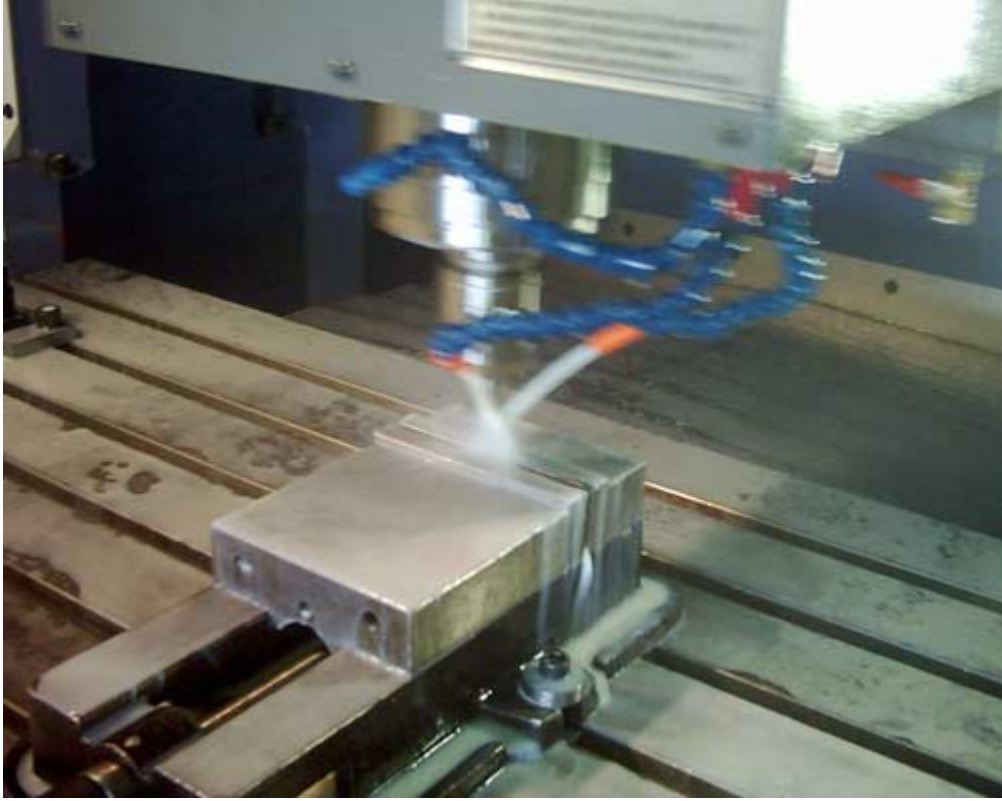
### 5.8 Korozyonun Makine Parçaları Üzerindeki Etkileri ve Alınacak Önlemler

Yüksek yük altında çalışan makine parçalarının yorulma aşınması, suyun ortama girmesiyle hızlanır. Makinanın contaları kesme sıvısını geçirmeme özelliklerini yitirirlerse rulmanlar, yataklar ve şaft gibi parçalar hızlı bir şekilde korozyona uğrar. Bu etkinin şiddeti, kesme sıvısının korozyon koruyuculuğuna, konsantrasyonuna ve zamana bağlıdır.

Emülsiyonlar, rulman ve dişli yağlarını emülsiye ederek bu parçalar üzerindeki yağ tabakasını kaldırır. Parçalar yağ yetersizliğinden aşınmaya uğrar. Makine tasarlanırken, rulman ve dişli gibi yağlanan parçaların, kesme sıvısına karşı izolasyonu iyi bir şekilde yapılmalıdır.

Bakımı yapılmayan kesme sıvısı sistemlerinde, emülsiyon kalıntıları birikerek yapışkanlığa, lekelenmeye ve bakteri üremesine sebep olur. Örneğin tezgah tablaları üzerinde kalan kesme sıvısı kalıntıları temizlenmezse, lekelenmeye yol açabilirler (Şekil 5.9).

Sentetiklerin kullanılmasında ise özel problemler ortaya çıkar. Sentetikler yeteri kadar korozyon koruyuculuğu yaparlar. Fakat aynı zamanda deterjan gibi davranarak makine



Şekil 5.9 Tezgah tablası üzerindeki kesme sıvısı artıkları.

elemanları üzerindeki gres ve makine yağlarını kaldırır. Contalar çok dikkatli bir şekilde tasarlanmalı ve konumlandırılmalıdır. Ayrıca sentetik sıvının temas ettiği yataklar otomatik yağlama mekanizmasıyla sürekli yağlanmalıdır.

Emülsiyonlar ve sentetikler, boyalı metal yüzeylerini ıslattıklarında boyayı yumuşatır, kabarcıklandırır ve kimi durumda da yüzeyden tamamen kaldırır (Şekil 5.10). Epoksi ve polyester boyalar, kesme sıvılarına karşı kabul edilebilir bir dayanım sağlar (Schey, 1983).



Şekil 5.10 Kesme sıvısının tezgah boyasını kaldırması.

Suyla karışabilen soğutucu yağlayıcılar pasa karşı geçici bir koruma sağlar. Çünkü parçaların veya makinanın üzerinde kalan film tabakaları, su buharlaştıktan sonra, havadan nem alır (Şekil 5.14). Parça üzerindeki girintilerde kalan kesme sıvıları temizlenmelidir. Korozyon koruyuculuğunun devamlılığı malzemeye, muhafaza etme koşullarına ve muhafaza süresine ve ortamın elektrolit içeriğine bağlıdır.

Kesme operasyonunda buhar fazının oluştuğu ve soğutucu yağlayıcı tarafından sürekli ıslatılmayan yüzeylerde, korozyon kritik bir problem oluşturur. İçinde mineral yağ oranı fazla olan soğutucu yağlayıcılar tercih edilmelidir. Bu sayede korozyona karşı koruyucu tabakalar daha iyi oluşur. İklim ve nem oranındaki değişikliklerinin fazla olduğu durumlarda da buna dikkat etmek gerekir. Soğutucu yağlayıcılar, iş parçası ve makine parçalarını tamamıyla ıslattıkları zaman korozyona karşı koruyuculuk sağlayabilirler (Rhenus, 1997).

Kalıpların imalatında, kalıp üzerindeki dar bölgelerde kalan kesme sıvısı artıkları titizlikle temizlenmediği durumlarda korozyona sebep olabilmektedir. Şekil 5.15'te frezeleme operasyonundan sonra üzerinde az bir miktar kesme sıvısı kalmış kalıp ve kalıp yüzeyinde oluşan pas lekeleri görülmektedir. Kalıplarda kusursuz ve parlak yüzeyler istendiği için bu pas ve lekelerin oluşması ek temizleme işlerine neden olmaktadır. Otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren firmada, çoğu zaman kalıpların üretime yetiştirilmesi için zamanla yarışılmaktadır. Bu sebepten, kalıp üzerinde kesme sıvısından kaynaklanan pasın en aza indirilmesi istenmektedir.



Şekil 5.14 Kesme sıvısının kalıp gözleri içinde birikmesi.



Şekil 5.15 C1050 malzemedен işlenen kauçuk kalıbı üzerinde, işlemeden kalan kesme sıvısının sebep olduğu pas lekeleri.

Korozyondan kaynaklanan problemleri çözümlenmenin başlangıç noktası doğru kesme sıvısının seçimidir. Demir esaslı metallerin korozyonunu göz önüne aldığımız da metal işleme sıvısı belirli bir oranın üzerinde sulandırıldığında korozyon problemleri baş gösterecektir. Demir dışı metaller için kullanılan metal işleme sıvılarında kullanılan korozyon önleyiciler azot içerikli olduklarından karışım içerisinde üreyecek olan bakteriler için bir enerji kaynağı teşkil eder. Korozyon dayanımı yüksek olan bir metal işleme sıvısı eğer bakteri içeriyorsa, bakteriler korozyon önleyicileri kısa sürede etkisiz kılacaklar ve korozyon tehlikesi doğacaktır.

Su içindeki çözülmüş iyonlar, direkt olarak korozif madde olarak yada sıvının elektrik iletkenliğini arttırmak suretiyle çözeltinin korozivitesini arttırmalar. Eğer su yüksek oranda klor veya kükürt içeriyorsa karışım halinde oluşturulan metal işleme sıvısının korozyon kontrolünde bir düşme olur. Bu sebepten karışımında kullanılacak su içinde klor miktarı 100 ppm'i ve kükürt miktarıda 200 ppm'i geçmemelidir. Kullanım esnasında suyun sistemden buharlaşması sebebiyle sistem içindeki bu iyonların konsantrasyonu artacaktır ve korozyona sebep olacaktırlar.

Metal işleme sıvılarında karşılaşılan problemlerin diğer bir kaynağı karışım konsantrasyonunun tavsiye edilen değerde tutulmamasıdır. %5 konsantrasyonda çok verimli görev yapan bir sıvı %3 konsantrasyonda problemlere yol açabilir. Konsantrasyonu tavsiye edilen değer üzerine çıkarmak belki çok iyi bir korozyon dayanımı sağlayacaktır fakat ekonomik değildir ve insan derisi üzerinde zararlı etkileri vardır. Ayrıca tezgah ve iş parçası üzerinde lekelenmelere sebep olmaktadır.

Su bazlı metal işleme sıvısı kullanımı ile malzemede pas ile karşılaşıldığında sorunun direkt olarak sıvıdan kaynaklandığını düşünmek yanlış olur. Eğer korozyona, makinanın kesme sıvısının temas ettiği bölgelerin uzağında bir yerde rastlandıysa, probleme havadaki su buharı neden olmaktadır. Kesme sıvısı konsantrasyonunu arttırmak probleme bir çözüm getirmemektedir. Eğer korozyonun kaynağı kesme sıvısının aşırı sulandırılması ise, daha düşük kesme sıvısı eklenmesi ve üremiş bakterilere karşı kesme sıvısına biosit katılması ile problem giderilebilir (Byers, 1994).

## 6 KESME SIVILARININ FİLTRELENMESİ

Operasyon içinde kesme sıvısı bir defa kullanılsaydı, kesme sıvısı içinde oluşabilecek kirliliğin kesme sıvısı performansına bir etkisi olmazdı. Pratikte ise bazı özel prosesler dışında kesme sıvısının bir kere kullanılması kabul edilemez. Bu sebeple kesme sıvıları tekrar tekrar kullanılırlar. Kullanılan kesme sıvısı bir depo içinde toplanır ve tekrardan iş parçası-kesici takım kesişim ara yüzeyine gönderilir. Sistem basitçe bir tank ve bir pompadan oluşur.

Bu kirliliklerin kesme sıvısı üzerindeki etkilerini azaltmak gereklidir. Bu işlem kesme sıvısına yeni, taze kesme sıvısı ekleyerek veya katkıları ekleyerek kimyasal olarak gerçekleştirilir. Fakat, kesme sıvısı içindeki talaş, metal parçacıkları, tezgahtan kaynaklanan kaçak yağlar, iş parçası üzerinde bir önceki operasyondan kalan kalıntılar, çevrenin etkileri gibi bazı kirlilikler kimyasal yöntemlerle uzaklaştırılmazlar. Bu kirlilikleri mümkün olduğunca kesme sıvısından ve sistemden ayırmak gerekir. Bu ayırma işlemi filtreleme şeklinde gerçekleştirilir. Filtreleme sisteminin seçiminde birçok etken söz konusudur. Operasyon görece malzemenin türü, operasyon türü, kaldırılan talaşın şekli, kaldırılan talaşın miktarı, üretim miktarı, makinenin gücü, kullanılan kesme sıvısı türü, ihtiyaç duyulan kesme sıvısı miktarı ve makine ve teçhizatın konumu. Tipik bir filtreleme sistemi bileşenleri: geri dönüş kanalları, talaş konveyörleri, filtreler, pompalar, hazırlayıcı sistemler, elektrikli ve pnömatik kontrol organlarından oluşur.

### 6.1 Kirlilik Yaratan Partiküller

Öncelikle, kesme sıvıları için %100 temizlik diye bir kavram söz konusu değildir. Belirli bir denge değerine kadar kesme sıvısı içinde metal parçacıklarının olması kabul edilir. Önemli olan kirlilik oranının bu değeri aşmamasıdır. Varolan filtreleme sistemlerinin hiç birinde %100 temizlik sağlanamaz. Ayırma ve filtreleme görevi görece cihazlardan oluşan bir sistem kurulur ve sistemdeki metalik kirlilik oranının denge değerinin altında olması sağlanır.

Bu denge değeri, farklı proses ve filtre sistemleri için farklıdır. Ayrıca bu değer, kullanılan sıvıya, kesme sıvısının ve makinenin bakımına, filtrelemeye ve çevresel etkenlere bağlıdır. Bu denge değerinin belirlenebilmesi için kullanılmakta olan kesme sıvısı sistemi üzerinde deneyler yapılır Bu testler kesme sıvısı içindeki partikül oranını sınırlamada yol gösterici olur. Çizelge 6.1’de kesme sıvısı için denge değerinde olması gereken metal parçacık miktarları yer almaktadır. Birinci değer, sistem içinde kabul edilebilecek metal parçacık miktarını gösterir. Örneğin 10 mg/l (ppm) değeri 380.000 litrelik sistem içinde 3.8 kg kirlilik miktarının kabul edilebilir olduğunu gösterir.

Çizelge 6.1 Farklı malzemelerin işlenmesinde kesme sıvısı için denge değerleri  
(Byers, 1994)

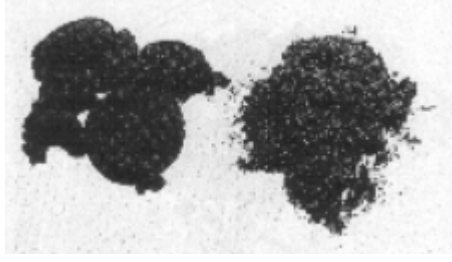
	Miktar (ppm)	Kalite ( $\mu\text{m}$ )
<b>Dökme demir</b>		
Talaş kaldırma	20	15
Taşlama	30	30
<b>Çelik</b>		
Talaş kaldırma	25	20
Taşlama	12	16
<b>Alüminyum</b>		
Talaş kaldırma	10	15
Taşlama	10	15
<b>Cam</b>		
Taşlama	100	<5

İkinci değer ise, sistemde sirküle eden metal parçacıklarının kalitesini gösterir. Buradaki kalite kavramı, parçacıkların boyutlarını belirtmektedir. Kesici takım – iş parçası ara yüzeyine ulaşan parçacıkların boyutları önemlidir. Sistemde dolaşan parçacıklar çeşitli şekillerde bulunabilir. Bu sebeple Çizelge 6.1’de liner değerler üzerinden bir karşılaştırma yapılmıştır.

Sistemde dolaşan metal parçacıklar, talaş kaldırma işleminin başlamasıyla meydana gelir. Parçacıkların şekilleri ve büyüklükleri iş parçasının cinsine ve uygulanan operasyona bağlıdır. Çelik malzemenin talaşı uzun ve kavisli yada küçük ve halkalı olur (Şekil 6.1). Eğer çelik malzemeye taşlama operasyonu uygulanırsa, çıkan talaşlar birbirlerine kenetlenmiş şekildedirler. Şekillerinden ötürü bu talaş “balık kancası” denir (Şekil 6.2) . Alüminyum’un işlenmesinde çok farklı şekillerde talaşlar meydana gelir. Genellikle Alüminyum’un işlenmesiyle ve taşlanmasıyla



Şekil 6.1 Çelik malzeme talaş kaldırma talaşı (Byers, 1994)

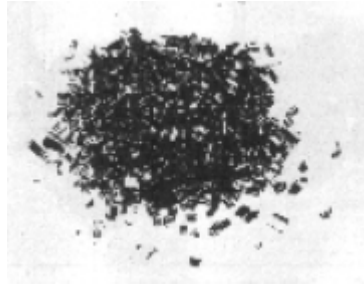


Şekil 6.2 Çelik malzeme taşlama talaşı (Byers, 1994)

elde edilen talaşlar birbirlerine çok benzerdirler (Şekil 6.3). Dökme demir malzeme talaşı daha düz ve kütleli olarak daha yoğundur (Şekil 6.4). Operasyonlarda oluşan talaşı dikkatlice inceleyerek en uygun filtre sistemini uygulamak gerekir.



Şekil 6.3 Alüminyum malzeme talaşı (Byers, 1994)



Şekil 6.4 Dökme demir malzeme talaşı (Byers, 1994)

## 6.2 Transfer Sistemleri

Bu sistemler, kesme sıvısının kesici takım – iş parçası ara yüzeyinde oluşan talaşı sürüklemesiyle oluşan, kesme sıvısı ve talaş karışımını filtreleme işleminin yapılacağı bölgeye taşıyan elemanlardan oluşur. Bu elemanlar genellikle konveyörlerdir.

## 6.3 Kesme Sıvısını Tekrar Kullanıma Hazırlayan Sistemler

Genellikle kaba talaşlar, talaşın taşındığı konveyör üzerinde kalır ve kaba filtreleme bu

şekilde gerçekleştirilir. Kaba talaştan ayrıştırılan kesme sıvısı, ileri filtreleme işlemlerine tabi tutulur. Tekrar kullanıma hazırlama işlemleri 3 dakika ile 1 saat arasında değişen sürelerde gerçekleşir. Zaman göz önünde bulundurulmaksızın, kesme sıvısı sistemde sürekli sirküle olur ve kirlilikler sıvıdan uzaklaştırılır.

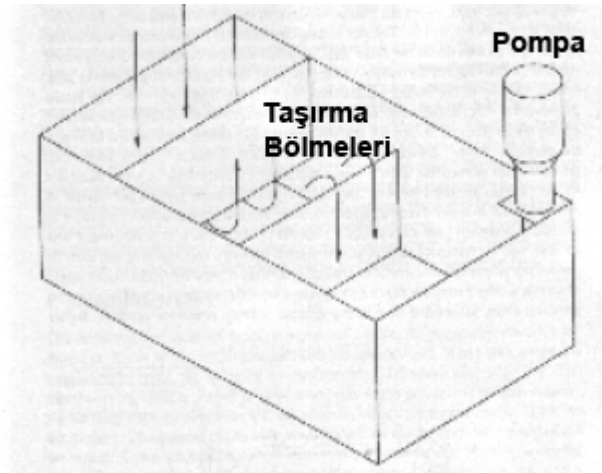
Kesme sıvısını tekrar kullanıma hazırlayan sistemler, Ayırma sistemleri ve Filtreleme sistemleri olarak iki kategoride incelenebilir.

### 6.3.1 Ayırma Sistemleri

Ayırma prosesinde bazı fiziksel özelliklerden faydalanılır. Bunlar ağırlık farklılığı, köpük oluşturma ve manyetiklenebilme kabiliyeti olarak sıralanabilir.

#### 6.3.1.1 Çöktürme Tankları

Makinelerdeki en temel ayırma cihazı çöktürme tanklarıdır (Şekil 6.5). Genellikle makine boyunca konumlandırılmışlardır. Çöktürme tankının sıvı kapasitesi, çöktürme süresine etki etmektedir.



Şekil 6.5 Çöktürme tankı (Byers, 1994)

Çöktürme süresi, işlenen malzemenin cinsine ve talaşın büyüklüğüne bağlıdır. Ortalama bir tank için çöktürme süresi 5 dakikadır. Çöktürme tankları özellikle dökme demir malzemenin işlenmesinde kullanışlıdır. Dökme demir malzemenin taşlanması da çöktürme tankları kullanılabilir. Fakat çöktürme süresi daha uzar.

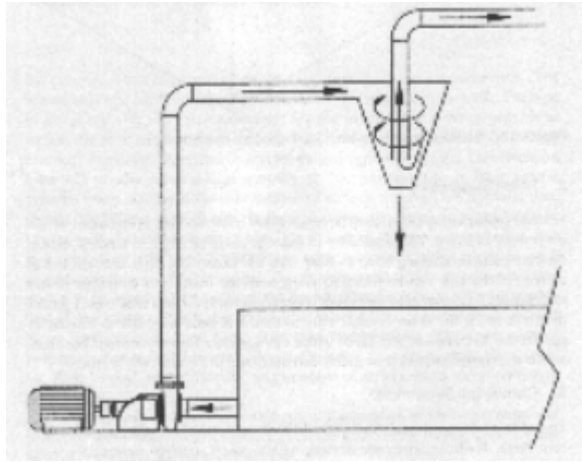
Çöktürme sistemleri, kesme sıvıları içindeki büyük talaşların ve parçacıkların ayrılmasını sağlarlar. Fakat çöktürme işleminden sonra ek işlemler uygulanmalıdır.

### 6.3.1.2 Köpük Ayırıcılar

Bazı ayırma sistemlerinde, köpüklenmenin meydana gelmesinin, parçacıkların ayrıştırılmasına yardım ettiği görülmüştür. Köpük yada hava kabarcıkları talaş parçacıklarını içine hapseder ve birlikte kesme sıvısı yüzeyinde akarlar. Tank içinde kesme sıvısı yüzeyinde köpükle birlikte toplanan talaş parçacıkları konveyör veya bar mekanizmalarıyla sıvıdan uzaklaştırılır.

### 6.3.1.3 Santrifüj Ayırıcılar

Sisteme eklenen santrifüj ayırıcılar, hidrosiklon ve santrifüj üniteleridir. Hidrosiklon ünitesine gönderilen (Şekil 6.6) kesme sıvısı burada dönme hareketi yapmaya başlar. Bu esnada kesme sıvısı içindeki partiküller hidrosiklon ünitesinin duvarlarında toplanır. Partiküller hidrosiklonun eğimli duvarlarından aşağıya doğru kayarlar. Bir miktar sıvıyla birlikte partiküller hidrosiklonun tabanından akar. Geri kalan sıvı ise hidrosiklonun üst kısmından akar. Bu ayrılma hidrosiklon içindeki basınç farklılıklarından, sıvının ve partiküllerin ağırlık farklılıklarından kaynaklanır.

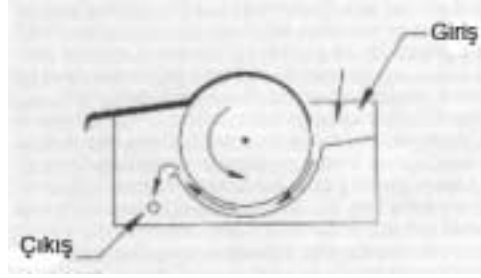


Şekil 6.6 Hidrosiklon sistemi (Byers, 1994).

### 6.3.1.4 Manyetik Ayırıcılar

Metal işleme endüstrisinde çok farklı metaller kullanılır. Bazı metaller mıknatıslanabilme özelliğine sahiptir. Mıknatıslanabilen bir malzeme işlendiğinde, metal parçalarını kesme sıvısından ayırmak için mıknatıs kullanılabilir. Kesme sıvısı, sabit bir mıknatıs sisteminden geçirilir. Mıknatıslanabilen parçacıklar mıknatısa yapışır. Mıknatıs sürekli dönen bir silindir şeklindedir. Mıknatısın üzerine yerleştirilmiş bir kanat mıknatıs üzerine yapışan metal parçalarını mıknatıstan ayırır (Şekil 6.7). Manyetik ayırma yönteminin uygulanabilmesi için

sistemin debisinin 946 l/dak'dan az olması gerekir.



Şekil 6.7 Manyetik sistem (Byers, 1994)

### 6.3.1.5 Yağ Ayırıcılar

Kesme sıvısı içine; tezgahın yağlanan parçalarından, iş parçası üzerinde daha önceki operasyonlardan kalan veya çevreden kaynaklanan kaçak yağ karışımı meydana gelir. Kaçak yağların kesme sıvısı sistemini bozucu etkisi vardır. Kesme sıvısının yüzeyinde birikerek sıvının hava ile temasını kesip, sıvıya bozucu ve dolayısıyla ömrünü kısaltıcı etki yaparlar. Bu sebepten yüzeyde biriken bu yağların mümkün olduğu kadar temizlenmesi gerekir. Yüzeyde biriken bu yağlar sünger ile düzenli olarak alınmalıdır. Kaçak yağları sistemden ayırmak için otomatik yağ ayırıcı üniteler kullanılır (Şekil 6.8). Yağ ayırıcılar kesme sıvısının depolandığı hazneye yerleştirilirler. Yağ ayırma ünitesi dönen bir disk ve sıyrıcılardan oluşur. Kesme sıvısı içinde dönen disk üzerine kaçak yağlar yapışır. Disk ile temastaki sıyrıcılar vasıtasıyla kaçak yağlar ayrı bir bölmeye transfer edilir.



Şekil 6.8 Yağ ayırma ünitesi.

### 6.3.2 Filtre Sistemleri

Kesme sıvısını bir filtreden veya benzer bir medyadan geçirerek, küçük parçacıkların bu medyada tutulmasını sağlamak filtreleme işleminin diğer bir aşamasıdır. Sistem içindeki filtrenin ek bir kuvvetle aktive edilmesi gerekir. Filtre sistemlerinde 3 farklı kontrol edici kuvvet vardır: ağırlık, vakum ve basınç.

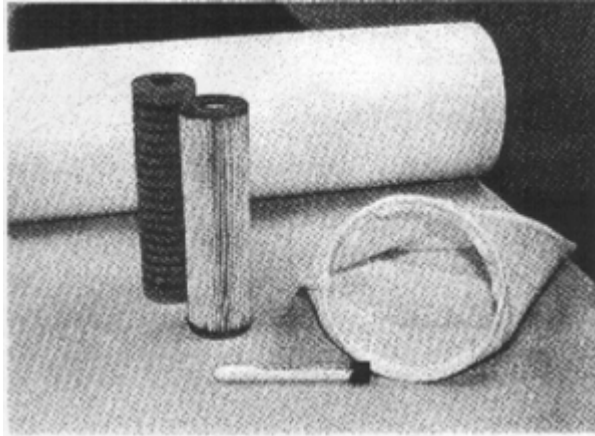
Birçok çeşit filtre malzemesi vardır. Sistemde birim alana düşen talaş miktarı yoğunluğu yükseldikçe, daha iyi bir filtrelemeye ihtiyaç duyulur. Filtreleme sisteminin elemanları; değiştirilebilen medya kullanan elemanlar ve sabit medya kullanan elemanlar diye ikiye ayrılır.

#### 6.3.2.1 Değiştirilebilen Filtreler

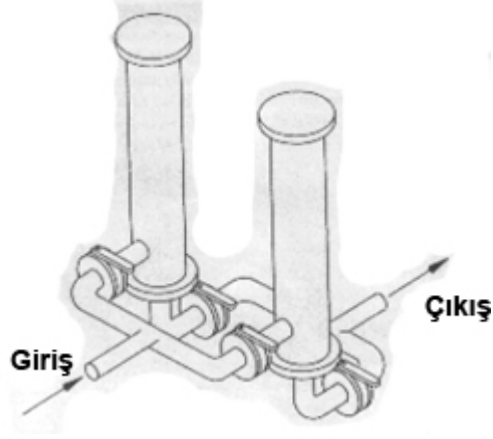
Filtre torbaları, kartuşlar, silindir filtreler, düz kağıt filtreler değiştirilebilen filtreler olarak sayılabilir (Şekil 6.9).

Torba filtreler kesme sıvısı içindeki partikülleri tutarken kesme sıvısının akışına izin verirler. Sistem basınç kuvveti etkisinde çalışır. Sistemde torba filtre içindeki basıncı gösteren göstergeler bulunur. Torba içindeki basıncın düşmesi torbanın dolduğunu yada akışta bir düşüşün olduğunu gösterir. Böyle bir durumda torba manuel olarak değiştirilir.

Kartuş filtreler daha iyi bir filtreleme sağlamak için genellikle son aşamalarda uygulanırlar (Şekil 6.10). Filtreleme yine basınç kuvveti etkisinde gerçekleştirilir. Kartuş filtreler içindeki akış hızı torba filtrelere göre daha düşüktür. Bu sebepten yüksek akış hızlı sistemlerde kullanılamazlar.



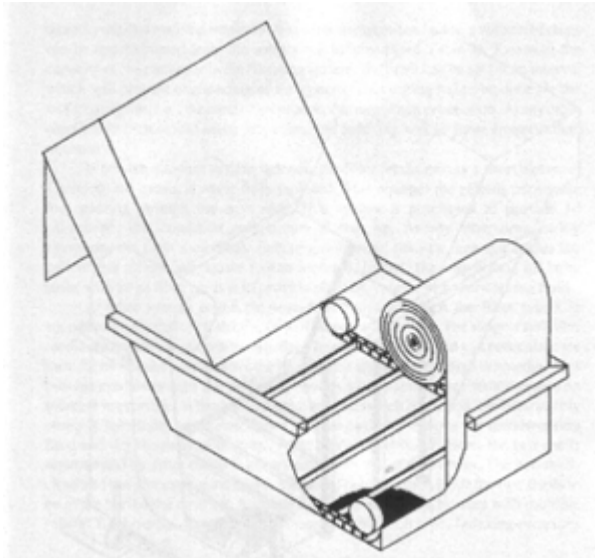
Şekil 6.9 Değiştirilebilir filtreler (Byers, 1994)



Şekil 6.10 Kartuş filtre (Byers, 1994)

Rulo filtre sistemlerinde, talaş filtre kağıdı üzerine gönderilir ve burada kesme sıvısının süzülmesi sağlanır (6.11). Yerçekiminin etkisiyle kesme sıvısı filtre kağıdının altındaki bölmeye süzülür.

Vakum sistemleri, ağırlık ilkesine dayanarak çalışırlar. Farklı olarak filtre medyasının altına yerleştirilen pompa negatif basınç oluşturarak sistemi destekler.

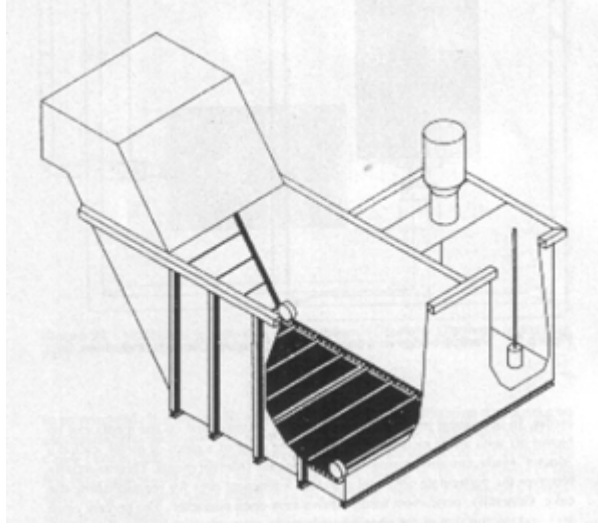


Şekil 6.11 Yerçekiminden faydalanan rulo filtre sistemi (Byers, 1994)

### 6.3.2.2 Sabit Filtreler

Sabit filtreler, değiştirilebilen filtrelerle aynı kuvvetlerin etkisinde çalışırlar. Genellikle demir tel örmeden yapılırlar. Sabit filtrede toplanan partiküller, filtreden ayrılarak atılırken,

değiştirilebilen filtrede toplanan partiküller filtreye birlikte atılır. Sabit filtrelerde toplanan partiküller ise havayla veya kesme sıvısıyla temizlenerek uzaklaştırılırlar (Şekil 6.12).



Şekil 6.12 Sabit filtreleme sistemi (Byers, 1994)

## 7 UYGUN KESME SIVISININ SEÇİMİ VE UYGULANMASI

Bu bölümde iş parçası malzemesine bağlı olarak kesme sıvısı seçimine, kesme sıvısı sisteminin çalışmaya hazırlanmasına ve kesme sıvılarına uygulanan bakım işlemlerine yer verilmiştir. Ayrıca bu hususta Otoyol firmasında yapılmış bir çalışmadan bahsedilmiştir.

### 7.1 Uygun Kesme Sıvısı Seçimi

Talaşlı imalat işlemlerinde kullanılacak kesme sıvısı seçilirken işlenen malzemenin de dikkate alınması gerekir. Hatta çoğu zaman, sadece işlenen malzeme göz önünde bulundurularak kesme sıvısı seçilir. Çünkü malzemenin sertliği, korozyon direnci, ısı iletkenliği gibi özellikleri kesme sıvısı seçimini etkileyen etkenlerdir.

#### 7.1.1 Dökme demir

Çok kolay ve kuru halde de işlenebilen bir malzeme türüdür. İşlenmesi sırasında kolay kırılan kısa talaş ve siyah renkte toz meydana gelir. Dolayısıyla, talaş ve tozu yıkaya bilmek ve filtre edebilmek için kesme sıvısı kullanılmaktadır. Ancak, dökme demir malzemeler çok kolay oksidasyona uğrayıp paslandığından, basit suyla karışabilir yağların içindeki sabunlar gibi bazı elementlerin dibe çökmesine neden olurlar. Ayrıca dökme demir malzeme içindeki grafit, mineral yağla reaksiyona girer (Rhenus, 1994). Bu yüzden dökme demir malzemelerin işlenmesinde kimyasal kesme sıvıları tercih edilir. Dökme demir malzemenin işlenmesinde hava jeti ile soğutma da yapılabilir, ancak matkap ile delme işlemlerinde daha hassas boyutlar ve daha iyi yüzey kaliteleri için sülfür katkılı kesme yağlarının kullanımı zorunludur.

#### 7.1.2 Çelikler

Çelik malzemelerin çeşitliliğinden dolayı bu malzemelerin işlenmesinde çok çeşitli kesme sıvıları kullanılabilir. Çelik malzeme içindeki karbon oranı düştüğünde, yapışık talaş tipi elde edilir. Düşük viskoziteli yağlar bu malzemeler için uygundur. Çelik içindeki karbon oranının artması ile sertlik arttığından işleme güçlüğü ortaya çıkar. Bu yüzden yüksek karbonlu ve alaşımlı çeliklerde EP yüksek basınç katkı maddeli kesme sıvıları kullanılmaktadır. Sülfür esaslı katkı maddeleri içeren çelikler, özellikle otomat çelikleri su esaslı kesme sıvıları kullanılarak kesilmelidir. Çeliklerin işlenmesi sırasında, kesme sıvısından kaynaklanan lekelenme problemi söz konusu değildir (Çakır, 2005).

#### 7.1.3 Paslanmaz çelikler

Paslanmaz çelikler, ısıya dayanıklı alaşımları ve yüksek düzeyde nikel ve kobalt içeren özel

bir çelik grubudur. İşleme sırasında sertleşme gösterirler. Bu sebeple talaş kaldırma sırasında çok yüksek ısılar oluşur. Yüksek ısı kontrol altına alınmazsa kesici takım kısa zamanda aşınır. Bu grup çelikler için kesme sıvısı olarak EP yüksek basınç katkılı saf madeni yağlar kullanılmalıdır. Sülfür ve klor içeren emülsiyonlar yüksek kesme hızlarında etkilidirler. Ancak, serbest sülfür içeren yağların, nikel içeriği yüksek alaşımlarda leke bıraktığına da dikkat edilmelidir (BLF, 2000). Bunun dışında diğer imalat çeliklerinde, suyla karışabilir yağlar kesme sıvısı olarak kullanılabilir (Çakır, 2005).

#### **7.1.4 Alüminyum ve alaşımları**

Demir içeren metallerin işlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılan kesme sıvıları, 3 sebepten ötürü alüminyum malzemenin işlenmesinde tutarlı sonuçlar vermeyebilir. Birinci olarak alüminyumun hızlı işlenmesi esnasında, işlenen taze yüzeylerde alüminyum oksit film tabakası oluşur. Bu film tabakası talaşın kesici takım kesme kenarlarına yapışmasına yol açar ve kesici takım aşınmasına sebep olur. Bunu önlemek için, kullanılacak kesme sıvısının alüminyum oksit oluşumunu önleyecek katkıları içermesi gerekir. İkinci neden; alüminyum alaşımları önemli miktarda silisyum içerirler. Silisyum, malzemeye aşındırıcı özellik katarak işleme esnasındaki sıcaklığı artırır, talaş kesici takıma yapışır ve yığma ağzı meydana gelir. Bunun önüne geçmek için kesme sıvısının yüksek basınç ve yağlayıcı katkıları içermesi gerekir. Diğer bir etkende alüminyum ve alaşımlarının sıcaklıkla genleşme katsayılarının yüksek olmasıdır. Bu sebepten kesme sıvısının ısıyı çok hızlı bir şekilde dağıtması istenir. Aksi takdirde işlenen parçanın ölçüsel hassasiyeti sağlanamaz (Kelly, 2001).

Alüminyum ve alaşımlarının işlenmesinde hem saf kesme yağlarını, hem de suyla karışabilir yağları kullanmak mümkündür. Talaş kaldırma sırasında talaşın kesici takıma yapışmasını önlemek için kesme sıvısı olarak kullanılacak saf yağın viskozitesinin düşük olması gerekir. Kesme sıvısının alüminyum üzerinde leke bırakmaması için pH değerinin düşük olması ve yağlı katkı maddeleri içeren suyla karışabilir yağ olarak seçilmesi lazımdır.

Yüksek miktarda silisyum içeren alüminyum alaşımları içerisindeki silisyum oranı % 8 - 16 arasında değişir. Bu miktardaki silisyum, alüminyumun erime noktasını ve viskozitesini düşürür. Alaşım yumuşaktır, ancak, sert silisyum tanecikleri sebebiyle kesici takım kısa sürede aşınır. Bu tip alüminyum alaşımlarında, yüksek düzeyde EP katkıları içeren suyla karışabilir yağ, kesme sıvısı olarak kullanılmalıdır.

Alüminyum malzeme işleme esnasında, kesici takım kenarına yapışma eğiliminde olduğu için yığma ağzı oluşumuna sebep olarak takım ömrünü düşürür. Bu sebeplerden ötürü alüminyum

ve alaşımlarının işlenmesinde kuru kesme tercih edilmez (Lacalle, 2005).

#### **7.1.5 Bakır ve alaşımları**

Saf bakır da saf alüminyum gibi işleme güçlükleri gösterir. Bakırın işlenebilmesi için bir miktar sülfür ve kurşun bakıra ilave edilir. Pirinç ise kolayca işlenebilen bir malzemedir. Kuru da işlenebilen bakır ve alaşımlarında genellikle suda çözünebilir yağlar kullanılmaktadır. Ancak, sülfür katkılı bazı yağlar bakırda leke bıraktığı için kesme sıvısı dikkatli seçilmelidir. Bakır ve alaşımlarının işlenmesinde saf madeni yağlar da kullanılabilir. Ancak, sülfür oranı yüksek yağlar bakırı karartacağı için kullanılmaları sakıncalıdır (Çakır, 2005).

#### **7.1.6 Titanyum ve alaşımları**

Titanyum ve alaşımları işlenmesi zor malzemelerdir. Bunun başlıca sebebi talaş kaldırma esnasında takım ile talaş kesişim bölgesindeki sıcaklığın çok fazla yükselmesidir. Sıcaklık, titanyum malzemenin çok yüksek sıcaklıklarda mekanik dayanımını koruması, yüksek kesme hızlarında kesme dayanımını kaybetmemesi ve titanyumun düşük ısıl iletkenliği sebebiyle 1000°C'nin üzerine çıkar. Kesme esnasında ortaya çıkan yüksek ısı kolay bir şekilde yayılmaz. İşleme esnasında kesici takım üzerinde abrazyon, adhezif ve difüzyon aşınmaları görülür. Titanyumun, 500°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda kesici takım malzemesiyle kimyasal reaksiyona girme eğilimindedir (Hong, 2001). Kesici uç üzerine malzeme kaynamasına yol açarak, kesici aşınmasını hızlandırır. Titanyum'un elastiklik modülü çok düşük olduğu için malzemenin kesilmesi düşük paso değerlerinde zordur. Kullanılan kesici ucun aşınmamış olması gerekir.

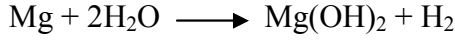
Titanyum malzeme klor ve kükürt iyonlarını içermeyen kesme sıvıları kullanılarak işlenmelidir. Klor, malzeme üzerinde gerilmeli korozyona yol açmaktadır. Özellikle işlemeden sonra parça kaynak işlemi göreceksse, kesme sıvısı içinde bulunan klor veya kükürt parçaya zarar verir. Parça işlemeden sonra yıkama işlemine tabi tutularak, üzerindeki kesme sıvısı temizlenmelidir (supraalloys.com, 2005)

#### **7.1.7 Magnezyum ve alaşımları**

Magnezyum malzeme çoğunlukla kuru işlenir. Fakat daha kaliteli bir işleme için kesme sıvısı kullanılabilir. Kuru işleme esnasında magnezyum malzemenin sıcaklığı çok yükselir. Magnezyumun sıcaklıkla genleşme katsayısı çok yüksek olduğu için parça üzerinde dikkate değer boyutsal hassasiyetsizlikler meydana gelir.

Geçmişte Magnezyum malzemeyi, kuru yada saf kesme yağları kullanarak işlemek

mümkündü. Suyla karışabilen kesme sıvılarını kullanmak mümkün değildi. Çünkü Mg'u veya Mg alaşımlarını suyla karışabilen kesme sıvısı kullanarak işlerken denklem 7.1'e göre hidrojen gazı çıkışı gerçekleşir.



H<sub>2</sub> çıkışı alevlenme riskini doğurur. H<sub>2</sub> / hava karışımı için hacmen %4 değeri patlama sınırındır. Günümüzde, Mg için geliştirilen yeni suyla karışabilen kesme sıvıları, Mg işlerken çok az miktarda H<sub>2</sub> çıkışına yol açtıkları için kullanılmalarında bir sakınca yoktur. Fakat kesme sıvısı hazırlamada kullanılacak suyun sertliğine dikkat edilmelidir. Yapılan araştırmalar, su sertliğinin artmasının, daha fazla H<sub>2</sub> çıkışına sebep olduğunu gösterir. Ayrıca amin içeren kesme sıvıları, amin içermeyenlere göre daha fazla H<sub>2</sub> çıkışına yol açar. Kesme sıvısı sıcaklığının artması da H<sub>2</sub> gazı çıkışını arttırır.

Mg işlerken kullanılacak saf yağın viskozitesi 40°C'de en fazla 10mm<sup>2</sup>/sn olmalıdır ki iyi bir soğutma etkisi sağlasın. EP katkılarına gerek duyulmaz (Schlindwein, 2001).

## 7.2 Kesme Sıvısının Hazırlanması

Kesme sıvısı hazırlanırken bazı kurallara dikkat edilmesi gerekmektedir.

### 7.2.1 Tezgah Temizliği

İmalat sahası içindeki bir tezgah kesme sıvısı ile devreye alınmadan önce mutlaka bir temizlik işlemine tabi tutulmuş olmalıdır. Söz konusu edilen bu temizlik işlemi ile sadece fiziksel bir temizlik anlaşılmamalıdır. Fiziksel temizlik yanında eski sıvının meydana getirdiği bozunum ürünü mikroorganizmaların da tamamen yok edildiği bir kimyasal temizlik de yerine getirilmiş olmalıdır. Kimyasal temizlik için firmaların çeşitli ürünleri mevcuttur.

### 7.2.2 İlk Dolum İçin Karışımın Hazırlanması

Belirlenen karışım oranında kesme sıvısını hazırlamak için, tezgah dışında ayrı bir temiz kap oluşturulmalıdır (tekne, varil v.b.). Tezgah depoları, tamamen üstü açık ve karıştırmaya uygun bir tarzda ise karışım hazırlaması tezgah deposunda da yerine getirilebilir.

Karışım hazırlanırken ilk önce karıştırma kabına su konulmalıdır. Daha sonra konsantre sıvı dökülmeli ve bu arada da bir karıştırıcı ile konsantre sıvının su içersinde tamamen karışması sağlanmalıdır. Karışımı hızlı ve homojen olarak hazırlamaya yarayan cihazlarda bulunmaktadır.

### 7.2.3 İlavelerin Yapılması

Zamanla buharlaşma ve işlenen parçalar üzerinde giden kesme sıvıları sebebiyle meydana gelen eksilmeleri tamamlamak için,

- Hazırlanan karışım oranının bir birim eksiği olarak hazırlanan karışımlar ilave edilir.
- Hiç bir zaman ilaveler sadece su yada sadece konsantre sıvı ilavesi şeklinde yapılmamalıdır.
- Her gün düzenli olarak konsantrasyon ölçülerek, yüksek konsantrasyonla karşılaşırsa düşük konsantrasyonlu ilaveler, düşük konsantrasyonla karşılaşırsa da hazırlanan ilk konsantrasyondan daha yüksek konsantrasyonda hazırlanan kesme sıvısı ilaveleri yapılmalıdır.

### 7.3 Sıvı Kontrolleri

Düzenli olarak yerine getirilmesi gereken kontroller şunlardır:

- Konsantrasyon kontrolü : Her gün refraktometre ile.
- pH kontrolü : Haftada en az birkaç kez pH kağıtları veya pH-metre ile.
- Bakteri testleri : Kesme sıvısı örneği laboratuara gönderilir.

Sıvı kontrollerinin tutulduğu, firmalarca hazırlanan çizelgeler (Şekil 7.2) bu iş için kullanılabilir.

### 7.4 Sıvı Değişimi

Çalışmakta olan kesme sıvısının değiştirilmesi için birkaç hususun gözden geçirilmesi gerekmektedir:

Konsantrasyon oranı normal değer aralığı içindeyken pH değeri minimum değer altına düşmüş ise tezgah sıvısı komple boşaltılmalı, depo ve tezgah temizlenmeli ve yeni sıvı hazırlanmalıdır.

Operasyon, malzeme ve tezgah filtrasyon sistemine bağlı olarak meydana gelen sıvı kirlenmesi, işleme operasyonunu olumsuz olarak etkileyebilir. Bu durumdaki sıvı, normal sıvı parametrelerini muhafaza etse bile değiştirilerek yenilenmesi gerekebilir.

Bakteri testleri ile yapılacak olan kontroller sonrasında belirli değerlerin üzerinde bakteri

oluşumu tespit edildiği takdirde sıvı değişikliğine gidilmelidir. Bakteri oluşturmuş ve zamanında değiştirilmemiş kesme sıvıları, özellikle sirkülasyonun durduğu zamanlarda ortaya amonyak benzeri ağır bir koku saçarlar. Bu tür durumlar sıvının bozulduğu sonucunu ortaya koyar (Mevag, 2000).

### 7.5 Kesme Sıvısı Seçimi İçin Örnek Uygulama

Otoyol A.Ş. talaşlı imalat bölümünde, kullanılmakta olan kesme sıvısının yerine başka marka bir kesme sıvısının seçilmesi için çalışma yapılmıştır. Bölümde sfero dökme demir diferansiyel gövdelerinin (Şekil 7.1) işlendiği yatay işleme merkezlerinde kullanılan kesme sıvılarının değiştirilmesine karar verilmiştir.



Şekil 7.1 Sfero dökme demir diferansiyel gövdesi (Otoyol, 2005)

Kullanılmakta olan yağla ilgili bölüm sorumlularının şikayetleri şunlardır:

- Yağ değişim aralığının kısa olması.
- Takımların çok sık temizlenmesinin gerekmesi.
- Kesici takımların takım ömürlerinin kısa olması.
- Takım ömrünün kısa olması sebebiyle kesici takım sarfiyatının çok yüksek olması.
- Tezgahın arıtma yükünün fazla olması.
- Kesme sıvısının ciltte tahriş ve kaşıntı yapması.
- Tezgah üzerinde özellikle kızaklarda korozyon meydana gelmesi. Bu sebeple kızaklarda

zorlanmaların olması.

- Koku yapması.

Tezgahlarda kullanılmakta olan yağ iki ay içinde bozulmaktadır. Takımlarda aşırı oksitlenme görülmekte, tezgah ve aparatlarda kirlilik oluşturmakta ve kesici uç ömürlerini azaltmaktadır. Bu da yağın yeterli soğutma ve temizleme yapmadığını göstermektedir.

Bu amaçla, iki farklı kesme sıvısı firmasının yarı sentetik ürünleri iki ayrı tezgahta kullanılmaya başlanılmıştır. Bölüm sorumlularının isteği üzerine kesme sıvılarının markaları belirtilmemiştir. Belirli bir süre sonucunda yapılan karşılaştırmalar şu şekildedir:

Çizelge 7.1 Kesme sıvılarının karşılaştırılması

	Kullanılmakta Olan Kesme Sıvısı	1. Yeni Kesme Sıvısı (Yarı sentetik)	2. Yeni Kesme Sıvısı (Yarı sentetik)
Kesme sıvısı ömrü	2 ay	3,5 aydır deneniyor. Bozulma yok.	3 aydır deneniyor bozulma yok.
Takım kirliliği	var	yok	Yok
Aparat kirliliği	var	var	Yok
Kesme sıvısında tortu	var	Var ( Eski yağdan kalan tortuları temizlediği söyleniyor.)	Yok
Kullanılan uç ömrü (örnek : 7165784M çap 84.91-84.94 mm hassas işleme takım ucu (fiyatı:3.58 Euro)	15 ile 20 adet parça yapıyor.	80 adet parça yaptı. İlk uç değiştirildi. Yeni ucun ömrü takip ediliyor.	105 adet parça yaptı. Uç halen kullanımda .
Filtre tıkanması	var	Var. (Eski yağdan kalan tortuların sebep olduğu söyleniyor.	Yok
Kesme sıvısının görünümü ve koku (2	Bozuk. koku var.	Tortu var. (Eski yağdan kalan tortuların buna	Berrak

ay sonunda)		sebe söyleniyor)	olduğu
Fiyatı (yaklaşık fiyatlarıdır. Deneme sırasında firmalardan alınan fiyatlarıdır)	2,900,000 TL/kg	1,8 Euro/kg	2 Euro /Kg
Kesme sıvısı miktarı	40 Lt	40 Lt	38 Lt
Çalışma konsantrasyonu	%4-%6	%4-%6	%4-%6
Kesme sıvısının işlenen parçayı temizleme özelliği (1 ay sonunda).	kötü	iyi	iyi

Karşılaştırma çizelgesinde de görüldüğü gibi firma şu ana kadar kullandığı kesme sıvısıyla büyük zarar etmiştir. Yeni kesme sıvılarıyla, en başta kullanım ömrü ve kesici uç ömrü maddeleri olmak üzere her konuda büyük gelişmeler sağlanmıştır.

Uygulama esnasında kesme sıvılarının durumlarını ve operasyonun verimliliğini kontrol altında tutmak için kesme sıvısı firmalarının hazırladığı formlardan yararlanılmıştır. Şekil 7.2’de bu formlardan biri görülmektedir.

SOĞUTMA SIVISI KONTROL FORMU													
Firma Adı:							İlgili Kişi:						
Maxime Adı:							Sistem Hacmi:						
Malzeme:							Operasyon Adı:						
Ürün Adı:							Refraktometre Faktörü:						
Uygun Konsantrasyon:							Kontrol Eden:						
Hafta No:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Konsantrasyon (%):													
PH Değeri:													
Nitrit (ppm):													
Bakteri:													
Mantar/Mays:													
<b>Tarih : Hafta / Yıl</b>													
<b>Günlük Kontroller</b>		<b>Pazartesi</b>	<b>Salı</b>	<b>Çarşamba</b>	<b>Perşembe</b>	<b>Cuma</b>							
<b>pH</b> (İlk kontrol - saat)	15												
	14												
	13												
	12												
	11												
	10												
	9												
	8												
	7												
	6												
	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
<b>Konsantrasyon % C</b> (İlk kontrol - saat)	9,00												
	9,30												
	9,10												
	8,90												
	8,70												
	8,50												
	8,00												
	7,50												
	7,00												
	6,50												
	6,00												
	5,50												
	5,00												
	4,50												
	<b>Haftalık Kontroller</b>		<b>Pazartesi</b>	<b>Salı</b>	<b>Çarşamba</b>	<b>Perşembe</b>	<b>Cuma</b>						
<b>bakteri(10<sup>^</sup>)</b>	7												
	6												
	5												
	4												
	3												
<b>Nitrit (ppm)</b>	80												
	40												
	20												
	10												
	5												
	1												
<b>Kontroller</b>		<b>Pazartesi</b>	<b>Salı</b>	<b>Çarşamba</b>	<b>Perşembe</b>	<b>Cuma</b>							
Ana tankın genel durumu													
Ana tank suyu durumu													
Taşıma tankı tamamen boş ve kuru mu?													
Makarna filte normal çalışıyor mu?													
Kağıt filte normal çalışıyor mu?													
Baklava tankı yağ ayırıcısı çalışıyor mu?													
Kağıt filtresindeki talağın durumunu, yankı var mı?													
Bugün devrede olan pompaların durumu													
Taşıyıcıya yağ taşıyor mu?													
Yağ yağdırıcı bugün çalışıyor mu?													
Yağ yağdırıcı bugün ne kadar yağ taşıyor?													
Yağ yağdırıcı bugün ne kadar yağ taşıyor?													
Fabrikada zaman zaman yapıldı mı?													
Fabrikada makine temizliği yapıldı mı?													
<b>İzeler %C</b>		<b>Pazartesi</b>	<b>Salı</b>	<b>Çarşamba</b>	<b>Perşembe</b>	<b>Cuma</b>							
<b>Stoklar</b>		<b>Pazartesi</b>	<b>Salı</b>	<b>Çarşamba</b>	<b>Perşembe</b>	<b>Cuma</b>							

Şekil 7.2 Kesme sıvısı kontrol formu (Otoyol, 2005)

## 8 KESME SIVISI KULLANIMINA ALTERNATİFLER

Kesme sıvılarının kullanımına, çevreye ve insan sağlığına zararlarından ötürü sınırlamalar getirilmiştir. Ömrünü bitirmiş kesme sıvıları büyük maliyetlere sebep olmaktadır. Şirketler kullanılmış kesme sıvısının ayrıştırılması ve geri kazanımı için ayrılan giderlerden kurtulmak için yeni kesme yöntemlerinin arayışına girmişlerdir. Ana amaç kesme sıvılarını hiç kullanmamak yada kullanım miktarlarını azaltmaktır. Kesme sıvılarının, kesici uç, iş parçası ve tezgah üzerindeki etkileri (korozyon, lekelenme vb.) göz önüne alındığında, bazı durumlarda kullanılmamalarının sağladığı faydalar dikkate değerdir.

Kesme sıvısının talaş kaldırma işleminde kullanılmaması, sıvının işleme üzerindeki yağlama, soğutma ve talaşı uzaklaştırma gibi pozitif etkilerini de kaldırır. Böylece, kesici uç üzerindeki mekanik ve termal yükler artar. Bunu takım üzerindeki adhezyon, abrazyon, difüzyon ve oksidasyon aşınmalarındaki artış izler (Schramm vd., 2004). Kesme sıvısı kullanımına getirilen alternatif yöntemler, bu olumsuz değişikliklerin etkilerini kaldırabilmelidir. Araştırmacılar kesme sıvılarının kullanımına alternatif olacak yöntemler geliştirmiş ve bu yöntemlerin uygulanabilirliklerini gösteren çalışmalar yapmışlardır. Kuru kesme ve minimum yağlayıcı kullanarak kesme en yaygın uygulama alanına sahip yöntemlerdir.

### 8.1 Kesme Sıvılarının Fayda Sağladığı Kesme İşlemleri

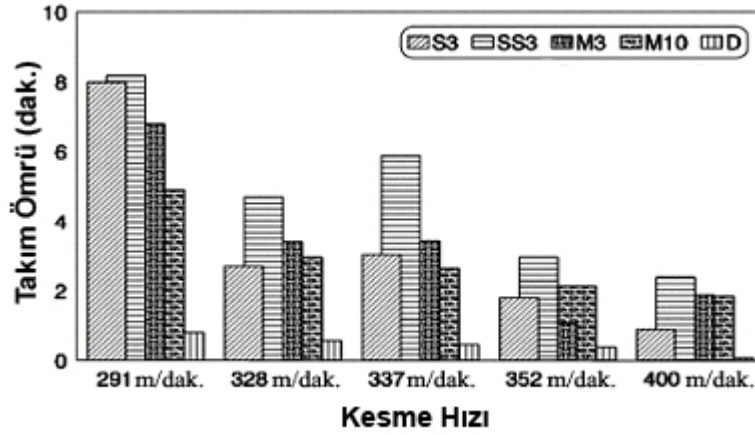
Yüksek hız çeliği (HSS) malzemedan yapılmış düşük dayanımlı kesici takımların kullanıldığı kesme operasyonlarında kesme sıvılarının kullanılması kaçınılmazdır. Kesme esnasında oluşan ısı, takım sıcaklığını çok yükseltir. Yüksek sıcaklık takımın mekanik dayanımını düşürür ve plastik deformasyonların oluşumunu kolaylaştırır. Bu durumda, kesme sıvılarından, kesici takımın dayanımının düşmesini önlemesi ve yüksek kesme hızlarına çıkılmasına izin verecek şekilde sıcaklığı düşürmesi istenir. Matkaplama, bronşlama, frezeleme, diş açma gibi HSS çeliği takımlarla yapılan kesme operasyonlarında kesme sıvıları kullanılmalıdır.

Alüminyum, bakır ve paslanmaz çelik malzemelerin işlenmesinde, malzemenin takıma yapışmasının önüne geçmek için kesme sıvısı kullanılmalıdır. Kesme sıvısı kullanımı daha kaliteli yüzey verir ve işlenen yüzey daha parlak elde edilir.

Kesme sıvılarının kullanılmalarının kaçınılmaz olduğu diğer uygulamalar ise, düşük yüzey pürüzlülüklerinin ve hassas boyutsal toleransların istenildiği operasyonlardır. Kesme sıvısının

yağlayıcılık özelliği iyi bir yüzey kalitesini garanti ederken, soğutma özelliği ise iş parçasının ısıl genişmesini önleyeceği için boyutsal hassasiyeti garanti eder (Sales vb., 2001). İş parçası üzerinde ince duvarlar işlenecekse istenen geometriyi sağlamak için kesme sıvıları kullanılmalıdır (Sanvik, 2003).

Dökme demir işlerken, malzemeden kaynaklanan tozun toplanması için kesme sıvıları kullanılır. Ayrıca, bu toz sisteme eklenen vakum cihazlarıyla da ortamdan uzaklaştırılabilir.



Şekil 8.1 Farklı kesme sıvıları kullanılarak tornalama ve kuru tornalama esnasındaki takım ömrü-kesme hızı karşılaştırması. S3 = Sentetik sıvı (%3), SS3 = Yarı sentetik sıvı (%3), M3 = Çözünebilen sıvı (%3), M10 = Çözünebilen sıvı (%10), D = Kuru kesme (Machado vb., 1997; Sales vb., 2001).

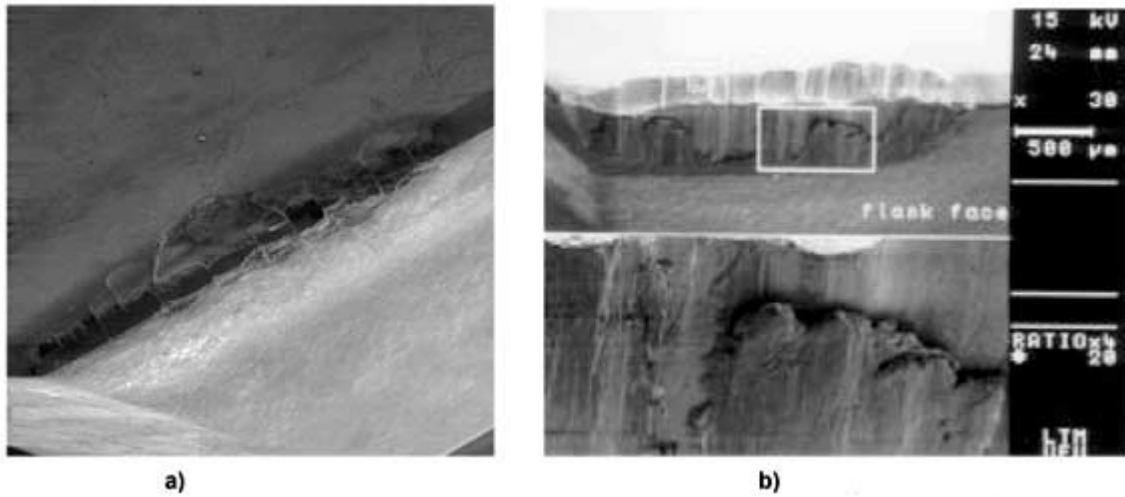
Metallerin karbür takımlarla sürekli işlenmesinde örneğin tornalanmasında, kesme sıvıları çoğunlukla kullanılır. Böyle durumlarda kesme sıvısı takım ömrünü uzatır ve bu sayede maliyetleri düşürür. Machado ve ekibi (1997), P35 kalitesinde 3 kat kaplamalı (TiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiN) karbür takımlarla, AISI 8640 çeliğini 400 m/dak. kesme hızına varan hızlarda tornalayarak yaptıkları deneylerde kesme sıvılarının önemini ortaya koymuşlardır. Deneyler esnasında farklı kesme sıvıları kullanmışlardır. Şekil 8.1’de elde ettikleri takım ömrü değerleri görülmektedir. Grafiğe baktığımızda, kuru kesme uygulandığındaki takım ömrünün en düşük değerde olduğunu görürüz (Sales vb., 2001).

## 8.2 Kesme Sıvılarının Olumsuz Etkilediği Kesme İşlemleri

Seramik takımların kullanıldığı talaş kaldırma operasyonlarında kesme sıvıları kullanılmamalıdır. Çünkü kesme sıvısı takım üzerinde termal şoklara sebep olur ve buda takıma zarar verir. Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> temelli seramik takımlar, yüksek tokluk ve termal şok dayanımına

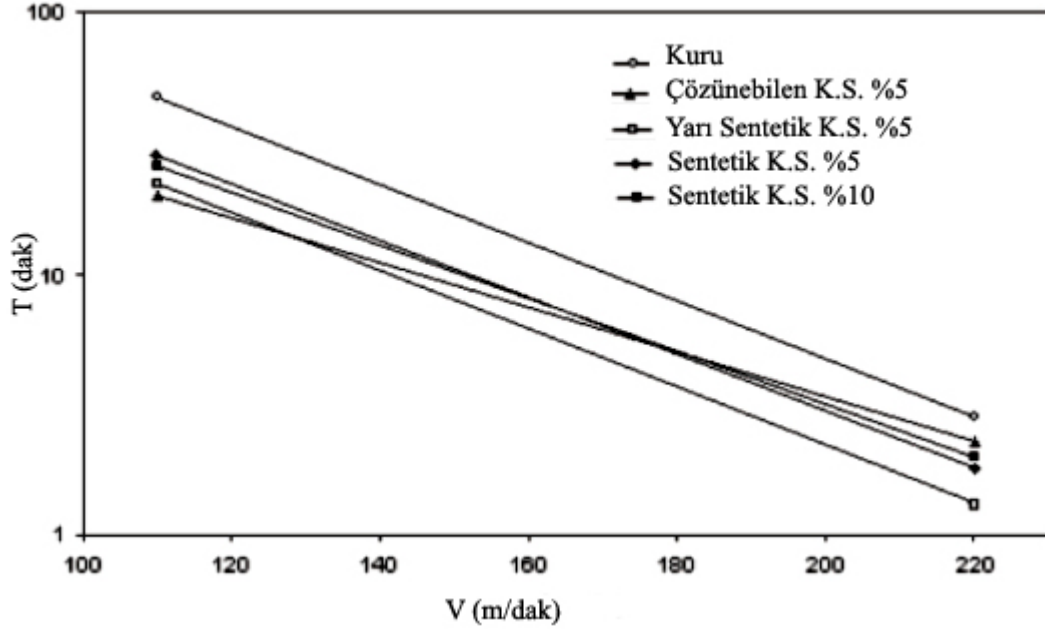
sahip oldukları için bu türden hasarlara uğramazlar. Bu koşullarda kesme sıvısı kullanımı beraberinde bazı avantajları getirebilir.

Kuru kesmenin kaçınılmaz olduğu diğer uygulamalar karbür takımların kullanıldığı kesikli kesme işlemleridir (frezeleme). Burada karbür takımlar üzerindeki aşınmanın ana sebebi termal etkilerden kaynaklanan çatlakların artarak, tarak çatlaklarını oluşturmasıdır (Ferraresi, 1977; Sales vb., 2001). Termal kaynaklı çatlaklar kesme işlemi başladıktan birkaç dakika sonra kesme kenarı üzerinde görülür (Şekil 8.2a). Bu çatlaklar kesikli kesme işleminin doğasında olan sıcaklık değişimleri sebebiyle meydana gelir. Kesme kenarı, kesme işlemi esnasında ısınırken, boşa çıktığı zaman soğur. Bu çatlaklar, kesme işleminin sürmesiyle artar ve sonuç olarak tarak çatlakları denen aşınma türünü meydana getirir (De Melo vb., 2000; Sales vb., 2001). Tarak çatlakları frezelemede takımı bozan ana unsurdur (Vieira vb., 2001; Sales vb., 2001). Şekil 8.2 b'da takım ömrünün sonuna ulaşmış, aşınmış takım üzerindeki tarak çatlakları görülmektedir.



Şekil 8.2 a) Termal çatlaklar b) Frezelemede kullanılmış karbür takım üzerindeki tarak çatlakları (De Melo vb., 2000; Vieira vb., 2001; Sales vb., 2001)

Bu tür aşınmanın baskın olduğu operasyonlarda, kesme sıvısı kullanımı sıcaklık değişimini daha çok arttırarak çatlak oluşumunu hızlandırır ve takım ömrünü düşürür. Vieira ve ekibi (1997), kesme sıvılarının bu negatif etkisini, 3 katlı kaplamaya (TiN, TiC ve TiN) sahip karbür takımlarla, AISI 8640 çeliği iş parçası üzerinde yaptıkları kuru ve farklı kesme sıvıları kullanarak frezeleme operasyonlarının sonuçlarını kıyaslayarak göstermişlerdir. Bütün deneylerde kuru kesme, kesme sıvılı kesmeye göre daha iyi sonuçlar vermiştir (Şekil 8.3).

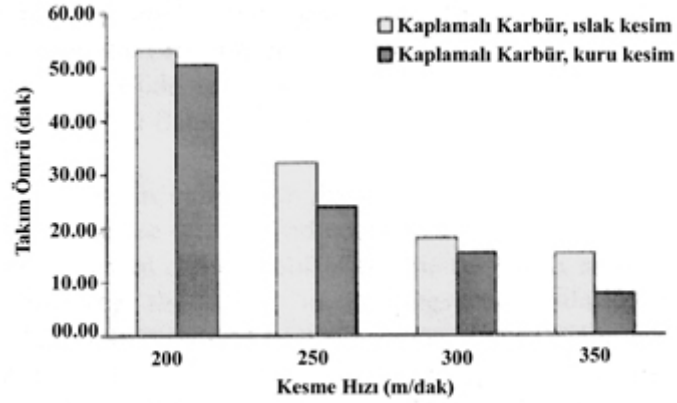


Şekil 8.3 Takım ömrü eğrileri (Vieira vb., 1997; Sales vb., 2001)

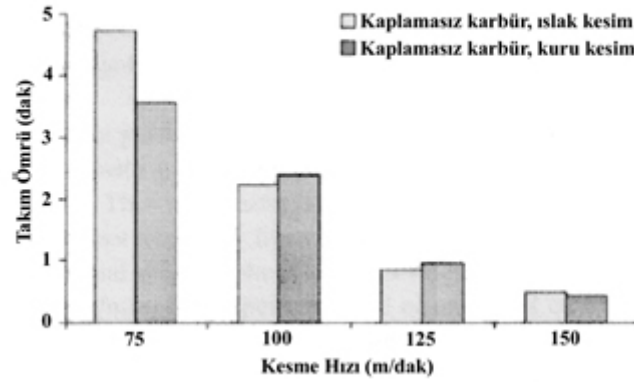
Sertleştirilmiş malzemelerin işlenmesi operasyonları da kesme sıvılarının proses üzerinde negatif etkilerinin olduğu uygulamalardandır. Kesme sıvısının, yalnızca kesici takımı soğutması istenir. Fakat kesme sıvısı, talaşın olduğu tüm bölgelere ulaşmaya çalıştığı için aynı zamanda iş parçasını da soğutur. Bu durumda kesme esnasında ortaya çıkan yüksek ısının iş parçası malzemesi üzerindeki yumuşatma etkisi meydana gelmez. Sertliği fazla olan malzemelerin (>30 HRC) işlenmesinde, proses esnasında ortaya çıkan yüksek ısıdan kaynaklanan yumuşatma etkisi, prosesin verimini arttırır. Kesme sıvıları bu etkiyi bozarak prosesi negatif etkiler. Teixeira ve ekibi, 60 HRC sertliğindeki 52100 çeliği ve PCBN takımlarla; kuru kesme, minimum kesme sıvısı kullanarak ve kesme sıvısı kullanarak yaptıkları tormalama deneylerinde şu sonuçları elde etmişlerdir: a) Kuru kesme en iyi takım ömrünü vermiştir; b) Sürekli akışkanla kesme daha kısa takım ömrünü sağladığı gibi yüzey pürüzlülüğü daha kötü elde edilmiştir; c) Minimum kesme sıvısı uygulaması, kuru kesme ile kesme sıvılı kesme arasında ortalama sonuçlar vermiştir (Sales vb., 2001).

Haron ve arkadaşları (2001), kaplamalı ve kaplamasız karbür takımların kuru kesme ve kesme sıvılı kesme şartlarındaki aşınma davranışlarını incelemek amacıyla, 23 HRC sertliğindeki 95MnCrW1 takım çeliği iş parçası üzerinde tormalama deneyleri yapmışlardır. Kaplamalı karbür takım, TiN (dış), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (orta), TiCN (iç) kaplamalarına sahiptir. İşlemlerde ilerleme = 0.16 mm/devir ve paso derinliği = 1 mm değerlerinde sabit tutulurken değişken kesme hızlarında kesim yapılmıştır. Kesme sıvılı kesmede yağda çözünebilen kesme sıvısı

kullanılmıştır.



Şekil 8.4 Kaplamalı karbür takımlarla ulaşılan takım ömrü değerleri (Haron vb., 2001).



Şekil 8.5 Kaplamasız karbür takımlarla ulaşılan takım ömrü değerleri (Haron vb., 2001).

Kaplamalı karbür takımlarla birlikte kesme sıvısının kullanılması kuru kesmeye göre bütün kesme hızlarında daha iyi takım ömrü sağlamıştır (Şekil 8.4). Kaplamasız karbür takımlar kullanıldığında ise 75 m/dak hızına yakın hızlarda kesme sıvısı takım ömrünü arttırırken, 100 m/dak ve 125 m/dak hızlarında ise kuru kesme daha uzun takım ömrünü sağlamıştır (Şekil 8.5). Kaplamalı takımla yapılan testlerde takım ömrünün sonunda kesici uç üzerinde çentik oluşumu gözlenmiştir. Bunun sebebi takım ömrünün sonuna yaklaştıkça kaplamanın kalkması sebebiyle bu bölgelerde termal şok etkisinin baskın olmasıdır. Aynı etki sebebiyle, kaplamasız karbür takımlarla işlerken 100 m/dak ve 125 m/dak hızlarında kuru kesme, kesme sıvılı kesmeye göre daha iyi takım ömrü verir.

### 8.3 Kuru Kesme

Herhangi bir kesme sıvısı kullanmadan işleme diye tanımlayabileceğimiz kuru kesmenin, uygulanabilirliği günden güne artmaktadır. Keza kesme sıvılarının, çevreye ve insan sağlığına olan zararlarından ötürü aşırı miktarda kullanımı sınırlandırılmıştır. Fakat göz önünde bulundurulmalıdır ki ıslak kesmenin bazı avantajları kuru kesmede mümkün olmayacaktır ve kuru kesme yalnızca ıslak kesmede sağlanan parça kalitesine ve işleme süresine ulaşıldığında kabul edilebilirdir (Sreejith, 1999).

Kuru kesme ekolojik anlamda caziptir ve yakın gelecekte işletmelerde kaçınılmaz bir ihtiyaç olacaktır. Fabrikalar çevre koruma kanunlarına uymak zorunda olacakları için kuru kesmeye yönelmek durumunda kalacaklardır. Kuru kesmenin avantajları, atmosferi (yada suyu) kirletmez, tortu bırakmaz, kesme sıvısı ayrıştırma masrafı yoktur, sağlığa zararı yoktur ve alerji yapmaz. Bütün bunların sonucu olarak da maliyetleri düşürür.

Birçok metal kesme operasyonu, soğutucu akışkanların kullanımı göz önünde bulundurularak geliştirilmiştir. Kesme sıvılarının, takım performansını ve takım ömrünü iyileştirdiği bilinmektedir. Kuru kesmede takımla iş parçası arasında daha fazla sürtünme ve adhezyon olur ve takım daha yüksek sıcaklıklara maruz kalır. Bu takım aşınmasını artırır ve sonuç olarak da takım ömrü düşer. Ayrıca yüksek işleme sıcaklıkları, düzensiz talaş oluşturur. Buda işlenmiş yüzeyin formunu ve ölçüsel hassasiyetini etkiler. Bununla birlikte kuru kesmenin pozitif etkileri de vardır. Bunlar; termal şokların azaltılması, kesikli kesme esnasında daha iyi bir takım ömrü elde etme olarak sayılabilir.

Kuru kesmeyi hedefleyen yaklaşımların bir diğerinde ise, soğutucu akışkan kesme bölgesiyle endirekt temastadır ve oluşan ısıyı ortamdan alıp götürmesi istenir. Bu konuda yapılan bir çalışmada kesici uç altına açılan kanallarda kesme sıvısı dolaştırılarak kesici uç sıcaklığının düşürülmesi hedeflenmiştir. Diğer bir çalışmada ise kolayca buharlaşabilen bir kesme sıvısı kesici ucun altına kanallar vasıtasıyla gönderilir. Sıcak kesici uç yüzeyine temas eden sıvı buharlaşır. Çalışmaların ortak noktası kesme sıvısının kesici uç – iş parçası ara yüzeyine direkt temasta olmamasıdır.

#### 8.3.1 Kuru Kesme İçin Kesici Takımda Aranılan Özellikler

Günümüzde kuru kesme için kesici takımlar üç farklı yolla geliştirilir:

- Yeni kesici uç malzemeleri kullanarak.
- Yeni kesici uç geometrileri geliştirerek.

- Sert ve/veya yumuşak uç kaplamaları geliştirerek (Schramm vb., 2004).

Yüksek hız çelikleri, demir ve karbon alaşımlarıdır. Krom, tungsten, molibden, titanyum ve diğer bazı sert metalleri içerirler. Sertlikleri ve toklukları yüksektir. Aşınma dayanımları iyidir. Fakat demir bazlı malzemeler oldukları için çalışma sıcaklıkları demir alaşım matrisinin erime sıcaklığıyla sınırlıdır (Bhat, 1997). Bu yüzden yüksek hızlarda kullanılamazlar. Düşük hızlarda kesme sıvısı kullanılmadan kesme yapılabilir ama çoğu zaman kesme sıvısı kullanımı gerekir.

Kesikli kesme işlemlerinde kuru kesme uygulaması daha dayanıklı sert kesici takım malzemelerini gerektirir. Bunun için, sinterlenmiş karbür takımlar kullanılabilir. Fakat bu takımların uygulaması, yüksek kesme sıcaklıklarından ötürü düşük kesme hızlarında mümkündür. Bu sorunun üstesinden gelmek için kaplamalı sinterlenmiş karbür takımlar geliştirilmiştir.

Seramik kesici takımların ana malzemesi alüminyum oksittir. Çok serttirler ve çok yüksek sıcaklıklarda dahi sertliklerini ve aşınmaya karşı dayanımlarını kaybetmezler. Termal şoklara karşı dayanımları yüksektir. Ancak, aşırı sertliklerinden dolayı darbeli işlemlerde kırılma eğilimi gösterirler ve bu tür işlemlerde kullanılmamaları tavsiye edilir. Seramik takımlarla tormalama işlemi yapılırken saf madeni yağlar kesme sıvısı olarak kullanılabilir. Seramik takımlarla frezeleme işlemi kuru kesme şartlarında yapılmalıdır (Çakır, 2005).

Avila ve Abrao, sertleştirilmiş AISI 4340 çeliği üzerinde, alümina seramik takımlarla tormalama operasyonları yaparak şu sonuçları ortaya koymuşlardır:

- Mineral yağ içermeyen emülsiyon kesme sıvısının kullanılması, kuru kesmeye göre daha uzun takım ömrü sunar.
- Kesme sıvısının konsantrasyonunun %5'ten %3'e düşürülmesi 300m/dak kesme hızında daha düşük takım ömrü sağlar.
- Yüksek kesme hızlarında son (finish) yüzey işlerken, kesme sıvısının kullanılması yüzey pürüzlülüğü değerlerinin dağılımını düşürür.
- Genel olarak aşınma, difüzyon ve abrazyon şeklinde görülür. Çentik oluşumu ve kesici uçta kırılma kaba tormalama esnasında sıkça görülür.

Elmasların, sertliği çok yüksektir ve en sert kesici takımdırlar. Ancak, kırılma dayanımları çok azdır. Talaş kaldırma işlemlerinde çok az kullanılırlar. Genelde taşlama ve taş bileme

işlemlerinde kullanılmaktadırlar. Saf madeni yağlar ve suyla karışabilir yağlar elmasla kullanılmaya elverişli kesme sıvılarıdır. Elmas takımlarla frezeleme işlemlerinde kesme sıvısı kullanımı tavsiye edilir, bunun nedeni yüksek sıcaklığın takımın yanmasına veya çatlaması yol açabilecek olmasıdır.

Kübik bor nitrür kesici takımlar, sert, demir esaslı malzemelerin, özellikle sertlikleri 45 – 65 HRC arasında değişen sert dökme demirlerin kaba tornalanması ve sertleştirilmiş iş parçalarının ince işlenmeleri için kullanılır. Kaba işlemlerde, özellikle frezeleme işleminde kuru kesim yapılması idealdir.

Son madde olan kesici takım geometrisinin geliştirilmesine verilebilecek uygulamalar ise kesici takıma talaş kırıcı geometri eklemek ve karbür takımları çok yüksek pozitif talaş açılı olacak şekilde dizayn etmek sayılabilir. Talaş kırıcı geometrinin eklenmesiyle kesici takım ile talaşın teması minimuma indirilir. Böylece kesici takıma geçen ısı miktarı azalır (Şekil 8.6).



Konvensiyonel Kesici Uç



Talaş Kırıcı Geometrili Kesici Uç

Şekil 8.6 Talaş Kırıcı Geometri

### 8.3.2 Kuru Kesme İçin Kaplamalı Takımlar

Kesici takımlarda, kaplama ana malzeme üzerine kimyasal buharlaştırma (CVD) veya fiziksel buharlaştırma (PVD) yöntemleriyle gönderilir.

CVD yönteminde, kesici takım ana malzemesi reaktör içinde 1000°C'ye ısıtılır. Hidrojen gazı ve kolayca buharlaşabilen bileşikler kaplama malzemesini oluşturmaları için reaktöre gönderilirler. Bu yöntemle TiC, TiN, TiCN ve Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kaplamaları yapılır. CVD yönteminde 5 ile 20 µm kalınlığında kaplamalar yapılabilir. Proses esnasında çok yüksek sıcaklıklara çıkılması kesici takım ana malzemesiyle kaplamanın çok iyi bir şekilde birleşmesini sağlar. Fakat aynı zamanda kesici takım ana malzemesinin kırılabilirliğini arttırarak takım ömrünü düşürür. CVD yönteminde kaplama malzemesinin termal genleşme katsayısı ana malzemeninkinden yüksektir. Buda kaplamanın oda sıcaklığında gerilim altında olmasına sebep olur. Bu gerilimler kesikli kesmede takımın kırılmalarına sebep olabilir.

PVD yönteminde, kaplama işlemi vakum ortamında gerçekleştirilir. Kaplamanın metal bileşenleri buharlaştırılarak veya püskürtülerek gaz bileşenlerle örneğin nitrojen veya amonyak ile reaksiyona sokulur ve kesici takım ana malzemesi üzerine gönderilir. PVD yöntemi, CVD yöntemine göre düşük basınç ve düşük sıcaklıklarda gerçekleşir (500°C). İşlem sıcaklığının düşük olması sayesinde kaplamanın tane yapısı çok düzgün olur. Sonuç olarak düzgün, parlak ve sürtünme katsayısı düşük bir kaplama elde edilir. CVD kaplamalarda sıkça karşılaşılan termal çatlaklara PVD kaplamalarda rastlanmaz. PVD kaplamaların çatlak oluşumuna karşı dirençleri yüksektir. Kesme kenarının dayanımını arttırarak takım ömrünü arttırırlar (Destafani, 2002).

Kesici takım imalatçıları, iki kaplama yönteminin de avantajlarından faydalanmak için PVD ve CVD yöntemlerinin birleşimlerine yönelmişlerdir. Bu şekilde CVD yönteminin adhezyon ve aşınma özellikleri kesici takıma kazandırılırken, PVD yönteminin de düzgün tane yapısı ve parlak yüzey özellikleri kesici takıma kazandırılır.

En genel kaplama malzemesi Titanyum Nitrür'dür (TiN). Altın sarısı rengindedir ve yüksek hız çeliği takımlara ve karbür takımlara CVD veya PVD yöntemlerinden biriyle uygulanır. Yüksek sertlik ve düşük sürtünme katsayısı özelliklerine sahiptir. Bu kaplama kesici takım serbest kenar ve uç aşınmasını düşürür. BUE oluşumunu iyi bir şekilde önler (Bhat ,1997).

Titanyum Karbonitrür (TiCN), maviye bakan gri renktedir ve TiN'den daha serttir. Karbon ve alaşım çeliklerinin ve dökme demirin işlenmesinde aşınma direncini arttırır.

Titanyum Alüminyum Nitrür (TiAlN), TiN'e göre daha yüksek sıcak sertliğe ve oksidasyon direncine sahiptir. Maviye bakan gri veya mora bakan gri renktedir. Düşük ısıl iletkenliği vardır ve çok serttir.

TiAlN'in yüksek performansının arkasında Alüminyum vardır. Alüminyum işleme esnasında okside olur ve çok ince tabaka halinde  $Al_2O_3$  'ü oluşturur. Yüksek hızda işlemenin ve kuru kesmenin yaygınlaşması Alüminyum Oksiti ana kaplama malzemesi yapmıştır. CVD yöntemiyle  $Al_2O_3$ 'ün uygulanması yüksek oksidasyon ve aşınma direnci sağlar. Ayrıca ısı arttıkça, ısı iletkenliği düşerek ısı kalkanı görevi görür. Yüksek kesme hızlarında, sertleştirilmiş malzemelerin işlenmesinde yüksek sıcak sertlik, aşınma direnci ve ısı dayanım sağlar. Alüminyum Oksit siyah renkli bir kaplamadır ve özellikle dökme demirin işlenmesinde olmak üzere diğer uygulamalarda da verimli sonuçlar verir.

Titanyum diBorat ( $TiB_2$ ) kaplama, Alüminyum malzemenin işlenmesinde kullanılır. Çünkü Alüminyum  $TiB_2$  üzerine yapışmaz. Bu sayede BUE meydana gelmez.

Yağlama özelliğine sahip kaplama malzemeleri de kesici takımlar için tercih edilirler. Bu malzemeler Molibden diSülfür ( $MoS_2$ ) içerirler ve kuru kesmede büyük avantaj sağlarlar. Örneğin PVD yöntemi uygulanarak TiN veya TiAlN tabakası üzerine  $MoS_2$  tabakası uygulanır. Burada, sert tabaka (TiN, TiAlN) aşınma dayanımı sağlarken, daha yumuşak ve yağlı dış tabaka ( $MoS_2$ ) talaş akışını kolaylaştırır.

Yeni yağlama özelliğine sahip kaplama malzemeleri amorf yapıdaki yapay elmas içerirler. Çok ince ve yumuşak bir tabaka halinde uygulanabilirler. Örnek olarak TiAlN üzerine tungsten karbür/karbon (WC/C) verilebilir. Bu kaplama matkaplamada, dökme demirin ve sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde, talaş akışını iyileştirir, BUE oluşumunu düşürür. WC/C, yalnız başına, tek tabaka halinde kaplama olarak uygulanabilir.  $1\mu$  ile  $2\mu$  kalınlığında ve çok düzgün kaplama tabakası oluşturur (Destafani, 2002).

Kaplama malzemesi olarak üzerinde çalışılan diğer bir malzemede kromdur. Krom içeren kaplamalar, ısının kesici takımdan ve iş parçasından çok iyi bir şekilde talaşa geçişini sağlarlar. Schramm ve ekibi (2004), tungsten karbür üzerinde CrN ve CrAlN kaplamalar uygulayarak kuru kesme şartlarında tornalama deneyleri yapmışlardır. Sonuçları karşılaştırmak amacıyla aynı deneyleri TiAlN kaplamalı karbür takımlarla da gerçekleştirmişlerdir. Yapılan deneyler, krom içeren kaplamaların, TiAlN kaplamaların yanında yetersiz kaldığını göstermiştir. Krom içeren kaplamalar, daha kırılğan yapıda oldukları için ve sürtünme katsayıları daha düşük olduğu için işleme performansları zayıftır. Fakat krom içeren kaplamalar kullanıldığında, TiAlN kaplamaya göre daha iyi yüzey pürüzlülüğü elde edilmiştir. Yüzey pürüzlülüğünde sağlanan bu iyileşme krom içeren kaplamalar konusundaki çalışmaların geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır (Schramm, 2004).

Çok katlı kaplamalar çok fazla yaygınlaşmıştır ve tek katmanlı kaplamalara nadiren rastlanılmaktadır. Her tabakanın kendine özgü özellikleri vardır. Bir tabaka yüksek sertliğe sahipken diğerinin kimyasal aşınma direnci vardır. Bir diğerinin ise oksidasyon direnci yüksektir. İşleme proseslerinde birçok çeşit aşınma mekanizması gerçekleştiği için, çok katlı kaplamalar takımın uygulanabilirliğini artırır.

Çok katlı kaplamalarda, her bir kaplama tabakasının seçimi uygulamaya bağlıdır. Tabakalar farklı malzemelerden oluşabilecekleri gibi bir malzeme çiftinin farklı sayılarda uygulanmasından da meydana gelebilir. Genellikle en üstteki tabaka TiN olur. Bu sayede kaplama altın sarısı renkte görülür ve takım aşınmasının tespiti kolaylaşır (Destefani, 2002).

Frezeleme için kaplamalı karbür takımlar kullanıldığında, kaplamanın kalınlığı önemli bir rol üstlenir. Kesme sıvısını, kalın kaplama kalınlığına sahip bir takıma ve birde ince kaplama kalınlığına sahip bir takıma gönderdiğimizde meydana gelecek olayları, kaynamakta olan suyu kalın bir cama ve ince bir cama gönderdiğimizde karşılaşacağımız durumlara benzetebiliriz. İnce cam ve ince kaplama daha az termal gerilimlere maruz kalacaktır. Bu sebeple daha kalın olan cam, sıcak iç yüzeyi ile soğuk dış yüzeyi arasındaki büyük ısı farklılığından ötürü çatlayacaktır. Aynı teori kalın kaplama kalınlığına sahip kesici uçlar içinde geçerlidir. Doğru kaplama kalınlığı kullanıldığı durumda takım ömründe %40'a varan iyileşme sağlandığı saptanmıştır (Sandvik A.Ş., 2003).

Günümüzde, araştırmalar malzeme sisteminin boyutsal ölçeğini nanometre ölçülerine düşürerek kaplama malzemelerinin performansını ve özelliklerini arttırmaya yöneliktir. Metal-metal, metal-seramik, seramik-seramik şeklinde oluşan nano-tabakalar tribolojik ve imalat uygulamaları için araştırılmaktadırlar. Çalışmalar göstermektedir ki, bu nano kaplamalar takımın sertliğini, rijitliğini ve tokluğunu oldukça arttırmaktadır ve bu sayede takımlar daha iyi sürtünme, aşınma ve yağlama performansı vermektedir.

### **8.3.3 Metallerin Kuru İşlenmesi**

Dökme demirin kuru işlenmesi yeni bir uygulama değildir. Dökme demir malzemede kesme sıvısı kullanılmadan tornalama ve frezeleme işlemleri gerçekleştirilebilir. Spur ve Lachmund yaptıkları deneylerde yüksek kesme hızlarında ve ilerlemelerde, seramik kesici takımlar ve CBN takımlar kullanarak dökme demir işlemişlerdir. CBN takımların seramik takımlara göre daha fazla ısı iletkenliklerinin olduğunu ve CBN takımların ısıyı verimli bir şekilde uzaklaştırdıklarını tespit etmişlerdir. Ve CBN takımların, dökme demirin yüksek hızlarda kuru işlenmesine çok uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Dökme demir, yüksek hızlarda seramik takımlarla kuru frezelenir. Burada yüksek hızın kullanılması işleme zamanını kısaltmak için değil, daha çok takımla iş parçası temas süresini kısaltarak, takıma temas eden talaşın takımını ısıtmasını önlemektir.

Çelik sanayisinde, birbirine montaj edilen parçaların fazla olmasından ötürü matkaplama prosesi oldukça kullanılır. Çeliklerin kuru matkaplanmasındaki ana problem matkaplanan delikten talaşın uzaklaştırılmasıdır. Bu problemi hafifletmeye yönelik bir yaklaşım yivleri genişletmektir ve bu sayede talaşa daha fazla alan verilir ve bu sayede talaş deliğin dışına daha kolay çıkar. Karşılaşılan diğer bir problemde matkap ucunda yüksek sıcaklıktan ötürü meydana gelen genişlemenin delinen delikte kaçıklıklara sebep olmasıdır. Bu problemi çözenin bir yolu matkap ucuna koniklik vermektir.

Super alaşımların ve titanyumun yüksek hızda işlenmesinde soğutma gereklidir. Fakat, aralıklı kesme söz konusu olduğunda, eğer kesme sıvısı kullanılırsa, kesme sıvısı kesici takım üzerinde ısı şoklarına neden olur. Bu yüzden aralıklı kesme için kuru kesme önerilebilir.

Alüminyum ve alaşımları, kuru kesme söz konusu olduğunda en kritik malzemedirler. Yüksek ısı iletkenlikleri dolayısıyla, iş parçası prosesten büyük miktarda ısı çeker ve yüksek genişleme eğilimleri yüzünden de deformasyona uğrayabilir. Alüminyum alaşımları talaş oluşumuyla ilgili problemler de doğurabilir. Al ve alaşımlarının işlenmesinde uygun kaplamalı takım kullanmak gerekir.

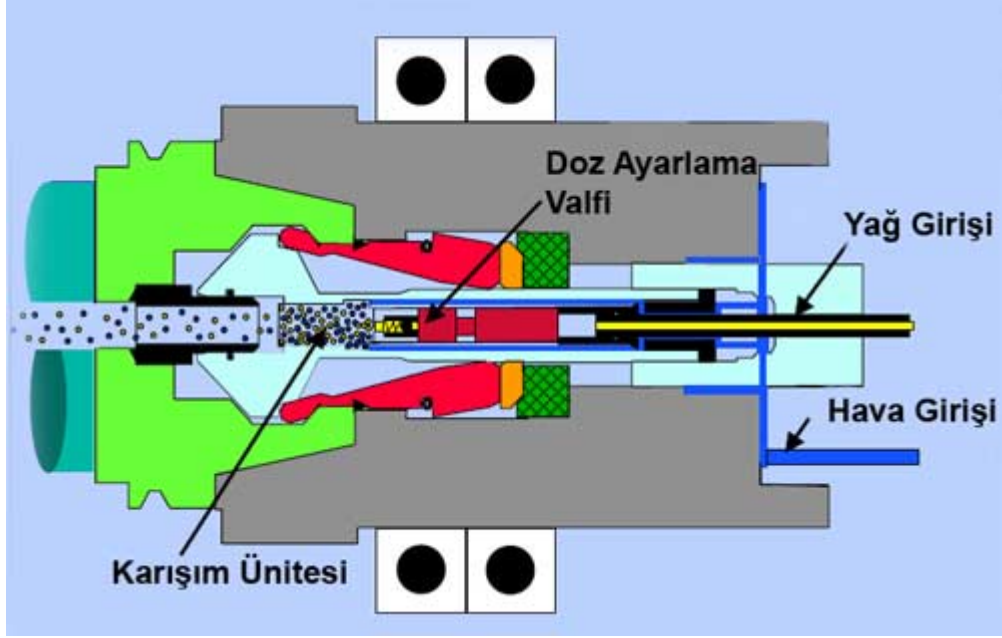
Demir içermeyen metallerin kuru işlenmesinde, yüksek iş mili devirleri kullanılmalı, oluşan talaşın geometrisi iyileştirilmeli ve daha iyi takım dizaynı yapılmalıdır. Elmas takımlar bu teknolojinin uygulanabilmesi için çok uygundur. Elmas takımların yüksek ısı katsayıları vardır, ısıyı çok hızlı yayarlar, alüminyumla bir tepkimeye girmezler.

#### **8.4 Minimum Miktarda Yağlayıcı Kullanarak Kesme (Mql)**

Kesme sıvılarının zararlı etkilerinden kaçınmanın diğer bir yolu, operasyondaki kesme sıvısı harcanımını azaltmaktır. Az miktarda yağlayıcının (örn. 50 ml/saat), yeterli miktarda basınçlı havayla birlikte kesme bölgesine püskürtülmesi bu problemi çözmek için kullanışlı bir teknik olarak görülmektedir. Basınçlı hava içinde yağlayıcı atomize olarak çok küçük damlacıklar halinde yayılır. Bu tekniğe, “Minimum Miktarda Yağlayıcı” (MQL) denir (Şekil 8.7). Literatürde “Kuruya Yakın Kesme” olarak da isimlendirildiğine rastlanılmıştır.

Bu konuda yapılan çalışmalar incelendiğinde, çok az miktarda yağlayıcıyı basınçlı havayla karıştırıp kesme bölgesine yollamanın, sürekli akışkan kullanılarak elde edilen performansı

sağladığı yada daha iyileştirdiği gözlenmiştir. Akışkanın debisi, ısıl iletkenliği, spesifik ısı ve gizli ısı gibi özelliklerin kesme bölgesinden uzaklaştırılan ısı miktarını etkilediği göz önünde bulundurulmalıdır. Kütle akışı ne kadar büyük olursa, soğutma etkisi de o oranda büyür.



Şekil 8.7 Minimum Miktarda Yağlayıcı Ünitesi (Quaile, 2000)

### 8.5 Kesme Sıvısı Kullanarak Kesme, Kuru Kesme ve Minimum Miktarda Yağlayıcı Kullanarak Kesme Hakkındaki Çalışmaların Örnekleri

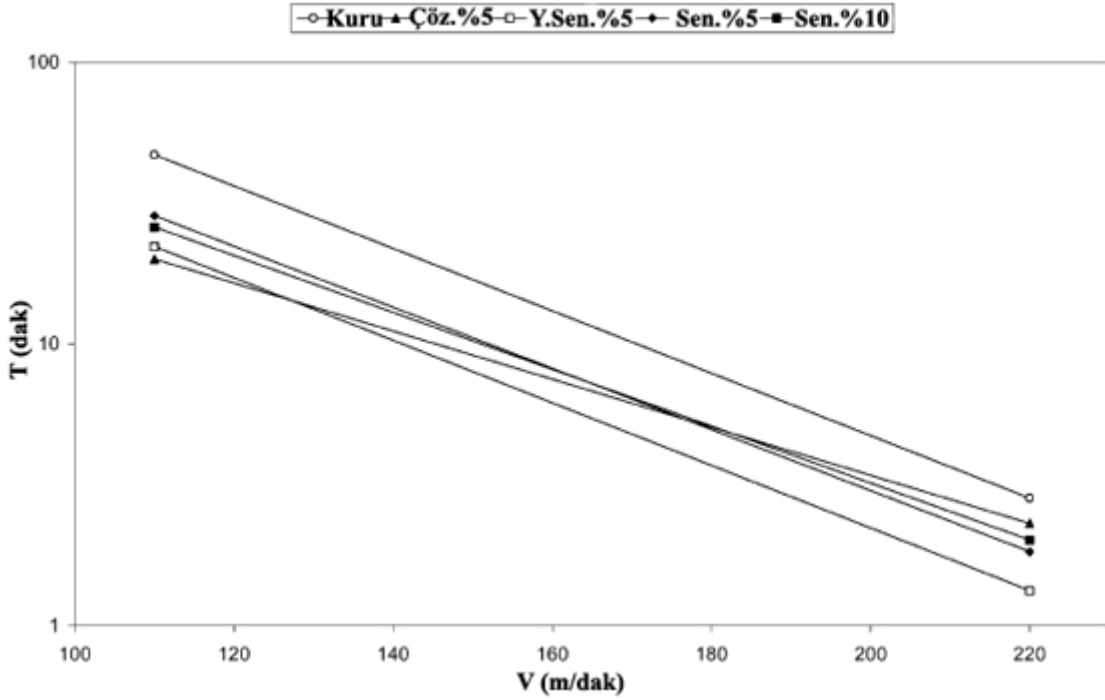
Bu bölümde kuru kesme ile kesme sıvılı kesmeyi karşılaştıran literatürdeki çalışmaların bir kısmına yer verilmiştir. Bu çalışmaların bazılarında minimum miktarda yağlayıcı kullanımı da çalışmanın kapsamına dahil edilmiştir.

Vieira, Machado ve Ezugwu, AISI 8640 çeliğinin 3 kat kaplamalı karbür takımlarla yüzey frezelenmesinde, mineral yağ emülsiyonunun, yarı sentetik ve sentetik kesme sıvılarının performans etkisini gözlemlemek için deneyler yapmışlardır. Karşılaştırma yapmak amacıyla kuru kesme operasyonu da uygulanmıştır.

Farklı kesme hızı, ilerleme ve paso derinliği değerleri kullanılarak yapılan deneyler neticesinde, kesme koşullarına bağlı olmadan, kesme sıvılı kesmedeki takım aşınmasının kuru kesme takım aşınmasına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Şekil 8.8'de Taylor denklemlerinden çıkarılan grafik bulunmaktadır. Bu grafikte; takım

ömrünün kesme hızının yükselmesiyle düştüğü görülmektedir. Ve her zaman kuru kesme, ıslak kesmeye göre daha uzun takım ömrü vermiştir.

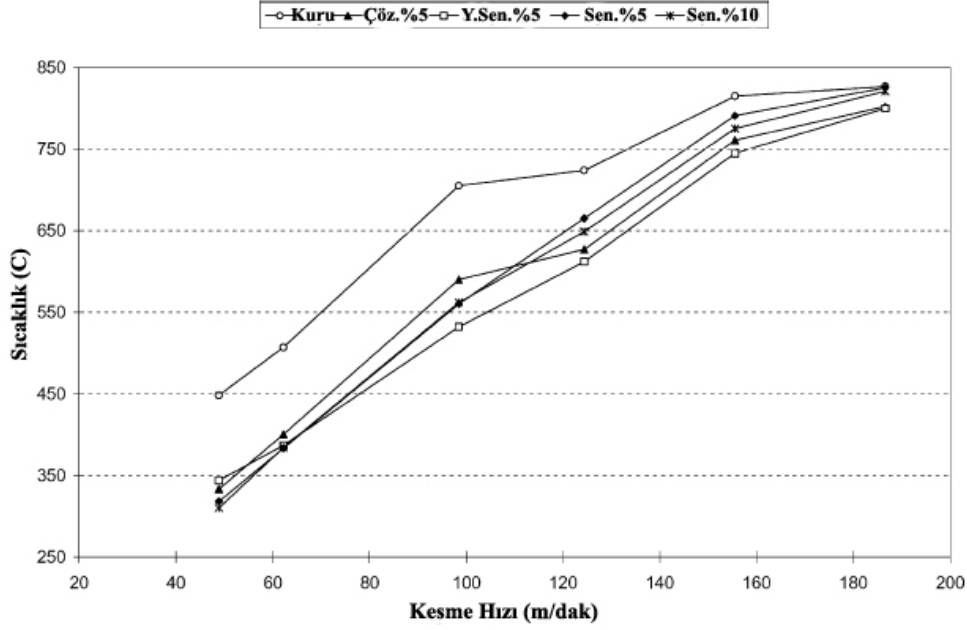


Şekil 8.8  $f_z=0.175$  mm/diş,  $paso=1.75$ mm ve  $VB_{max}=0.7$ mm koşullarında işleme sonucunda elde edilen Taylor eğrileri (Vieira, 2001)

125m/dak keme hızında mineral yağ emülsiyonun performansı yarı sentetik kesme sıvısını geride bırakmış, 175m/dak hızda ise sentetik kesme sıvısını da geride bırakmış ve 220m/dak hızda kuru kesmede elde edilen takım ömrü performansına çok yaklaşmıştır. %5 ile %10 konsantrasyondaki sentetik kesme sıvısı ile yapılan deneyler arasında takım ömrü performansı açısından önemsenmeyecek bir fark vardır. Detaylı bir analiz yapıldığında ise 150m/dak hıza kadar %5 konsantrasyonlu sentetik kesme sıvısının %10 konsantrasyonluya göre daha iyi performans verdiği gözlenmiştir. Daha yüksek hızlarda, 150m/dak'nın üzerine çıktığında bu sıralama değişir.

Şekil 8.9'da deneyler esnasında farklı koşullarda ölçülen sıcaklık değerlerinin grafiği görülmektedir. Beklendiği gibi kesme hızındaki artış, takım talaş kesişim yüzeyindeki sıcaklığı arttırmıştır. En yüksek sıcaklıklara kuru kesme esnasında ulaşılmıştır. Yağlama ve soğutma verimi, yüksek kesme hızlarına çıktığında azalma göstermiştir ve kesme hızı 186m/dak'ya ulaştığında, ikisi de önemsiz bir hale gelmiştir. Bu esnada talaş takım kesişim yüzeyi sıcaklığı 800°C'a ulaşmıştır. Bunun sebebi yüksek kesme hızlarında ısı transferinin

gerçekleşmesi için yeterli zamanın olmamasıdır. Buda kesme sıvısının soğutma görevini yerine getirmesine engel olur.



Şekil 8.9 Kesme hızının, kesici takım iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık üzerindeki etkisi (Vieira, 2001)

Aşınmış takımların SEM analizi, yapılan bütün kesme işlemlerinde ana hasarın tarak çatlaklarından ileri geldiğini göstermiştir. Aşınmış takımın serbest yüzeyinde, iş parçası yapışması gözlenmiştir. Bu difüzyon ve abrazyon aşınma mekanizmalarının oluştuğunun kanıtıdır. İki mekanizma, tarak çatlaklarının oluşmasına sebep olmuştur.

En kötü işleme performansı yarı sentetik kesme sıvısı ile kesme sonucu ortaya çıkmıştır. Bunun sebebi yarı sentetik kesme sıvısının yüksek soğutma kabiliyeti olarak gösterilebilir.

Çalışmadan çıkarılan sonuçlar şunlardır:

İşleme esnasında talaş-takım kesişim yüzeyi sıcaklığı kesme hızının artmasıyla artar. Kesme sıvıları, kuru kesmeye göre talaş-takım kesişim yüzeyi sıcaklığını düşürürler. Aradaki fark yüksek kesme hızlarında çok azalır ve 186m/dak hızda önemsiz bir hal alır, teorik olarak yok olur. Yüksek kesme hızlarında, 110m/dak değeri aşıldığında, yarı sentetik kesme sıvısı işleme esnasında en iyi soğutma özelliğini gösterir. Bunu sırasıyla emülsiyon bazlı mineral yağ, %5 konsantrasyonlu ve %10 konsantrasyonlu sentetik kesme sıvıları izler.

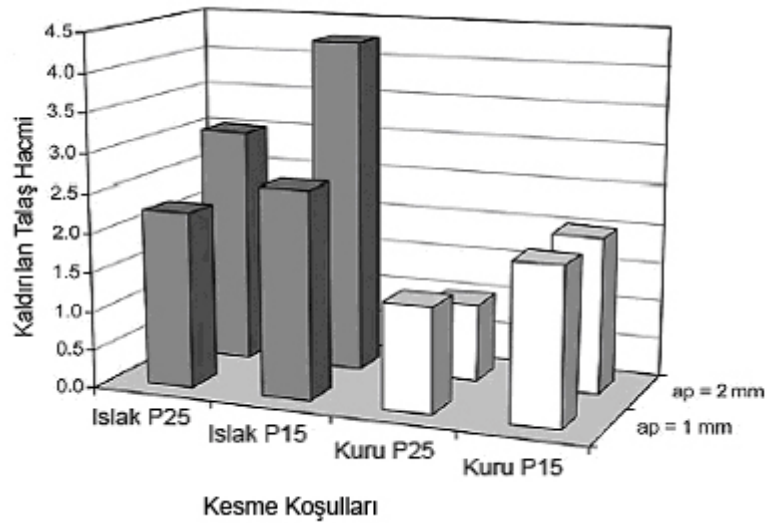
Kesme sıvılarının kullanılması güç harcanımını arttırır. Soğutma özelliklerinden ötürü iş

parçasının kayma gerilmesinin yükselmesi, kesme kuvvetlerini artırır.

Takım ömrü, yüksek hızda kesme yapıldığında, yağlama ve soğutma kriterlerinden bağımsız olarak düşmektedir. En uzun takım ömrüne kuru kesmede erişilmiştir. Tarak çatlakları, frezeleme işlemleri sırasında takıma zarar veren en büyük etkendir.

Diniz ve Oliveira, ortalama sertliği 97 HRB olan ABNT 1045 çeliği üzerinde, kuru kesme performansını kesme sıvılı kesmeye yaklaştıracak kesme koşullarını ve kesici takım malzemelerini tespit etmek için kaba tornalama deneyleri yapmışlardır. Kesici uç olarak 3 kat kaplamalı P15 ve P25 kalitelerini, kesme sıvısı olarak da 4.3 l/dakika debide ve %6 konsantrasyonda hazırlanmış sentetik sıvıyı kullanmışlardır.

Çeliklerin kaba tornalanmasında kullanılan tipik kesici takım malzemeleri, tokluk ve sıcak sertlik değerleri orta değerlerde olan P25 ve P30 ISO karbür takım kaliteleridir. Fakat kuru kesme için, kesici takım malzemesinin tokluk değeri düşük olması gerekirken, sıcak sertlik değerinin yüksek olması beklenir. Bu yüzden kaba tornalama işlemlerinde kuru kesmeyi uygulamak için, P15 kalitesini kullanmak gereklidir.



Şekil 8.10 Serbest kenar aşınması 0.3 mm değerine ulaştığındaki kaldırılan talaş hacmi ( $V_c = 350$  m/dak ve  $f = 0.4$  mm/devir) (Diniz, 2004)

Şekil 8.10’da görüldüğü üzere, kesme sıvısının kullanılması bütün test şartlarında daha uzun takım ömrü vermektedir. Paso derinliği  $a_p=2$ mm ve P25 kalitesinde karbür takımla yapılan deneylerde kesme sıvısıyla ulaşılan takım ömrünün, kuru kesmedeki takım ömrüne oranı ( $r_{fd}$ ) en yüksek değeri olan 3’e eşittir. Diğer taraftan P15 kalitesinde karbür takım kullanıldığında ve  $a_p=1$ mm alındığında  $r_{fd} = 1.32$ ’ye gerilemiştir.

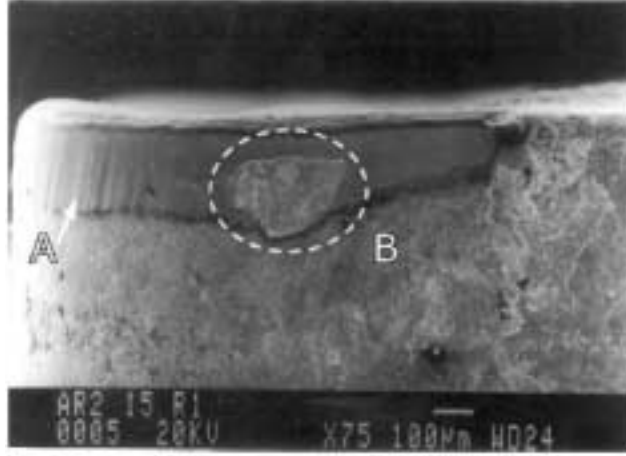
P15 karbür sınıfı denenen bütün koşullarda daha uzun takım ömrü vermiştir ve  $r_{fd}$ 'nin düşmesini sağlamıştır. Bu yüzden, kuru kesme için kesme sıvılı kesmeye nazaran takım ömründe daha fazla artış sağlar. Kuru kesme uygulandığı zaman, sıcak sertliği daha yüksek olan takım malzemesi kullanmak gerekmektedir.

Diniz ve ekibinin tespitine göre, paso derinliği parametresi takım ömrü üzerinde en düşük etkiye sahip parametredir. Çünkü paso derinliği büyüdükçe dakikada kaldırılan talaş miktarı ve oluşan ısı artar. Aynı zamanda kesme işlemini yapan takım kenarı da büyür. İş parçasıyla temas eden kesme kenarı büyüdüğü için, kesme kenarı sıcaklığı çok fazla artmaz. Fakat, kesme sıvısı olmadan zor işleme koşullarında, daha büyük paso miktarları verildiğinde takım ucunda oluşan ısınmada daha büyük olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Kuru kesmede paso derinliğinin artması kesici ucun sıcaklığını arttırdığı gibi, sertliğini düşürür ve abrazyon gibi aşınma etkilerini geliştirir. Bu sonuç bizi şöyle bir sonuca ulaştırır: eğer kesme ucunun boyutları sıcaklığı düşük tutacak şekilde büyütülemezse, kuru kesmede paso derinliğinin artırılması takım ömrünü düşürür. Bu yüzden kuru kesme, büyük paso derinliklerinde uygulanamaz ve yine bu yüzden kaba tornalama operasyonlarında kuru kesme uygulanması düşük paso derinlikleriyle sınırlandırılmıştır.

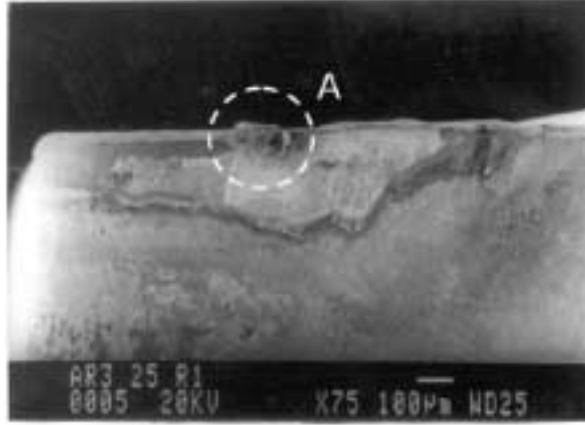
Deneilerin devamında kullanılacak takım malzemesi olarak ilk aşamada en iyi sonuçları veren malzeme seçilmiştir. Bu yüzden kuru kesme deneyleri için P15 karbür sınıfı kullanılmıştır, kesme sıvılı deneyler içinde P25 karbür sınıfı kullanılmıştır.

Deneilerin ikinci kısmında karşılaşılan ana aşınma türü takımla iş parçası arasındaki abrazyondan oluşan serbest kenar aşınmasıdır. Serbest kenar aşınması kesme işlemi süresince düzgün bir şekilde artmaktadır. Herhangi bir anda ani bir yükseliş göstermemektedir. Bu davranış deneyler süresince serbest kesme kenarında çentik oluşumundan ötürü bir aşınma olmadığını gösterir.  $V_c=290\text{m/dak}$  ve kuru kesme için çizilmiş eğriler kesme sıvılı kesmenin eğrilerinin üzerindedirler. Buda, bu kesme hızında kuru kesmedeki aşınmanın daha hızlı olduğunu gösterir. Fakat  $V_c=350\text{m/dak}$  kullanıldığında, bütün eğriler karışır, kuru kesme ve sıvılı kesmedeki takım aşınması artış oranı birbirine çok yakındır.

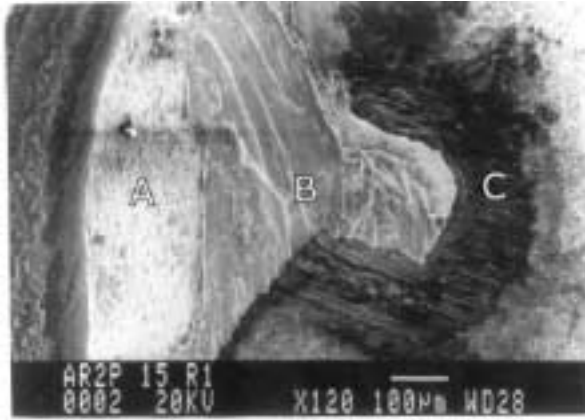
Şekil 8.11 – 8.14' te SEM altında çekilmiş takım uçları görülmektedir. Bu resimler takım aşınmasını daha iyi anlamak için çekilmiştir.



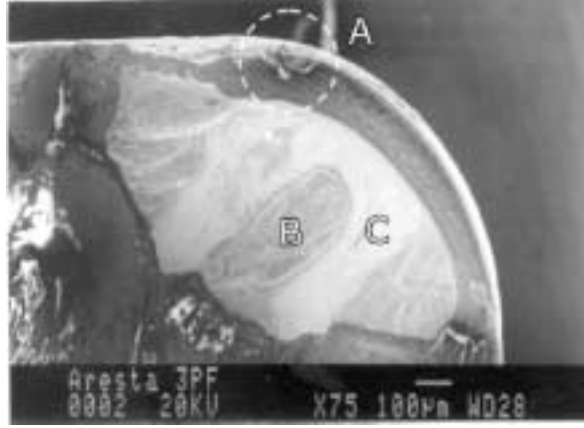
Şekil 8.11  $V_c = 290$  m/dak,  $f = 0.4$  mm/devir, P15 takım ve kuru kesme koşullarında aşınmış kesici takım serbest kenarı (Diniz, 2004).



Şekil 8.12  $V_c = 290$  m/dak,  $f = 0.4$  mm/devir, P25 takım ve ıslak kesme koşullarında aşınmış kesici takım serbest kenarı (Diniz, 2004).



Şekil 8.13  $V_c = 290$  m/dak,  $f = 0.4$  mm/devir, P15 takım ve kuru kesme koşullarında aşınmış kesici takım talaş yüzeyi (Diniz, 2004).



Şekil 8.14  $V_c = 290$  m/dak,  $f = 0.4$  mm/devir, P25 takım ve ıslak kesme koşullarında aşınmış kesici takım talaş yüzeyi (Diniz, 2004).

Şekil 8.11' de kuru kesmede kullanılmış takımın serbest kenar aşınmasına uğramış yüzeyi görülmektedir ( $V_c=290$ m/dak ve  $f=0.4$ mm/rev). A ile gösterilen bölgedeki oluklar bu bölgede oluşan abrazif aşınmayı gösterir. B ile gösterilen bölge ise demir bakımından zengindir (EDS analizi yapılmıştır). Bu iş parçası malzemesinden takıma yapışma olduğunu gösterir. Kesme sıvısının kullanılmamasından kaynaklanan kesme bölgesindeki yüksek sıcaklık, iş parçasının sünekliğini artırır ve adhezyona sebep olur. Bu olay iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü olumsuz etkiler fakat kaba işlemlerde bu çok önemli değildir. Fakat bu bölgenin büyümesi kesme kenarında kırılmalara sebep olur. Bu deneyde, adhezyon takım ömrünün sonundaki maksimum değerine gelmiştir fakat deney boyunca kırılma meydana gelmemiştir. Bunun yanında serbest kenar aşınmasının olduğu bölgede bütün kaplama kalkmıştır.

Şekil 8.12' de kesme sıvılı kesmede kullanılan takımın serbest kenar aşınma bölgesi görülmektedir ( $V_c=290$ m/dak ve  $f=0.4$ mm/rev). Bu bölgede hala kaplama kalması şaşırtıcıdır (resimde daha beyaz olan kısım), diğer kısımlarda kaplama kalmamıştır.

Aşınan yüzeyin kaplamasını kaybetmiş bölümü takım uç radyusu bölgesindedir. Bu bölgede talaş kalınlığı daha küçüktür ve bu yüzden kesme kuvveti daha yüksektir. Buda kaplama yüzeyinin erkenden aşınmasına sebep olur. Kesme sıvısıyla kesmede kullanılan P25 sınıfı takımın kaplama yüzeyi, kuru kesmede kullanılan P15 sınıfının kaplama yüzeyinden daha kalındır. Buda kuru kesmedeki aşınma bölgesinde bütün kaplamanın aşınmasını ama kesme sıvılı kesmede kaplamanın aşınmamasını açıklar. Keza fotoğraflar iki tür içinde aynı miktarda serbest yüzey aşınmasında ( $V_{B_B} = 0.3$ mm) çekilmiştir. Ayrıca kesme sıvılı kesmede, kuru kesmeye göre daha fazla iş parçası malzemesinin adhezyonla takıma yapıştığı görülmüştür. Takım ömrü boyunca, adhezyon, kuru kesme ve kesme sıvılı kesme içinde aynı şiddette

oluşur. Fakat  $VB_B = 0.3\text{mm}$  değerinde ulaştığında, kuru kesmede bütün kaplama ortadan kalkar, abrazyon daha önemli bir hale gelir (Şekil 8.11) ve takımın serbest yüzeyine yapışmış malzemenin büyük bir kısmı uzaklaştırılır.

Şekil 8.13’de, Şekil 8.11’de görülen aynı takımın talaş yüzeyi üzerinde 3 farklı bölge görülmektedir. A bölgesinde, yüksek miktarda tungsten ve demire rastlanılmıştır (EDS analizi yapılmıştır). Buda iki şeyi destekler: a) Kaplamanın hepsi yada bir kısmı kalkmış ve kesici takımın alt tabakası ortaya çıkmıştır (kaplamada tungsten bulunmaz, sadece alt tabakada bulunur); b) talaştan takıma malzeme yapışmıştır (demir bulunması bunu gösterir). Bu sonuç bu bölgede yayınma (difüzyon) olduğunu kanıtlar. B bölgesinin analizi ise kaplamadan (TiN ve TiC) kalan yüksek miktar Ti içermektedir. Bu bölgede aşınma şiddetli olmamıştır ve kaplama hala kalmaktadır. C bölgesinde, talaşın uzaklaşma doğrultusunda bazı kanallar görülmektedir. Bu kanallar diğer bölgelerde görülmemektedir. Bu resimle kuru kesme esnasında takım-talaş temas yüzeyinde ne olduğunu görmek mümkündür. A bölgesi, Trent’in de bahsettiği gibi adhezyon bölgesidir. Bu bölgede sıcaklık çok yüksektir. Takımla talaş arasındaki temas çok şiddetlidir ve yayınma (difüzyon) koşullarını doğurur.

C bölgesi, Trent’in de öngördüğü gibi kayma bölgesidir ve burada aşınmanın ana sebebi abrazyon’dur. Bu abrazyon, talaşla takımın görelî hareketinden yada A ve B bölgesinden kopan takım parçacıklarının talaş yüzeyine sürtünmesinden (Trent buna sürtüşme demiştir) kaynaklanmaktadır.

Şekil 8.14’ te, Şekil 8.12’ de görülen takımın, talaş yüzeyi görülmektedir ( $V_c=290\text{m/dak}$  ,  $f=0.4\text{mm/devir}$  , kesme sıvısı). İşleme kesme sıvısının katılması, talaş yüzeyinin davranışını çok fazla değiştirmemiştir. B bölgesinde kaplama kalmıştır ve C bölgesinde ise kesici takım alt tabaka malzemesi bulunmuştur. Fakat kesme sıvısının kullanılmasıyla, kuru kesmede C bölgesinde görülen abrazyon’dan kaynaklanan oluklar burada oluşmamıştır. Burada önemli olan, bu olukların neden kuru kesmede oluşup kesme sıvılı kesmede oluşmadığını belirlemektir. İki olasılık önerilebilir:

a) Kuru kesmede meydana gelen abrazyon aşınması takımdan kopan sert parçacıkların sürtünmesinden kaynaklanmıştır. Talaşla, talaş yüzeyinin sürtünmesinden kaynaklanmamıştır. Kesme sıvısı kullanıldığında ise, düşük sıcaklıktan ötürü talaş kuru kesmedeki talaşa göre daha serttir. Bu yüzden eğer bu sert talaş, talaş yüzeyinde abrazyon aşınması yapmıyorsa, kuru kesmedeki daha yumuşak talaş keza yapmayacaktır. Diğer taraftan, kuru kesmede yüksek sıcaklıktan ötürü talaşın takıma yapışması (adhezyon) daha şiddetli olduğundan, talaş,

yapışmadan sonrada talaş yüzeyinde kolay bir şekilde hareketine devam eder ve takım malzemesinden parçacık koparır. Buda talaş yüzeyinde ilerde abrazyon aşınmasına sebep olur.

b) Kuru kesmede abrazyon aşınması; talaşın, kesici takım talaş yüzeyine sürtünmesiyle oluşur. Eğer bu hipotez doğru ise abrazyondan kaynaklanan kanallar kesme sıvılı kesmede oluşmazlar çünkü bir şekilde kesme sıvısı talaşla takım arasında yağlayıcı etki yapar.

Bu kayma bölgesinde takımla talaş arasındaki temas çok şiddetli olmadığından kesme sıvısı birleşme yüzeyine sızar ve yağlayıcı etki yapar.

Yazarlar birinci hipotezin daha olası olduğunu düşünmüşlerdir. Kesme sıvısı takımın serbest yüzeyine yönelmektedir ve takım talaş kesişim yüzeyine ulaşır. Fakat kesme sıvısının akışı çok şiddetli olduğundan ve bütün takım yüzeyleri ıslandığı için, ikinci alternatifte olasıdır. Yinede takımla talaş arasındaki temas çok yoğun olduğu için, takım talaş yüzeyine ulaşan kesme sıvısı çok az miktardadır ve buda ikinci alternatifi nadir oluşur hale getirir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara dayanarak, AISI 1045 çeliğinin kaplamalı karbür takımla kaba tornalama koşullarında işlenmesinde şunlar söylenebilir:

Uzun takım ömrünün sağlanması için kuru kesme büyük kesme derinliklerinde (pasolarda) kullanılmamalıdır.

Kesme sıvısı kullanıldığı durumda, tokluğu yüksek bir takıma ihtiyaç duyulur ve kuru kesme uygulanacak ise de takımın yüksek sıcak sertlik özelliği aranır.

Takım ömrü göz önünde tutulduğunda, kuru kesmeyi, kesme sıvılı kesmeye yaklaştıran kesme koşulları : küçük paso ve yüksek kesme hızıdır.

Kesici takım serbest yüzeyinde aşınmaya yol açan sebepler abrazyon ve adhezyondur. Talaş yüzeyinde ise difüzyon, abrazyon ve sürtünmedir.

Diniz ve Micaroni, sertlikleri 55 ile 59 HRd arasında değişen 1045 çeliği iş parçaları üzerinde, ISO P15 kalitesinde 0.4mm ve 0.6mm uç radyusuna sahip 3 kat kaplamalı karbür takımlarla, sentetik kesme sıvısı (%6 konsantrasyon) kullanarak ve kuru kesme şartlarında tornalama deneyleri yapmışlardır.

Bu çalışmadan şu sonuçlar çıkarılmıştır:

Kesme sıvısının kullanılması, kuru kesmeye göre daha uzun takım ömrü verir. Fakat ilerleme

arttırıldığında ıslak ve kuru kesmedeki takım ömürleri arasındaki fark azalır. Islak kesme takım ömrü azalırken, kuru kesme takım ömrü artar. Bunun sebebi, ilerleme arttığında oluşan ısı artar fakat bununla beraber takım üzerinde bu ısının dağılacığı alanda artar. Yani ilerleme büyük olduğu zaman, ısının dağılması daha kolay olur, buda kesme bölgesinde sıcaklığın yükselmesini önler.

Pürüzlülük, kuru kesmenin kullanıldığı her durumda daha azdır. Kuru kesme, kesme bölgesine yakın kısımlarda iş parçası sıcaklığının artmasına sebep olur. Buda iş parçası sertliğinin azalmasına yol açar. Talaş oluşumu kolaylaşır, kesme kuvvetleri azalır ve daha iyi yüzey kalitesi elde edilir.

Takım ucu yarıçapının arttırılması takım ömrünü ve kesme gücünü arttırır. Çünkü uç radyusunun artmasıyla takımla iş parçası arasındaki temas alanı artar ve ısının ortamdan uzaklaştırılması kolaylaşır.

Prosesten kesme sıvısının kaldırılması, kesme hızının azaltılmasını, ilerlemenin ve takım ucu yarıçapının arttırılmasını gerektirir.

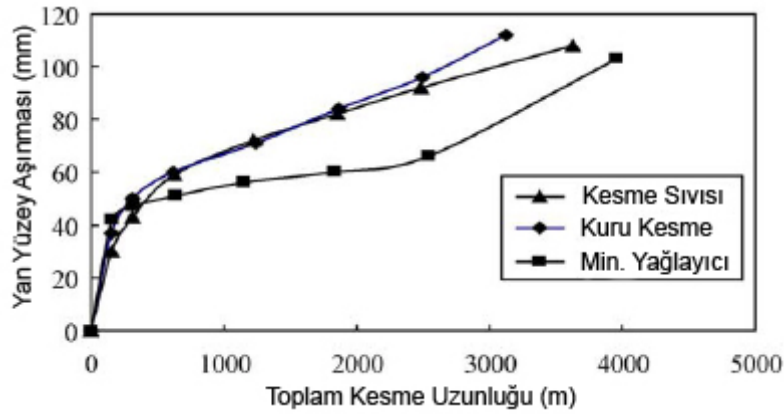
Kishawy ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, A356 alüminyum alışıminının yüksek hızda frezelenmesinde, kesme sıvısı stratejisinin takım performansı, talaş oluşumu ve yüzey kalitesi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sürekli akışkan, kuru kesme ve minimum akışkanla kesme (MQL) tekniklerinin takım aşınması, yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Parlatılmış mikrotane yapıllı THM-U karbür uçlar ve normal THM kalitesindeki karbür uçlar kullanılmıştır.

Minimum miktarda yağlayıcı uygulaması esnasında, 2000 ve 5000m/dak kesme hızlarında kesim yapıldığında karşılaşılan aşınma mekanizmaları karşılaştırılmıştır. Yüksek kesme hızının aşınma mekanizması üzerine negatif bir etkisi olmamıştır. Ayrıca 5000m/dak hızda takıma yapışan iş parçası hacmi 2000m/dak'dakine göre düşmüştür. Talaş yapışması ve kenar deformasyonu oluşmamıştır. Kesici takımın talaş yüzeyi şekilleri, yine benzer aşınma mekanizmalarını göstermektedir. Farklı olarak yüksek hızda kullanılan takım ucunda, kenar ovalleşmesi daha fazla ve krater aşınması daha çok meydana gelmiştir. Kesme hızının takım aşınması üzerinde şiddetli bir zarar verici etkisinin olmadığı kaydedilmiştir.

Malzeme adhezyonuna, kaplamasız karbür takımın serbest yüzeyinde rastlanmıştır. Kesme sıvısı uygulama metodu ve kesici uç kaplaması, kesici uca yapışan iş parçası malzemesi hacmini kontrol eden çok önemli etkenlerdir. Kaplamasız uçlarla yapılan talaşlı işleme

sonrasında, uç profili üzerinde şiddetli iş parçası yapışması gözlenir. Fakat sürekli akışkan yada MQL yöntemi uygulandığında önemsenecek miktarda iz şeklinde kesici uç üzerinde malzeme yapışması meydana gelmiştir.

Kesme sıvısı uygulama metodu serbest yüzey aşınması üzerinde limitli bir etki yapar, fakat adhezyon hacminin kontrolü üzerinde çok önemli rolü vardır. Bu gözlem ayrıca serbest kenar aşınmasının kesme uzunluğu ile ilişkisi şeklinde de sunulmuştur (Şekil 8.15). Grafikte görülür ki takım performansı serbest yüzey aşınmasının bir fonksiyonu olarak alınırsa, MQL testleri en iyi sonuçları vermektedir.

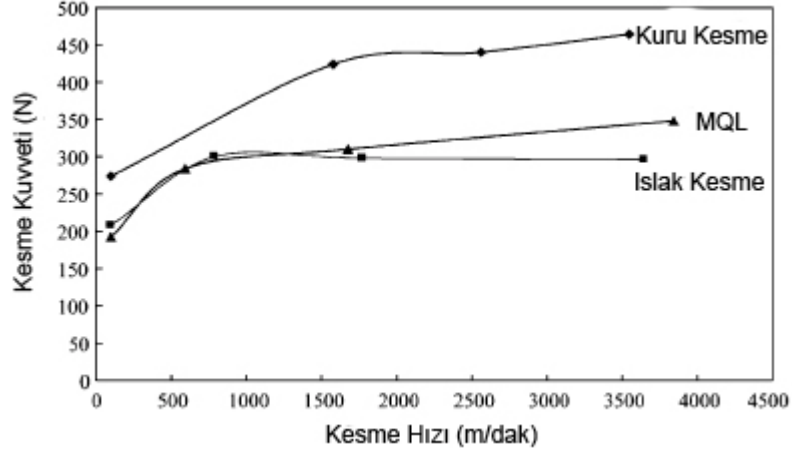


Şekil 8.15 Kaplamasız karbür kesici takımlar üzerinde serbest yüzey aşınmasının seyri (Kishawy, 2004).

Kesme ucu kalitelerinin serbest yüzey aşınması üzerine farklı etkileri söz konusudur. Düşük kesme hızlarında, parlatılmış mikrotane yapılı THM-U karbür uçlar, normal THM kalitesindeki karbür uçlarla karşılaştırıldığında daha yavaş serbest yüzey aşınması gösterirler. Bunun bir sebebi parlatılmış kesici uç yüzeyinin daha kolay talaşı uzaklaştırmasıdır ve diğer sebepte iş parçası malzemesinin daha az miktarda kesme kenarında adhezyona sebep olmasıdır. Yüksek kesme hızlarında ise, bu etki daha az dikkat çekicidir, fakat testlerin 0.12mm serbest yüzey aşınması miktarında sona erdirilmesi yüzünden daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaldırılan talaşın hacmi takım aşınmasına bağlıdır ve kesme kuvvetlerini ve iş parçası yüzey kalitesini etkiler. Şekil 8.16'da farklı kesme sıvısı uygulama metotlarının kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri görülmektedir. En düşük kesme kuvvetleri sürekli kesme sıvısıyla sağlanmıştır. Bu soğutucu akışkanın malzeme adhezyonunu ve sürtünme kuvvetlerini azaltma özelliği ile olmuştur. MQL uygulaması sürtünme kuvvetini düşürmede benzer mekanizmaya

sahiptir fakat soğutma konusunda yetersiz kalmaktadır. En yüksek kesme kuvvetleri beklenildiği üzere kuru kesme esnasında gözlenmiştir. Ancak kesici uç keskinen kesme kuvveti daha düşüktür fakat takım aşınınca iş parçası malzemesinin, kesici yüzeylere yüksek derecede adhezyon olmasından ötürü kesme kuvvetleri yükselir.



Şekil 8.16 Kesme sıvısı uygulamasının kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri (Kishawy, 2004).

AlSi alışımın yüksek hızda işlenmesinde sürekli akışkan yerine MQL yönteminin kullanılması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Proses, alüminyum alışımının kuru kesmeyle işlenmesinden daha ekonomik bir yöntem sunmaktadır. Şu sonuçlar çıkarılmıştır:

A356 içindeki yüksek silisyumdan ötürü, karşılaşılan ana aşınma mekanizması takım ucunda meydana gelen abrazif aşınmadır. Kesici takım serbest ve talaş yüzeylerinde takım ucundan uzak bölgelerde adhezif aşınma meydana gelmiştir. Aşınmanın şiddeti kesici ucun kaplamasına ve kesme sıvısı uygulama yöntemine bağlıdır.

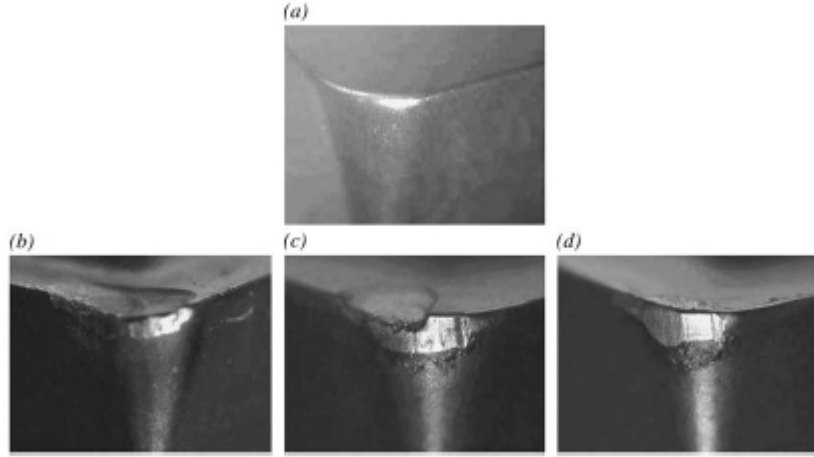
Deneysel sonuçlardan toplanan verilere göre (kesme kuvveti sonuçları ve serbest yüzey aşınmasına dayanarak) kaplamasız takımlarla optimum performans MQL yöntemiyle elde edilmektedir.

5200m/dak'ya kadar olan hızların uygulanması mümkündür ve frezeleme işleminin üretkenliğini artırır. Bu kesme hızını endüstriyel uygulamalarda kullanabilmek için, yeni kesici uç dizaynlarına ihtiyaç vardır.

Rahman ve arkadaşları, ASSAB 718HH (35 HRC) malzeme üzerinde, kaplamasız P20 kalitesinde karbür takımlarla, Mori Seiki dik işleme merkezinde, kuru kesme, sürekli akışkanla kesme ve minimum yağlayıcı kullanarak kesme deneyleri yapmışlardır. Sürekli

akışkanla kesme için %5 konsantrasyonda tam sentetik kesme sıvısı kullanılmıştır. Minimum yağlayıcı ile kesmede ise BP Cilora 128 (Viskozite = 20°C'de 75 cSt) yağ, 8.5 ml/saat debide uygulanmıştır.

Şekil 8.17'de deneyler sırasında takım ömrünün sonuna ulaşmış takımların fotoğrafları görülmektedir. Kesici takımlarda, kuru kesme ve sürekli akışkanla kesmede çentik oluşumu görülmektedir. Minimum yağlayıcı ile kesmede çentik oluşumuna rastlanılmamıştır.



Şekil 8.17 23 dakika çalışma süresinin sonunda aşınmış uçlara ait fotoğraflar a) Yeni uç b) Kuru kesme c) Sürekli akışkanla kesme d) Minimum yağlayıcı ile kesme ( $V = 100\text{m/dak}$ ,  $f = 2800\text{ mm/dak}$ ,  $a_p = 0.35\text{ mm}$ ) (Rahman, 2001)

Sürekli akışkana nazaran minimum yağlayıcı ile kesme ile 1/300000 oranında yağlayıcı harcanımında azalma sağlanmıştır. Deneylerde elden edilen sonuçlar şunlardır:

Minimum yağlayıcı ile kesme uygulamasında ulaşılan takım aşınması değerleri düşük ilerlemeler, düşük hızlar ve düşük paso derinliklerinde sürekli akışkanla kesmeyle karşılaştırılabilir durumdadır. Minimum yağlayıcı ile kesmede yada sürekli akışkanla kesmede talaş yapışmasına rastlanılmamıştır.

Hemen hemen bütün denemelerde, minimum yağlayıcı ile kesmede elde edilen yüzey pürüzlülüğü sürekli akışkanla elde edilene eşittir. Kaba son işlemlerin yüksek ilerlemelerde kuru kesme şartlarında yapılması elde edilen kötü yüzey kalitesi sebebiyle, mümkün değildir.

Minimum yağlayıcı ile kesmede ve sürekli akışkanla kesmede kesme kuvvetleri arasında kayda değer bir fark yoktur. Fakat büyük paso miktarlarında, minimum yağlayıcı ile kesme uygulamasında yetersiz yağlamadan ötürü kesme kuvveti artar.

Kuru kesme ve sürekli akışkanla kesme metotlarına göre minimum yağlayıcı ile kesmede daha az çapak oluşmuştur. Minimum yağlayıcı ile kesmede kesici takım üzerinde daha az talaş yapışması gözlenmiştir.

Kesici takımın talaş yüzeyinde yapılan EDX analizleri göstermektedir ki, talaş-takım kesişim yüzeyinde sıcaklık sürekli akışkanla kesmede minimum yağlayıcı ile kesmeye göre azdır. Kuru kesmede ise en yüksektir.

Popke ve arkadaşları, matkaplama, bronşlama ve genişletme proseslerinin uygulanmasında sürekli akışkanla kesmenin, kuru kesmenin ve minimum miktarda yağlayıcı ile kesmenin etkilerini araştırmışlardır. Sürekli akışkanla kesme deneylerinde, %5 ve %10 konsantrasyonlarda emülsiyon kesme sıvısı kullanılmıştır. Minimum miktarda yağlayıcı kullanımında ise kolza tohumu yağı ile katkılardan oluşan Pulsomat 25 yağını kullanmışlardır.

7 mm çapında, yüksek hız çeliği matkap ucuyla, C45 sac malzeme üzerine 35 m/dak kesme hızında ve 0.05 mm ilerleme değerinde delikler delinmiştir. Takım ömrü olarak,  $VB_{k\ddot{o}şe} = 0.5$  mm değeri takım ömrü sonu olarak kabul edilmiştir. Deneyler sonucunda kuru kesme ve basınçlı havayla birlikte kesme birbirine yakın ama en kötü sonuçları vermiştir. Sürekli akışkanla yapılan deneyde ise konsantrasyon değerinin %5'ten %10'a çıkarılmasının takım ömrü üzerinde büyük bir etkisi olmamıştır. Minimum yağlayıcı kullanıldığında elde edilen sonuçlar ise çok tatminkardır. Deneyin ilk 100 dakikası boyunca kesici uçta sürekli ama az miktarda aşınma meydana gelmiştir. Delinmiş deliklerin yüzey kaliteleri karşılaştırıldığında, yüzey kaliteleri arasında önemli bir fark görülmemiştir.

Bronşlama işleminde, minimum miktarda yağlayıcı ile kuru kesmeye ve kesme sıvılı kesmeye göre çok üstün sonuçlar elde edilmiştir.

Delik genişletme prosesinde ise, kuru kesme bütün testlerde elde edilen en düşük takım ömrü değerini vermiştir, fakat minimum miktarda yağlayıcı kullanarak elde edilen takım ömrü sonuçları diğer proseslerde olduğu gibi sürekli akışkanla kesmeye göre aşırı miktarda baskın değildir. Elde edilen sonuçlar birbirine yakındır. Bunun sebebi, kesme sıvısı kullanıldığında kesme bölgesinden uzaklaştırılabilen talaş minimum yağlayıcı kullanıldığında kesme bölgesinden uzaklaştırılamamakta ve daha yüksek takım aşınmasına sebep olmaktadır.

Autret ve Liang, sertleştirilmiş çelik malzeme üzerinde minimum yağlayıcı ile tornalama deneyleri yaparak kuru kesme ile minimum yağlayıcı kullanarak kesmenin performansını karşılaştırmışlardır. Sertleştirilmiş çeliklerin işlenmesinde kesme sıcaklığının çok yükselmesi

sebebiyle kesme kuvvetleri düşüktür. Bu sebepten kesme sıvısı kullanılmaz. Fakat bu durumdan elde edilen yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrü negatif olarak etkilenir. Bu yüzden ilerleme ve paso derinliği değerlerine sınırlamalar getirilir.

Minimum yağlayıcı olarak bitkisel yağ 50 ml/saat debisinde ve 1.36 atm basıncında kullanılmıştır. 62 HRC ile 64 HRC sertliklerinde yüksek karbonlu çelik iş paçaları, ve kubik bor nitrür (CBN) takımlar kullanılarak cnc tornada deneyler gerçekleştirilmiştir.

Minimum yağlayıcı kullanımında elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinde, kuru kesmeyle elde edilen değerlere göre bir iyileşme elde edilememiştir. Fakat, büyük ilerleme ve paso derinliklerinde kesim yapıldığında kuru kesmeye göre tatmin edici bir iyileşme sağlanmıştır. Kesme sıcaklıklarında kuru kesmeye göre %10 ile %30 arasında azalma sağlanmıştır. Kesme kuvvetleri göz önüne alındığında minimum yağlayıcının kullanılması kuvvetlerde bir değişikliğe sebep olmamıştır. Geniş bir kesme koşulları aralığında, minimum yağlayıcı ile kesme takım ömründe %30 artışı sağlamıştır. Takım ömründeki bu iyileşme kesme sıcaklıklarının düşmesiyle alakalıdır.

Liu ve ekibi, su buharının kesme sıvısı olarak kullanılmasının sonuçlarını incelemiştir. Su buharı, ucuzdur, kirlilik yapmaz ve çevreyle dosttur. Deneyler, su buharı, basınçlı hava, emülsiyon kesme sıvısı kullanılarak ve kuru kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, daha temiz ve yüksek hızda işleme için su buharının nüfuz etme özelliği ile birlikte yüksek yağlama özelliğinden de faydalanarak yeni bir soğutma ve yağlama tekniğini geliştirmektir.

Deneyler C45 çeliği, YT15 kesici uçlar kullanılarak konvansiyonel torna tezgahı üzerinde yapılmıştır. Su buharı jeneratörü ve buhar besleme sistemi, jet akış parametreleri (basınç, sıcaklık akış hızı ve nem) ve soğutma mesafesi (nozül ile kesme bölgesi arasındaki mesafe) kontrol edilebilecek şekilde dizayn edilmiştir.

Buhar jet akışının sıcaklığı ve hızı direkt olarak yağlama ve soğutma etkisini değiştirmektedir. Soğutma mesafesi içinde farklı noktalarda akışın hızı ve sıcaklığı ölçülmüş ve Matlab programında modellenmiştir. Kesme kuvveti, dinamometre ile; kesme sıcaklığı, takım-iş parçası termokopel yöntemiyle ölçülmüştür. Ayrıca yüzey pürüzlülüğü de ölçülmüştür.

$V_C = 86.5$  m/dak,  $f = 0.15$  mm/devir kesme şartlarında yapılan deneyler neticesinde şu sonuçlar elde edilmiştir:

Su buharı kullanıldığında, ana kesme kuvveti ( $F_C$ ) kuru kesmeye göre %40, basınçlı havayla

kesmeye göre %20 ile %30 ve emülsiyon kesme sıvısına göre de %10 ile %15 oranında azalmıştır. Su buharı jet halinde kesme bölgesine gönderildiği için takım – talaş ara yüzeyin, gaz fazında tamamen doldurur. Yüksek sıcaklıktaki buhar, yüksek kavrama gücüne sahip sınır yağlayıcı tabaka oluşturur.

Su buharının kullanılması sürtünme katsayısında düşüşe sebep olur. Su buharının yüksek hızdaki jet akışıyla kesme bölgesine gönderilmesi daha kalıcı sınır yağlayıcı tabaka oluşmasını sağlar. Buda kesici takım – talaş ara yüzeyindeki deforme edilmemiş yüzeylerin adhezyonunu azaltır veya tamamen önler ve alt katmanlardaki plastik akışı hızlandırır. Böylece sürtünme katsayısı düşer.

Kesme sıcaklığı termokopel ile ölçülmüş ve paso derinliğinin artmasıyla sıcaklığın az arttığı gözlenmiştir. Su buharı, kesici takım – talaş ara yüzeyinde yüksek verimli yağlayıcılık etkisi göstermesiyle ve sıcaklığının kesme bölgesi sıcaklığından oldukça düşük olması sebebiyle kesme sıcaklığını oldukça düşürür. Su buharı kullanıldığı durumda kesme sıcaklığı kuru kesme sıcaklığına göre %70, basınçlı havayla kesmeye göre %60 ve emülsiyonla kesmeye göre %50 düşer.

Su buharı kullanımı ile kesme kuvvetinin, sürtünme katsayısının ve kesme bölgesi sıcaklığının düşmesi daha iyi yüzey pürüzlülüğü değerleri verir.

Çakır ve arkadaşları talaşlı işlemede, soğutucu akışkan olarak gaz kullanımının etkilerini araştırmış ve sonuçları kuru ve ıslak kesmeyle karşılaştırmışlardır. Karbondioksit, nitrojen ve oksijen gazları AISI1040 çeliğinin işlenmesinde kullanılmıştır. Talaşlı işleme deneyleri, sabit kesme hızında ve 3 farklı paso ve ilerleme değerinde yapılmıştır. Kesme kuvveti, itme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, sürtünme kuvveti ve kayma açısı değerleri incelenmiştir.

Deneysel çalışma ortogonal kesme koşullarında universal torna tezgahında yapılmıştır. Kuru kesme, ıslak kesme ve oksijen, nitrojen ve karbondioksit gazlarıyla kesme aynı kesme parametreleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Islak kesme deneylerinde çoğunlukla kullanılan %5 emülsiyonda kesme sıvısı kullanılmıştır.

Deneysel çalışmada kullanılan iş parçası malzemesi AISI1040'tır. Sertliği 195 HV'dir. P20 derecesinde TPUN160312 kaplamasız karbür kesici uçlar CTGPR2020 takım tutucuyla birlikte kullanılmıştır. Her bir deney için yeni bir kesici uç kullanılmıştır. Bütün denemelerde 150m/dak kesme hızı sabit olarak uygulanmıştır.

Elde edilen kesme kuvvetleri göstermektedir ki, en yüksek kesme kuvveti kuru kesmede tespit

edilmiştir. Düşük ilerlemelerde gaz uygulaması ıslak kesmeye nazaran daha düşük kesme kuvvetleri oluşturmuştur. 3 gaz uygulaması da birbirine yakın kesme kuvvetleri oluşturmuştur. Fakat karbondioksit en düşük değeri vermiştir.

Ölçülen itme kuvvetleri göstermektedir ki gaz uygulamaları kuru ve ıslak kesmeye göre daha düşük değerler vermektedir. Keza ilerlemenin arttırılmasıyla itme kuvveti de artmaktadır.

Elde edilen kesme ve itme kuvveti değerleri, sürtünme katsayısı ve kayma açısı kullanılarak açıklanabilir. Yüksek ilerlemelerde gazların sürtünme katsayılarının çok düşük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca her bir gazda elde edilen kayma açısı ıslak ve kuru kesmeye göre büyüktür. Bu sebepler gazlarda oluşan kesme ve itme kuvvetlerinin daha düşük olabileceğini doğurur. Karbondioksit gazının kullanılmasıyla, elde edilen sürtünme katsayısı oksijen ve nitrojene göre daha düşüktür. Karbondioksit gazının soğutma etkisi diğer iki gaza göre daha fazladır. Bu iki etki sebebiyle karbondioksit gazı uygulamasında en düşük kesme ve itme kuvvetleri oluşur.

Sürtünme katsayıları göz önüne alındığında, gazların işlemede yağlayıcı etkileri vardır. Karbondioksit uygulamasında oksijene göre düşük kesme ve itme kuvvetlerinin elde edilmesinin sebebi, keza her gaz uygulamasında kayma ve sürtünme kuvvetleri de değişmiştir, karbondioksit kullanıldığında daha küçük talaş temasının meydana gelmesidir. Nitrojen gazı diğer gazlarla karşılaştırıldığında en büyük kesme ve itme kuvvetlerini vermiştir.

Kuru kesme deneyleri atmosferik şartlarda gerçekleştirilmiştir ve bu yüzden nitrojen gazı uygulamasında elde edilen benzer kesme ve itme kuvvetleri elde edilmiştir. Fakat nitrojen gazının kesme bölgesine akışı nedeniyle soğutma etkisi artmıştır, buda kuru kesmeye göre kesme ve itme kuvvetlerini düşürmüştür.

Oksijen ve nitrojen gazları karşılaştırıldığında ise, oksijen gazı uygulamasında daha düşük kesme kuvveti, düşük itme kuvveti ve düşük sürtünme katsayısı gözlenmiştir. Buda literatürde belirtildiği gibi oksijen gazının daha üstün olan yağlayıcı özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Yüzey pürüzlülükleri karşılaştırıldığında, gazların ıslak ve kuru kesmeye göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Gazlar yüksek ilerlemelerde daha iyi yüzeyler vermektedir, keza ıslak kesmeyle düşük ilerlemelerde daha iyi yüzey kalitesine ulaşılmıştır. En yüksek yüzey pürüzlülüğü kuru kesmede oluşmuştur.

Kayma açısı ve sürtünme katsayısı göz önüne alındığında, gazların kullanımı ve ıslak kesme farklı etkiler göstermektedir. Bu zıt etkiler, ıslak kesmede daha düşük kesme kuvvetlerinin

elde edilmesinin nedeni değildir. Kesme sıvısının soğutma etkisi bir neden olabilir. Gaz uygulamasında yüksek ilerlemelerde ıslak kesmeye göre daha kaliteli yüzeyin elde edilmesinin sebebi kesme sıvısının yetersiz nüfuziyeti ve böylece yetersiz yağlama etkisinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmalardan çıkarılan sonuçlar:

Kuru kesme uygulaması esnasında kesici takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklık kesme sıvılı kesmeye göre çok yüksektir. Yüksek sıcaklık kesici takım ömrünü negatif etkiler. Kesici takım malzemesi ve kaplamalar konusundaki gelişmeler yüksek sıcaklığın etkilerini minimize etmeye yöneliktir. Kuru kesme işlemlerinde sıcak sertliği yüksek, tokluk değeri düşük kesici takımlar kullanılmalıdır. Ayrıca kuru kesmede sıcaklığın bu kadar yükselmesi iş parçası malzemesinin dayanımını düşürür ve kesme esnasındaki güç tüketiminin düşmesine sebep olur.

Frezeleme operasyonlarında, kesme sıvılarının kullanılması kesici takım üzerinde tarak çatlaklarının oluşmasına sebep olur. Bunun sebebi frezeleme operasyonunun kesikli bir operasyon olmasına bağlı olarak kesici uç sıcaklıklarındaki ani değişimlerdir.

Tornalama operasyonlarında, kesme işlemi sürekli bir şekilde gerçekleştiği için kesme sıvısı kullanımı operasyonun verimliliğini arttırmıştır. Kesme sıvısının soğutma özelliği tornalamada etkindir. Operasyonun kuru olarak gerçekleştirildiği durumda ise, aşınma direnci yüksek olan kesici takımları kullanmak, soğutma kapasitesindeki açığı kapatarak, kuru kesme takım ömrünü kesme sıvılı takım ömrüne yaklaştırır. Kesme hızı yükseldikçe kesme sıvısının kesme bölgesine olan nüfuziyeti azalır, böylece kesme sıvısının pozitif etkisi azalır. Ayrıca kuru kesme operasyonları, küçük paso derinliklerinde talaş kaldırılarak uygulanmalıdır. İlerleme mümkün olduğunca arttırılmalıdır. Böylece kuru kesmede ısının ortamdan uzaklaştırılması kolaylaşır. Ayrıca kesici uç yarıçapının arttırılması, kesme gücünü arttırmakla birlikte takım ömrünü de arttırır. Daha büyük kesici uç yarıçapı yine ısının dağıtılmasını kolaylaştıracaktır.

Kesme sıvısının kullanımı ve kesici uç kaplaması, kesici uca yapışan iş parçası malzemesi hacmini kontrol eden çok önemli unsurlardır. Kesme sıvısı kullanıldığında adhezyon hacmi azalır ve iş parçası yüzey kalitesi artar. Kullanılan kesici takım kaplamaları da kuru kesmede kesici uç üzerindeki adhezyonu düşürerek iş parçası yüzey kalitesini arttırır.

Minimum miktarda yağlayıcı kullanımı yöntemi araştırmalarda tutarlı sonuçlar vermiştir.

Minimum yağlayıcı kullanımında elde edilen yüzey pürüzlülüğü değerlerinde, büyük ilerleme ve paso derinliklerinde kesim yapıldığında kuru kesmeye göre tatmin edici bir iyileşme sağlanmıştır. Kesme sıcaklıklarında kuru kesmeye göre %10 ile %30 arasında azalma sağlanmış, buda takım ömrünü pozitif etkilemiştir.

## 9 DENEYSEL ÇALIŞMA

Kesme sıvılarının iş parçasını, kesici takımını ve tezgahı, kesme sıvısı içindeki sudan kaynaklanan korozyona karşı koruması istenir. Yapılan deneylerle, kesme işleminden sonra kesme sıvılarının iş parçası üzerinde korozyona karşı nasıl bir koruyuculuk sağladıkları tespit edilmeye çalışılmış, ve bu amaçla farklı kesme sıvılarıyla ve kuru kesme şartlarında kesme işlemleri yapılarak deney numuneleri hazırlanmıştır. Kuru kesmeyle üretilen parçalardaki korozyonun gelişimiyle, kesme sıvılarının varlığında üretilen parçalardaki gelişimi gözlenmiştir. İlave olarak pratikte kesme sıvılarının korozyon koruyuculuklarını ölçmede kullanılan DIN 51360-2 talaş testi yapılmıştır.

Ayrıca, kesme sıvılı kesmenin ve kuru kesmenin kesici uç üzerindeki etkileri de incelenmiştir.

### 9.1 Malzeme

Deneylerde, iş parçası malzemesi olarak 50 mm ve 75 mm çaplarında C1050 imalat çeliği kullanılmıştır. Malzemenin kimyasal bileşimi Çizelge 9.1'de, sertifikası ise Ek-1'de verilmiştir. Kauçuk kalıplarının imalatında genellikle kullanıldığı için bu malzeme tercih edilmiştir. C1050 imalat çeliği sorunsuz bir şekilde işlenebilmekte ve sanayide kolayca bulunabilmektedir.

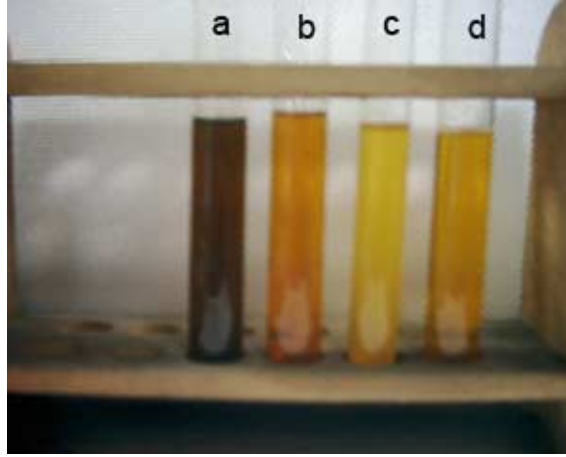
Çizelge 9.1 C1050 İmalat Çeliğinin Kimyasal Bileşimi

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	V	Al	Cu	Sn	Fe
%	0.5	0.25	0.78	0.013	0.029	0.2	0.11	0.002	0.01	0.24	0.014	Kalan

### 9.2 Kullanılan Kesme Sıvıları

Kesme sıvısı olarak 4 çeşit sıvı kullanılmış ve bu sıvılar (Şekil 9.1) Mevag firmasından konsantre halinde temin edilmiştir. Bu sıvılar :

- Cimstar MB602C - Çözünbilen kesme sıvısı (%60 mineral yağ içerikli)
- Cimstar HD650 – Çözünbilen kesme sıvısı (%60 mineral yağ + EP katkısı)
- Cimstar 450 – Yarı sentetik kesme sıvısı (%25 mineral yağ)
- Cimtech D18 – Tam sentetik kesme sıvısı (%0 mineral yağ)



Şekil 9.1 Deneylerde kullanılan kesme sıvıları a) Mineral bazlı kesme sıvısı b) Mineral bazlı kesme sıvısı (EP katkılı) c) Tam sentetik kesme sıvısı d) Yarı sentetik kesme sıvısı

Deneylerde kullanılacak kesme sıvıları, genellikle uygulanan ve kesme sıvısı üreticilerinin tavsiye ettiği %5 konsantrasyonda hazırlanmıştır. Seyreltme işleminde çeşme suyu kullanılmıştır. Suyun, kesme sıvısı hazırlamaya uygun olup olmadığını kontrol etmek amacıyla su sertlik ölçümü yapılmıştır (Şekil 9.2). Yapılan ölçümde sertlik 13 Alman sertliği olarak ölçülmüş olup suyun kesme sıvısı hazırlanması için uygun olduğu tespit edilmiştir. Kesme sıvıları 6 ile 6.5 lt/dak değerleri arasındaki debilerde ve kesme sıvısı kesici takım talaş yüzeyine bütün deneylerde 60 mm uzaklıktan gelecek şekilde uygulanmıştır



Şekil 9.2 Su sertlik ölçüm kiti.

### 9.3 Kesme Koşulları

Kesme operasyonu sürekli şekilde gerçekleştiği için deneylerde tornalama operasyonunun

uygulanması tercih edilmiştir. Literatürdeki çalışmalarda, tornalama operasyonunda sürekli kesme sıvısı kullanımının yüksek verim sağladığı görülmüştür.

### 9.3.1 Kullanılan Tezgah

Kesme deneyleri, Ersan Kauçuk kalıphane bölümünde, konvansiyonel torna tezgahında (Şekil 9.3) yapılmıştır. Tezgah devirlerinin tutarlılığı mekanik devir ölçerle kontrol edilmiştir.



Şekil 9.3 Konvansiyonel torna tezgahı (Ersan Kauçuk).

### 9.3.2 Kesici Uç

Kesici uç olarak; P30 kalitesinde, Korloy marka, TPUN160308 ISO koduna sahip, kaplamasız, 0.8 uç radyuslu, karbür takımlar (Şekil 9.4) kullanılmıştır. Kesici uç tutucu olarak da Takımsaş marka CTGPR2525 tutucu tercih edilmiştir. Her bir kesme sıvısı ve kuru kesme deneyi için yeni bir kesici uç kullanılmıştır. Kesme işlemleri, ortogonal kesme şartlarında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9.4 TPUN160308 Korloy marka kaplamasız takımlar.

### 9.3.3 Numunelerin Hazırlanması

50 mm çapında çubuk halindeki C1050 imalat çeliği malzeme, şerit testerede 30mm

uzunluğunda parçalara kesildikten sonra, parçalar alın ve yüzey tornalama operasyonlarına tabi tutularak deney için hazırlanmıştır. Deneyler esnasında torna tezgahının aynası içindeki dayama vasıtasıyla bütün numunelerin eşit mesafede ayna tarafından tutulması sağlanmıştır.

30 mm uzunluğundaki birinci parça aynaya bağlanmış ve 20mm çapındaki matkapla numunenin ortasına delik delinmiştir. Bu deliğin delinmesinin sebebi daha sonra yapılacak kanal açma kesici takımıyla kesme işleminin yükünü hafifletmektir. Daha sonra yeni karbür uçla 0.5 mm/devir ilerleme, 750 devir/dak devir değerlerinde numunelerin yüzeyinden 1mm paso kaldırılmış, sonrada 0.1 mm/devir ve 1000 devir/dak değerlerinde numunelerden 0.5 mm son paso kaldırılmıştır. Üçüncü aşamada ise numunelerin alnından 0.1 mm/devir ve 1000 devir/dak değerlerinde 0.5 mm paso kaldırılmıştır. Daha sonra kanal açma ucuyla 5mm genişliğindeki ilk numune kesilmiştir. Bu numune temiz bir bezle kurularak kesme sıvısı temizlenmiştir. Sonra aynı alın tornalama işlemi uygulanmış ve kanal açma ucuyla bir tane daha 5 mm genişliğinde numune kesilmiştir. Bu numune kurulanmadan ıslak olarak beklemeye bırakılmıştır. Bir sonraki aşamada ise tezgaha 30mm uzunluğunda bir parça daha bağlanmış aynı kesme sıvısıyla ve karbür uç değiştirilmeden, 0.1 mm/devir ilerleme, 1000 devir/dak devir değerlerinde numunenin yüzeyinden 0.5mm paso kaldırılmıştır. Sonrada numunenin alnından 0.1 mm/devir ve 1000 devir/dak değerlerinde 0.5 mm paso kaldırılmıştır. Bu 30mm uzunluğundaki üçüncü numune pürüzlülük ölçümleri için hazırlanmıştır. Her bir kesme sıvısı için bu operasyonlar tekrarlanmış ve numuneler hazırlanmıştır. Hazırlanan 5mm kalınlığındaki numunelere ve 30mm kalınlığındaki numunelere numaralar vurulmuştur.

Talaş testlerin de kullanılmak üzere, gri dökme demir talaşı ve C1050 malzeme talaşı konvansiyonel freze tezgahında, bu malzemelerden kuru kesilerek hazırlanmıştır.

Kesme sıvılarının kesici takım üzerindeki etkilerini görmek amacıyla uygulanan kesme deneylerin için ise, C1050 imalat çeliği malzeme 75 mm çapında ve 200 mm boyunda 4 adet temin edilmiş ve malzeme yüzeyindeki tufalların temizlenmesi amacıyla malzeme yüzeyinden 1mm talaş kaldırılarak ve ön yüzeylerine punta deliği açılarak iş parçaları hazırlanmıştır. Deney esnasında iş parçaları, 30 mm'si ayna tarafından tutulacak şekilde punta yardımıyla tezgaha bağlanmıştır.

#### **9.4 Uygulanan Deneyler**

50 mm çapında ve yaklaşık 5mm boyundaki numunelere korozyon deneyi, 30 mm boyunda hazırlanan numunelere ise yüzey pürüzlülük ölçüm deneyi yapılmıştır. Ayrıca talaş testi deneyi hem standart döküm malzeme talaşına, hem de C1050 çelik malzeme talaşına

uygulanmıştır. Korozyon deneyini sonuçlandırırken, korozyonun yüzeylerde meydana getirdiği hasarı görmek amacıyla numunelerin makro fotoğrafları ve iç yapıya etkisini görmek amacıyla da numunelerin mikro fotoğrafları çekilmiştir. Son kısımda ise 75 mm çapındaki C1050 parçalar üzerinde kesme deneyleri yapılmıştır.

#### 9.4.1 Korozyon Deneyi

Korozyon deneyinde, ağırlık tayini metoduna göre numunelerde meydana gelen korozyon ölçülmüştür. Hazırlanan 5 mm kalınlığındaki numuneler, oda koşullarında üstleri açık şekilde 3 aylık bir zaman dilimi süresince beklemeye bırakılmıştır (Şekil 9.5). Deney süresince numunelerin fotoğrafları çekilerek korozyonun seyri izlenmiştir.



Şekil 9.5 Ortam şartlarında beklemeye bırakılan numuneler.

5mm kalınlığında hazırlanan numunelerin belirli zamanlarda hassas terazide (Şekil 9.6) ağırlıkları ölçülmüştür. Ağırlık ölçümleri her bir numune için her seferinde iki kere yapıp , bu iki ölçümün ortalaması alınmıştır. Hassas terazide yapılan ağırlık ölçümlerinin sonuçları Çizelge 9.2' de görülmektedir. Şekil 9.7-9.11 ise ölçümlerdeki ağırlık farkı değerlerinin grafiklerini göstermektedir. Ölçülen ağırlık değerlerinin artış trendi izlediği görülmüştür. Beklenildiği gibi bu ağırlık artışının sebebi parçaların yüzeylerinde oluşan pas tabakasıdır.

Çizelge 9.2 Numunelerin hassas terazide ölçülen ağırlıkları.

<b>YARI SENTETİK KESME SIVISI</b>			
<b>tarih</b>	<b>saat</b>	<b>No.1 ağırlık</b>	<b>No.2 ıslak ağırlık</b>
12-May	16:30	41.1088	55.3888
14-May	15:30	41.1088	55.3888
18-May	17:30	41.1088	55.3888
02-Haz	10:00	41.1094	55.3890
21-Haz	16:30	41.1094	55.3891
01-Tem	16:00	41.1096	55.3892
09-Tem	16:30	41.1098	55.3896
26-Tem	17:00	41.1098	55.3896

<b>KURU KESME</b>			
<b>tarih</b>	<b>saat</b>	<b>No.3 ağırlık</b>	<b>No.4 ağırlık</b>
14-May	15:30	57.0737	51.3733
18-May	17:30	57.0738	51.3734
02-Haz	10:00	57.0740	51.3738
21-Haz	16:30	57.0742	51.3740
01-Tem	16:00	57.0743	51.3741
09-Tem	16:30	57.0744	51.3741
26-Tem	17:00	57.0744	51.3742

<b>ÇÖZÜNEBİLEN YAĞ</b>			
<b>tarih</b>	<b>saat</b>	<b>No.5 ağırlık</b>	<b>No.6 ıslak ağırlık</b>
18-May	17:30	48.5203	39.9814
02-Haz	10:00	48.5204	39.9815
21-Haz	16:30	48.5207	39.9816
01-Tem	16:00	48.5208	39.9817
09-Tem	16:30	48.5208	39.9818
26-Tem	17:00	48.5209	39.9821

<b>ÇÖZÜNEBİLEN YAĞ (EP Katkılı)</b>			
<b>tarih</b>	<b>saat</b>	<b>No.7 ağırlık</b>	<b>No.8 ıslak ağırlık</b>
18-May	17:30	50.0715	57.2138
02-Haz	10:00	50.0716	57.2140
21-Haz	16:30	50.0718	57.2141
01-Tem	16:00	50.0720	57.2144
09-Tem	16:30	50.0721	57.2145
26-Tem	17:00	50.0722	57.2145

<b>TAM SENTETİK</b>		
<b>tarih</b>	<b>saat</b>	<b>No.9 ıslak ağırlık</b>
25-Nis	15:00	107.3100
12-May	16:30	107.3102
18-May	17:30	107.3102
02-Haz	10:00	107.3103
21-Haz	16:30	107.3103
01-Tem	15:00	107.3105
09-Tem	16:30	107.3107
26-Tem	17:00	107.3112



Şekil 9.6 Ağırlık ölçümlerinin yapıldığı Precisa marka hassas terazi.

Numunelerin ilk ölçülen ağırlıklarıyla son ölçülen ağırlıkları arasındaki farklar Çizelge 9.3'te sunulmuştur. Değerler incelendiğinde, en az ağırlık artışı çözünebilen yağ ve EP katkılı çözünebilen yağla sağlanmıştır. Burada ürün içindeki %60 oranındaki mineral yağ korozyona karşı yüksek oranda koruyuculuk sağlamıştır. Yarı sentetik kesme sıvısı ve kuru kesme birbirine yakın değerler vermiştir. Yarı sentetik kesme sıvısıyla işlenen numunelerden kuru olarak bırakılana, ıslak olarak bırakılana göre daha fazla korozyon meydana geldiği görülmektedir. Islak bırakılan numunede, kesme sıvısı korozyona karşı direnç sağlamıştır. Tam sentetik kesme sıvısı ile kesilen numunede ise en fazla ağırlık artışı olmuş ve sonuç olarak en fazla korozyona uğrayan numunedir.

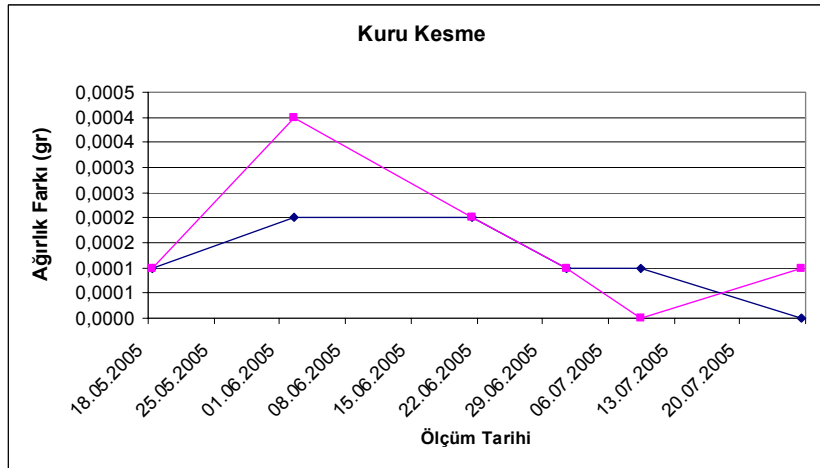
Çizelge 9.3 Numunelerin ilk ve son ağırlık ölçümleri arasındaki farklar.

	İlk Ölçülen Ağırlık (g)		Son Ölçülen Ağırlık (g)		Ağırlık Farkı (g)	
	kuru	ıslak	kuru	ıslak	kuru	ıslak
<b>Yarı Sentetik Kesme Sıvısı</b>	41.1088	55.3888	41.1098	55.3896	0.0010	0.0008
<b>Çözünebilen Yağ</b>	48.5203	39.9814	48.5209	39.9821	0.0006	0.0007
<b>Çözünebilen Yağ (EP Katkılı)</b>	50.0715	57.2138	50.0722	57.2145	0.0007	0.0007
<b>Tam Sentetik Kesme Sıvısı</b>		107.3100		107.3112		0.0012

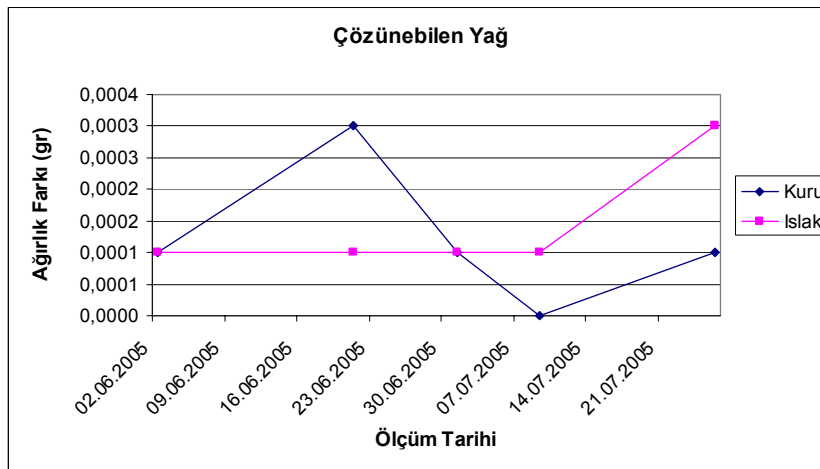
	İlk Ölçülen Ağırlık (g)		Son Ölçülen Ağırlık (g)		Ağırlık Farkı (g)	
	1.numune	2.numune	1.numune	2.numune	1.numune	2.numune
<b>Kuru Kesme</b>	57.0737	51.3733	57.0744	51.3742	0.0007	0.0009



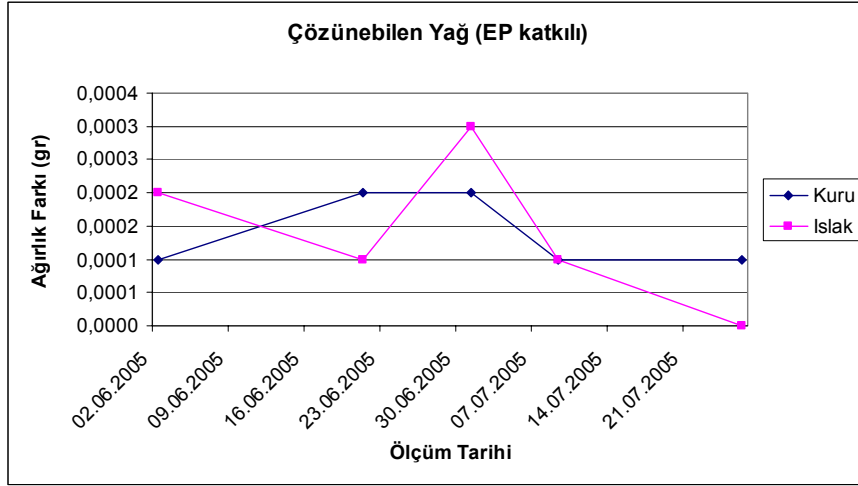
Şekil 9.7 Yarı sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.



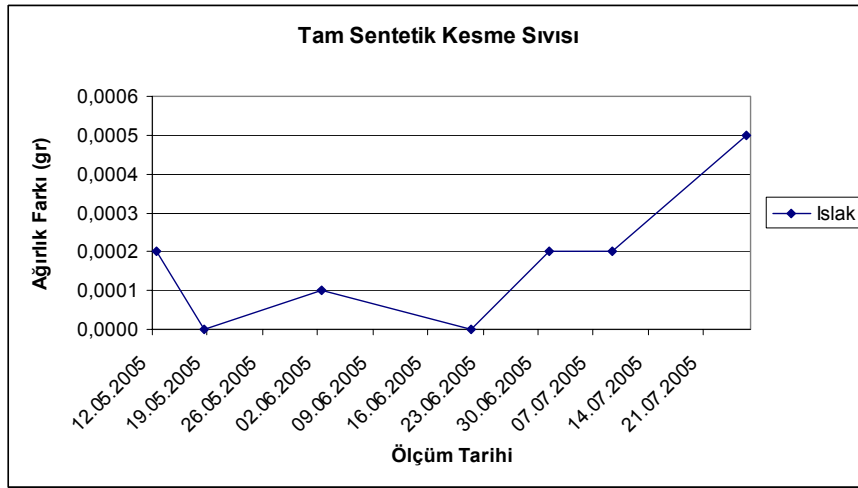
Şekil 9.8 Kuru kesme şartlarında kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.



Şekil 9.9 Çözünebilen yağ ile kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.



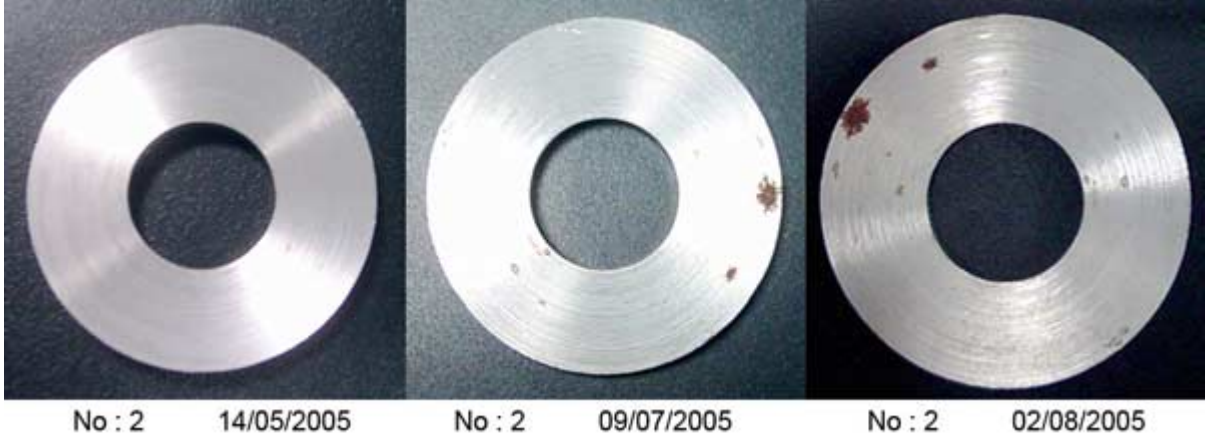
Şekil 9.10 Çözünebilen yağ (EP katkı) ile kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.



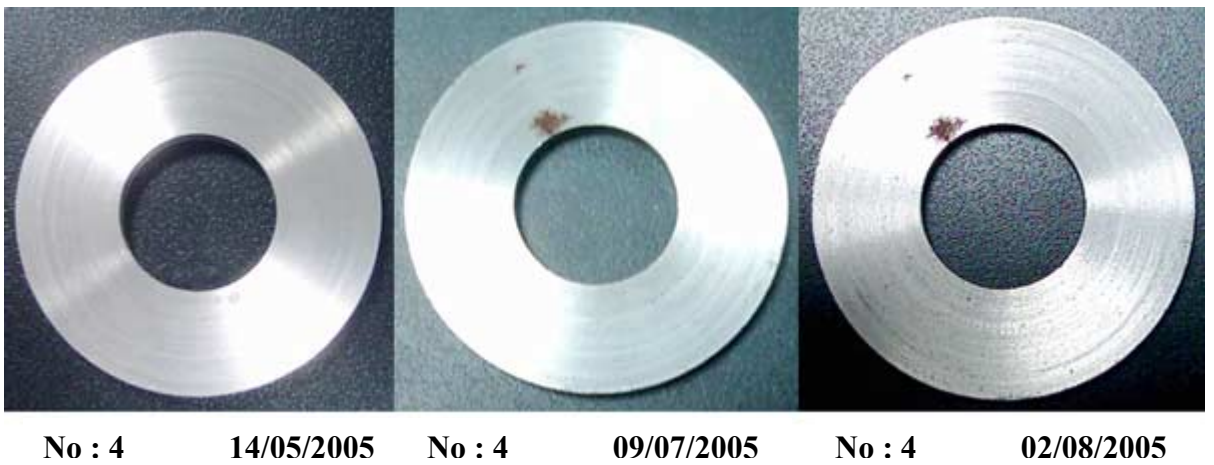
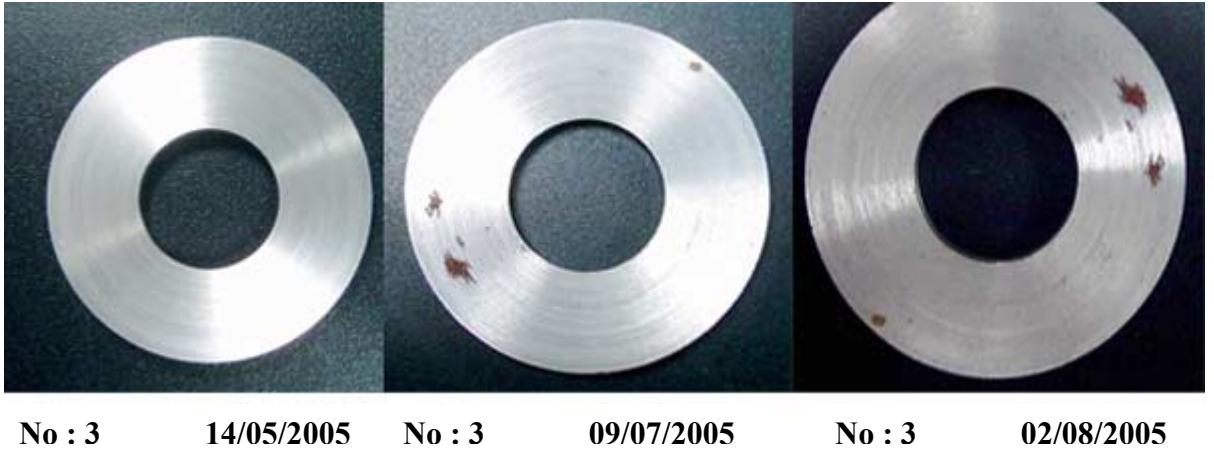
Şekil 9.11 Tam sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunelerin ağırlık artış farkları.

Farklı sürelerde, numunelerin çekilen makro fotoğraflarında, korozyonun oluşum seyri görülmektedir (Şekil 9.12 – Şekil 9.16).

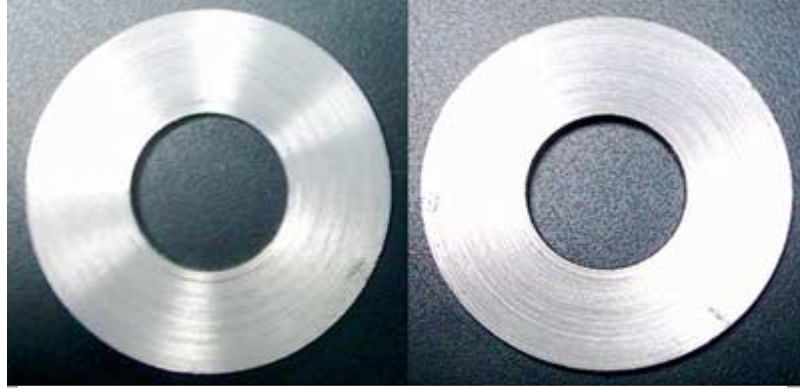
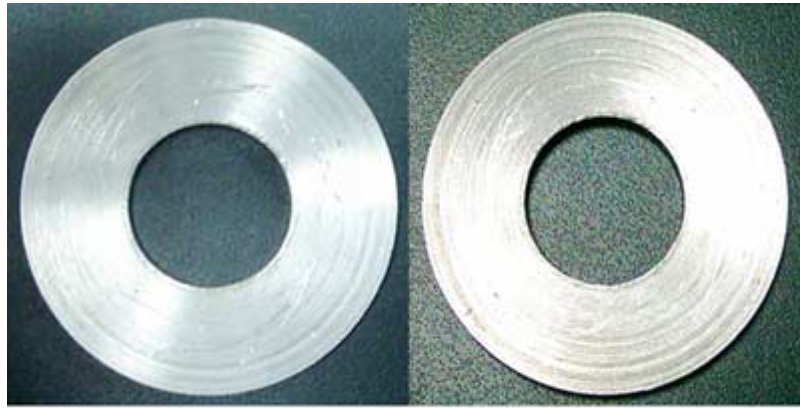




Şekil 9.12 Yarı sentetik sıvıyla hazırlanan numune (1,2).



Şekil 9.13 Kuru kesilerek hazırlanan numuneler (8,9).

**No : 5****09/07/2005****No : 5****02/08/2005****No : 6****09/07/2005****No : 6****02/08/2005**

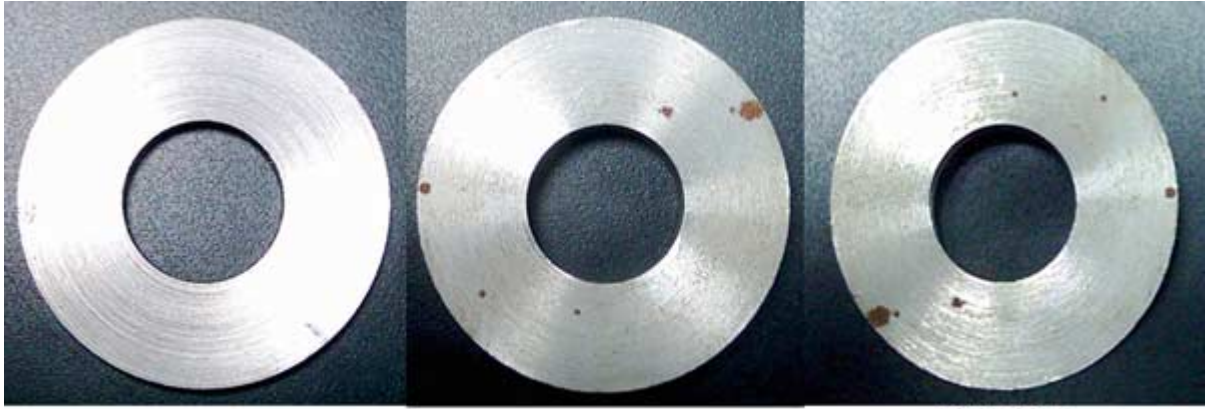
Şekil 9.14 Çözünöbilen kesme sıvısıyla hazırlanan numuneler (4,5).

**No : 7****09/07/2005****No : 7****02/08/2005**



**No : 8      09/07/2005      No : 8      02/08/2005**

Şekil 9.15 EP katkılı çözünebilen kesme sıvısıyla hazırlanan numuneler (11,12).

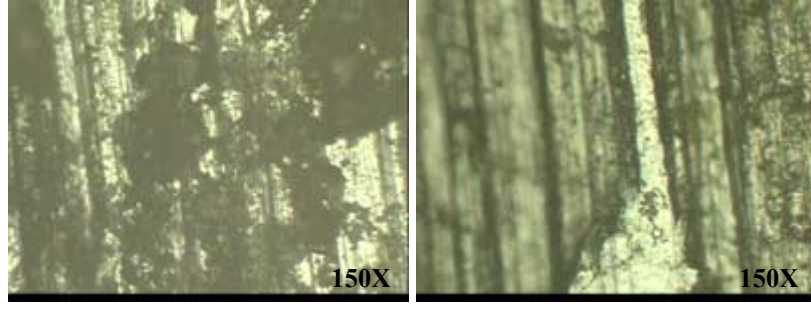


**No : 9      14/05/2005      No : 9      09/07/2005      No : 9      02/08/2005**

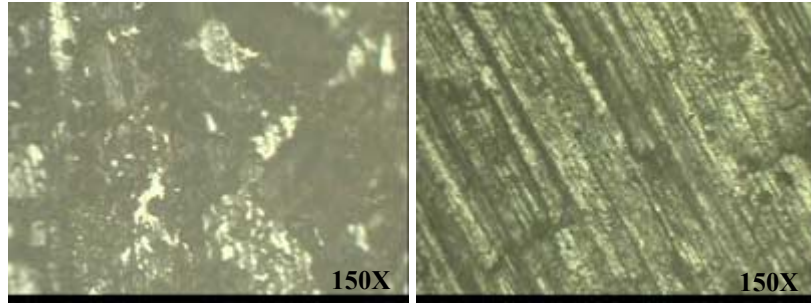
Şekil 9.16 Tam sentetik kesme sıvısıyla hazırlanan numune.

Ağırlıklı korozyon tayini deneyinin son aşamasında, 3 aylık sürenin ardından XJP-6, 6A Metalurjik mikroskobuyla numunelerin makro ve mikro fotoğrafları çekilmiştir. Makro fotoğraflar, yüzeyinde pas oluşan numuneler için hem paslı hem passız bölgelerden olmak üzere 2'şer adet, lokal pas lekesi oluşmayan numuneler içinde birer adet çekilmiştir. Fotoğraflar incelendiğinde yüzeylerde oluşan paslı bölgelerin birbirlerine benzedikleri görülmüştür (Şekil 9.17 – Şekil 9.21).

Numunelere yüzey parlatma işlemleri uygulandıktan sonra çekilen mikro yapı fotoğraflarında, korozyonun malzemelerin iç yapılarında bir etki yapmadığı ve iç yapıların birbirine benzediği görülmüştür. Bunun için sadece iki örnek mikro yapı fotoğrafına yer verilmiştir. (Şekil 9.22).

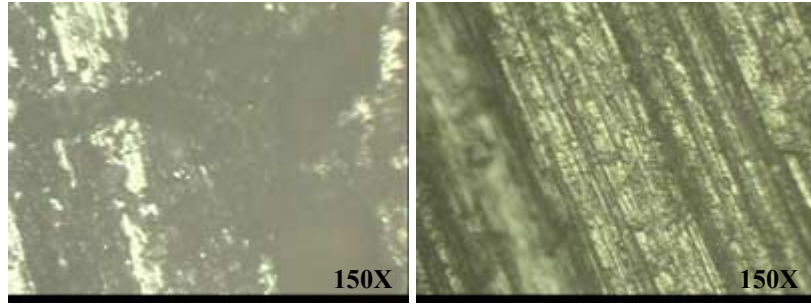


1

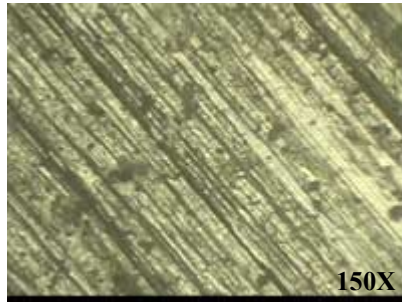


2

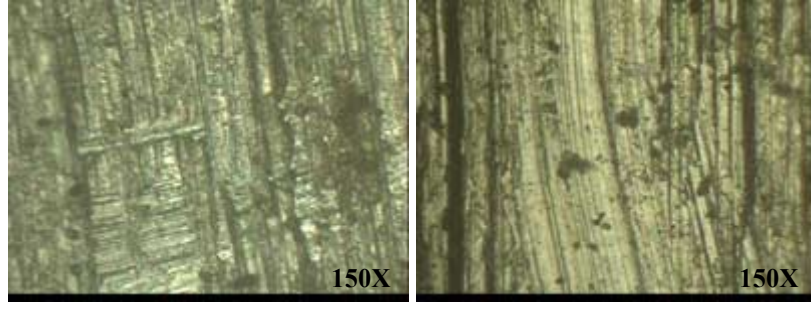
Şekil 9.17 Yarı sentetik kesme sıvısıyla hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar. (1,2)



Şekil 9.18 Kuru kesilerek hazırlanan numuneye ait makro fotoğraf (3).

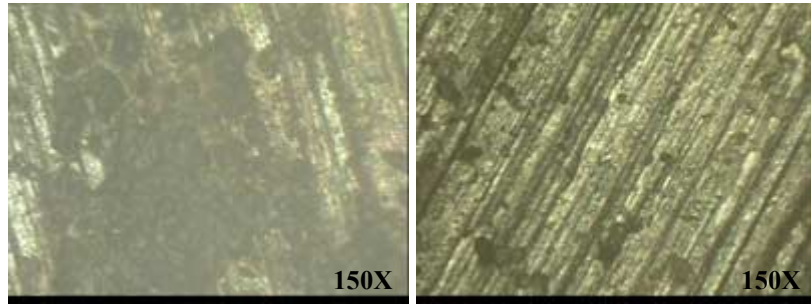


5

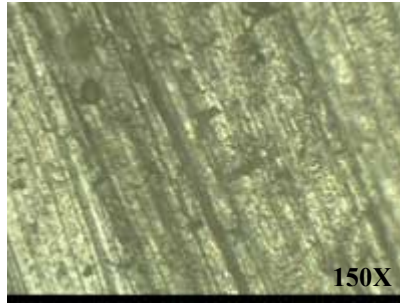


6

Şekil 9.19 Çözünöbilen kesme sıvısı ile hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar (5,6).

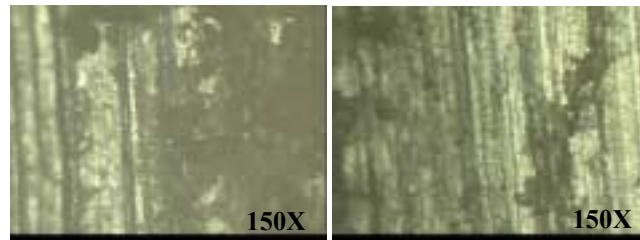


7

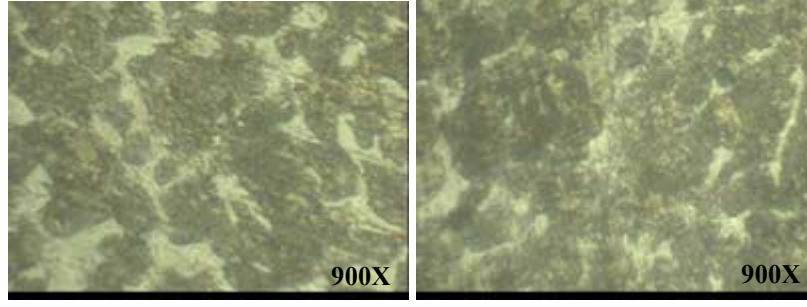


8

Şekil 9.20 EP katkılı çözünebilen kesme sıvısı ile hazırlanan numunelere ait makro fotoğraflar (7,8).



Şekil 9.21 Tam sentetik kesme sıvısı ile hazırlanan numuneye ait makro fotoğraflar (9).



Şekil 9.22 Numunelerin iç yapısı.

#### 9.4.2 Yüzey Pürüzlülüğünün Ölçülmesi

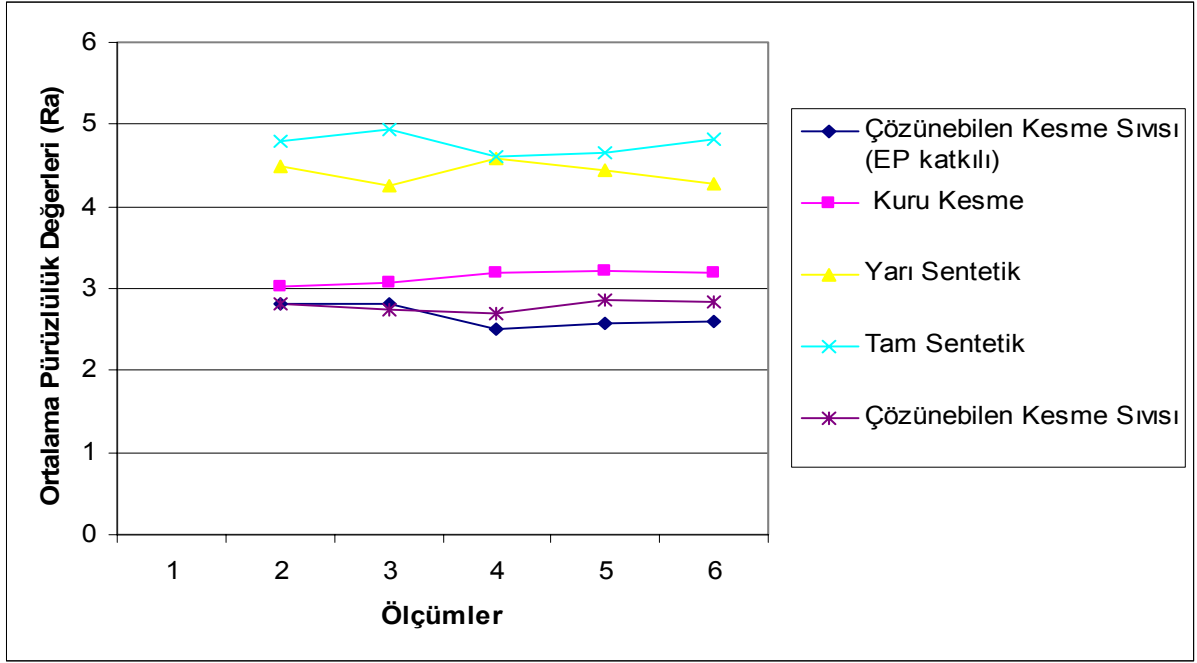
Pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı 30 mm boyundaki numuneler, son işlem koşullarında (ilerleme  $f = 0.1$  mm/devir, devir hızı = 1000 devir/dak, paso derinliği  $a_p = 0.5$  mm) ve her bir numune için yeni bir kesici uç ile tornalanarak hazırlanmıştır. Her bir numune için 5 kez tekrarlanan ölçümler, Isuzu firmasının kalite kontrol laboratuvarlarında, Taylor Hobson marka pürüzlülük ölçüm cihazıyla yapılmıştır (Şekil 9.23). Ölçülen pürüzlülük değerleri Çizelge 9.4’te görülmektedir.



Şekil 9.23 Taylor Hobson marka pürüzlülük ölçüm cihazı (Isuzu)

Çizelge 9.4 Ölçülen yüzey pürüzlülüğü aritmetik ortalama sapma ( $R_a$ ) değerleri.

	3 EP Katkılı Çözünabilen Kesme Sıvısı ( $R_a$ )	4 Kuru Kesme ( $R_a$ )	5 Yarı Sentetik ( $R_a$ )	6 Tam Sentetik ( $R_a$ )	7 Çözünabilen Kesme Sıvısı ( $R_a$ )
	2,8	3,03	4,49	4,8	2,8
	2,8	3,08	4,25	4,94	2,75
	2,5	3,2	4,58	4,6	2,7
	2,58	3,22	4,45	4,65	2,85
	2,6	3,18	4,28	4,83	2,84
<b>Aritmetik Ortalama(<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>2,656</b>	<b>3,142</b>	<b>4,41</b>	<b>4,764</b>	<b>2,788</b>



Şekil 9.24 Ölçülen yüzey pürüzlülüğü artimetik ortalama sapma (Ra) değerlerine ait grafik.

Şekil 9.24'ten de görüldüğü gibi en kaliteli yüzeyi EP katkılı çözünebilir kesme sıvısı, sonra çözünebilir kesme sıvısı ve kuru kesme vermiştir. Bunlardan sonra da yarı sentetik ve tam sentetik kesme sıvıları gelmiştir. Kesme sıvısı içindeki mineral yağ oranı arttıkça elde edilen yüzey kalitesi de artmıştır. Kuru kesmeyle, son işlem kesme koşullarında, yarı sentetik ve tam sentetik kesme sıvısı kullanarak kesmeye göre daha iyi yüzey elde edilmiştir.

### 9.4.3 Talaş Testi

Talaş testi, kesme sıvılarının korozyon etkilerini belirlemek için uygulanmaktadır. Talaş testi, DIN 51360 kısım 2 standardına göre uygulanmıştır. İlk olarak standartta belirtilen sertlikte sert su hazırlanmıştır.

**Çözelti A:** 39 gr  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  alınır ve 1 lt saf suda çözülür.

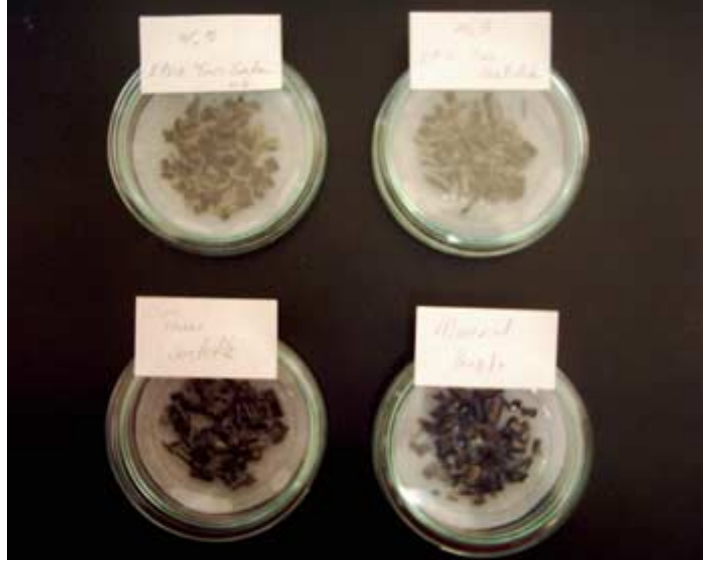
**Çözelti B:** 44 gr  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  alınır ve 1 lt saf suda çözülür.

17 ml Çözelti A + 3 ml Çözelti B alınarak 1 lt'ye saf su ile tamamlanmış, 5/95 (numune ve sert su) emülsiyonu hazırlanarak test bu karışımla yapılmıştır. Talaşların (gri dökme demir talaşı) temiz olmasına dikkat edilerek üzerinde pas bulunanlar ayklanır.

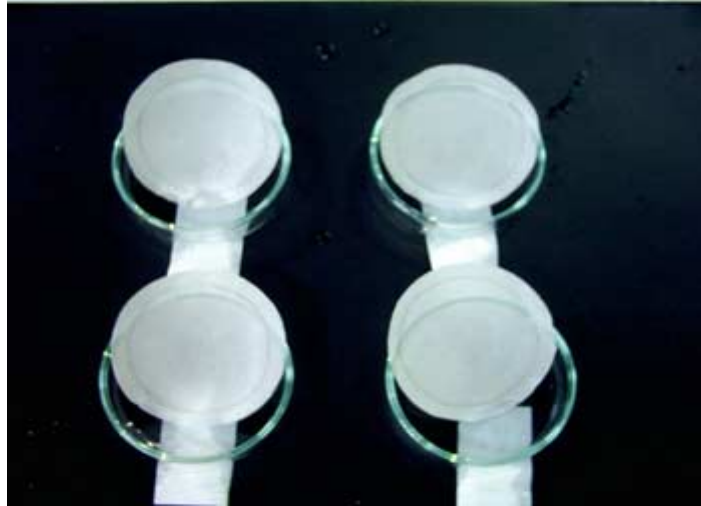
Talaşlar asetona batırılarak yıkanır. Bu yöntemle bütün tozlar alınana kadar yıkamaya devam edilir.  $105 \pm 3$  °C'daki fırında 5- 10 dakika arasında bekletilerek talaşların kuruması

sağlanmıştır. Yıkama ve kurutma işlemleri sırasında talaşlara el değdirilmemelidir.

4 farklı kesme sıvısı için 4 ayrı petri kabı ve filtre kağıdı hazırlanmıştır. Filtre kağıtlarının ortasına 40 mm çapında daire çizilmiştir. Petri kabı içine filtre kağıdı yerleştirilip. Spatula yardımıyla 2 gr  $\pm$  0,1 mg dökme demir talaşı tek kat olacak şekilde çizilen dairenin içine eşit şekilde yayılmıştır. Talaşların üzerini tamamen ıslatacak şekilde olmak üzere, hazırlanan kesme sıvılarından 2 ml talaşların üzerine eklenmiştir (Şekil 9.25).



Şekil 9.25 Talaş testi için hazırlanan numuneler (%5 konsantrasyon).

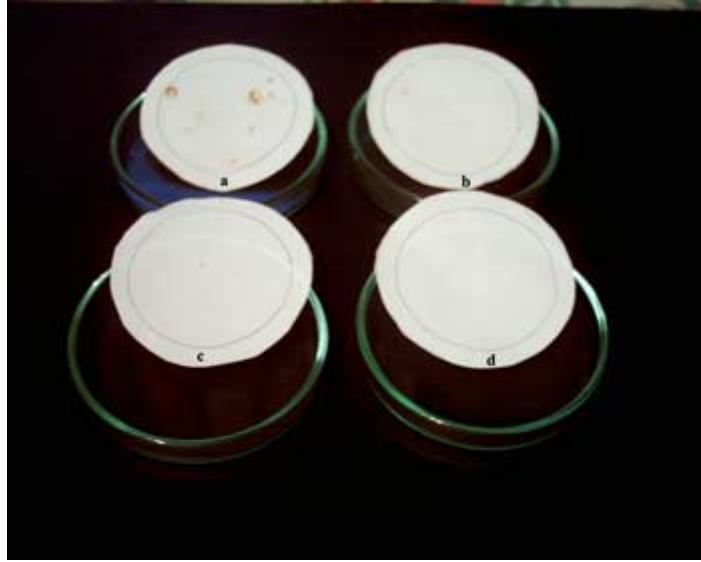


Şekil 9.26 %5 konsantrasyondaki Talaş testinin sonuçları.

Daha sonra petri kaplarının kapakları kapatılmış ve iki saat beklenilmiştir. Süre sonunda filtre kağıdı petri kabından çıkartılıp, akan çeşme suyunda yıkanmış ve kurumaya bırakılmıştır.

%5 konsantrasyondaki kesme sıvısıyla yapılan testlerin neticesinde filtre kağıtlarının hiç birinde pas lekesine rastlanılmamıştır (Şekil 9.26).

İlgili standarttan farklı olarak aynı kesme sıvıları %2 konsantrasyonda hazırlanmış ve deney tekrarlanmıştır. Buradaki amaç düşük konsantrasyondaki kesme sıvısının yapacağı korozyon etkisini görmektir. Sonuç olarak %5 konsantrasyonda filtre kağıtları üzerinde hiç pas lekesi yokken, %2 konsantrasyonlu sıvıyla yapılan deney neticesinde, tam sentetik kesme sıvısının uygulandığı a numunesinde çok fazla sayıda pas lekesi meydana gelmiştir (Şekil 9.27 a). Yarı sentetik kesme sıvısının kullanıldığı b numunesinde ise 2 tane pas lekesi sayılmıştır (Şekil 9.22 b). Çözünebilen kesme sıvısı ve EP katkılı çözünebilen kesme sıvısının uygulandığı numunelerde pas lekesi oluşmamıştır.



Şekil 9.27 %2 Konsantrasyonda uygulanan Talaş testinin sonuçları. a) Tam sentetik kesme sıvısı, b) Çözünebilen kesme sıvısı, c) Yarı sentetik kesme sıvısı, d) EP katkılı çözünebilen yağ.

Talaş testi, C1050 malzemeye uygulandığında nasıl bir sonuçla karşılaşılacağını görmek için C1050 malzeme talaşı kullanılarak ve %5 konsantrasyonda hazırlanan kesme sıvıları ile talaş testi tekrarlanmıştır. Gri dökme demir talaşıyla uygulanan deneyin sonuçlarına benzer olarak filtre kağıtları üzerinde herhangi bir pas lekesine rastlanılmamıştır. Ama bu sefer deney bu noktada sonuçlandırılmamış ve filtre kağıtları petri kaplarından çıkartılırken malzeme talaşlarının kap içersinde kalması sağlanmış ve numuneler ağızları açık bırakılarak oda koşullarında tekrar beklemeye bırakılmıştır. Yaklaşık 24 saatte bir gözlenen numunelerin talaşlarında, 20 gün sonra:

- Tam sentetik kesme sıvısıyla ıslatılan talaş kümesi içinde yaklaşık 7 adet talaşta pas lekesi tespit edilmiş,
- Yarı sentetik kesme sıvısıyla ıslatılan talaş kümesi içinde yaklaşık 4 adet talaşta pas lekesi tespit edilmiş,
- Çözünebilen kesme sıvısıyla ıslatılan talaş kümesi içinde yaklaşık 2 adet talaşta pas lekesi tespit edilmiş,
- EP içeren çözünebilen kesme sıvısıyla ıslatılan talaş kümesi içinde ise herhangi bir pas lekesi gözlenmemiştir.

Bu sonuçlardan yola çıkarak, yine kesme sıvısı içindeki mineral yağ oranının sıvının korozyon koruyuculuğunu belirlediğini söyleyebiliriz.

#### 9.4.4 Kesme Deneyi

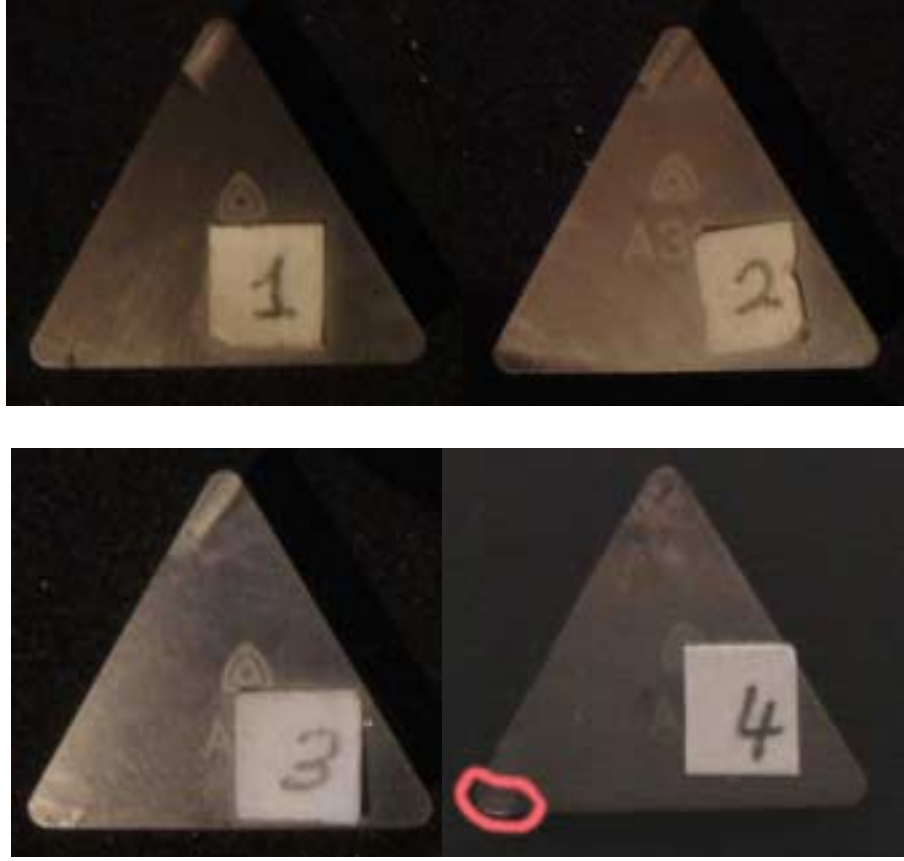
50 mm çapındaki imalat çeliği çubuğun tornada işlenmesi sırasında kesici uç yüzeylerinde belirgin bir aşınma olmamıştır. Kesme sıvılı ve kuru kesme esnasındaki kesici uç üzerindeki aşınmayı belirleyebilmek için kesme koşulları değiştirilerek 75 mm çapında ve 200 mm uzunluğundaki C1050 iş parçaları üzerinde tornalama deneyleri yapılmıştır. Mineral bazlı kesme sıvısı, mineral bazlı EP katkılı kesme sıvısı, yarı sentetik kesme sıvısı kullanılarak ve kuru kesme şartlarında kesme yapılmıştır. Sentetik kesme sıvısı genellikle taşlama operasyonlarında kullanıldığı için, sentetik kesme sıvısıyla kesme işlemi yapılmamıştır.

Deneyler esnasında kesme hızı, kesici uç firması Korloy'un kataloğunda tavsiye ettiği 130 m/dak değerinde sabit alınmıştır. Her bir deneye başlarken yeni bir kesici uç kullanılmıştır. Devir hızı 550 devir/dak. 'da, ilerleme değeri ise 0.25 mm/devir'de sabit tutulmuştur. Her bir kesme işlemi 1 dakika süresince yapılmıştır. İş parçasından öncelikle 2.5 mm derinliğinde, 1 dakika süresince talaş kaldırılmış, sonra da yeni kesici uç takılıp, 1 dakika süresince, 1.25 mm talaş kaldırılmıştır. Her bir kesme sıvısı ve kuru kesme için bu işlem tekrarlanmıştır. Kesici uçlara numara verilmiştir.

Kesme işlemleri sırasında çıkan talaştan örnekler alınmış, deneyler bitirdikten sonra kesici uçların ve talaş örneklerinin makro fotoğrafları çekilmiştir.

Kuru kesme deneyinde kullanılan kesici uç kesme kenarında, yığma ağzı oluşumu gözlenmiş (Şekil 9.28) ayrıca talaş yüzeyinde de yüksek sıcaklıktan ötürü oksidasyon aşınması izleri görülmektedir. Kesme sıvılarıyla yapılan deneylerin hiç birinde kesici uç üzerinde yığma ağzı

oluşmamıştır.



Şekil 9.28 Kesici Uçlar Üzerindeki Aşınmalar 1.Çözünebilen yağ, 2. Yarı sentetik kesme sıvısı, 3. EP katkılı çözünebilen yağ, 4. Kuru Kesme (Yığma ağız kırmızı halka içinde gösterilmiş).

Çıkan talaşlar incelendiğinde kuru kesme deneyinde elde edilen talaşın rengi koyu lacivertken (Şekil 9.32), kesme sıvısı kullanılarak yapılan deneyler neticesinde elde edilen talaşlar beyaza yakın renktedir (Şekil 9.29 – Şekil 9.31). Koyu lacivert renk, kesme bölgesindeki yüksek sıcaklıktan kaynaklanan oksidasyonun neticesidir. Buradan yola çıkarak kesme bölgesindeki en yüksek sıcaklığın kuru kesmede meydana geldiğini söyleyebiliriz. En açık renkli talaşı yarı sentetik kesme sıvısına göre daha koyu renkli talaş vermiştir. Yine buradan yola çıkarak kesme bölgesindeki en düşük sıcaklığın yarı sentetik kesme sıvısı kullanımında meydana geldiğini söyleyebiliriz.

Ayrıca, 2.5 mm talaş derinliğinde elde edilen talaşın rengi, 1.25 mm talaş derinliğinde elde edilen talaşa göre daha koyu lacivert renktedir. Beklenildiği gibi kaldırılan talaş derinliği arttıkça kesme bölgesindeki sıcaklık artar. Buradan yola çıkarak, kuru kesme uygulamalarında

kesilecek talaş derinliğini küçük tutarak, kesme bölgesi sıcaklığının çok yükselmesine mani olunabilir.



Şekil 9.29 Çözünebilen yağ ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$  ve  $a_p=2.5\text{mm}$ ).



Şekil 9.30 EP katkılı çözünebilen yağ ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$  ve  $a_p=2.5\text{mm}$ ).



Şekil 9.31 Yarı sentetik kesme sıvısı ile kesme sonucu meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$  ve  $a_p=2.5\text{mm}$ ).



Şekil 9.32 Kuru kesme şartlarında meydana gelen talaş ( $a_p=1.25$  ve  $a_p=2.5$ mm).

## 10 SONUÇLAR

Çözünebilen EP katkısız ve EP katkılı, yarı sentetik, tam sentetik kesme sıvıları kullanılarak ve kuru kesme şartlarında yapılan tornalama işlemlerinde C1050 imalat çeliğinin korozyon davranışı incelenmiştir. Bu deneyler esnasında numunelerin makro ve mikro fotoğrafları çekilerek yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Laboratuarlarda kesme sıvılarının korozyon etkilerini incelemek amacıyla kullanılan DIN 51360-2 Talaş testi uygulanmış ve kesme sıvılarının kesici takım üzerindeki etkilerini görebilmek için deneyler yapılmıştır.

Yapılan deneylerden şu sonuçlar çıkarılabilir:

1. Yaklaşık 3 ay süren korozyon deneyi sonucunda, numunelerin ilk ve son ağırlık ölçümleri arasındaki farklar (Çizelge 9.3) dikkate alındığında; ağırlık artış miktarı en fazla tam sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunede ve takiben yarı sentetik kesme sıvısı, çözünebilen kesme sıvısı ve EP katkılı çözünebilen kesme sıvısı ile kesilen numune olarak sıralanır. Buradan, ağırlık artışının en büyük olduğu tam sentetik kesme sıvısıyla kesilen numunenin, en fazla korozyona uğradığını söyleyebiliriz. Kuru kesilen numunedeki ağırlık artışı ise çözünebilen kesme sıvısına yakındır.
2. Kuru kesilen numune üzerinde, yarı sentetik ve tam sentetik kesme sıvılarıyla kesilenlere göre daha az korozyon meydana gelmiştir. Kesme sıvılarının korozyon koruyuculukları içerdikleri mineral yağ oranına bağlıdır. Mineral yağ oranı düştükçe korozyon koruyuculuğu da düşer.
3. Yaklaşık 3 aylık bekleme süresinin ardından numunelerin çekilen makro fotoğrafları (Şekil 9.17 – Şekil 9.21) incelendiğinde paslı kısımlarda benzer yapılar gözlenmiş, mikro yapı fotoğrafları (Şekil 9.22) incelendiğinde ise numuneler üzerindeki korozyonun iç yapıyı etkilemediği gözlenmiştir.
4. Numuneler üzerinde yapılan pürüzlülük ölçümleri neticesinde, mineral yağ oranı fazla olan kesme sıvılarının kullanıldığı işlemlerde daha kaliteli yüzey elde edildiği saptanmıştır (Çizelge 9.4 ve Şekil 9.24). Kaplamasız karbür kesici takımlarla yapılan tornalama işlemlerinde, kuru kesme ortalama pürüzlülük değerini sağlamıştır.
5. Suyu karışabilen kesme sıvıları üretici firmaca tavsiye edilen konsantrasyonda hazırlanarak kullanılmalıdır. Uygulanan Talaş Testleri neticesinde, kesme sıvılarının korozyona karşı koruyuculuklarının konsantrasyona bağlı olduğu görülmüş (Şekil 9.26, Şekil 9.27) ve kesme sıvılarının işlemeden sonra, ortalama 20 günlük süre içinde

koroziona karşı malzemeyi korudukları sonucuna varılmıştır. Malzemenin depolanma süresi daha uzun ise koroziona karşı ilave önlemler alınmalıdır.

6. Yapılan kesme deneyinde, kuru kesme esnasında kesici uç kesme kenarında yığılma ağzı oluşurken, kesme sıvısı kullanılarak gerçekleştirilen işlemlerde kesici uçlar üzerinde yığılma ağzı oluşmamıştır. Ayrıca kuru kesmede kullanılan kesici takım üzerinde, yüksek sıcaklıktan kaynaklanan oksidasyon aşınması izlerine rastlanılmıştır (Şekil 9.28).
7. Kesme deneyinde çıkan talaşlar incelendiğinde ise en koyu renkli talaşın kuru kesme esnasında elde edildiği gözlenmiştir. En açık renkli talaş ise, yüksek soğutma özelliğine sahip olması sebebiyle tam sentetik kesme sıvısıyla elde edilmiştir (Şekil 9.29 – Şekil 9.32). Kesme sıvısı içindeki yağ oranı azaldıkça, kesme sıvısının soğutma özelliği artmaktadır.
8. Günümüzde bir çok malzemeden kuru olarak talaş kaldırmak verimli olarak gerçekleşse de bazı malzemeleri kesme sıvısı kullanmadan verimli bir şekilde işlemek henüz mümkün değildir. Suyla karışabilen kesme sıvıları, malzemeyi sudan kaynaklanan koroziona karşı kısa süreli olarak koruyabilmektedirler. Kuru kesme ile suyun negatif etkilerinden ve alınacak ek önlem maliyetlerinden kaçınılmış olunur. Diğer taraftan kuru kesme esnasında kullanılacak kesici takımların yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı olmaları gereklidir. Buda yüksek takım maliyetlerini doğurur. İşletmelerde, işlenecek malzemenin cinsi, istenen yüzey kalitesi, tezgah parametreleri ve operasyon süresi verileri göz önünde bulundurularak yapılacak mali analizlerle operasyon esnasında kesme sıvısı kullanılması yada kuru kesme yapılması kararı verilmelidir.

**KAYNAKLAR**

AKDOĞAN, A., (2003), Yüksek Lisans Korozyon Dersi Notları.

Autret, R., Woodruff, G.W., (2003), "Minimum Quantity Lubrication in Finish Hard Turning", HNICEM '03.

Bastian, E.L.H., (1951), Metalworking Lubricants, Their Selection, Application, and Maintenance.

Bhat, G.D., (1997), "Application of CVD and PVD Technologies to Cutting Tools, and Evaluation of Tool Failure Modes", Universidad Central de Venezuela.

BLF, British Lubricants Federation Limited (2000), Water-Mix Metalworking Fluids Fact Sheet.

Byers, J.P., (1994), Metalworking Fluids, Copyright by Marcel Dekker, Inc.

Cimcool (Mevag), (2005), Kesme Sıvısı Seçim Klavuzu.

Connor, O., Boyd, (1968), Standart Handbook of Lubrication Engineering.

Çakır, M.C., Beriç, S., (2005), Kesme Sıvıları, U.Ü. Müh-Mim. Fak. Makina Mühendisliği Bölümü.

Çakır, O., Kıyak, M., Altan, E., (2004), "Comparison of Gases Applications to Wet and Dry Cutting in Turning", Journal of Meterials Processing Technology 153-154 (2004) 35-41.

Destafani, J. (2002), "Cutting Tools 101: Coatings", Manufacturing Engineering.

DIN 51 360 Part 2, (1997), Determination of corrosion preventing characteristics of cooling lubricants mixed with water (Chip/filter paper method).

Diniz, A.E.D., Micaroni, R., (2001), "Cutting Conditions for Finish Turning Process Aiming: The Use Of Dry Cutting", International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 (2002) 899-904.

Diniz, A.E., Oliveira, A.J.d., (2004), "Optimizing The Use of Dry Cutting in Rough Turning Steel Operations", International Journal of Machine Tools & Manufacture 44 (2004) 1061-1067.

Doruk, M., (1982), Korozyon ve Önlenmesi.

Gemsan, (2004), Teknik Bülten , Metal İşleme Sıvıları AR&GE ve Teknik Servis Şefliği.

Gressel, M.G., (2001), "Comparison of Mist Generation of Flood and Mist Application of Metalworking Fluids During Metal Cutting", a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the College of Engineering at the University of Cincinnati.

Hamrock, B.J., (1994), Fundamentals of Fluid Film Lubrication.

Hani, İ., (2002), Madeni Yağlar ve Petrol Ofisi Ürünleri, Petrol Ofisi A.Ş. Madeni Yağ Direktörlüğü.

Haron, C.H.C., Ginting, A., Goh, J.H., (2001), “Wear of Coated and Uncoated Carbides in Turning Tool Steel”, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2001) 49-54.

Hong, S.Y., Ding, Y., (2001), “Cooling Approaches and Cutting Temperatures in Cryogenic Machining of Ti-6Al-4V”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 41 (2001) 1417–1437.

Iowa Waste Reduction Center, (2003), Cutting Fluid Management for Small Machining Operations, University of Northern Iowa.

Irani, R.A., Bauer, R.J., Warkentin, A., (2005), “A Review of Cutting Fluid Application in the Grinding Process”, *International Journal of Machine Tools&Manufacture* 45 (2005) 1696-1705.

Jones, D.A., (1996), Principles and Prevention Of Corrosion, Second Edition.

Kelly, J.F., Cotterell, M.G., (2001), “Minimal Lubrication Machining of Aluminium Alloys”, *Journal of Materials Processing Technology* 120 (2002) 327-334.

Kendall, L.A., (1991), ASM Handbook, Volume 18 Friction, Lubrication, and Wear Technology, Friction and Wear of Cutting Tools and Cutting Tool Materials.

Kishawy, H.A., Dumitrescu, M., Ng, E.-G., Elbestawi, M.A., (2004), “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* xx (2004) 1-9.

Korloy Kesici Takımlar ve Tutucular, (2005), Kesici takım ve tutucu seçim kataloğu.

Lacalle, L.D., Angula, C., Lamikiz, A., Sanchez, J.A., (2005), “Experimental and Numerical Investigation of the Effect of Spray Cutting Fluids in High Speed Milling”, *Journal of Materials Processing Technology*.

Laemmler, J.T, (1991), ASM Handbook, Volume 18 Friction , Lubrication, and Wear Technology, Metalworking Lubricants.

Liu, J., Rongdi, H., Sun, Y., (2004), “Research on Experiments and Action Mechanism With Water Vapor as Coolant and Lubricant in Green Cutting”, *International Journal of Machine Tools & Manufacture* 45 (2005) 687-694.

Marksberry, P.W., (2004), “An Assessment of Tool-Life Performance in IDM (Near Dry Machining) Of Automotive Steel Components for Sustainable Manufacturing”, a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the College of Engineering at the University of Kentucky.

Mevag Teknik Tic. Ve San. A.Ş., (2000), Metal İşleme Sıvıları Kullanım Kılavuzu.

Möller, U.J., BOOR, U., (1986), *Lubricants in Operation*, Mechanical Engineering Publications Limited.

Nachtman, E.S., (1989), *Metals Handbook*, Ninth Edition, Volume 16 Machining, Metal Cutting and Grinding Fluids.

Özgürler, M., (2002), Yüksek Lisans Talaşlı Şekillendirmede Gelişmeler Dersi Notları.

*Pollution Prevention in Machining and Metal Fabrication*, (2001).

Popke, H., Emmer, Th., Steffenhagen, J., (1998), “Environmentally Clean Metal Cutting Processes-Machining on The Way to Dry Cutting”, *Proc Instn Mech Engrs Vol 213 Part B*.

Quaile, R., (2000), “Dry Machining With Minimized Lube”, presented at NCMS, Cross Hüller.

Rahman, M., Kumar, A.S., Ul-Salam, M., (2001), “Evaluation of Minimal Quantities of Lubricant in End Milling”, *Int J Adv Manuf Technol* (2001) 18:235-241.

Rhenus Lub GmbH & Co KG, (1997), *Cooling Lubricants Theory for the Practical Applications*.

Sales, W.F., Diniz, A.E., Machado, A.R., (2001), “Application of Cutting Fluids in Machining Processes”, *Journal of The Brazilian Society of Mechanical Sciences*.

Sandvik (2003), *Application Guide, Die & Mould Making*.

Schey, J.A., (1983), *Tribology in Metalworking*, American Society for Metals.

Schlindwein, H.J., (2001), “Modern Coolants for Effective Magnesium Machining”, Rhenus Lub GmbH & Co KG.

Schramm, B.C., Scheerer, H., Hoche, H., Broszeit, E., Abele, E., Berger, C., (2004), “Tribological Properties and Dry Machining Characteristics of PVD-Coated Carbide Inserts”, *Surface & Coating Technology* 188 – 189 (2004) 623-629.

Sreejith, P.S., Ngoi, B.K.A., (1999), “Dry machinig: Machining of the future”, *Journol of Materials Processing Technology* 101 (2000) 287-291.

Trent, E.M., (1991), *Metal Cutting*, Third Edition, Coolants and Lubricants.

Upton, D.P., (1999), “Optimization of Cutting Fluid Performance”, *International Journal of Production Research* ISSN 0020-7543.

Vieira, J.M., Machado, A.R., Ezugwu, E.O., (2001), “Performance of Cutting Fluids During Face Milling of Steels”, *Journal of Materials Processing Technology* 116 (2001) 244-251.

Yalçın, H., Koç, T., (1997), *Mühendisler İçin Korozyon*, Kimya Mühendisleri Odası.

Zeren, M.A., (1999), *Elektrokimya*, Birsen Yayınevi.

Zimmerman, J.B., (2003), "Formulation Evaluation of Emulsifier Systems For Petroleum- and Bio-Based Semi-Synthetic Metalworking Fluids", a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the College of Engineering at the University of Michigan.

### **İnternet Kaynakları**

[www.supraalloys.com/machining\\_titanium.htm](http://www.supraalloys.com/machining_titanium.htm)

[www24.brinkster.com/shyo](http://www24.brinkster.com/shyo)

**ÖZGEÇMİŞ****Doğum tarihi** 28.05.1980**Doğum yeri** Kadıköy / İstanbul**Lise** 1995 / 1998 Göztepe Lisesi**Lisans** 1998-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi  
Makina Müh. Bölümü**Yüksek Lisans** 2002-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Müh. Anabilim Dalı, İmal Usulleri Programı**Çalıştığı kurumlar**

2002 - 2003 Petes Makina Tic. Ve San. A.Ş. (Üretim Böl.)

2004 - (Devam ediyorum) Ersan Kauçuk Sanayi (CAD / CAM Böl.)

## KALİTE BELGESİ CERTIFICATE

EN 10204 3.1.B

Müşteri / Customer  
Sipariş No / Order Nr  
Miktar / Quantity  
Kalite / Quality  
Boyut / Size

1050 İMALAT  
KURÜK  
SAE 1050

No / Nr. 03 3455  
Tarih / Date  
Döküm No / Heat Nr. 1734-O  
Özellik / Specs Vakumsuz  
Boy / Length STD

Görsel Muayene / Visual Control UYGUN / OK

Kimyasal Analiz (Pota, % Ağırlık), Optik Emisyon Spektrometresi ile/  
Chemical Analysis (Ladle, Weigh %), With Optical Emission Spectrometer:

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
%	0,500	0,250	0,780	0,013	0,029	0,200		0,110
Element	V	Al	Cu	Sn	B	Ti	N	Fe
%	0,002	0,001	0,240	0,014				Kalan/Rest

Sertlik / Hardness: (HB)

Boyutsal Kontrol / Dimensional Control:

No	Ölçü / Size	İstenen / Desired	Bulunan(lar) / Measured(s)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Teslim Şekli / Delivery Terms  
Şekillendirme / Forming  
Kullanım / Usage  
YÇT / SCT

Çelik Yapım Metodu / Method of Steel Making  
Elektrik Ark Ocağı / Electric Arc Furnace

Döküm Metodu / Casting Method

**EKİNGİ METAL**  
Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.  
DİS Sırası İnce I. Cad. No: 100  
Y.Dokuz Eylül - Ümraniye - İstanbul - 34747

Bu malzeme AT900-4400 cihazı ile %100 radyoaktif tesitten geçirilmiş hurda ile üretilmiştir.  
This material is produced from 100% radioactive tested scrap with AT900-4400

Bu belge yukarıda tanımı yapılan malzeme için ıslak imzalı olarak düzenlenmiştir. Çoğaltılmış kopyaların güvenilirliğinden sorumlu değildir.

This certificate is issued originally signed for the material described above. Does not take any responsibility for the non-authorized copies.

Yukarıdaki malzemenin test edildiği ve sipariş şartlarına uygun olduğu onaylanır. Kuşku durumunda geçerli belge olarak aynı kaynak kopyaya başvurulmalıdır.

We hereby confirm that the above mentioned material has been tested and the results meet the order requirements. In case of doubt, the original copy at [redacted] should be consulted as authentic test.

