

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

**KESİCİ TAKIMLARDA DAHİLİ SOĞUTMA YÖNTEMİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE KESME İŞLEMİNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Emrah ARDA**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL**

**Şubat 2012**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KESİCİ TAKIMLARDA DAHİLİ SOĞUTMA YÖNTEMİNİN  
GELİŞTİRİLMESİ VE KESME İŞLEMİNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**


**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**Emrah ARDA**


**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL**

Bu tez 08 / 02 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr. Durmuş KARAYEL  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. Ergün NART  
Üye

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalıőmamda bilgi ve tecrübesiyle yardımlarını esirgemeyen baőta danıőmanım Doç. Dr. Sakıp KÖKSAL hocama teőekkürü bir borç bilirim. Isı transferi konusunda bilgi ve deneyimlerini paylaőan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet KOLİP' e, deneysel çalışma kısmında bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen Arő Gör. Murat ÇOLAK' a ve Arő Gör. Ferit FIÇICI' ya, maddi desteklerinden dolayı Sakarya üniversitesi bilimsel araőtırma projeleri komisyonuna, maddi ve manevi olarak her zaman yanımda olan sevgili aileme teőekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xix
ÖZET.....	xx
SUMMARY .....	xxi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ .....	3
2.1. Talaşlı İmalat İşleminde Isı Oluşumu .....	3
2.1.1. Talaşlı imalatta sıcaklık dağılımı .....	4
2.1.2. İşlem parametrelerinin ısı oluşumuna etkisi .....	6
2.1.2.1. Kesme kuvveti.....	6
2.1.2.2. Yüzey pürüzlülüğü .....	7
2.1.2.3. Takım talaş temas uzunluğu.....	8
2.1.2.4. Takım aşınması ve takım ömrü .....	9

2.2. Talaşlı İmalatta Kesme Sıvıları .....	16
2.2.1. Kesme sıvılarının tarihsel gelişimi .....	16
2.2.2. Kesme sıvılarının işlevleri .....	17
2.2.3. Kesme sıvısının soğutma işlevi .....	17
2.2.4. Kesme sıvısının yağlama işlevi .....	18
2.2.5. Kesme sıvısının talaşı uzaklaştırma işlevi .....	19
2.3. Talaşlı İmalatta Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması .....	20
2.4. Soğutma Sistemlerindeki Yenilikler .....	22
2.4.1. Minimum miktar soğutma yöntemi .....	22
2.4.2. 0° C altı soğutma yöntemi .....	29
2.4.3. Katı soğutucular ve yağlayıcılar ile soğutma yöntemi .....	31
2.4.4. Hava, gaz ve buhar uygulaması ile soğutma yöntemi .....	34
2.5. Kesme Sıvılarının Çevreye Ve İnsan Sağlığına Etkileri .....	38
2.5.1. Kesme sıvılarının operatör sağlığı üzerinde olumsuz etkileri .....	38
2.5.1.1. Tahriş Edici Dermatit .....	39
2.5.1.2. Alerjik Dermatit .....	39
2.5.1.3. Folliculitis .....	40

### BÖLÜM 3.

TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME KUVVETLERİNİN VE SICAKLIĞININ ÖLÇÜLMESİ .....	43
3.1. Kesme Kuvvetlerini Ölçme Metotları .....	43
3.1.1. Bilinen bir yükü dengelenerek kuvvet ölçme .....	44
3.1.2. Elastik cismin deformasyonu ile kuvvet ölçme .....	44
3.1.3. Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme .....	45
3.2. Yük Hücreleri (Load Cell) .....	45
3.2.1. Gerilme ve gerinim ilişkisi .....	46
3.2.2. Uzama ölçer (Strain gage) .....	47

3.2.3. Dirençli tip uzama ölçer .....	47
3.2.4. Direnç ile gerinim arasındaki bağıntı .....	48
3.2.5. Uzama ölçer malzemeleri ve yapıştırıcılar .....	50
3.2.6. Wheatstone köprüsü .....	51
3.3. Takım Talaş Ara Yüzeyindeki Sıcaklık Ölçümü .....	53
3.3.1. Termokopul (Isıl çift) .....	54
3.3.1.1. Termokopul tellerin izole edilmesi .....	57

#### BÖLÜM 4.

MATERYAL VE METOT .....	58
4.1. Giriş .....	58
4.2. Kesici Takım Ve Tutucu .....	59
4.2.1. Tutucu .....	59
4.2.2. Kesici takım .....	61
4.3. İş Parçası Malzemeleri .....	62
4.3.1. Pirinç (CuZn37) malzeme .....	63
4.3.2. St 42 çelik malzeme .....	64
4.4. Talaş kaldırma deneyi düzeneği .....	65
4.4.1 Ölçüm mikroskobu .....	66
4.4.2 Sıvı-hava karışım cihazı .....	67
4.5. Sistem Kalibrasyonları .....	68
4.5.1. Kesme kuvveti ölçüm sisteminin kalibrasyonu .....	68
4.5.2. Sıcaklık ölçme sisteminin kalibrasyonu .....	68
4.5.2.1. Sıcaklık ölçüm kalibrasyonu .....	69
4.6. Deneysel Çalışmalar .....	70

#### BÖLÜM 5.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	72
5.1. Giriş .....	72
5.2. Pirinç(CuZn37) İş Malzemesi Kesme Deneyi Sonuçları .....	72
5.2.1. Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	73
5.2.2. Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi. ....	80

5.2.3. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi.....	87
5.2.4. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	89
5.2.5. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım sıcaklıklarına etkisi.....	91
5.2.6. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesici takım sıcaklıklarına etkisi.....	96
5.3. St 42 Çelik Malzemenin İşlenmesi .....	99
5.3.1. Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	100
5.3.2. Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi .....	106
5.3.3. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım sıcaklıklarına etkisi....	111
5.3.4. Farklı soğutma tekniklerinin oluşan takım-talaş ara yüzeyi genişliğine etkisi.....	113
5.3.5. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	116
5.4. Sonuçlar Ve Öneriler.....	127
5.4.1. Sonuçlar.....	128
5.4.2. Öneriler .....	131
KAYNAKLAR .....	132
ÖZGEÇMİŞ .....	137

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

A	: Alan
a	: Hareketli mafsal ile kesici uç arasındaki mesafe
Al	: Alüminyum
Bar	: Basınç birimi
BUE	: Ağız birikintisi oluşumu
C	: Carbon
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Dk	: Dakika
D	: Çap
DIN	: Alman endüstri standardı
Dm	: Desimetre
Do	: İç çap
F	: Kuvvet
f	: İlerleme
Fc	: Esas kesme kuvveti
Fe	: Demir
Ff	: İlerleme kuvveti
Fr	: Radyal kuvvet



F1	: Yük hücresinin okuduğu kuvvet
GK	: Gage faktörü
g	: Gram
HRC	: Sertlik birimi
HSS	: Yüksek hız eliği
Hz	: Ses frekansı
I	: Akım
K	: Kelvin
Kg	: Kilogram
L	: Uzunluk
lt	: Litre
m	: Metre
ml	: Mililitre
MMKSİ	: Minimum miktarda kesme sıvısıyla işleme
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
mV	: Milivolt
M $\theta$	: İş parçasına iletilen ısı
N	: Nitrojen
Nb	: Niyobyum
Ni	: Nikel
P	: Fosfat
Pb	: Kurşun
pH	: Asitlik veya bazlık derecesi

R	: Direnç
r	: Burun radüsü
Ra	: Ortalama yüzey pürüzlülüğü
R1,R2,R3,Rg	: Yük hücreleri
S	: Kükürt
s	: Saniye
Sb	: Antimon
Si	: Silisyum
Sn	: Kalay
S $\theta$	: Talaşla iletilen ısı
T $\theta$	: Takımın içine iletilen ısı
TiC	: Titanyum karbür
TiN	: Titanyum nitrür
TiCN	: Titanyum karbon nitrit
Te	: Tellür
V	: Kesme hızı
Vcc	: Köprü giriş voltajı
VDC,AD,AC	: Gerilim
Vout	: Köprü çıkış voltajı
Z	: Ortalama pürüzlülük yüksekliği
Zn	: Çinko
Zr	: Zirkonyum
W	: Volfram
x	: Profil yönü

$\mu\text{m}$	: Mikron
$\alpha$	: Talaş açısı
%	: Yüzde
$\sigma$	: Gerilme
$\varepsilon$	: Gerinim
$\Delta D$	: Değişen çap
$\Delta L$	: Değişen boy
$\Delta R$	: Değişen direnç
$\nu_p$	: Poisson oranı
$\rho$	: Özdirenç
$\Omega$	: Ohm
$\mu$	: Sürtünme katsayısı
$\mu\text{V}$	: Mikrovolt
$\approx$	: Yaklaşık

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kesme bölgesinde ısı oluşumu .....	3
Şekil 2.2.	Metal kesmede oluşan sıcaklıklar .....	5
Şekil 2.3.	Tornalama işleminde kesme kuvvetleri .....	7
Şekil 2.4.	Ortogonal kesme işleminde takım talaş temas uzunluğu şeması .....	9
Şekil 2.5.	Serbest yüzey aşınması .....	10
Şekil 2.6.	Krater aşınması .....	11
Şekil 2.7.	Çentik aşınması .....	11
Şekil 2.8.	Uç kavsi aşınması .....	12
Şekil 2.9.	Isıl ve mekanik çatlaklar .....	13
Şekil 2.10.	Isıl ve mekanik çatlaklar .....	13
Şekil 2.11.	Ağız birikintisi oluşumu .....	14
Şekil 2.12.	Plastik deformasyon .....	14
Şekil 2.13.	Kenar çentiklenmesi .....	15
Şekil 2.14.	Uç kırılması .....	15
Şekil 2.15.	Kesme esnasında oluşan ısının uzaklaştırılması .....	18
Şekil 2.16.	Takım talaş ara yüzeyine etki eden kesme sıvısı .....	19
Şekil 2.17.	Kesme yağlarının ve su esaslı kesme sıvılarının kullanım miktarının tarihsel değişimi .....	22
Şekil 2.18.	Mevcut şartlarda kuru kesme, kesme sıvısıyla işleme ve minimum miktarda kesme sıvısıyla işlemede kesme gücü farklılıkları .....	23
Şekil 2.19.	Normal koşullarda kuru, kesme sıvısıyla ve minimum miktarda işleme boyunca takım talaş ikilisinin temas uzunluğunun değişimi .....	24
Şekil 2.20.	Kuru kesme, geleneksel soğutma sıvısı ile kesme ve MMKSİ ile yapılan deneyde kesme oranının değişimi .....	25
Şekil 2.21.	Kuru, geleneksel ve MMKSİ ile işleme süresince kesme sıcaklığının değişimi .....	25

Şekil 2.22.	Kuru, geleneksel ve MMKSİ ile işleme süresince yüzey pürüzlülüğünün değişimi.....	26
Şekil 2.23.	Kuru, geleneksel kesme sıvısıyla işleme ve MMKSİ kesme zamanıyla ilişkili takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değişimi. ....	27
Şekil 2.24.	Farklı kesme hızları ve ilerleme şartlarında kuru, geleneksel ve MMKSİ ile yapılan deneylerde elde edilen talaş şekilleri gösterimi .	28
Şekil 2.25.	0 C altı soğutmada kullanılan takımın gösterimi.....	31
Şekil 2.26.	0 C altı soğutma ile farklı kesme hızlarında takım ömrü (f=0.1mm/dev) .....	31
Şekil 2.27.	Yüzey pürüzlülüğü değişimi.....	33
Şekil 2.28.	T-enjekte borusuyla toz akışın düzenlenmesi .....	34
Şekil 2.29.	Soğutmanın uygulama yönü .....	36
Şekil 2.30.	Farklı soğutma yöntemleri uygulamalarında kesme derinliğiyle ilişkili kesme sıcaklıkları.....	37
Şekil 2.31.	Tornalama işleminde uygulanan su buharı mekanizmasının sistematik şekli .....	37
Şekil 2.32.	Farklı soğutucu uygulamalarında yüzey pürüzlülüğü değerleri .....	38
Şekil 2.33.	Tahriş edici dermatit hastalığına yakalanmış derinin görünümü.....	39
Şekil 2.34.	Alerjik dermatit hastalığına yakalanmış derinin görünümü .....	40
Şekil 2.35.	Folliculitis hastalığına yakalanmış derinin görünümü.....	40
Şekil 3.1.	Kuvvete maruz kalan yük hücrenin şekil değişimi .....	46
Şekil 3.2.	Dirençli tip uzama ölçer.....	48
Şekil 3.3.	F kuvvetinin etkisi altındaki çubuğun şekil değişimi .....	49
Şekil 3.4.	Tel ve yaprak tip uzama ölçerler.....	50
Şekil 3.5.	Wheatstone köprüsü.....	52
Şekil 3.6.	Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı .....	54
Şekil 3.7.	Termokopul üzerinde mV (EMF) .....	56
Şekil 3.8.	Termokopulun izole edilmesi .....	57
Şekil 4.1.	Verilerin elde edilmesinin şematik gösterimi .....	58
Şekil 4.2.	Takım tutucu (kater)'in ölçü ve açılarının teknik resim görünüşü .....	59
Şekil 4.3.	Katerde bulunan akışkan giriş çıkış delikleri ve termokopul deliğinin teknik resmi .....	60

Şekil 4.4.	Akışkan giriş deliği, akışkan çıkış deliği ve termokopul deliğinin üç boyutlu gösterimi .....	60
Şekil 4.5.	Tasarlanan ve imalatı yapılan kesici takımların üç boyutlu resmi.....	61
Şekil 4.6.	Kesici takım açıları ve kanalların teknik resim görünüşü.....	61
Şekil 4.7.	Pirinç (CuZn37) iş malzemesi ölçüleri .....	63
Şekil 4.8.	Çelik (St42) iş malzemesi ölçüleri.....	64
Şekil 4.9.	Talaş kaldırma deneyi düzeneği şeması.....	65
Şekil 4.10.	Talaş kaldırma deney düzeneği fotoğrafı.....	66
Şekil 4.11.	Ölçüm mikroskobu .....	66
Şekil 4.12.	“Werte” marka otomatik kontrollü mikro yağlama cihazı.....	67
Şekil 4.13.	Katere açılmış termokopul deliği.....	68
Şekil 4.14.	Sıcaklık ölçüm kalibrasyonu deney düzeneği.....	69
Şekil 5.1.	Kesme işleminin yapıldığı bölge .....	73
Şekil 5.2.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	74
Şekil 5.3.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	74
Şekil 5.4.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	75
Şekil 5.5.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	75
Şekil 5.6.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	76
Şekil 5.7.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	76
Şekil 5.8.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	77
Şekil 5.9.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	77
Şekil 5.10.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	78
Şekil 5.11.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri....	79
Şekil 5.12.	Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri....	80

Şekil 5.13.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	81
Şekil 5.14.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	81
Şekil 5.15.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	82
Şekil 5.16.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	82
Şekil 5.17.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	83
Şekil 5.18.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	83
Şekil 5.19.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	84
Şekil 5.20.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	84
Şekil 5.21.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	85
Şekil 5.22.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri .....	86
Şekil 5.23.	Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri .....	87
Şekil 5.24.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	88
Şekil 5.25.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	88
Şekil 5.26.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	89

Şekil 5.27.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi .....	90
Şekil 5.28.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi .....	90
Şekil 5.29.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi .....	91
Şekil 5.30.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, kuru ve geleneksel soğutma ile kesme işlemi sıcaklık ölçüm deneyi .....	91
Şekil 5.31.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	92
Şekil 5.32.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	92
Şekil 5.33.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	93
Şekil 5.34.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	93
Şekil 5.35.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	94
Şekil 5.36.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	94
Şekil 5.37.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	95
Şekil 5.38.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	95
Şekil 5.39.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	96
Şekil 5.40.	$V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	97



Şekil 5.41.	$V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	97
Şekil 5.42.	$V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	98
Şekil 5.43.	Farklı soğutma teknikleriyle kesme işlemi yapılmış kesici takımın yan serbest yüzey fotoğrafları .....	99
Şekil 5.44.	Kesme işleminin yapıldığı bölgeler .....	100
Şekil 5.45.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	101
Şekil 5.46.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	101
Şekil 5.47.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	102
Şekil 5.48.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	102
Şekil 5.49.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	103
Şekil 5.50.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi .....	103
Şekil 5.51.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri..	105
Şekil 5.52.	Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri..	106
Şekil 5.53.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	106
Şekil 5.54.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	107
Şekil 5.55.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	107
Şekil 5.56.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	108
Şekil 5.57.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	108

Şekil 5.58.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.....	109
Şekil 5.59.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri .....	110
Şekil 5.60.	Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri .....	111
Şekil 5.61.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	112
Şekil 5.62.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi .....	113
Şekil 5.63.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	117
Şekil 5.64.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	117
Şekil 5.65.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	118
Şekil 5.66.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	118
Şekil 5.67.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	119
Şekil 5.68.	$V = 30\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	119
Şekil 5.69.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	120
Şekil 5.70.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$ kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	120
Şekil 5.71.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi.....	121

Şekil 5.72.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$ kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	121
Şekil 5.73.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi .....	122
Şekil 5.74.	$V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$ kesme şartlarında kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ile kesme işlemlerinde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları .....	122
Şekil 5.75.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında takım ömürleri.....	124
Şekil 5.76.	Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında takım ömürleri.....	125
Şekil 5.77.	Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında takım ömürleri.....	125
Şekil 5.78.	Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: $0,08\text{mm/dev}$ ).....	126
Şekil 5.79.	Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: $0,11\text{mm/dev}$ ).....	126
Şekil 5.80.	Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: $0,14\text{mm/dev}$ ).....	126
Şekil 5.81.	Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan takım talaş ara yüzeyi genişliği ve talaş kalınlığı .....	127

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Kesme bölgesindeki sıcaklıkları ölçmek için geliştirilen ölçme yöntemleri .....	53
Tablo 4.1.	DIN 1.3343, (M2) standartında kesici takım (HSS) malzemesinin kimyasal bileşimi .....	62
Tablo 4.2.	DIN 1.3343, (M2) standartında kesici takım (HSS) malzemesinin termofiziksel özellikleri .....	62
Tablo 4.3.	DIN 2.0321 standardında Pirinç (CuZn37) malzemesinin kimyasal bileşimi .....	63
Tablo 4.4.	DIN 2.0321 Pirinç (CuZn37) malzemesinin termofiziksel özellikleri .....	64
Tablo 4.5.	St42 çelik malzemesinin kimyasal bileşimi.....	64
Tablo 4.6.	St42 çelik malzemesinin termofiziksel özellikleri.....	65
Tablo 4.7.	Sıcaklık ölçme deneyleri.....	70
Tablo 4.8.	Pirinç (CuZn37) malzemesi için kesme şartları.....	70
Tablo 4.9.	Çelik (St42) malzemesi için kesme şartları .....	71
Tablo 5.1.	Kuru kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri ...	114
Tablo 5.2.	Sulu dahili soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri.....	114
Tablo 5.3.	Geleneksel soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri.....	115
Tablo 5.4.	Sıvı-hava karışımli dahili soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri .....	115

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Dahili soğutma sistemleri, Kesme ve ilerleme kuvvetleri, Takım sıcaklığı, Kesici takım aşınması

Bu çalışmada talaş kaldırma işleminde dahili soğutma yöntemiyle birlikte farklı soğutma yöntemlerinin; kesici takım sıcaklığına, kesme kuvvetine, ilerleme kuvvetine ve takım aşınmasına olan etkileri incelemiştir. Deneylerde geometrisi özel olarak tasarlanmış M2 kalite HSS kesici takım kullanılmıştır. Kesici takım içerisine kanallar açılmış olup bu kanallardan su ve sıvı-hava karışımı olmak üzere iki farklı akışkan geçirilerek kapalı devre soğutma yapılmıştır. Bununla birlikte, çalışma kuru kesme ve geleneksel (akıtma) soğutma yöntemiyle kıyaslanmıştır. Talaş kaldırma yöntemi olarak dik (ortogonal) tormalama işlemi yapılmış olup iş parçası malzemesi olarak CuZn37 pirinç ve St42 çelik kullanılmıştır.

Pirinç malzemenin işlenmesinde en yüksek kesme kuvveti sıvı-hava karışimli dahili soğutmada en düşük kesme kuvveti ise geleneksel soğutma yönteminde oluşmuştur. Çelik malzemenin işlenmesinde kesme ve ilerleme kuvveti en yüksek sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile, en düşük ise geleneksel soğutma yöntemiyle kesme işleminde oluşmuştur. En yüksek ve en düşük takım sıcaklıkları sırasıyla kuru kesmede ve sulu dahili soğutma işleminde oluşmuştur. En fazla takım aşınması kuru kesme işleminde en az aşınma ise geleneksel soğutma ile kesme işleminde elde edilmiştir. Dahili soğutma yönteminde oluşan takım aşınmasının kuru kesmeye göre daha az olduğu görülmüştür. İlerleme hızındaki artışa paralel olarak, geleneksel ve dahili yöntemle elde edilen takım aşınma miktarları arasındaki farkın kayda değer oranda azaldığı belirlenmiştir.

# **DEVELOPING INTERNAL COOLING SYSTEM IN CUTTING TOOLS AND INVESTIGATION OF ITS EFFECT ON MACHINING PROCESS**

## **SUMMARY**

Key words: Internal cooling systems, Cutting and feed forces, Tool temperature, Cutting tool wear

In this study, the effect of two different internal cooling systems on tool temperature, cutting force, feed force and tool wear has been investigated during orthogonal turning operation. The results have been compared with that of traditional (flood) cooling systems as well as dry cutting. In the experiments, an M2 type HSS cutting tool with special designed geometry has been used. Some forms of cooling channels have been machined underside of the cutting tool for the cutting fluid to circulate. Two types of fluids being water and a mixture of air-water have been experimented in the internal cooling systems. The tests were performed on two different work piece materials; CuZn37 brass and St42 steel.

When machining brass, the highest cutting force was obtained from internal cooling with air-water mixture, while the lowest cutting force from flood cooling. When machining steel material, the highest and lowest cutting and feed force data were obtained from air-liquid mixture and flood cooling respectively. The highest and the lowest cutting tool temperatures have been generated when dry cutting and internal cooling with water respectively. The highest tool wear was obtained from dry cutting, while the lowest from flood cutting. Tool wear from internal cooling system has been observed to be less than that from dry cutting. With increasing feed rate, the difference in tool wear from internal cooling and flood cooling has decreased to a significant extent.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Makine imalat sektöründe talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan kesici takımların yüksek maliyetlerinden dolayı uzun ömürlü olması istenmektedir. Talaşlı imalatta kesici takım yardımıyla iş parçasından talaş kaldırılırken sürtünmeden dolayı yüksek sıcaklık meydana gelmekte ve oluşan bu sıcaklık kesici takımın dayanımını düşürerek ömrünü olumsuz yönde etki etmektedir.

Kesici takım ve iş parçası arasında oluşan sıcaklığı düşürmek için farklı metotlar uygulanmaktadır. Genel olarak kullanılan yöntem ise kesici takım ve iş parçası arasında meydana gelen sıcaklık bölgesini bor yağı ile soğutmaya yöneliktir.

Bor yağı veya benzeri kimyasal soğutma sıvılarının talaşlı imalatta kullanılması hem maliyet açısından üreticiye ek maliyet oluşturmakta hem de bu tür kimyasal malzemeler operatör sağlığını ve çevrenin kirlenmesini olumsuz yönde etkilemektedirler.

Son zamanlarda soğutma sıvıları olarak kullanılan bu tür kimyasal malzemelerin olumsuz etkilerinin farkına varıldığından minimum miktarda kullanılma yöntemleri geliştirilmiştir. Minimum miktarda soğutma, az miktarda bor yağı veya benzeri soğutucuların basınçlı hava yardımıyla kesici takım ve iş parçası arasında oluşan sıcaklık bölgesine püskürtülmesiyle yapılmaktadır. Minimum miktarda soğutma yöntemi geleneksel soğutma yöntemine kıyasla kesici takım aşınmasında daha iyi neticeler alındığı yapılan çalışmalar sonucunda görülmüştür. Fakat minimum miktarda soğutmada da yukarıda belirtilmiş olan olumsuz etkileri tamamıyla ortadan kaldırmamaktadır.

Yapılan çalışmada iş malzemesi olarak boru pirinç (DİN 2.0321) ve çelik St 42 malzemeleri üniversal torna tezgahında dik (ortogonal) işleme yöntemiyle işlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada kesici takım olarak kullanılan HSS (yüksek hız çeliği) takımına özel olarak kanallar açılmıştır. Özel olarak oluşturulan bu kesici takıma uygun kater (takım tutucu) özel olarak tasarlanmıştır. Katerde akışkan giriş ve akışkan çıkış deliği olmak üzere 2 adet delik bulunmaktadır. Bu kater ve kesici takım yardımıyla kapalı devre soğutma yapılmıştır.

Deneylede, kesici takımda oluşturulan kanallardan su ve sıvı-hava karışımı olmak üzere iki farklı akışkan geçirilmiş olup, bu yöntemin kesici takımda oluşan sıcaklığa etkisi incelenmiştir.

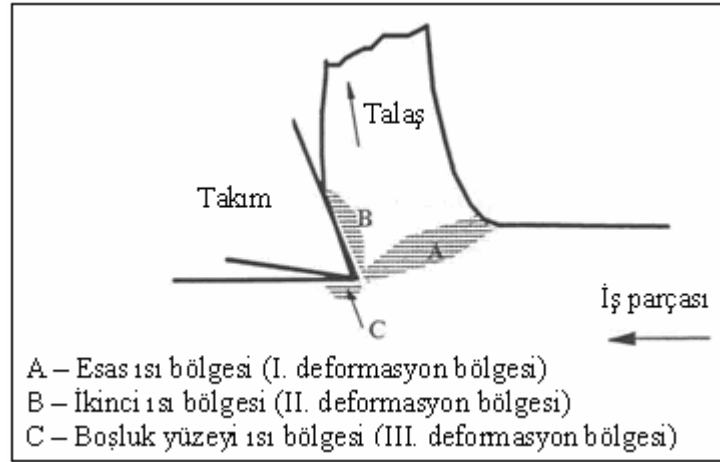
Kapalı devrede yapılan deneyler, kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme yöntemleriyle kıyaslanmıştır. Kesme esnasında oluşan kesme-ilerleme kuvvetleri, kesici takım sıcaklıkları, takım talaş ara yüzeyi genişlikleri ve takım aşınmaları, yapılan deneylerle elde edilmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.



## BÖLÜM 2. TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ

### 2.1. Talaşlı İmalat İşleminde Isı Oluşumu

Talaşlı imalat işleminde kullanılan güç ( $FcV$ ) ekseriyetle ısıya dönüşerek talaşın, iş parçasının ve kesici takımın sıcaklığını artırır. Sıcaklık artışı, metal kesme işlemi esnasında oluşan ısı ve aynı zamanda bu ısının uzaklaştırılması durumuna bağlıdır [1]. Oluşan ısı sonucu sıcaklık artışı kesici takım performansını ve iş parçası kalitesini etkiler [2]. Kesme bölgesinde ısı üretme kapasitesine göre ısı oluşturan üç bölge vardır. Şekil 2.1' de kesme bölgesinde ısı oluşumu [3].



Şekil 2.1. Kesme bölgesinde ısı oluşumu [3]

A - Kayma düzlemi; Buradaki plastik deformasyon önemli bir ısı kaynağı olup oluşan ısının çoğu talaşta kalır.

B - Takım-talaş ara yüzeyi temas bölgesi; Buradaki ilave plastik deformasyon olur ve kayma hareketinden dolayı ısı oluşumunda önemli derecede etkilidir.

C - Takım yan yüzeyi; Burada yeni oluşan iş parçası yüzeyinin takım yüzeyine sürtünmesiyle ısı oluşur. Özellikle bu sürtünme yan yüzey aşınması ile artar [4].

Isının takım aşınması ve takım ömrü üzerinde doğrudan bir etkisi vardır ve kesme hızının artışı sınırlandırır. Oluşan ısının çoğu kesme bölgesinden talaş, iş parçası, kesici takım ve ortam tarafından uzaklaştırılır. Bunların her biri tarafından uzaklaştırılan ısının miktarı iş parçası malzemesi, kesme parametreleri, kesici takım malzemesi, takım geometrisi ve kesme şartlarıyla değişir [1].

Kesme hızı, kesme sıcaklığı üzerinde çok önemli bir etkiye sahiptir. Kesme hızının artmasıyla metal kesme işlemindeki deformasyon ve sürtünme için kullanılan birim zamandaki enerji artar ve bu da ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırır [1].

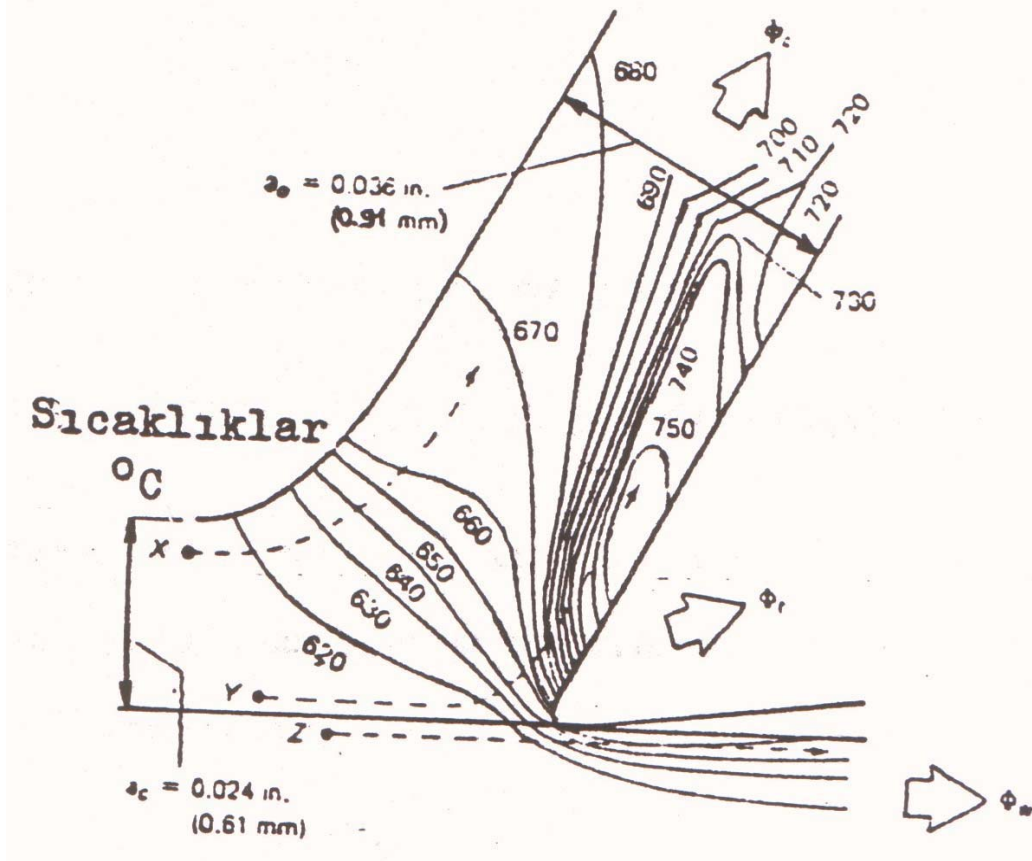
Aşırı sıcaklık, kısa takım ömrü ve kesme hızını sınırlandırmanın ana sebebidir. Kesici takım malzemelerinin geliştirilmesi, büyük bir oranda yüksek sıcaklık etkilerine dayanabilmeleri etrafında odaklanmıştır [2].

Kesme bölgesindeki sıcaklık, büyük oranda takım ile talaş arasındaki temas, kesme kuvvetlerinin büyüklüğüne, iş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeye bağlıdır. Bu durumda düşük kesme hızları iş parçasına iletilen ısıyı ve dolayısıyla sıcaklığı artırabilir. Yüksek kesme hızları, enerjinin çoğunun talaşla atılmasını ve kesici takım ve iş parçasına az miktarda ısı iletilmesini sağlar [2].

Metal kesme işleminde oluşan ısının çoğu, kesme bölgesinden ideal olarak talaşla uzaklaştırılır. Talaştaki ısı, kesici takımı, talaş ve takım arasında temas olduğu sürece etkiler. Isının çoğu kayma bölgesinden kaynaklanır ve bu nedenle takım ve talaş arasındaki temasın ölçüsü performansını etkiler. Küçük talaş açılardan kaynaklanabilen küçük kayma açıları, iş parçasına iletilen ısı miktarını artırabilir [2].

### **2.1.1. Talaşlı imalatta sıcaklık dağılımı**

Metal kesme sırasında Şekil 2.2' de görüldüğü gibi talaş takım ara yüzeyi bölgesinde sıcaklıklar oluşur. Bu sıcaklık takım talaş arasındaki sürtünmede ve takımın aşınmasında etkilidir.



Şekil 2.2. Metal kesmede oluşan sıcaklıklar [5]

Talaşlı şekillendirmede malzeme gerilmelere maruz kalır ve parça üzerine yüklenen enerjinin çoğu ısıya dönüşür. Bu ısı kesici takım, iş parçası, talaş ve kesme sıvısına dağılmaktadır. Kesici takımın talaşla temas ettiği yüzeyde, takım ile iş parçasının sürtündüğü takım yüzeyinde ve iş parçasında talaşın ayrıldığı yerde ısı açığa çıkar. Oluşan ısının miktarı; malzemenin cinsi ve kesme dayanımına, talaş tipine, takımın cinsi ve özelliklerine, kesme şartlarına, kesme hızı gibi bir takım faktörlere bağlıdır [5].

Genelde kolay şekil verilebilen malzemelerde kesme sıcaklığı düşük, sert malzemelerde ise yüksektir. Malzemenin ısıyı kolay iletmesi de yani malzemenin ısı iletim katsayısı da ayrıca etkilidir [5].

Takımın keskin olması aşınmayı geciktirir ve sürtünmeyi azaltır. Böylece ısı miktarı düşer [5]. Takım-talaş yüzeyinde ve kayma yüzeyinde en büyük ısı oluşur. İş-takım

yüzeyindeki ısı miktarı takımın kalitesine bağlıdır ve genellikle hesaplamalarda ihmal edilir [5, 6].

Takım-talaş ara yüzeyinde oluşan ısı; kayma bölgesinde talaş oluşumu ile meydana gelen plastik deformasyon ve takımla talaş arasında oluşan sürtünmeden meydana gelir, kesme hızıyla bağıntılıdır. Kesici takım kenarında da yüksek sıcaklıklar oluşmaktadır. Kesme ve ilerleme hızı, kesme derinliği, işlenen malzemenin cinsi takım malzemesi ve geometrisine bağlıdır. Genel olarak ısı artışı talaş-takım yüzeyinde ve talaş kayma bölgesinde oluşur. Bu ısı aşınmayı artırır ve takımın ömrünü azaltır [5, 6].

Talaşlı şekillendirmede oluşan ısının çoğu talaşla iş parçasından uzaklaşmaktadır ve talaş sayesinde düzenli bir sıcaklık dağılımı olmaktadır. Takım yüzeyinde ve iş parçasında oluşan sıcaklık farkı ile iş parçasının yüzeyi ısı iletimi ile ısınmakta, bir parça ısı da takımın gövdesi içersine iletilmektedir [5].

Toplam ısı oluşumu oranına  $P$  dersek;

$$S M T P = \theta + \theta + \theta$$

$S \theta$  = Talaşla iletilen ısı

$M \theta$  = İş parçasına iletilen ısı

$T \theta$  = Takımın içine iletilen ısı

Matematiksel olarak yazılabilir [5].

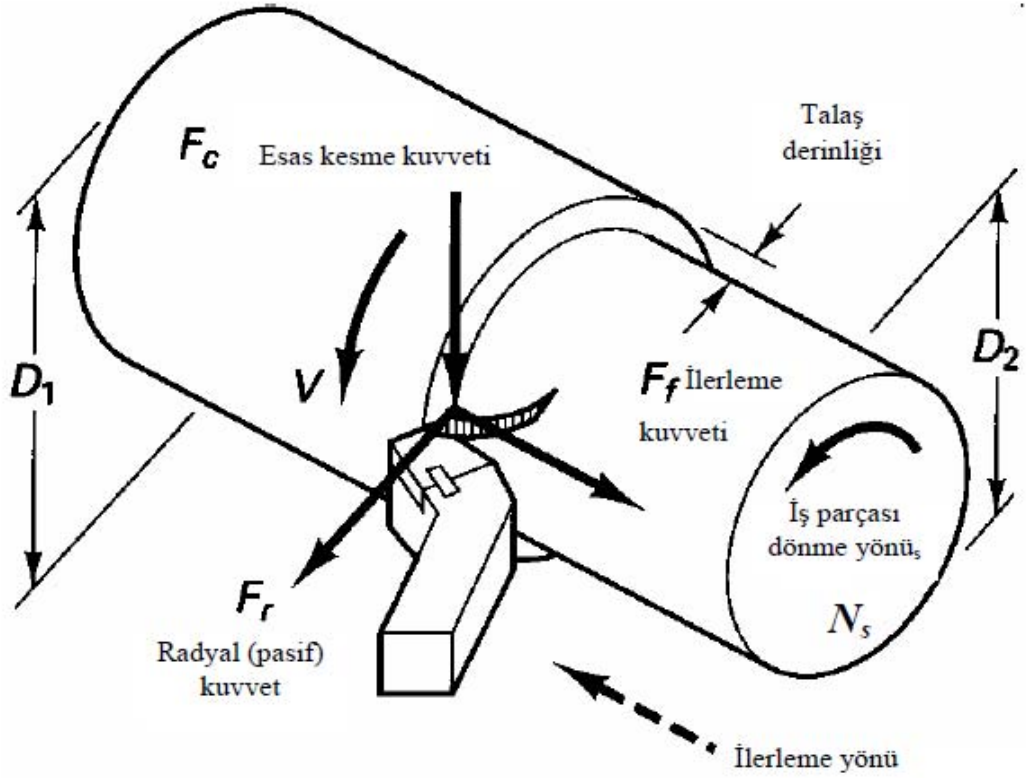
### 2.1.2. İşlem parametrelerinin ısı oluşumuna etkisi

Talaşlı üretimde kesme işlemi yapılırken birçok parametre takım talaş ara yüzeyindeki sıcaklık oluşumuna etki eder. Bunlar kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü, takım talaş temas uzunluğu, takım aşınmasıdır.

#### 2.1.2.1. Kesme kuvveti

Talaşlı imalatta oluşan kesme kuvvetlerinin ısı oluşumu, yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü ve iş parçasının boyutları üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Tornalama işleminde oluşan kesme kuvvetleri aşağıda gösterilmiştir [1].



Şekil 2.3. Tornalama işleminde kesme kuvvetleri [7]

1. Esas kesme kuvveti ( $F_c$ ): Kesme hızı yönünde etki eder. En büyük kuvvet olup metal kesme işleminde harcanan gücün genelde %99' una karşılık gelir.
2. İlerleme kuvveti ( $F_f$ ): Kesici takımın ilerlemesi yönünde etkiyen kuvvettir. Kesme kuvvetinin ekseriyetle yaklaşık % 50'si kadardır fakat ilerleme hızının kesme kuvvetiyle karşılaştırıldığında çok küçük olduğu için metal kesme işlemindeki gerekli gücün çok az bir kısmına karşılık gelir.
3. Radyal kuvvet ( $F_r$ ): İşlenen yüzeye dik etkiyen kuvvettir. Bu kuvvet de ilerleme kuvvetinin yaklaşık % 50'si kadardır [7].

### 2.1.2.2. Yüzey pürüzlülüğü

Talaş kaldırarak şekillendirme sırasında; seçilen yönteme, kesici cinsine ve işleme şartlarına bağlı olarak fiziksel, kimyasal, ısıl faktörlerin ve kesici-iş parçası

arasındaki mekanik hareketlerin etkisi ile işlenen yüzeylerde genellikle istenmediği halde işleme izleri oluşmaktadır [8].

Nominal yüzey çizgisinin altında ve üstünde düzensiz sapmalar meydana getiren bu duruma yüzey pürüzlülüğü denmektedir [8].

İşlenmiş yüzeylerde, kullanılan iş malzemesi ve işleme metodu ne olursa olsun (tornalama, frezeleme, taşlama vb.) yüzey pürüzlülüğünün meydana gelmesi kaçınılmazdır [8].

Ortalama yüzey pürüzlülüğü  $R_a$  ile gösterilmektedir. Eş. 1.1'deki formül kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(x)| dx \quad (1.1)$$

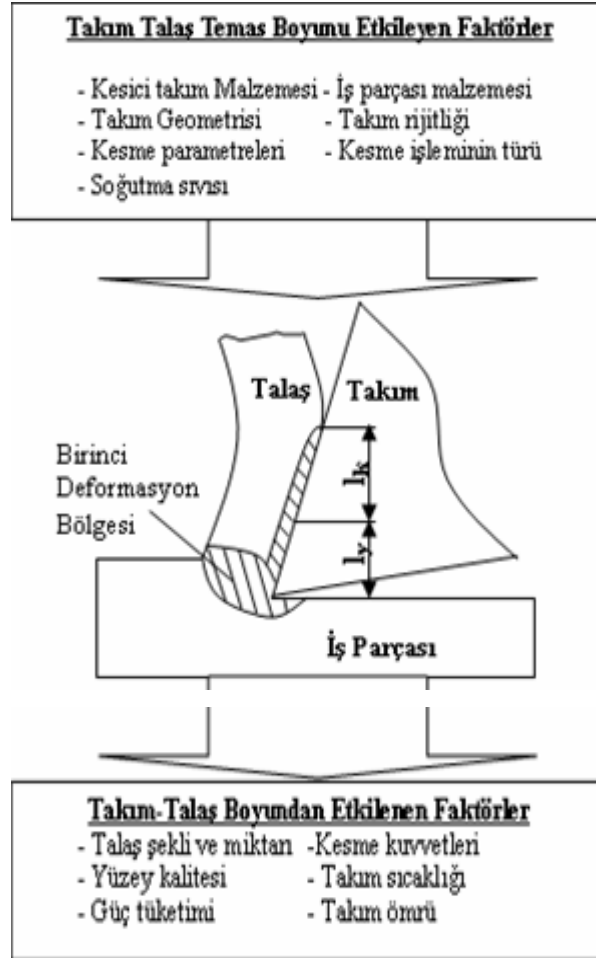
Burada,  $R_a$  ortalama yüzey pürüzlülüğü,  $l$  örnek alma uzunluğu,  $Z$  ortalama pürüzlülük yüksekliği,  $x$  profil yönü olarak tanımlanmaktadır [8].

### 2.1.2.3. Takım talaş temas uzunluğu

Takım-talaş ara yüzeyindeki temas koşulları, takımın ömrünün belirlenmesi noktasında büyük bir önem arz etmektedir. Bu konuda en önemli verilerden birisi de takım-talaş temas uzunluğudur. Artan takım-talaş temas uzunluğu takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımını etkilemekte ve dolayısıyla aşınma sürecini hızlandırmaktadır [9].

Takım-talaş temas uzunluğu; kayma açısı, deforme olmamış talaş kalınlığı, talaş oluşum bölgesinin geometrisi ve metal kesme işlemindeki bütün süreçlerle birlikte değerlendirilmektedir [9]. Aynı zamanda talaş kalınlığı, kayma ve talaş açısının da bir fonksiyonu olduğu genel bir görüştür. Pozitif talaş açısının azalması ve talaş kalınlığının artmasıyla birlikte, temas uzunluğu da artmaktadır [9].

Temas boyunu etkileyen diğer faktörler ise, işleme parametreleri, takım ve iş parçası malzemesi ve kesme sıvısı olarak gösterilebilir.



Şekil 2.4. Ortogonal kesme işleminde takım talaş temas uzunluğu şeması [9]

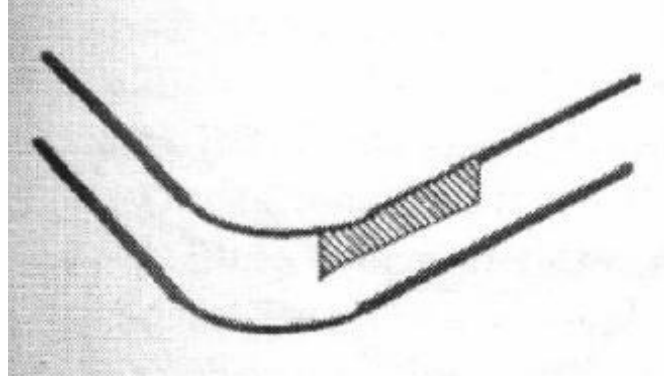
#### 2.1.2.4. Takım aşınması ve takım ömrü

Takım ömrü, genellikle belirli bir kritere ulaşmak için gerekli olan etkili kesme zamanı veya pratik olarak, takımın iki bileme arasında geçen aktif çalışma zamanı olarak tanımlanır [8].

Takımda oluşan ısı takım ömrüyle ters orantıdadır. Takım talaş ara yüzeyinde oluşan ısı arttıkça takım ömrü yani takım aşınması önlenemez bir şekilde artmaktadır.

Takım yüzeyinde oluşan ısı takımın sertliğinin düşmesine ve dolayısıyla takımın plastik deformasyona yani takım aşınmasına sebep olmaktadır. Başlıca bilinen aşınma çeşitleri; serbest yüzey aşınması, krater aşınması, çentik aşınması, uç kavsi aşınması, ısıl ve mekanik çatlaklar, ağız birikintisi oluşumu (BUE), plastik deformasyon, kenar çentiklenmesi, uç kırılması' dır.

Serbest yüzey aşınması: Takımın, işlenen is parçasıyla temas halinde olan yüzeyi serbest yüzey olarak adlandırılır. Serbest yüzeyde meydana gelen aşınma serbest yüzey aşınması olarak adlandırılır ve bir aşınma bölgesi oluşur [10].



Şekil 2.5. Serbest yüzey aşınması [10]

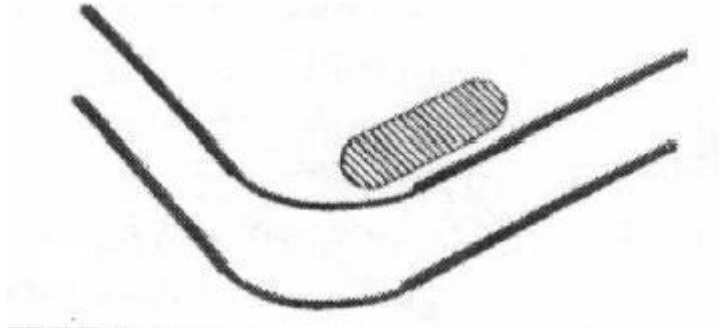
Bu aşınmanın genelde iki nedeni vardır:

- a) Kesici takımın işlenmiş yüzeyle sürtünmesi ve adeziv ve/veya abrazif aşınmaya neden olması ve
- b) Oluşan yüksek sıcaklıklar ve bunun takım özelliklerini ve parça yüzeyini etkilemesi.

Serbest yüzey aşınması sonucunda oluşan yüksek serbest yüzey kuvvetleri nedeniyle boyutsal doğrulukta azalma ve sapmalar meydana gelir [10].

Krater aşınması: İş parçasından kaldırılan talaşın takım üzerinde kaydığı yüzeye talaş yüzeyi adı verilir. Krater aşınması takımın talaş yüzeyinde görülür [10].



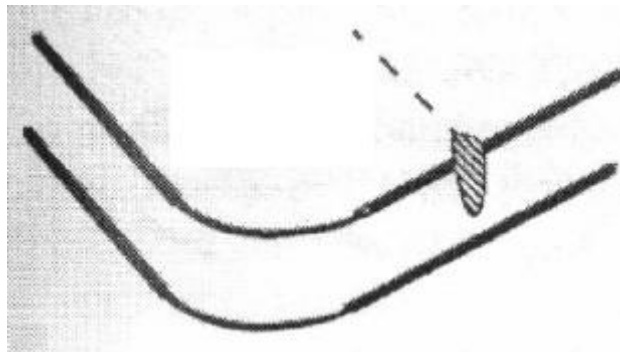


Şekil 2.6. Krater aşınması [10]

Orta seviyede bir krater aşınması takım ömrünü sınırlamaz. Hatta krater oluşumu takımın etkin talaş açısını artırır ve böylece kesme kuvvetleri azalır. Fakat aşırı krater aşınması kesme kenarlarını zayıflatır ve bu durum takımın deformasyonuna veya kırılmasına yol açar. Takım ömrünü kısalttığı ve takımın yeniden bilenmesini zorlaştırdığı için aşırı krater aşınmasının önüne geçilmelidir [10].

Kesici ucun talaş yüzeyi ile bu yüzey üzerinde akan sıcak talaşın kimyasal reaksiyonu ve takım malzemesinin talaşa difüzyonu krater aşınmasının ana sebepleridir. Krater aşınması, takım malzemelerinin kimyasal kararlılığının artırılması veya takımın talaş içinde çözünürlüğünün azaltılmasıyla düşürülebilir [10].

Çentik aşınması: Kaba yüzeylerin tornalanmasında kullanılan takımlarda, takım ile işlenmemiş yüzey veya talaş kenarı arasındaki temas noktasında takım yüzeyinde çentik aşınması meydana gelir [10].

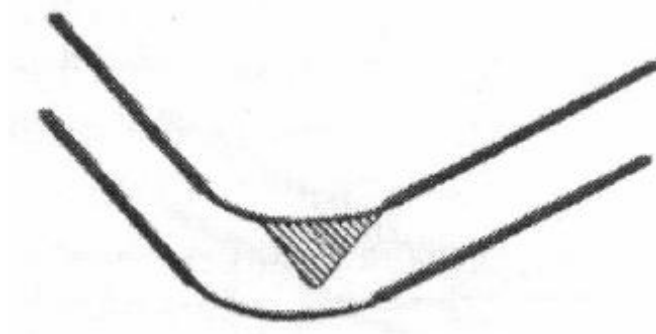


Şekil 2.7. Çentik aşınması [10]

Çentiğin derinliği genellikle abrazyonun ve özellikle işlenen parçaların sert bir yüzey tabakasına sahip olması veya işlenen parçanın kendi sertliğinden dolayı oluşan abrazif talaşın (örneğin paslanmaz çelik ve nikel-bazlı süperalaşım) bir sonucudur. Kullanılan bir soğutucunun neden olduğu veya takım ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon veya korozyon nedeniyle oluşan oksidasyon da çentik aşınmasına neden olur [10].

Aşırı çentik aşınması takımın yeniden bilenmesini zorlaştırır ve özellikle seramik parçalarda kırılmaya neden olur. Çentik aşınması, takım ile iş parçası yüzeyi arasındaki temas alanını artıran dalma açısının artırılmasıyla, çok pasolu talaş kaldırmada kesme derinliğinin değiştirilmesiyle ve takım malzemesinin ısıl sertlik ve deformasyon direncini artırarak, azaltılabilir [10].

Uç kavsi aşınması: Bu aşınma, takım uç kavisinde, serbest yüzeyinin sonuna yakın bölgede iz kenarı üzerinde meydana gelir [10].

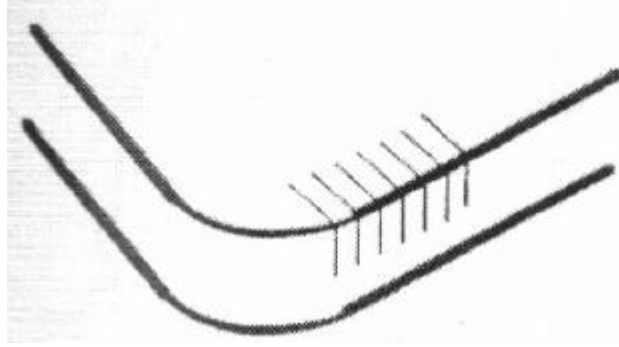


Şekil 2.8. Uç kavsi aşınması [10]

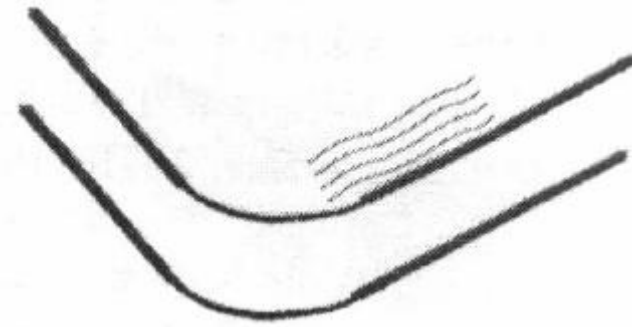
Aşırı uç kavsi aşınması işlenmiş yüzeyin kalitesini azaltır. Bu aşınma serbest yüzey ile çentik aşınmasının kombinasyonuna benzer ve öncelikle abrazyon ile korozyon ya da oksidasyon nedeniyle oluşur [10].

Burun kavsi aşınması ya da uç körlenmesi, takım malzemesinin deformasyon direncinin yetersiz olması neticesinde meydana gelir [10].

Isıl ve mekanik çatlaklar: Bu çatlaklar, kesintili talaş kaldırmada takımın değişken yüklerle yüklenmesi veya talaş kaldırma sırasında yüksek takım-talaş sıcaklıkları nedeniyle oluşur. İki tip çatlak oluşur. Özellikle bir soğutucu kullanıldığında değişken ısıl yükler altında kesme kenarlarına dik olarak oluşan çatlaklar ve değişken mekanik yükler nedeniyle kesme kenarlarına paralel olarak oluşan çatlaklar Şekil 2.9 ve Şekil 2.10' da Çatlak oluşumu takımın hızlı bir şekilde hasara uğramasına neden olur [10].

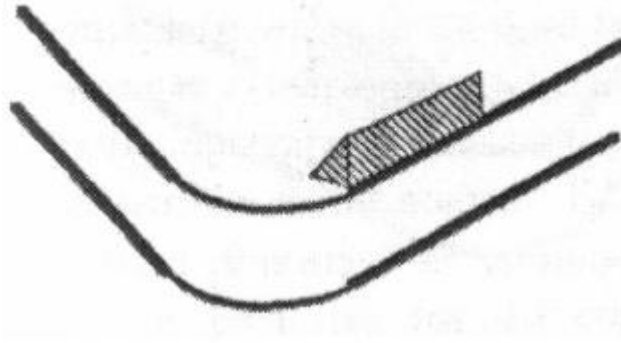


Şekil 2.9. Isıl ve mekanik çatlaklar [10]



Şekil 2.10. Isıl ve mekanik çatlaklar [10]

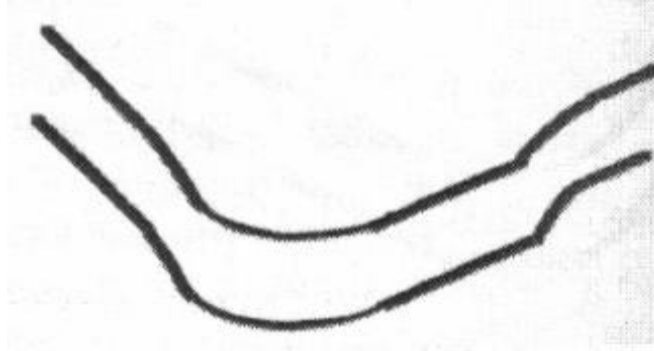
Ağız birikintisi oluşumu (BUE): Genellikle, yumuşak malzemelerin (örneğin Al) düşük hızlarda işlenmesi durumunda oluşur. Ağız birikintisi, işlenen malzemenin kesme kenarlarına çok güçlü yapışmasından, bunların birikmesi ve çıkıntı oluşturmasıyla meydana gelir [10].



Şekil 2.11. Ağız birikintisi oluşumu [10]

Ağız birikintisi oluşumu, pozitif talaş açılı takımlar kullanılarak, yüzey pürüzlülüğü çok az takımlar kullanılarak ( $<5-10 \mu\text{m}$ ), yağlayıcılık özelliği artırılmış kesme sıvıları kullanılarak, yüksek basınçlı sıvıyı doğrudan talaş yüzeyine sevk ederek ve yüksek kesme hızları kullanılarak azaltılabilir [10].

Plastik deformasyon: Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları takım tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur [10].



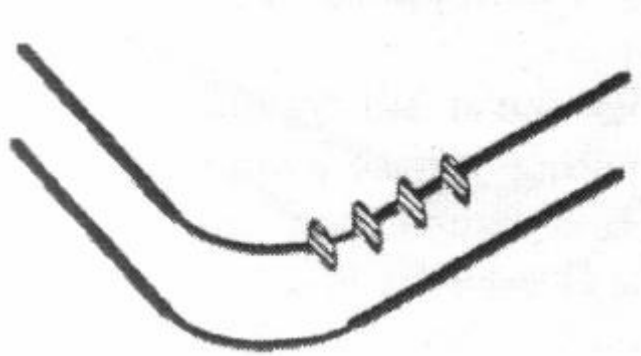
Şekil 2.12 Plastik deformasyon [10]

Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar kuvvetlerinin olduğu yüksek ilerleme hızlarında veya takım sertliğinin artan kesme hızı ve sıcaklıkla birlikte azaldığı yüksek kesme hızlarında oluşur [10].

Kesme kenarındaki aşırı deformasyon boyutsal doğruluğun azalmasına, kötü bir yüzey kalitesine ve aşırı serbest yüzey aşınmasına veya takımın kırılmasına neden olur [10].

Kenar çentiklenmesi: Kenar çentikleme, seramik gibi gevrek takımlarla yapılan talaş kaldırmada veya sert ya da abrazif parçacıklar içeren metal matrisli kompozitler gibi malzemelerin işlenmesi durumunda oluşur [10].

Aşırı kesme kuvvetleri veya düşük sistem rijitliği nedeniyle meydana gelen titreşim de kenar çentiklenmesine neden olur [10].

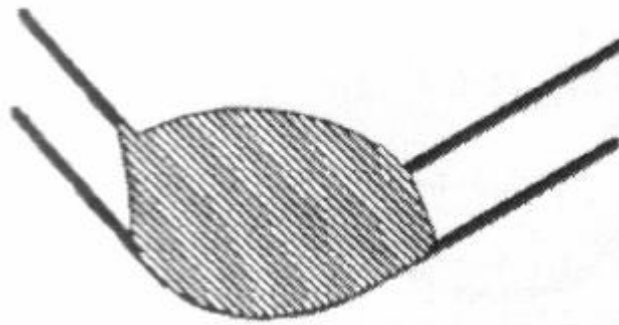


Şekil 2.13. Kenar çentiklenmesi [10]

Kenar çentiklenmesi nedeniyle işlenen yüzeyin kalitesi düşer, serbest yüzey aşınması artar ve sonuçta takım kırılabilir. Bu mekanizma; takım kenarlarının değiştirilmesiyle veya takımların kırılma dayanımlarının artırılmasıyla kontrol edilebilir [10].

Uç kırılması: Uç kırılması, ucu sivri bir kurşun kalemin ucunun kırılmasına benzer şekilde, kesici takımın ucundan bir parçanın kopmasını açıklamak için kullanılır [10].

Aşınma dereceli olarak gelişen bir süreçtir. Kırılma ise bunun tersine ani bir malzeme ve şekil kaybıdır ve en zarar verici etkisi; iş parçasının yüzey kalitesi, yüzey bütünlüğü ve boyutsal doğruluğu üzerindedir [10].



Şekil 2.14. Uç kırılması [10]

Kırılma oluşumunun iki ana nedeni mekanik şoklar (kesintili kesmedeki darbeler) ve ısıl yorulmadır (kesintili kesmedeki periyodik sıcaklık değişimleri). İş parçasının yapısındaki veya malzeme bileşimindeki büyük tutarsızlıklar da kırılmaya neden olabilmektedir. Çentiklenme takım üzerinde önceden bulunan küçük bir çatlağın veya kusurun olduğu bölgede oluşabilir. Isıl çatlaklar, daha önce de belirtildiği gibi kesme kenarına dik doğrultuda olurlar [10].

Yüksek pozitif talaş açıları, ucun incilmesi anlamına geldikleri için kırılma oluşumuna katkıda bulunurlar. Krater aşınması bölgesinin takım ucuna doğru ilerleyerek, takımı zayıflatması ve kırılmaya neden olması da mümkündür [10].

## **2.2. Talaşlı İmalatta Kesme Sıvıları**

### **2.2.1. Kesme sıvılarının tarihsel gelişimi**

Talaşlı imalatta kesme sıvıları ilk olarak 1868 yılında Northcott'un Londra'da kaleme aldığı 'A Treatise on Lathes and Turning' (Tornalama ve torna tezgahları üzerine bir inceleme) kitap kesme sıvıları üzerinde yapılan ilk önemli eser olarak dikkate alınabilir. Daha sonra ünlü metalurjist Taylor (1890) takım çelikleriyle yapmış olduğu çalışmalarda az miktarda su kullanmasının kesme hızını büyük (%30-%40) oranda arttırdığını tespit etmiştir. Kesme sıvılarından ilk olarak istenen özellik talaş kaldırma işlemi sırasında takım aşınmasını azaltmak, bu sayede işlenen parçanın yüzey kalitesini iyileştirmek ve takım ömrünü arttırmaktır. Diğer önemli özellik ise, talaş akışını kolaylaştırmak ve sistemi soğutmaktır [11]. Kesme sıvısının yağlayıcılık özelliği iyi bir yüzey kalitesini sağlarken, soğutma özelliği ise iş parçasının ısıl genişmesini önleyeceği için boyutsal hassasiyeti sağlar [12]. Kesme sıvılarının içeriğinde bulunan kimyasallardan dolayı çevreye ve operatör sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı işleme sırasında kullanılan kesme sıvılarının en az miktarda kullanılarak en etkili bir şekilde nasıl fayda sağlayacağı konusunda uzmanları yeni çalışmalar yapmaları gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmaların sonucunda minimum miktarda kesme sıvısı ile işleme teknikleri geliştirilmiştir. 0<sup>0</sup>C altı

soğutma, katı soğutucular, basınçlı hava, gaz soğutma son zamanlarda geliştirilen soğutma tekniklerinin başlıca olanlarıdır.

### 2.2.2. Kesme sıvılarının işlevleri

Talaşlı imalatta kesme sıvısı kullanımı birçok olumlu etkilerini beraberinde getirmiştir. Bunlar;

- a) İşlenen malzeme ve kesici takımda oluşan ıstıyı düşürmek
- b) İş parçası ve kesici takım arasındaki sürtünmeyi azaltma (yağlayıcı görevi yapmak).
- c) İşlemede oluşan talaşı ortamdan uzaklaştırmak
- d) İşleme sırasında oluşan kesme kuvvetlerini düşürmek
- e) İşlenen iş parçasının yüzey pürüzlülüğünü azaltmak
- f) Takım tezgâhındaki güç gereksinimini azaltmak
- g) Kesici takım ömrünü arttırmak

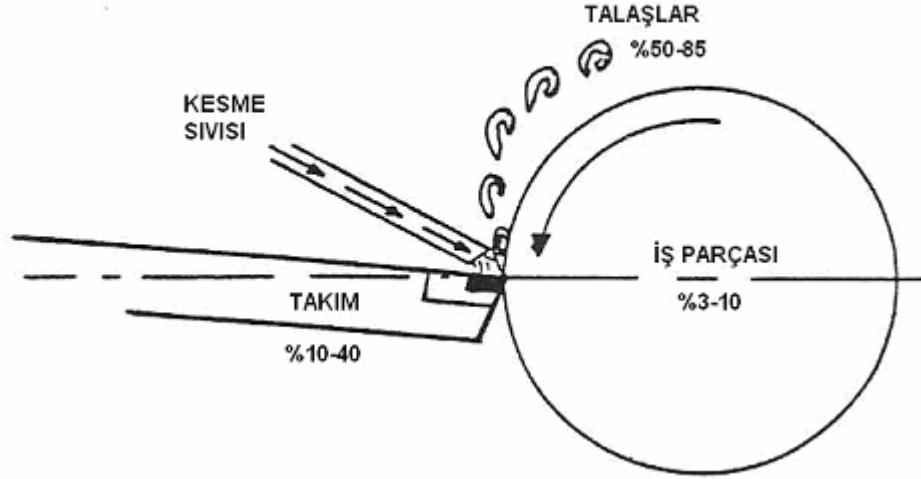
Yüksek hızlı işlemede takım yüksek ıstıya ulaştığı için kesme sıvısının soğutma etkisi, orta hızlı işlemede ise hem soğutma hem de yağlayıcı etkisi aranan özelliklerdir.

### 2.2.3. Kesme sıvısının soğutma işlevi

Talaşlı imalatta takım ve iş parçasında yüksek bir ıstı meydana gelmektedir. Oluşan bu ıstı takım aşınmasında önemli bir etkiye sahiptir. Kesme sıvısının soğutucu etkisi takım ve iş parçasında oluşan sıcaklığı düşürmekte ve takım aşınmasını önemli ölçüde azaltmaktadır.

Kesme sıvılarının sıcaklığı azaltma kapasiteleri ıstıl özelliklerine bağlıdır. Özgül ıstı ve ıstıl iletkenlik en önemli iki özelliktir. Suyun özgül ıstısı ve ıstıl iletkenliği diğer sıvılara göre yüksektir, bu da suyun soğutucu özellikteki kesme sıvılarında esas olarak kullanılmasının nedenini açıklar [13].

Yüksek hız takım çelikleri gibi yüksek sıcaklıktan dolayı ısıl yüklerle maruz kalan malzemelerde kesme sıvısının soğutma işlevi olumlu bir etkiye sahiptir [13].



Şekil 2.15. Kesme esnasında oluşan ısının uzaklaştırılması [14]

Şekil 2.15'te gösterildiği üzere kesme sırasında kesme sıvısının soğutucu özelliğinin etkisiyle ısının büyük miktarı (%50-85) işleme sırasında oluşan talaş vasıtasıyla uzaklaştırılmaktadır. Takım üzerine geçen ısı toplam ısının %10-40 arasında ve iş parçasına iletilen ısı ise %3-10 arasında olmaktadır [14].

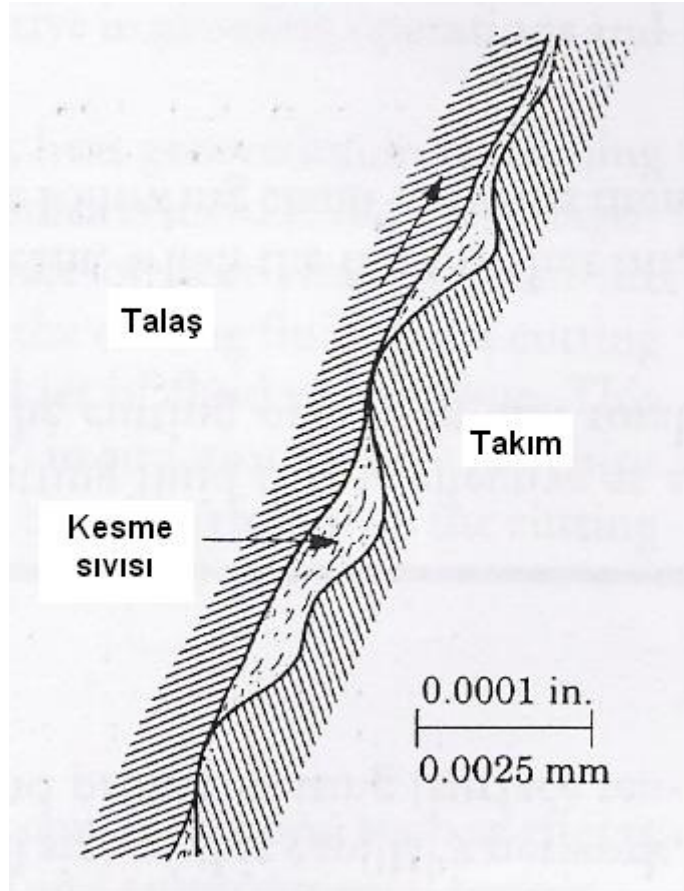
#### 2.2.4. Kesme sıvısının yağlama işlevi

Talaşlı imalatta kesme sıvısının yağlama işlevi takım-talaş ve takım iş parçası arasındaki sürtünmeyi azaltmaktadır. Bu tür kesme sıvıları yağ bazlı kesme sıvılarıdır. Yağlayıcılar işleme sırasında takım iş parçasında oluşan ısıyı azaltmakta, yüzey kalitesini arttırmakta, kesme kuvvetini azaltmakta ve takım ömrünü arttırmaktadır.

Yağlayıcı kesme sıvıları aşırı basınç yağlayıcılığı ile çalışırlar. Burada ısınmış temiz metal yüzeyinde yağ ile girilen kimyasal reaksiyon sonucunda ince ve katı tuz tabakaları oluşur. İki metal yüzeyini birbirinden ayıran bu tabakaların oluşumuna kesme sıvısı içindeki sülfür, klor ve fosfor neden olur. Bu aşırı basınç filmiyle oluşan yağlama sürtünmeyi azaltmada iki yüzey arasındaki sıvı film tabakasıyla ortaya çıkan sınır yağlamaya göre çok daha etkilidir [10].



Yağlayıcı özellikteki kesme sıvıları düşük kesme hızlarında etkilidir. Yüksek kesme hızlarında yağlayıcı özellikteki kesme sıvıları takım-talaş ara yüzeyine etkili bir şekilde nüfus edemediği için etkili olamamaktadır. Yüksek sıcaklıktan dolayı kesme sıvısındaki yağ içerikli madde buharlaştığı için görevini yerine getiremeyebilir. Yağlayıcı etkili kesme sıvıları genelde delme ve kılavuz işlemleri yapılırken istenilen etkiyi gerçekleştirmektedir. Bu işlemlerde, ağız birikintisi oluşumu geciktirilmiş ve takım üzerindeki moment düşürülmüş olur [13].



Şekil 2.16. Takım talaş ara yüzeyine etki eden kesme sıvısı [15]

Şekil 2.16' daki şekilde gösterildiği gibi düşük kesme hızlarında kesme sıvısının takım talaş ara yüzüne etki ettiği görülmektedir.

### 2.2.5. Kesme sıvısının talaşı uzaklaştırma işlevi

Kesme esnasında yüksek kesme hızı ve ilerleme uygulandığı zaman yüksek miktarda talaş oluşumu meydana gelmektedir. Bu sebepten dolayı kesme sıvısı talaşı

uzaklaştırmada önemli bir etkiye sahiptir. Bu durum özellikle düşey işleme merkezleri kullanıldığı zaman veya derin ve dar kaviteler ve delik işlendiği zaman önemlidir [16].

Kesme sıvısının talaşı uzaklaştırma işlevi işleme tipi, oluşan talaş tipinin yanı sıra kesme sıvısının viskozitesine ve akış tipine de bağlıdır [17].

### **2.3. Talaşlı İmalatta Kesme Sıvılarının Sınıflandırılması**

Kesme sıvıları kesme yağları (%100 yağ) ve su esaslı kesme sıvıları olarak ikiye ayrılır. Su esaslı kesme sıvıları çözülebilir yağlar (%60-90 yağ), sentetikler (%0 yağ) ve yarı sentetikler (%2-30 yağ) olmak üzere üçe ayrılır [18].

Kesme yağları: Saf yağlar su ile sulandırılmadan, yalnız başına veya katkı maddeleri ile kullanılır [19]. Yağlama işlevinin soğutma işlevine göre daha gerekli olduğu yerlerde tercih edilmektedir.

Kesme yağları genellikle mineral yağlar veya bunlara katılan domuz yağı, kunduz yağı gibi polar katkılı veya kükürt ve klorit gibi kimyasal katkılı yağlardır. Bu bakımdan kesme yağları; saf mineral yağlar, yağlı mineral yağlar(domuz yağı, kunduz yağı), kükürtlü mineral yağlar, kloritli mineral yağlar, kükürtlü kloritli mineral yağlar olarak ta adlandırılmaktadır [18].

Mineral yağlar genellikle alüminyum, magnezyum ve kükürtlü otomat çelikleri için kullanılır. Katkılı yağlar ise vida açma, diş açma, broşlama gibi ağır işlemlerde kullanılır. Katkılı yağların fiyatları yüksek, ateşlenme tehlikesi ve insan sağlığına olumsuz etkisinden dolayı pek tercih edilmemektedir [18].

Su esaslı kesme sıvıları: Su esaslı kesme sıvıları yağlama işlevinin soğutma işlevine göre daha gereksiz olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Su esaslı kesme sıvıları kesme yağlarına göre daha fazla ısıyı tutar. Su, mineral yağlara göre iki-üç kat daha hızlı bir soğutucudur ve iki kattan fazla ısı tutar.

Genellikle yüksek kesme hızları gerektiren işlemlerde kullanılırlar. Üç temel tipi vardır: çözülebilir yağlar, yarı sentetikler ve sentetiklerdir [10].

Çözülebilir yağlar (Emülsiyonlar, Bor yağlar): Bor yağı olarak adlandırılan bu yağlar suyun içine 0,5–5 mikron arasında yağ damlacıklarının karıştırılmasıyla oluşturulur. En az %60 mineral yağ içerirler. Bitkisel ve hayvansal yağların ya da esterlerin ilavesi ile çözülebilen yağlara yağlayıcılık özelliği katmaktadır [18].

Genelde hafif ve orta talaşlı imalatta kullanılırlar. Taşlama ve ağır imalatta kullanılması tercih edilmez. Bu tür uygulamalar için kükürt, klor, fosfor ve organik yağlar gibi katkıları ilave edilir [18].

Bor yağları su ile karıştırıldığında süt rengini alır. Acık mavi ya da buna benzer bir renk oluştuğunda bozulmuş anlamına gelmektedir. Bunun sonucunda rahatsız edici bir koku oluşur ve özelliklerini kaybederler. Çözülebilen yağlar hava ile temas ettirilmediğinde oluşan bakteri sebebiyle bozulması hızlanmaktadır [18].

Çözülebilen yağlar pas önleme özelliğine sahiptirler. Mikrobik saldırılara duyarlılıkları, duman oluşumuna yatkınlıkları, cilt hastalığı oluşturma riskleri ve atık problemi bu sıvıların olumsuz yanlarıdır [10].

Yarı sentetikler: Emülsiyonlara göre daha az mineral yağ içermektedir. Hem yağlayıcılık hem de soğutuculuğun gerekli olduğu yerlerde kullanılır. Sentetik ve yarı sentetik kesme sıvıları; magnezyum alaşımları, çinko, kadmiyum ve toryum gibi malzemelerin işlenmesinde kullanılmaları tercih edilmez [18].

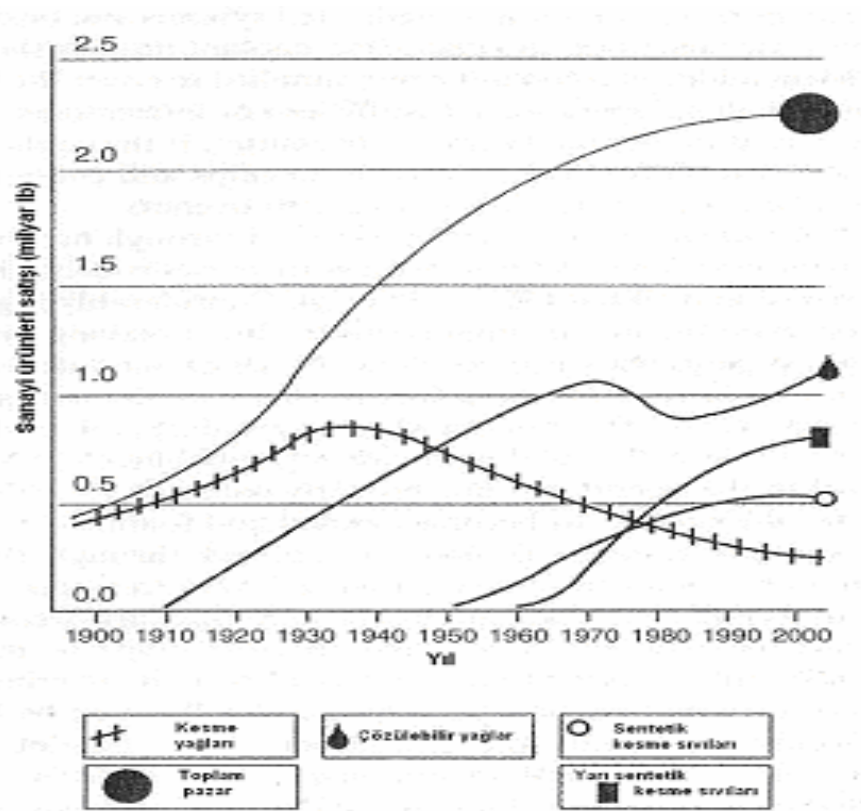
Ayrıca bu sıvılar küçük emülsiyon taneleri ve daha düşük mineral yağ oranları sayesinde bakteri oluşumuna karşı da dayanıklıdır [10].

Sentetikler: Sentetik kesme sıvıları, su esaslı kesme sıvısı içine sadece kimyasallar eklenerek elde edilir. Petrol veya mineral yağ içermez. İçeriğinde kimyasal yağlayıcılar, yüksek basınç katkıları, pas önleyici katkıları ve bakteri önleyiciler bulunur [10]. Yağ içermediklerinden dolayı yağlama özelliği düşüktür. Bu sıvıların

yüksek soğutma kabiliyetleri ve korozyon önleme özellikleri vardır. Ayrıca sentetikler, iyi bir yüzey kalitesi sağlar. Soğutma kabiliyetlerinin iyi olması nedeniyle fazla ısının olduğu yüksek kesme hızlarında kullanılırlar [10].

Genellikle frezeleme, broşlama, raybalama, ve testere ile kesme işlemlerinde kullanılır [18].

Dumansız bir ortamın gerektiği ve köpük oluşumunun istenmediği uygulamalarda da bu sıvılar çözülebilir yağlara tercih edilir [10].



Şekil 2.17. Kesme yağlarının ve su esaslı kesme sıvılarının kullanım miktarının tarihsel değişimi [20]

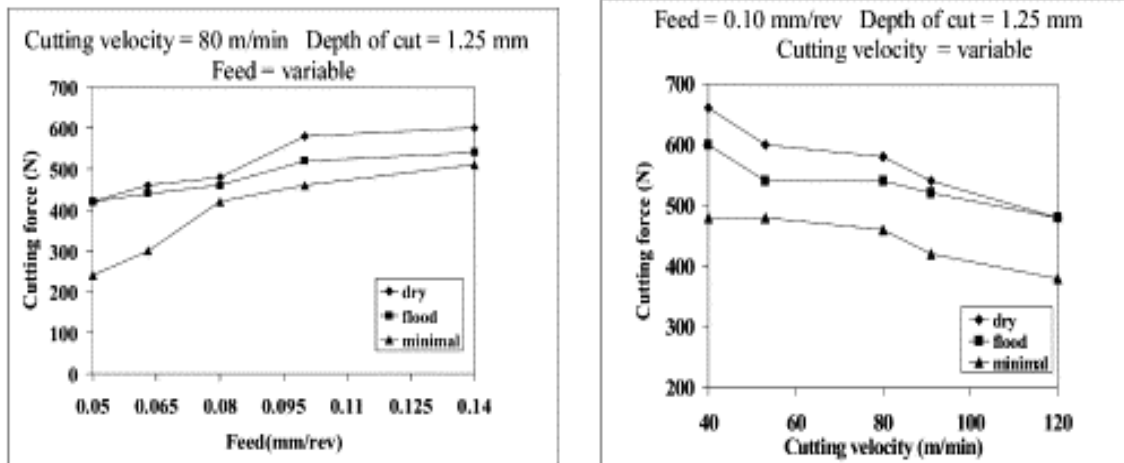
## 2.4. Soğutma Sistemlerindeki Yenilikler

### 2.4.1. Minimum miktar soğutma yöntemi

Minimum miktarda işleme talaşlı imalatta soğutma stratejilerinde yeni geliştirilen bir yöntemdir. Bilindiği üzere talaşlı imalatta kesici takım yardımıyla iş malzemesini işleme sırasında sürtünmeden dolayı yüksek ısı meydana gelmektedir. Meydana

gelen bu ısı takım ömrünü önemli ölçüde azaltmaktadır. İmalat süresince meydana gelen bu ıyıı düşürmek için kesme sıvısı uygulanmaktadır. Uygulanan kesme sıvısının maliyeti, depolanması, operatöre ve çevreye verdiği zararlarından dolayı soğutma sistemlerinde yeni sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemlerden birisi minimum miktarda işlemedir. Bu sistemle takım talaş ara yüzeyine basınçlı olarak az miktarda ama etkili bir şekilde kesme sıvısı uygulanmaktadır. Bu sistemin uygulanmasıyla maliyet, depolama ve verdiği zararlar minimize edilmiştir. Kuru kesme ve geleneksel kesme sıvısıyla işleme ile kıyaslandığında yüzey pürüzlülüğü, esas kesme gücü, kesme sıcaklığı, takım ömrü gibi faktörlerin olumlu yönde gelişme gösterdiği gözlemlenmektedir [21].

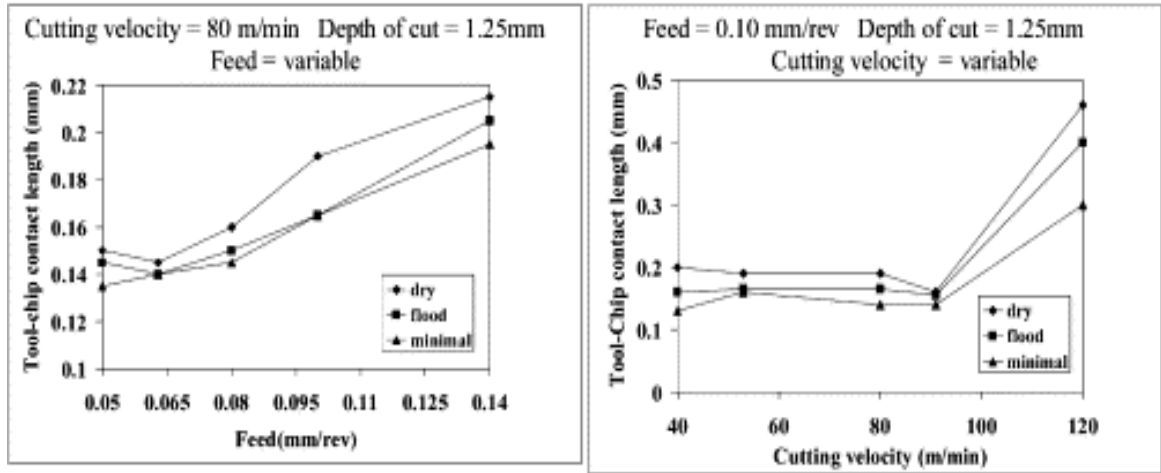
Yapılan bir deneyde Isıl işlem uygulanarak 46 HRC' ye kadar sertleştirilebilen (AISI 4340) çelik ve TiC, TiN, TiCN kaplanmış SNMG 120408 takım kullanılarak yapılan deneyde esas kesme gücü, takım talaş temas uzunluğu, kesme oranı, kesme sıcaklığı, yüzey pürüzlülüğü, takım ömrü gibi veriler elde edilmiş. Kuru kesme ve geleneksel kesme sıvısı ile işlemeyle karşılaştırılmıştır [21].



Şekil 2.18. Mevcut şartlarda kuru kesme, kesme sıvısıyla işleme ve minimum miktarda kesme sıvısıyla işlemede kesme gücü farklılıkları [21]

Belirtilen şartlar altında her biri ayrı olarak kesme hızı, kesme ilerlemesi ile birlikte kesme gücü'nün değişimi gösterilmektedir. Yapılan deney gösteriyor ki geleneksel kesme sıvısı ile işleme kuru kesmeyle yapılan işlemlerle kıyaslandığında minimum miktarda kesme sıvısıyla işlemede kesme gücü daha düşük olduğu gözlemlenmiştir [21].

Minimum miktarda işleme ile takım talaş ara yüzeyine etkili bir şekilde nüfuz ettiği için sürtünme azalmaktadır. Böyle bir durum geleneksel soğutma ile kesme işlemi uygulandığında bile mümkün değildir [21].



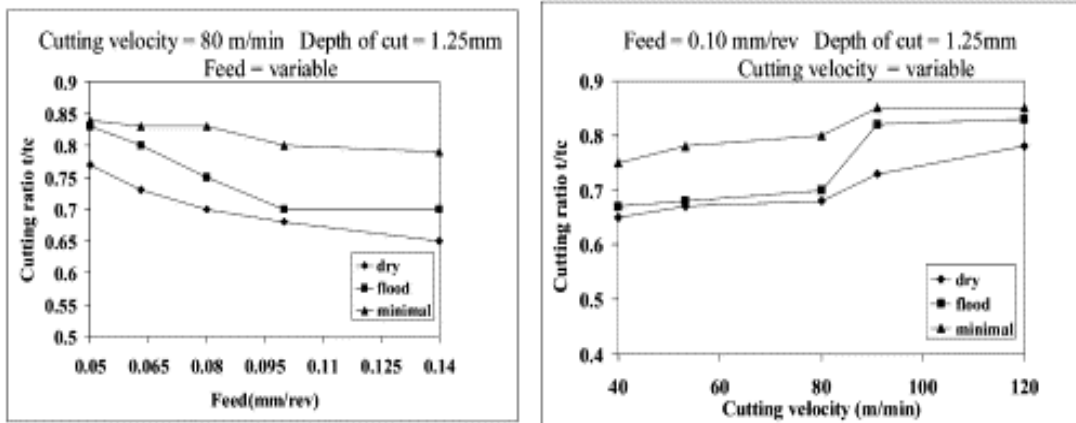
Şekil 2.19. Normal koşullarda kuru, kesme sıvısıyla ve minimum miktarda işleme boyunca takım talaş ikilisinin temas uzunluğunun değişimi [21]

Minimum miktarda işleme ile takım talaş temas uzunluğu azaldığı ve geliştirilen kesme oranı ile takım talaş ara yüzeyinde olumlu sürtünme şartlarının sağlandığı görülmüştür. Takım talaş ikilisinin temas uzunluğundaki azalmanın nedeni aşağıda belirtilmiştir [21].

1. Takım talaş ara yüzeyinde film tabakası oluşması
2. Rebinder etkilerinden dolayı akan talaşın arka kısmının plastik deformasyonunun artması
3. Kesme sıcaklığının azalması [21].

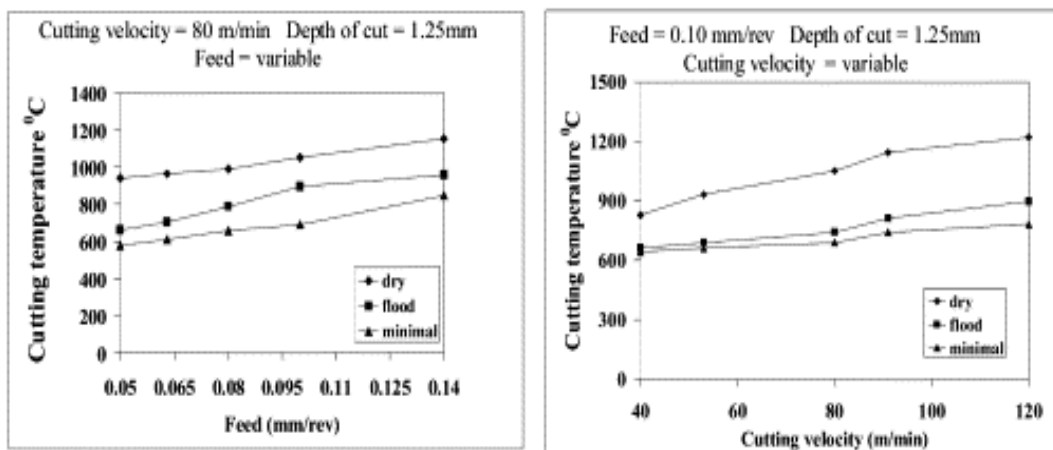
Yukarıda belirtilen 3 mekanizma'nın da kesme sıvısının takım talaş ara yüzeyine uygulandığı süreçte gözükmektedir. Kesme sıvısı buharının etkisi talaş yüzeyinde film tabakası oluşmasına yol açıyor. Bu oluşan mekanizma takımındaki talaş yüzeyine talaşın yapışmasını önüyor ve talaşın malzemeden akarken alt katmanının plastik deformasyon ve sıkışma şartını değiştiriyor. Sonuç olarak takım talaş ikilisinin temas uzunluğunda önemli ölçüde bir azalma sağlıyor. Çevresel faktörler talaş yüzeyinin bozulma hareketliliğini etkileyebilir. Bu termomekanik etkiler rebinder etkileri olarak da bilinir. Takım ile iş parçası arasına uygulanan minimum miktarda kesme sıvısı

sayesinde oluşan yüksek hızlı ve etkili kesme sıvısı parçacıkları rebinder etkisi yaratıyor. Rebinder etkisinden dolayı plastik deformasyonun artmasıyla talaş çalışma yüzeyine kararlı bir şekilde yapışıyor ve içine işliyor. Bu olay basıncın bir bölümünü rahatlatmakta ve takım talaş ikilisi temas uzunluğunun azalması sayesinde talaş bükümünü yükseltmektedir [21]



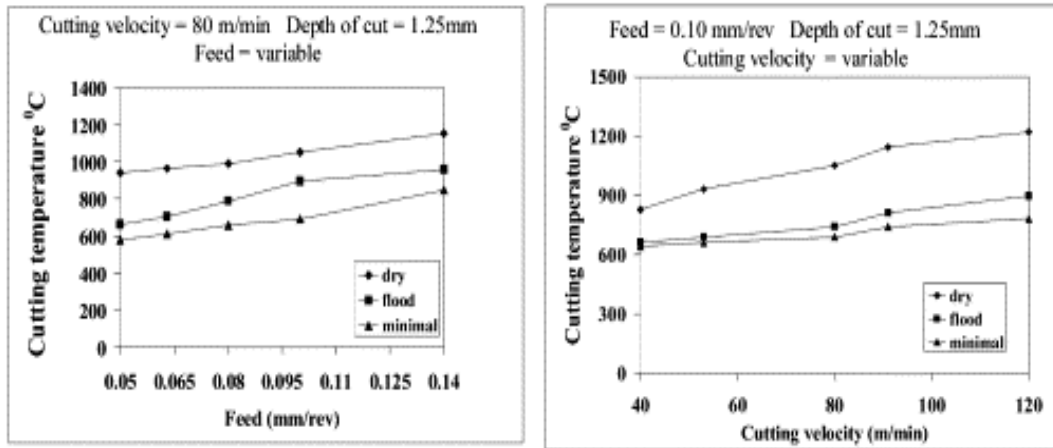
Şekil 2.20. Kuru kesme, geleneksel soğutma sıvısı ile kesme ve MMKSİ ile yapılan deneyde kesme oranının değişimi [21]

Daha yüksek bir kesme oranı takım talaş ara yüzünde daha iyi kayma sağlar ve daha ince bir talaş kesiti oluşturur. Yapılan deneyde geleneksel kesme sıvısıyla işleme ve kuru işlemeyle karşılaştırıldığında minimum miktarda kesme sıvısı ile işlemede daha yüksek kesme oranı gözlemlenmektedir. Kuru işleme ve geleneksel kesme sıvısı ile işlemeyle kıyasla MMKSİ' de talaş kalınlığı daha az olduğu gözlemlenmiştir [21].



Şekil 2.21. Kuru, geleneksel ve MMKSİ ile işleme süresince kesme sıcaklığının değişimi [21]

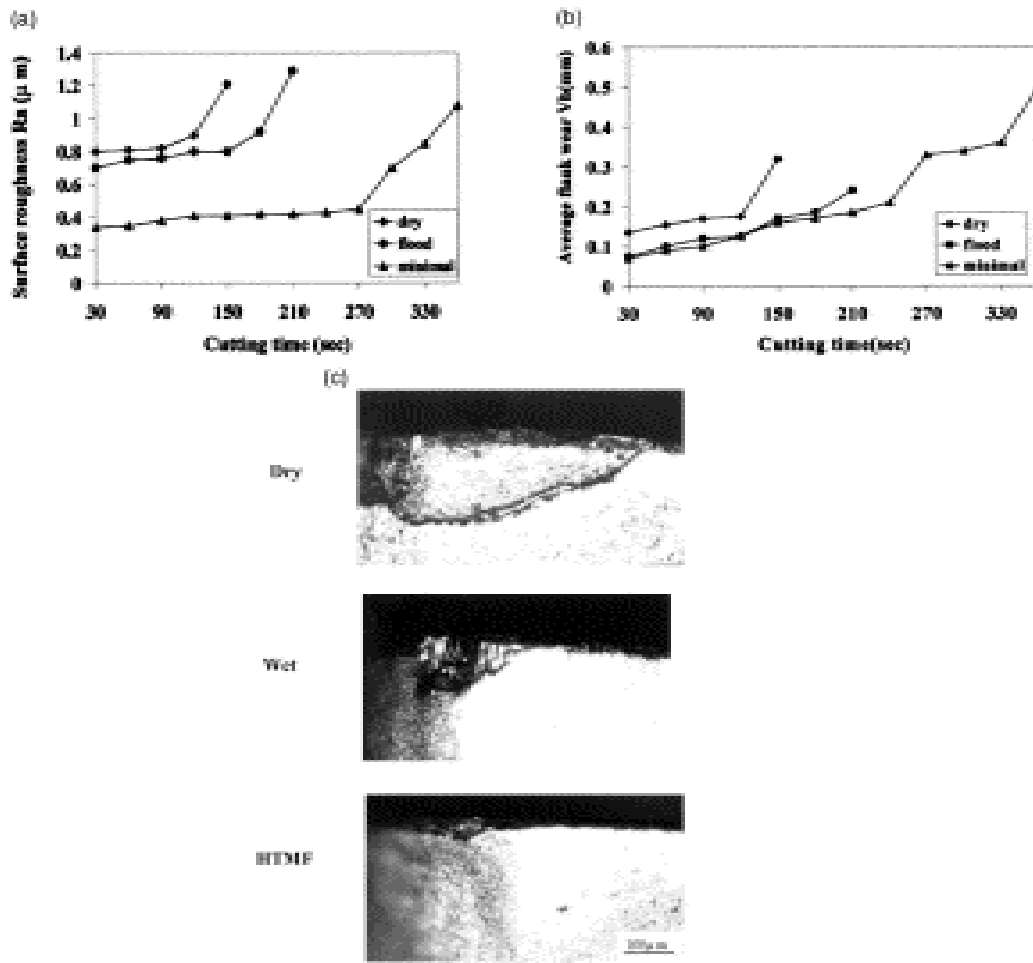
Tüm aşınma mekanizmaları sıcaklığa bağlı olduğu için kesme sıcaklığı takım aşınmasında önemli bir faktördür. Azalan aşınmadan başka düşük kesme sıcaklığı yapışmayı azaltıyor ve temas edilen kısıtlı alanı genişletiyor. Minimum miktarda kesme sıvısı uygulandığı zaman geleneksel kesme sıvısı yöntemine kıyasla daha düşük kesme sıcaklığı oluşmaktadır [21].



Şekil 2.22. Kuru, geleneksel ve MMKSİ ile işleme süresince yüzey pürüzlülüğünün değişimi [21]

Şekil 2.23' te görüldüğü gibi minimum miktarda işleme yönteminde kesme gücünde azalma, kesme sıcaklığında düşme, takım talaş ikilisinin temas uzunluğunun kısalması, kesme açısının artması daha iyi yüzey bütünlüğü ve takım ömrünün uzun olmasını sağlamaktadır [21].



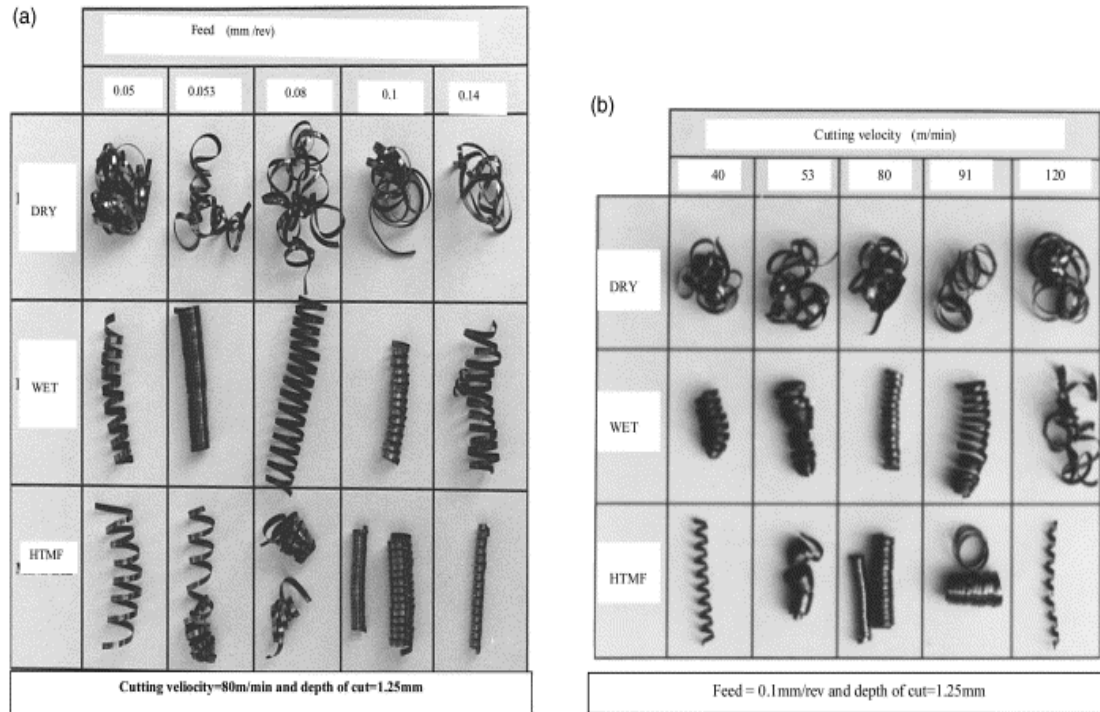


Şekil 2.23. Kuru, geleneksel kesme sıvısıyla işleme ve MMKSİ kesme zamanıyla ilişkili takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğü değişimi. (Kesme hızı: 80m/dk, ilerleme 0.1mm/dev, kesme derinliği: 1,25mm). (c) sırasıyla kuru işleme, geleneksel kesme sıvısıyla işleme, MMKSİ süresinde takım aşınmasının gösterimi. ( Malzeme: AISI 4340 çelik 46 HRC, Takım: sert metal kaplamalı, kesme hızı: 80m/dk, ilerleme: 0,1mm/dev, kesme derinliği: 1,25mm) [21]

Şekil 2.23 a' da zamanın bir fonksiyonu olarak yüzey pürüzlülüğü değişiminin bir karşılaştırılması yapılmıştır. MMKSİ ile işlemede 360s 'de yüzey pürüzlülüğü  $R_a=1\mu\text{m}$ 'nın altında olduğu bu değer için kuru işlemede 150s 'de geleneksel kesme sıvısıyla işlemede 210 s 'de pürüzlülük değerine ulaşıldığı gözlemlenmiştir [21].

Şekil 2.23 b' de zamanla ilişkili takım aşınmasının karşılaştırılması gösterilmiştir. Kuru işleme boyunca yüzey pürüzlülüğü  $R_a= 1 \mu\text{m}$  olduğu zaman 150s' den sonra ortalama takım aşınması 0.3mm olarak ölçülmüştür [21].

Şekil 2.23 c' de MMKSİ, kuru işleme ve geleneksel kesme sıvısıyla işleme süresince 120s kesme süresinden sonra takım aşınmasının fotoğrafları gösterilmiştir [21].



Şekil 2.24. Farklı kesme hızları ve ilerleme şartlarında kuru, geleneksel ve MMKSİ ile yapılan deneylerde elde edilen talaş şekilleri gösterimi [21]

Kesme sırasında oluşan talaş şekli metal kesme endüstrisinde verimliliği etkileyen en büyük parametrelerden biridir.

Kaldor et al' a göre kullanım kolaylığı bakımından 2 grup talaş şekli mevcuttur. Birincisi kabul edilebilir talaşlar, ikincisi kabul edilemez talaşlardır. Kabul edilebilir talaşlar iş parçası ya da kesici takıma olumsuz yönde etkilemez ve sürece olumsuz yönde müdahale etmez. Kabul edilemez talaş şekli iş parçası ve kesici takıma dolandığı için sürekli üretim sürecini sekteye uğratar ve operatörün güvenliğini tehlikeye atar. Keskin talaşlar yüzey pürüzlülüğünü ve takım ömrünü olumsuz yönde etkiler [21].

Şekil 2.24 a' da farklı ilerlemelerde kuru, geleneksel ve MMKSİ sürecinde elde edilen talaş formlarının bir karşılaştırılması gösterilmiştir. Şekil 2.24 b' de örnek talaşlar farklı kesme hızlarına karşılık gelmektedir. Sıkı sarımlı talaşlar geleneksel ve MMKSİ süresince oluşmuştur ve basit bir şekilde başa çıkılabilir. Uzun karmaşık

talaş şekli kuru işleme süresince yaygın olarak oluşan talaş şeklidir. MMKSİ ile işlemede oluşan talaş şekli kabul edilebilir ve kolayca başa çıkılabilir talaş formu oluşturmaktadır [21].

#### 2.4.2. 0° C altı soğutma yöntemi

0° C altı soğutma yöntemi ile işleme, -196° C' deki sıvı nitrojen kesme sıcaklığını azaltmak için kesme bölgesine uygulanır. Sıvı nitrojen ısı kaynağı noktasına dikkatli bir şekilde iletilir. Nitrojen havada zararsız bir şekilde buharlaşır. Bu teknik uygulanarak elde edilen talaşlarda yağ artıkları olmaz ve geri dönüştürülebilir. 0° C altı soğutma yöntemi ile işleme difüzyon aşınmasını azaltmaya, daha az bozulmuş takım sertliğine ya da yüksek sıcaklıkta azalan sertliğe olumlu yönde yardımcı olur [22].

Ek olarak, zenginleştirilmiş malzemelerin termal iletkenliği örnek olarak silisyum nitrid (yaklaşık 13W/m° C), titanyum alaşım (yaklaşık 15W/m° C), ve inconel (yaklaşık 11W/m° C) yaygın olarak kullanılan alaşım çeliklerinden daha düşüktür. Sonuç olarak takım ve iş parçasındaki kesme sıcaklığı, zenginleştirilmiş malzemelerin işlenmesinde önemli ölçüde artar. Bu yüzden işlenebilirliği zor olan malzemelerin işleme performansını arttırmak için en etkili ve pratik yol kesme boyunca üretilen kesme sıcaklığını düşürmektir [22].

0° C altı soğutma yöntemi ile kesme kesici takımın yumuşama sıcaklığının altında kalmasını sağlayan etkili bir yoldur. 0° C altı soğutma yöntemi çevresel kirlenmeye karşı alternatif bir uygulamadır. Geçmişte bilinen 0° C altı soğutma yöntemi iş parçasını çoklu soğutma, dolaylı soğutma, genel yoğunlaştırılmış soğutma ve kapalı kaptaki soğutmayı kapsayan yaklaşımlardır. Uygulamada sıvı nitrojen ısıyı emer, hızlı bir şekilde buharlaşır ve takım talaş arasında yağlayıcı olarak görev yapan sıvı gaz film tabakasına dönüşür. 0° C altı soğutma yöntemi oluşan en sıcak bölgeyi yağlama ve soğutma yapmasıyla takım sıcaklığını azaltır ve bundan dolayı krater aşınmasını ve talaş yüzeyi aşınmasını azaltır. Bu yöntem çevresel korumayı sağlamanın yanı sıra

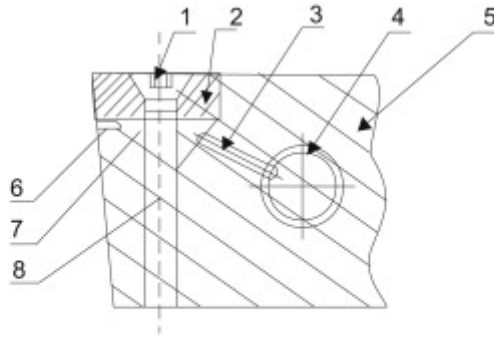
eğer uygun şekilde uygulanırsa hem verimlilikte hem de ürün kalitesinde önemli bir gelişme sağlar. Bu yüzden işleme ekonomisi  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutma yöntemi ve  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutma sıvısının maliyetini göz ardı edilmesini sağlar [22].

Sıvı nitrojen yardımıyla  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutmanın yararlı etkisi takım talaş yüzeyinde oluşan sıcaklığı düşürmeye ve takımı koruma yöneliktir,  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutma ile işleme sırasında kesme sıcaklığında azalma görülmüş ve talaşın kolay çıkmasına olumlu bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir [22].

Yapılan çalışmada sıvı nitrojenin kullanılması için özel tasarlanmış takım tutucu Şekil 2.25' te gösterilmiştir. Kesici takım katere bağlanmadan önce nitrojen gaz haline çevriliyor ve nitrojenin, takım altındaki küçük bir deliğe doğru akışı sağlanıyor. Kaplanmış carbid takımla paslanmaz çeliğin tornalanması sırasında 100m/dk - 300m/dk arasında kesme hızı kullanılarak takım ömrü değişimi Şekil 2.26' da gösterilmiştir [22].

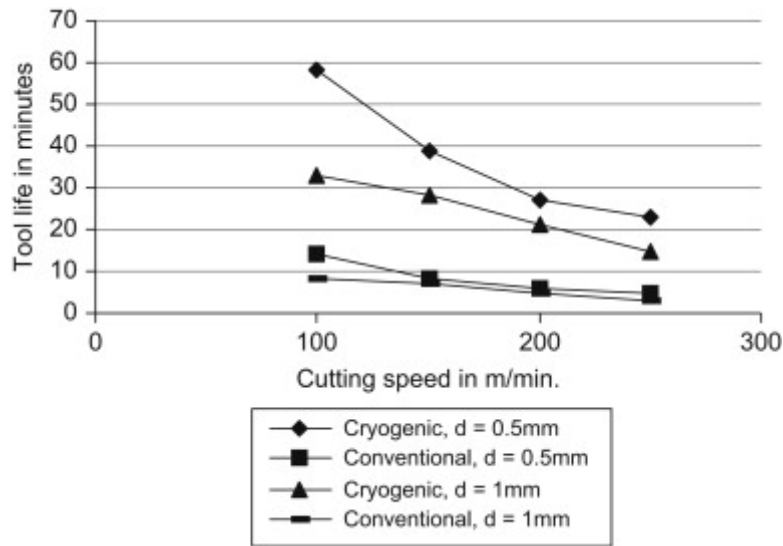
Geleneksel kesme sıvısıyla işlemede takım ömrü, kesme derinliği 0,5mm ve kesme hızı 100m/dk' da 13.45 dk sürmüştür. Hâlbuki  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutma ile kesmede aynı şartlar altında takım ömrü 57.45 dk olduğu gözlemlenmiştir [22].

$0^{\circ}\text{C}$  altı soğutmanın uygulanmasıyla takım ömrü 4.27 kat artmıştır. Kaplanmamış mikro kristalli K20 tungsten takımla Ti-6Al-4V alaşımlı malzemenin kesme hızı 70m/dk, ilerleme 0.2mm/dev, kesme derinliği 2mm şartlarında  $0^{\circ}\text{C}$  altı soğutmayla işlenmesiyle, maksimum kenar aşınması kuru kesmeye göre 3.4 kat geleneksel kesme sıvısı uygulamasına göre 2 kat azaldığı gözlemlenmiştir. Aşınmadaki bu azalma, difüzyon ve adezyon gibi takım aşınmasını etkileyen sıcaklık oluşumlarının azalması sayesinde oluşmuştur [22].



where (2) insert, (3) small hole passage, (4) liquid nitrogen entry point, (5) tool holder, (6) very small hole for gases nitrogen passage, (7) expanding chamber for liquid nitrogen, (8) threaded screw.

Şekil 2.25. 0 C altı soğutmada kullanılan takımın gösterimi [22]



Şekil 2.26. 0 C altı soğutma ile farklı kesme hızlarında takım ömrü ( $f=0.1\text{mm/dev}$ ) [22]

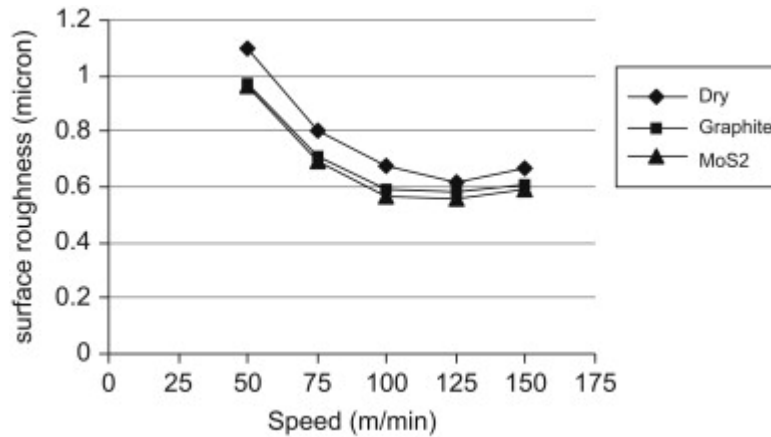
### 2.4.3. Katı soğutucular ve yağlayıcılar ile soğutma yöntemi

Geleneksel kesme sıvılarının uygulanması bazı çevresel problemlere sebep olmaktadır. Örnek olarak çevresel kirlenme, operatörlere olan zararları, su kirlenmesi vb. Dahası kesme sıvıları toplam işleme maliyetinin büyük bir bölümünü oluşturur. Bütün bu faktörler geri dönüşebilir kesme sıvılarının kullanılmasını ya da kesme sıvılarının kullanılmasının ortadan kaldırılması üzerinde çalışılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Ancak kesme sıvısından kaçınılması veya kesme sıvılarının azaltılmasına yönelik tüm teşebbüsler, bazı araçlarla birlikte soğutucuların bir araya gelmesiyle verim sağlayabilir [22].

Katı yağlayıcılar ile işleme kesme sıvısını kesme sıvısı kullanımını önlemeye yönelik bir uygulamadır. Grafit ve molibden disülfür katı yağlayıcı olarak kullanılan malzemelerdir. Kuru toz formundaki yağlayıcı madde ince tabakalı yapılarından dolayı etkili olmaktadır. İnce tabakalı yapılar hareket yönündeki yüzeye paralel doğrultudadır [22].

Büyük ölçüde yüklü olan hareketsiz yüzeylerde bile ince tabakalı yapılar teması önleyebilme yeteneğine sahiptir. Hareket yönündeki ince yapı tabakalar (lameller) düşük bir sürtünme sonucunda basit bir şekilde birbiri üzerinde makaslayabilir. Büyük parçacıklar düşük hız ve pürüzlü yüzeylerde, küçük parçacıklar ise yüksek hız ve pürüzsüz yüzeylerde daha iyi performans gösterirler. Katı yağlayıcı için gerekli diğer bileşenler bor nitrür, politetrafloretillen, kalsiyum flüorür, seryum flüorür, tungsten disülfürdür [22].

Grafit ve molibden disülfür gibi katı yağlayıcılar kullanılarak, sertleştirilmiş AISI 52100 çeliğinin seramik takımla işlenmesi süresince yüksek kesme hızında katı yağlayıcıların daha etkili olduğu gözlemlendi. Şekil 2.27' de gösterildiği gibi yüzey pürüzlülüğü 125m/dk' ya kadar kesme hızı artışında azaldığı gözlemlenmiş ve yüksek kesme hızında artmaya başlamıştır. Bunun sebebi yüksek kesme hızında kesme kuvvetinin artmasından dolayı olabilir. 125m/dk kesme hızı üzerinde yüzey pürüzlülüğünün yüksek değerde olması, yüksek kesme hızlarında meydana gelen takım aşınmasından da olabilir. Kuru kesmeyle karşılaştırıldığında, yüzey pürüzlülüğünün düşük değerde olması işlemede katı yağlayıcıların kullanılmasından dolayıdır. Katı yağlayıcılardan dolayı yüzey pürüzlülüğünün düşük seviyede olması katı yağlayıcıların aşırı sıcaklıklarda bile yağlayıcı etkisini kaybetmemesindedir. Bu olay bahsedilen katı yağlayıcıların katmanlı kafes yapısından dolayı meydana gelmektedir. Şekil 2.27' de gösterildiği gibi grafit kullanılarak %8 ile %10 arasında yüzey pürüzlülüğünde azalma ve molibden disülfür kullanılarak ise %13 ile %15 arasında yüzey pürüzlülüğünde bir azalma görülmektedir. Daha düşük yüzey pürüzlülüğüne katkıda bulunan molibden disülfür grafitte oranla güçlü bir yapışmaya (adezyon)'a sebep olabilir [22].



Şekil 2.27. Yüzey pürüzlülüğü değişimi [22]

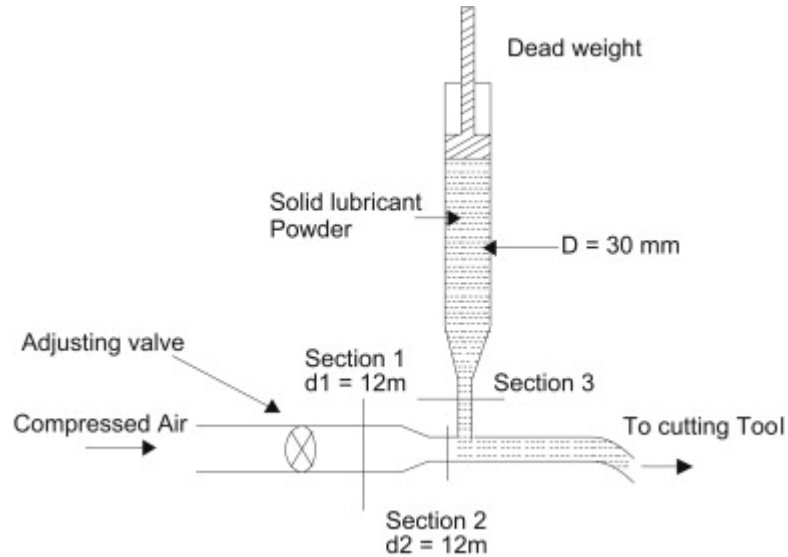
İlerleme ( $f$ ) = 0,12mm/dev, talaş açısı ( $\alpha$ ) =  $26^\circ$ , burun radüsü ( $r$ ) = 1,2mm şartlarında kesme deneyi yapılmıştır [22].

Katı yağlayıcıyla (SAE 40 yağı ile birlikte grafit ve borik asidin karıştırılmasıyla) EN8 çeliğinin karbür takımla işlenmesiyle, katı yağlayıcıların yağlayıcı verimine ulaşmak için kesme gücü ölçüldü. Katı yağlayıcılar ile işlemede kuru ve sıvı işlemeyle karşılaştırıldığında azalan kesme güçleri apaçık ortadadır. Katı yağlayıcıların bu performansı kafes tabaka yapısında olmasından ileri gelmektedir. Bu yapı, etkili katı yağlayıcı tabakası olarak hareket etmesine izin vermektedir [22].

Katı yağlayıcıyla işleme, kuru ve kesme sıvısıyla işlemeye göre yan kenar aşınma oranının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Katı yağlayıcı karışımı iş parçasında yağlayıcı etkisi olan bir film tabakası oluşturmakta ve yan kenar aşınmasının azalmasına sebep olmaktadır. Katı yağlayıcıların etkisiyle oluşan düşük sürtünme kayma etkisi, temas ara yüzündeki düşük makaslama direnci kenar aşınmasının azalmasına sebep olmaktadır. SAE 40 yağının %20'sini oluşturan borik asit karışımı seçilen takım iş parçası ve kesme şartları için daha iyi performans sağlamıştır. Ama borik asidin %20'den fazla olduğu durumda önemli bir değişim sağlanmamıştır. Bu olay katı yağlayıcının yüksek vizikozite özelliği onun kayma özelliğini azaltmasına katkıda bulunabilir [22].

Katı yağlayıcı Şekil 2.28' de gösterildiği gibi hava yardımıyla istenilen bölgeye ulaştırılır. Takım iş parçası ara yüzeyinde oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı kesme

boyunca erir ve ortama yayılır. Takımın talaş yüzeyinde yağlayıcı bir film tabakası oluşur. Kenar aşınmasındaki önemli azalma düşük sürtünme katsayısından ve kayma etkisinden dolayı olduğu gözlemlenmektedir. Grafitin ve borik asidin parçacıklarının değişken boyutları kullanılmaktadır Borik asidin 50 µm parçacık boyutu kesme gücünde ve takımın aşınmasında azalmayı sağlamaktadır [22].



Şekil 2.28. T-enjekte borusuyla toz akışın düzenlenmesi [22]

İşlemeye yardım eden katı yağlayıcılar çevreyi kirlenmeden ısının meydana geldiği bölgeyi kontrol altına almak için oluşturulan yeni bir yaklaşımdır [22].

#### 2.4.4. Hava, gaz ve buhar uygulaması ile soğutma yöntemi

Endüstride işleme çevreyi ve ekolojiyi korumaya odaklanmıştır. Soğutmada kullanılan hava ve su buharı ucuz ve çevreyi koruyucudur. Bu yüzden hava ve su buharı ekonomik soğutma ve yağlayıcıdır. 1990'lar da Podgorkv kesme işlemi süresince yağlayıcı ve soğutucu olarak çevre dostu olan su buharı kullanarak kesme işlemini yapmayı önermiştir [23].

Nitrojen gazı, sıvı nitrojen ve basınçlı hava katere yerleştirilen nozul yardımıyla takım talaş ara yüzeyine basınçlı olarak uygulanmaktadır. Bu metot metal kesme işlemine yardım etmek için en iyi işleme şartları sağlamıştır [24]. Mevcut endüstri



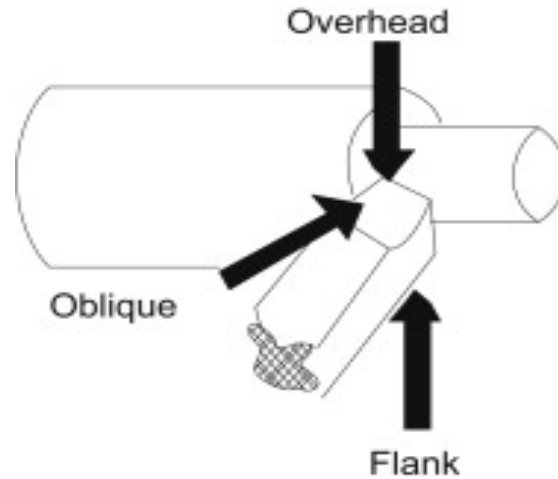
yüksek hızlı kesme işlemi boyunca soğutma sıvısı olarak basınçlı hava kullanılmasını önermektedir.

Ancak bu işlemde işyerinde iş parçasına uygulanan basınçlı havanın kolay ulaşılabilir ve talaşın kolaylıkla ortamdan uzaklaştırılabileceği konusunda bazı çekinceler mevcuttur [25].

Nitrojen, oksijen ve karbondioksit gibi gazların kullanımında kuru ve geleneksel kesme sıvısıyla işlemeye göre düşük kesme kuvvetleri ortaya çıkmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü değeri neredeyse tüm şartlarda eşit olmaktadır. Tornalama işleminde kuru ve geleneksel işlemeye göre soğutma sıvısı olarak gazın uygulanması daha yüksek makaslama açısı ortaya çıkmaktadır [26].

Kesme sıvısı yerine oksijen gazının kullanılarak yapılan deneylerde kesme gücünde azalma ve yüzey pürüzlülüğünde olumlu anlamda gelişme elde edilmiştir. Hatta gazın talaş kırıcı olarak görev yaptığı da gözlemlenmektedir [27].

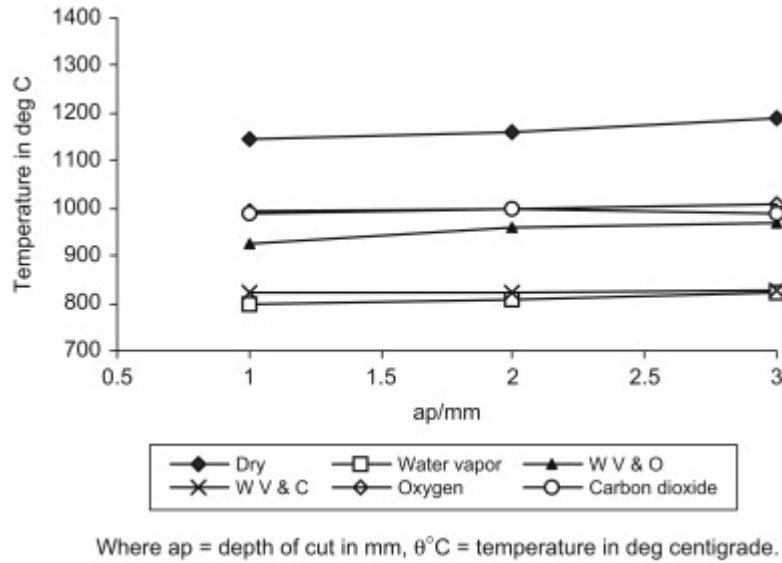
Yapılan deneyde (SAE 52100) rulman çeliği tornalanmasında takım talaş ara yüzeyinde oluşan ısıyı azaltmak için bir havalı soğutma sistemi tasarlanmıştır. Bu deneyde başlangıçta hava kesme bölgesine  $0^{\circ}C$  de uygulanmıştır. Bu yöntemde kuru kesmeye göre takım aşınması daha az olduğu gözlemleniyor. Ancak takım aşınması bakımından havalı soğutma akıtmalı soğutmaya (flood cooling) göre karşılaştırıldığında üstün olmadığı görülmektedir. Tek başına havalı soğutma yağlayıcı bir etkiye sahip değildir. Bu sisteme soğutma yağıda eklenerek hava-yağ karışımı bir soğutma sistemi oluşturulmuştur. Bu yöntemle  $0^{\circ}C$  sıcaklığında kesme bölgesine dumanlı soğutma uygulanmış ve bunun sonucunda aynı anda hem yağlayıcı hem de soğutma işlevi sağladığı gözlemlenmiştir. Sistemde hava-yağ karışımı soğutma olarak uygulanmasıyla takımın dökülerek aşınması elimine edilmiş ve takım aşınmasında basınçlı hava ile soğutmaya karşılaştırıldığında %13' ün üzerinde bir azalma sağlanmıştır.



Şekil 2.29. Soğutmanın uygulama yönü [28]

Yapılan deneyde soğutma sıvısı olarak su buharı, karbondioksit, oksijen ve su ile gaz karışımı uygulanması ile karbür takımla ANSI 1045 çeliğinin tornalanması yapılmıştır. Yapılan deneyde kuru ve geleneksel kesme sıvısı ile işlemeye göre yağlayıcı olarak ayrı ayrı su buharı, karbondioksit, oksijen ve su-gaz karışımı uygulanmasıyla  $F_c$  (kesme gücü)'nde %20–40 ve %10-15'e kadar düşüş sağlanmıştır [22].

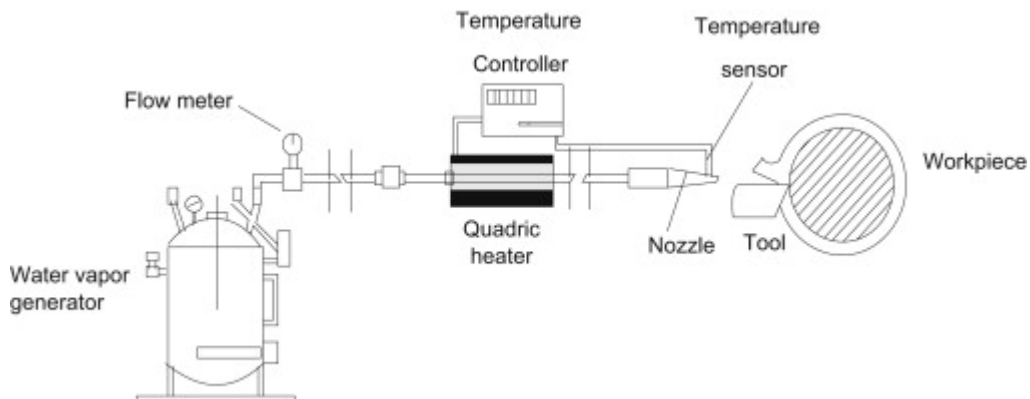
Nozul (başlık) yardımıyla yüksek hızlı jet sistemiyle kesme bölgesine gönderilen su buharı takım kenar aşınmasını azaltma etkisi sağlamakta, kesme bölgesinde yağlayıcı film tabakası oluşturmakta ve takım-talaş ikilisinin temas uzunluğunda bir azalma oluşturmaktadır. Su buharı soğutma ve yağlayıcı olarak kullanıldığı zaman, kesme sıcaklığında ( $V_c=117,6$  dev/dk kesme hızında  $800^{\circ}C$ 'den ) daha düşük kesme sıcaklığı elde edilmiştir [22].



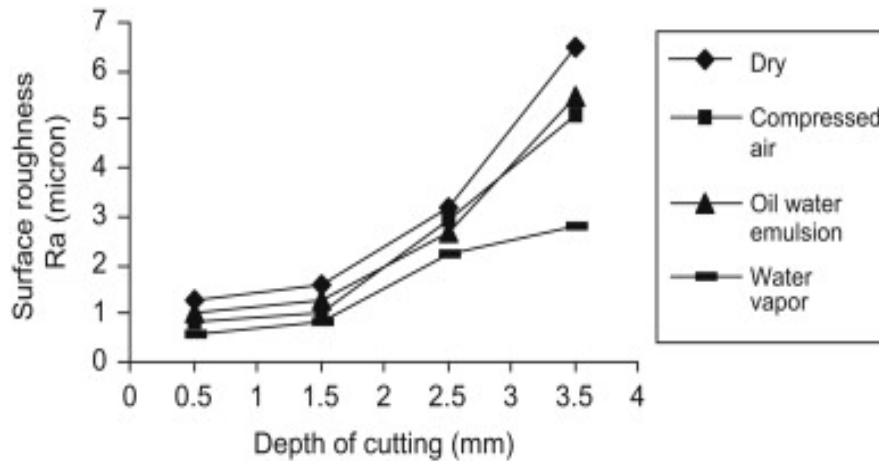
Şekil 2.30. Farklı soğutma yöntemleri uygulamalarında kesme derinliğiyle ilişkili kesme sıcaklıkları [22]

Su buharı uygulamasında kesme bölgesinde oluşan düşük sıcaklıktan dolayı difüzyon ve adezyon tipi takım aşınmalarında azalma olduğu görülmektedir. Yüksek kesme hızında su buharının uygulanmasıyla birlikte takım ömrü kuru kesmeye göre 2 kat artmaktadır. Bu yüzden soğutma olarak su buharı kullanımının yararları açıktır. Bu yöntem ucuz ve çevre dostudur [22].

Şekil 2.31' de gösterildiği gibi yüksek hızda uygulanan su buharı takım talaş ara yüzeyine etkili bir şekilde nüfuz etmektedir. Bu yüzden sıcaklık ve sürtünme katsayısında bir azalma görülmüştür. Şekil 2.32' de soğutma olarak su buharı kullanımında oldukça düşük yüzey pürüzlülüğü değeri elde edilmektedir. Su buharı kullanılarak yapılan soğutma ile kabul edilebilir talaş şeklide ortaya çıkmaktadır [22].



Şekil 2.31. Tornalama işleminde uygulanan su buharı mekanizmasının sistematik şekli [22]



Şekil 2.32. Farklı soğutucu uygulamalarında yüzey pürüzlülüğü değerleri [22]

## 2.5. Kesme Sıvılarının Çevreye Ve İnsan Sağlığına Etkileri

Bilindiği üzere talaşlı imalatta kesici takım yardımıyla iş malzemesi talaş kaldırma yöntemiyle işlenirken takım-talaş ara yüzeyinde sürtünmeden dolayı yüksek sıcaklık ortaya çıkmaktadır. Meydana gelen yüksek sıcaklık malzeme yüzey pürüzlülüğünü, oluşan kesme kuvvetini, takım talaş temas uzunluğunu, takım ömrünü olumsuz yönde etkilemektedir. İşleme sırasında takım talaş ara yüzeyinde meydana gelen yüksek ısıyı düşürmek için birçok çalışmalar yapılmaktadır. Oluşan sıcaklığı düşürmek için yaygın olarak kullanılan yöntem kesme sıvılarıdır. Kesme sıvılarının meydana gelen sıcaklığı önemli ölçüde düşürdüğü yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. Ancak kesme sıvılarının içeriğinde bulunan kimyasal ve zararlı maddelerden dolayı çevreye ve operatör sağlığına olumsuz yönde etki etmektedir. Kesme sıvılarının bu olumsuz etkilerinden dolayı araştırmacılar kesme sıvısını az miktarda etkili bir şekilde kullanılması ya da kesme sıvısı haricinde yeni yöntemler geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapmaktadır. Kesme sıvıları talaşlı imalatta büyük maliyet, depolama gibi üreticiye ek masraflarda getirmektedir.

### 2.5.1. Kesme sıvılarının operatör sağlığı üzerinde olumsuz etkileri

Soğutma sıvıları içeriğinde kimyasal ve katkı maddelerinden dolayı operatör sağlığına olumsuz etki etmektedir.

Soğutma sıvılarının neden olduğu sağlık problemleri; maruz kalma süresine, kirliliğin çeşidine, derecesine ve sıvının özelliği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır [29].

Soğutma sıvıları yüzünden meydana gelen en yaygın cilt hastalığı türü dermatit (dermatitis)' tir. Dermatit; cildin tahriş olması sonucu pullanması, kabuklanması veya çatlamasıdır. Aynı zamanda hastalıkta sık sık kabarcık, kırmızılık ve kaşıntılı deri oluşumu görülür. Dermatit, tahriş edici dermatit ve alerjik dermatit olmak üzere ikiye ayrılır [30].

### 2.5.1.1. Tahriş Edici Dermatit

Kesme sıvılarına maruz kalmasından dolayı yaşanan deri problemlerinin en genel olanı tahriş edici dermatittir. Tahriş edici dermatit kesme sıvılarının yoğunluğunun yüksek olduğu veya temas süresinin cilde zarar verecek kadar uzun olması durumunda görülür. Derinin dış katmanındaki proteinlere zarar vererek koruyucu yağ katmanını kaldırır. Bunun sonucu özellikle ellerde ve avuç içlerinde; iltihaplı, kuru ve pullu bir cilt oluşumu gözlenir. Metal parçalarının neden olduğu küçük kesikler de tahriş edici sıvının cilde daha rahat girmesine yardım eder [31].



Şekil 2.33. Tahriş edici dermatit hastalığına yakalanmış derinin görünümü [31]

### 2.5.1.2. Alerjik Dermatit

Bu rahatsızlık genellikle tahriş edici dermatit'ten daha az görülür.

Kesme sıvılarında bulunan aminler, korozyon önleyiciler, koruyucular gibi katkı maddeleri, bünyesi zayıf olan insanlarda alerjiye sebep olmaktadır. Operatörler kesme sıvısına maruz kaldıkları ortamdan uzaklaşmadan tedavi edilemezler [31].



Şekil 2.34. Alerjik dermatit hastalığına yakalanmış derinin görünümü [31]

### 2.5.1.3. Folliculitis

Saf kesme yağlarının meydana getirdiği bir cilt tahrişidir. Daha ziyade yağlı elbiselerin cilt ile temas ettiği yerlerde olur. Yağ ve içine karışan maddeler deri gözeneklerini tıkayarak yara veya sivilce gibi oluşumlara sebep olurlar [31].



Şekil 2.35. Folliculitis hastalığına yakalanmış derinin görünümü [31]

Soğutma sıvılarını korozyon ve benzeri etkenlere karşı koruyan koruyucular, kesme sıvılarının pH'ını değiştirerek cilt rahatsızlıklarına neden olabilirler [32].

Genel olarak ürünün pH'ı ne kadar yüksekse, cilt rahatsızlıklarının görülme şansı da o kadar yüksektir. Bazı koruyucular, pH'ın 1,5 birim daha yukarı çıkmasına sebep olabilecek nitelikte olabilmektedirler. Yaygın olarak kullanılan koruyucular kesme sıvılarının neden olduğu cilt hastalıklarının başlıca nedeni olarak gösterilse de, bunu kanıtlayan çok az çalışma vardır. Yapılan çalışmalar da çok az insan üzerinde yapılmıştır. Bazı taşlama sıvılarında yüksek korozyon önleme özelliğine sahip nitrit ve amin türünde malzemeler kullanılır. Bu iki malzeme reaksiyona girerek pas önleme özelliği yüksek olan bir bileşik meydana getirir. Ortaya çıkan bu nitroso bileşiklerin kanserojen etkiye sahip olduğu bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Ayrıca bu ürün, ciltte çok fazla miktarda tahrişe yol açar. Bunun için bu tür malzemelerin kullanılması Avrupa'da yasaklanmıştır [32].

İngiltere'de yapılan bir çalışmaya göre, bu rahatsızlıklara yakalananların ortalama işten uzak kalma zamanı, erkekler için 22 gün, kadınlar için de 26 gündür. Bu konuda yapılan ikinci bir çalışmada, rahatsız kişilerin %22' sinin 1 ay için, %29' unun da bir yıl gibi uzun bir zaman için işten uzak kalması gerektiği ortaya çıkmıştır. Yapılan üçüncü bir çalışmada ise, bu tür rahatsızlıkların çoğunlukla 2 – 4 ay içerisinde kaybolduğunu göstermiştir [32].

1752 kişi üzerinde yapılan bir çalışmada, hastalığa yakalanmış insanların % 25' inin tamamen sağlığına kavuştuğu, % 50' sinin periyodik aralıklarla rahatsızlık duydukları ve %25' inin ise aylar sonra hala hastalıktan kurtulmadıkları görülmüştür. Bu rakamlar soğutma sıvıları ile oluşan hastalıkların önemine işaret etmektedir [32].

Oluşabilecek bu rahatsızlık önlemek için bazı kurallar getirilmiştir. Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi'nin (Occupational Safety and Healty Administration) oluşturduğu standartlarda bir üretim yerinde bulunan kesme sıvısı yoğunluğunun, personelin çalışması için müsaade edilen maruz kalma seviyesi  $5 \text{ mg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Mesleki Güvenlik ve Sağlık Ulusal Enstitüsü (National Instute for Occupational Safety and Healty) ne göre ise bu oran  $0,5 \text{ mg/m}^3$  'tür [33].

Türkiye’de İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü’nün 72. Maddesi’nde Anilin kullanımında alınacak tedbirler, 165. Maddesi’nde soğutucu sıvılar ile uygulamalar bildirilmiştir [34].



## **BÖLÜM 3. TORNALAMA İŞLEMİNDE KESME KUVVETLERİNİN VE SICAKLIĞININ ÖLÇÜLMESİ**

### **3.1. Kesme Kuvvetlerini Ölçme Metotları**

Talaş kaldırma için gereken güç ile kesme kuvvetleri arasında belirli bağlantılar vardır. Kesme kuvvetleri teorik olarak hesaplanabilir veya bir dinamometre yardımı ile ölçülebilir. Talaş kaldırma işlemi sırasında sürtünme ve basınçların etkisi ile belirli yönlerde kuvvetler meydana gelmektedir. Tornada talaş kaldırma işlemlerinde kesme kuvvetleri talaş oluşumuna, talaşın şekil değiştirmesine ve takım ile talaş arasındaki sürtünmelere bağlıdır [35].

Kesme kuvvetlerinin deney yolu ile tayin edilmesi için mekanik, hidrolik, pnömatik, elektronik, elektrik, optik, piezoelektrik gibi çeşitli dinamometreler kullanılmaktadır. Herhangi bir cihaz gibi bir dinamometre sezgi elemanı (transducer) ve gösterge (display) elemanından meydana gelmektedir. Esasen günümüzde kullanılan dinamometreler karışık yani mekanik-elektronik, mekanik-hidrolik, mekanik-optik şekindedirler [36].

Kesme kuvvetlerini ölçmek için kullanılan mekanik sistemlerde dinamometreler esasen takım sistemlerine yerleştirilen birer yaydır. Burada ölçme, yayın yani dinamometrenin elastik şekil değiştirmesine dayanır. Bu şekil değiştirmeler kadran ve ibreden oluşan bir gösterge sistemine (mekanik kadran), bir sıvının yardımıyla bir manometreye veya uzar-ölçer (strain-gage) elemanların yardımıyla bir gösterge veya kaydetme cihazına gönderilir. Dinamometrelerde önemli bir işlem kalibrasyon işlemidir. Kalibrasyon ile dinamometrede kuvvet ile şekil değiştirmeler arasında bağıntılar bulunur [37].

Statik ve dinamik kuvvetlerin ölçülmesinde, kuvveti elastik bir makine elemanına uygulayarak bu elastik elemanda oluşan deformasyon miktarının belirlenmesinde dinamometreler veya transdüserler yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak deformasyonların küçük olması durumunda gerinim ölçerlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Normal kesme kuvvetleri sadece katı cisimler mekaniğinde karşılaşılan büyüklükler değildir. Örneğin, talaş kaldırma işlemi ve talaş oluşumu sırasında oluşan kuvvetler göz önüne alınır ve kesici takımın bir ankastre çubuk gibi davrandığı düşünülürse takımda oluşan yatay ve düşey düzlemde eğilme-burkulma ve basma-burkulma kuvvetleri hesaplanabilir. Kuvvet ölçme metotları üç kategoride incelenebilir [38].

### **3.1.1. Bilinen bir yük ile dengelenerek kuvvet ölçme**

Bu yöntemde ölçülecek olan kuvvet, kütlesi bilinen bir karşı ağırlık ile dengelenir. Bu dengelemeye göre kuvvet, karşı ağırlığın kütlesinin yerçekimi ivmesiyle çarpılması sonucu hesaplanır. Bu metot yüksek bir hassasiyet sağlamakla birlikte karmaşık bir yapıya sahiptir. Kullanım alanı sınırlı olup orta büyüklükteki kuvvetlerin ölçümlerinde kullanılmaktadır [38].

### **3.1.2. Elastik cismin deformasyonu ile kuvvet ölçme**

İkinci kategoride yer alan bu metot, dolaylı kuvvet ölçme olarak da isimlendirilmektedir. Bu metot da ise kalibre edilmiş kütleler veya transdüserler kullanılmaktadır [36].

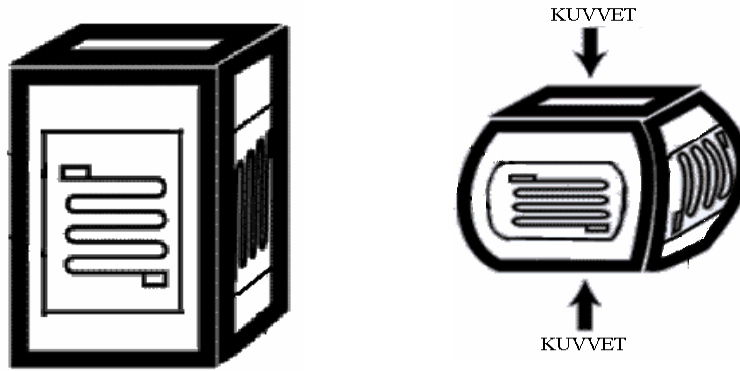
Yüksek bir hassasiyet elde etmek için, kaliteli bir elastik cisim deformasyonundan kuvvet ölçülebilmektedir. Yük uygulandığında, elastik cisim elastik bölgede kalacak şekilde ölçüm yapılabilmesi için çevre şartlarına göre, uygun boyut ölçme metotlarından birisi kullanılabilir. Kuvvetin doğru ölçülebilmesi için elastik cisimde ortaya çıkan deformasyonun çok hassas olarak ölçülmesi gerekir. Bu metot, genellikle yüksek hassasiyet sağlar ve tüm yük dönüştürücülerde kullanılabilir [38].

### 3.1.3. Fiziksel özelliklerin değişimi ile kuvvet ölçme

Malzemelerin fiziksel özelliklerin değişiminden yararlanma esasına dayanan bu metodun güvenilirliği diğer iki metoda göre daha azdır. Çünkü fiziksel özelliklerindeki değişim her zaman doğru olmamaktadır. Ancak elektriksel olarak değerlendirme yapıldığı için bilimde ve endüstrideki ölçme işlemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, deformasyonla elektriksel direnç değiştiğinden deformasyon özelliği ile fiziksel özelliklerin birlikte kullanılması da mümkündür [38].

### 3.2. Yük Hücreleri (Load Cell)

Yük hücresi (load cell), mekanik bir büyüklük olan kuvveti elektriksel büyüklüğe çevirerek ölçmeyi sağlayan bir cihazdır. Yük hücresini bir çeşit transdüser (dönüştürücü) olarak tanımlayabiliriz. Transdüseri ise, her hangi bir büyüklüğü başka bir büyüklüğe dönüştüren veya başka sistemlere ileten bir aygıt olarak tanımlanır. Bu durumda, mekanik bir büyüklük olan yük veya kuvvete karşılık elektriksel bir çekiş elde ediliyorsa, kuvvet ölçümünde kullanılan bir transdüserin tanımı yapılmış olur. Hücre (cell) kelimesi, belirli bir ölçüm için tasarlanmış transdüserler için kullanılır. Transdüserlerde en önemli olay, mekanik enerjinin elektriksel çıkışa nasıl dönüştürüldüğü ve hangi prensiplerin kullanıldığıdır. Günümüzde en yaygın biçimde kullanılan yük hücresi, direnç değişimi prensibine göre çalışan, uzama ölçer (strain gage) tipinde olanıdır. Bunun nedeni, kolay ve kullanışlı olmasının yanında, aynı zamanda ağır işletme koşullarında da rahatlıkla kullanılmasıdır. Uzama ölçer, yük hücresinin içinde bulunan, elastik sınırlar içinde küçük değişimler, uzama ölçerler tarafından algılanır [39]. Şekilde kuvvete maruz kalan yük hücresindeki şekil değişimi görülmektedir.



Şekil 3.1. Kuvvete maruz kalan yük hücresinin şekil değişimi [40]

### 3.2.1. Gerilme ve gerinim ilişkisi

Gerilme; bir malzemeye yük uygulandığında, bu yükün malzeme üzerinde oluşturacağı etki olarak bilinir ve birim alana gelen yük olarak tarif edilir. Gerilme  $\sigma$  sembolü ile gösterilip “ $\sigma = F/A$ ” eşitliği ile ifade edilir. Malzemenin gerilme etkisiyle deformasyona, uzamaya (gerinim) uğradığı ve gerinim ile gerilme arasında bir bağıntı olduğu ilk olarak Hook tarafından bulunmuştur. Elastikiyet sınırı içinde, boyut değişikliği kuvvetle orantılıdır. Gerinim, gerilmeye maruz bir malzemede, elastik bölge sınırlarında şekilde oluşan uzunluk değişiminin, ilk boya oranı olarak bilinmektedir. Burada gerinim  $\varepsilon$  sembolüyle gösterilip mm/mm olduğundan birimsizdir. İlk boyu  $L_o$  olan bir çelik çubuk  $F$  kuvveti ile çekildiğinde gerinim,

$$\varepsilon = \frac{L - L_o}{L_o} = \frac{\Delta L}{L}$$

İle gösterilir. Boyutta olabilecek çok küçük değişmelerin belirlenmesi durumunda gerilme; kesitin bilinmesiyle de sistemi etkileyen kuvvetler, büyük bir doğruluk ve hassasiyetle ölçülür. Bu tarz kuvvet ölçümü, otomatik kontrol gerektiren, son derece geniş bir alanda kullanılmaktadır. Çekilerek uzatılan bir çubukta kesit daralması oluşur. Bu uzama ve daralma birbirine bağlıdır. Çubuğun çapı  $D$  boyu  $L$  iken çekilme sonucu çapı  $\Delta D$  boyu ise  $\Delta L$  kadar değişir. Elastik bölge içinde kalındığı sürece;

$$\frac{\Delta D / D}{\Delta L / L} = \nu_p$$

Olduğu deneysel olarak kanıtlanmıştır. Burada  $\nu_p$  'ye ‘poisson oranı’ denir [39].

### 3.2.2. Uzama ölçer (Strain gage)

Mühendisliğin temel olaylarından biride gerinimdir. ‘Gerinim’ ve ‘doğrusal şekil değiştirme’ terimleri eş anlamlı olup, dış kuvvetlerden kaynaklanan doğrusal boyut değişimi için kullanılır. Bir lastik parçası yüklendiğinde, oluşan şekil değişimi (gerinim) gözle görülmesine karşın, rijit cisimlerde, örneğin bir tren köprü üzerinden geçerken oluşan gerinim gözle görülemez [39].

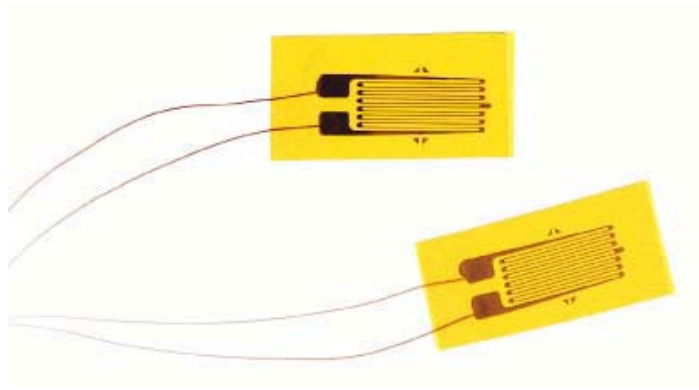
Bu şekilde oluşan gerinimi belirlemek için kullanılan elamanlara ‘uzama ölçer’ adı verilir [39].

Gerinim, matematiksel olarak boyutsuzdur, fakat fiziksel olarak, birim uzunluk başına toplam uzunlukta oluşan değişim olarak tarif edilebilir [39].

### 3.2.3. Dirençli tip uzama ölçer

Dirençli tip uzama ölçerler, elektrik devresinde direnç elemanı olarak görev yaparlar. Uzama ölçerlerin çalışma prensibi, uzayan tellerin direncinin değişmesi ve bu direnç değişikliğinin telin uzamasıyla orantılı olmasıdır. Malzemede meydana gelen birim uzama, eğer bir direnç teline aktarılırsa, direnç değişiminden yararlanarak gerinim ölçümü yapılabilir. Bu özellik ilk olarak 1856 yılında Lord Kelvin tarafından bulunmuştur [41].

Zamanla uzama ölçerler daha da geliştirilerek bugün pek çok çeşidi ve tipi olan dirençli tip uzama ölçerler ortaya çıkmıştır. Şekilde bir uzama ölçer görülmektedir [41].



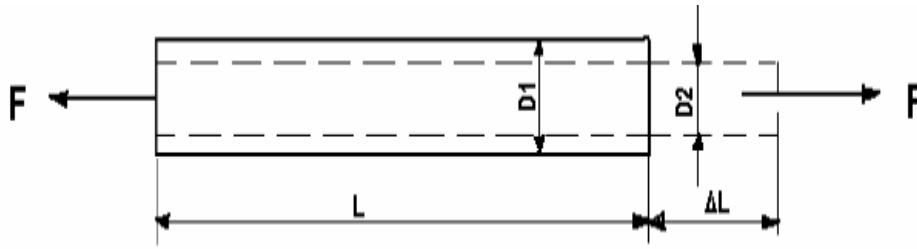
Şekil 3.2. Dirençli tip uzama ölçer [42]

Uzama ölçerlerin yan etkilerini en aza indirmek ve test parçasına kolay monte edebilmek için çok küçük boyutta, ihmal edilebilir bir ağırlığa sahip olarak imal edilirler [41].

Uzamadan kaynaklanan direnç değişimi “wheatstone köprüsü” adı verilen elektrik devresi belirlenir. Buna “ölçme köprüsü” adı da verilir. Uygun bir dengeleme devresi oluşturularak sıcaklık değişiminden kaynaklanacak olan hatalar yok edilebilir. Uzama ölçerler bu özelliklerinden dolayı ucuz ve hassas olarak kuvvet ölçümüne imkan sağlarlar [41].

#### 3.2.4. Direnç ile gerinim arasındaki bağıntı

Daha önceden de bahsedildiği gibi, dirençli tip uzama ölçerler test parçasına, bir taşıyıcı vasıtasıyla yapıştırılmış olan ve ızgara şeklinde özel bir form verilmiş iletken telden oluşur. Basma, çekme, kesme, burulma ve eğme gibi gerilmelere maruz test parçasında deformasyon meydana gelir. Bu deformasyon veya gerinimin kayıpsız olarak uzama ölçerler tarafından hissedilmesi gerekir. Yük uygulandığında gerinimden dolayı uzama ölçerlerin telinde uzama oluşur, bu da telin direncinin değişmesine sebep olur. Direncin tel boyu ile ilişkisi;



Şekil 3.3. F kuvvetinin etkisi altındaki çubuğun şekil değişimi [39]

$$R = \frac{L}{A} \text{ , den } R = \rho \frac{L}{A}$$

Olarak ifade edilir.[39] Burada

R: Direnç

$\rho$  : Özdirenç

L: Uzunluk

A: Kesit alanıdır.

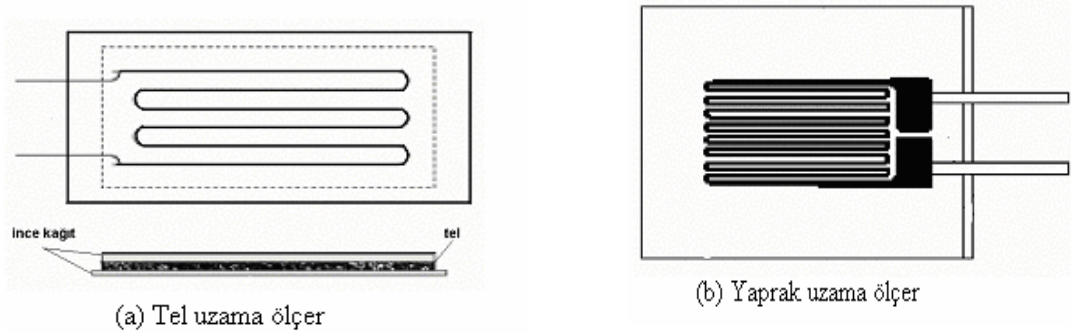
Dirençteki değişim  $\Delta R$  , boyuttaki değişim  $\Delta L$  olmak üzere

$$\frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta L}{L}} = GK$$

şeklinde yazılır. Bu ifadeye ‘‘Gage faktörü’’ adı verilir ve uzama ölçerinin karakteristiğini gösterir.

Bir malzemenin direnci ile gerinim arasındaki bağıntı, gage faktörü (GK) ile verildiğinden, kullanılacak olan gage faktörünün bilinmesi, ölçümün yapılması ve sonucun değerlendirilmesi açısından çok önemlidir. Uzama ölçerlerin kullanılabilirliği ve performansına etki eden ana faktörlerden biri de iletken tel malzemesinin cinsidir. İdeal bir iletken malzeme en yüksek gage faktörüne sahip olup, çok küçük uzamalara bile vermesini sağlar. Gage faktörü, yükün değişimiyle ve zamanla değişmez. Aynı şekilde yükün tekrarlanması direncin değişimine sebep olmaz, yani direnç sabit kalır.

Çekme etkisindeki bir malzemede, boy artacağından direnç de artar, dolayısıyla pozitif değer alır. İletken malzeme sıcaklığın sebep olacağı uzamaya karşı hassas olmamalıdır. Sıcaklıktan kaynaklanacak hataları yok etmek için sıcaklık dengelenmesi yapılır [39].



Şekil 3.4. Tel ve yaprak tip uzama ölçerler [43]

### 3.2.5. Uzama ölçer malzemeleri ve yapıştırıcılar

Dirençli tip uzama ölçerler genel olarak iki sınıfa ayrılır. Biri tel, diğeri ise yaprak tipi uzama ölçerlerdir Şekil 3.4. Tel tipi uzama ölçerler, bakır-nikel veya krom-nikel alaşımlarından yapılmış olup tel çapı 0,025 mm' dir. Izgara şeklinde montaj ile daha büyük bir uzunluk elde edilip, büyük direnç değişimi sağlanır. Aynı zamanda, boyut çok küçük olduğundan, küçük bir alan işgal eder. Boyuna ölçümlerde hassasiyeti iyi olmasına rağmen, enine ölçümlerde iyi değildir [39].

Enine hassasiyet için ayrı bir düzeltme yapılır. Tel tipi uzama ölçerlerde tel malzemesi kâğıt taşıyıcı arasına yapıştırılır [39].

Yaprak tipi uzama ölçerlerde ise, yine aynı malzeme kullanılıp, iletken kâğıt veya daha çok plastik bir taşıyıcı üzerine kimyasal yöntemle kaplanarak talaşlı veya kimyasal metotlarla ızgara şekli verilir. Metal tel, taşıyıcı üzerinde 0,0025 mm kalınlığındadır [39].

Uzama ölçerler, 80 ° C' nin altındaki sıcaklıklarda, özel yapıştırıcılarla güvenli olarak yapıştırılabilirler. Özellikle, 400 ° C' nin üzerindeki sıcaklıklarda özel seramik yapıştırıcı malzemeler kullanılır. Taşıyıcı malzemesi olarak kağıt, plastik, mika,



seramik gibi malzemelerden faydalanılır [39].

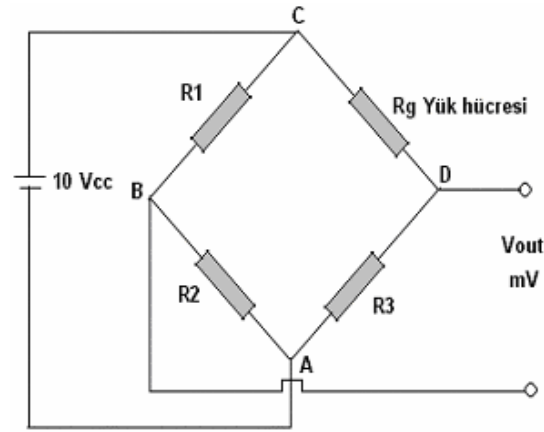
Uzama ölçerler test parçasına yapıştırılmadan önce yüzey, yağ, pas, kir, boya gibi maddelerden temizlenip, taşlanarak veya zımparalanarak düzeltilmelidir. Daha sonra iyi bir temizleyici ile (karbon tetraklor vb.) yüzey silinip kurulanır. Sonra, yüzeye uygun bir yapıştırıcı, uzama ölçerin altına da asetat sürülüp yüzeyler birbiri üstüne hafif bir basınçla yapıştırılır. 8-12 saatlik bir kuruma sonunda uzama ölçer, ölçüm yapmaya hazır duruma gelir [39].

### 3.2.6. Wheatstone köprüsü

Dirençli tip uzama ölçerler, uzama ile değişen elektrik direncini, bir elektrik devresinde ölçerek değerlendirme prensibine göre çalışır. Uygulanan yüke göre, dirençte meydana gelen değişim  $\Delta R$ , uzama ölçerin normal direnci  $R$  ve gage faktörü  $GK$  verilerine dayanarak gerilim bulunabilir. Gerinim,

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta R}{R} \cdot \frac{1}{GK}$$

şeklinde tekrar yazılabilir. Bu denklemde, bilinmeyen ve uygulanan yüke göre değişen tek değer  $\Delta R$  ' dir.  $\Delta R$  ' nin ölçülmesiyle oluşan gerilim kolayca bulunabilir.  $\Delta R$  ' yi ölçmek için bir cihaza gerek vardır. Klasik ohmmetreler  $\Delta R$  ' yi yeterli derecede ölçme yeteneğine sahip değildir. Bu yüzden  $\Delta R$  ' yi kolay ve hassas olarak ölçecek özel elektrik devresi geliştirilmiş ve bu devreye Wheatstone köprüsü adı verilmiştir. Bu köprü devresinin şematik gösterilişi Şekil 3.5' te verilmiştir [39].



Şekil 3.5. Wheatstone köprüsü [42]

Wheatstone köprüsünde bilinmeyen direnç veya dirençler, çok iyi bilinen dirençler tarafından mukayese edilerek bulunur. Bu köprü devresi dirençte meydana gelecek çok küçük değişimleri ölçebildiği için, uzama ölçerlerdeki direnç ölçümleri için uygundur.

Devrede olan olayların anlaşılabilmesi için devrenin çözümlenmesi gerekir. Vcc köprü girişi, Vout köprü çıkışı voltajı olmak üzere, Kirchof kanunlarından yararlanarak devre çözümlenebilir. Ohm kanuna göre “ $U=I \cdot R$ ” formülü gereğince her bir koldaki voltaj düşümleri bulunabilir. Başlangıçta Vout gerilimi ve I akımı sıfır olacak şekilde ayarlanmalıdır. Bu durumda A ve C noktalarındaki gerilimlerin eşit olduğu söylenebilir. Bu duruma köprünün denge hali denir. Eğer köprü dengede ise,

$$\frac{V_{out}}{V_{cc}} = 0 \text{ ve } R1=R2=R3=Rg$$

olur. Bu gözlemlere dayanarak şu eşitlik yazılabilir.

$$\frac{R1}{R2} = \frac{Rg}{R3}$$

Böylece bilinmeyen bir direnç, bilinen dirençler yardımıyla kolayca bulunabilir.

Vout/Vcc oranı için genel denklem olarak,

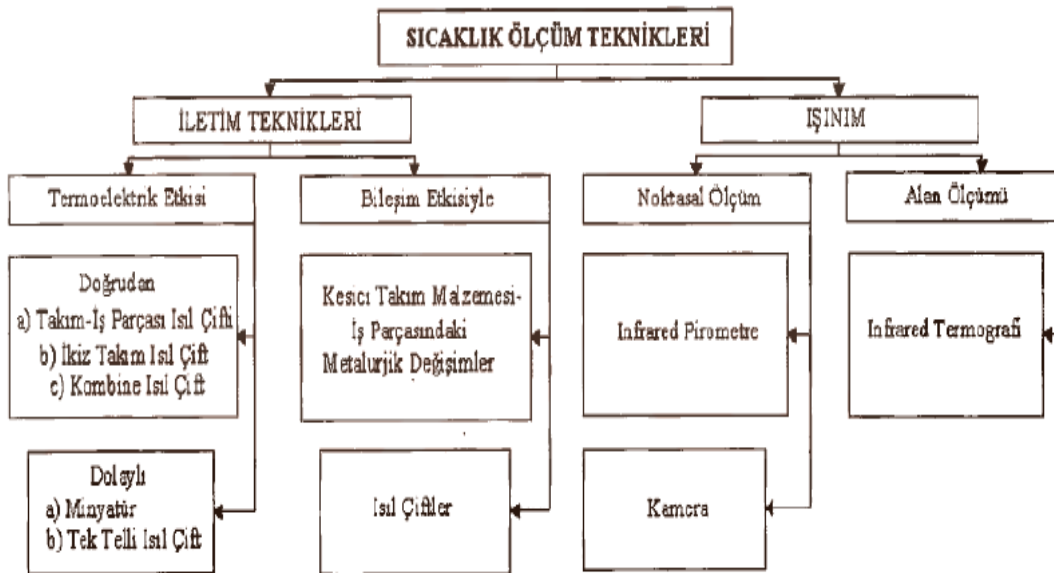
$$\frac{V_{out}}{V_{cc}} = \frac{R1}{R1 + R2} - \frac{Rg}{R3 + Rg}$$

formülü geçerlidir [41].

### 3.3. Takım Talaş Ara Yüzeyindeki Sıcaklık Ölçümü

Talaş kaldırma işlemi sırasında, takım talaş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklıkların ölçümü oldukça zordur. Kesme işlemi sırasında oluşan sıcaklıkların ölçümünün zorluğu nedeniyle araştırmacılar tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir. Takım talaş ara yüzeyinde meydana gelen sıcaklıklar genel olarak iletim ve infrared yöntemiyle ölçülmektedir. Ancak geliştirilen bu yöntemlerle, takım talaş ara yüzey sıcaklıktan istenilen tamlıklar arasında ölçülememektedir. Ölçülecek noktanın belirlenmesi, alanın küçük olması ve kesici uç bölgesinde çok aşırı derecede sıcaklık gradyanlerinin oluşması gibi faktörler sıcaklık ölçümünü zorlaştırmaktadır. Araştırmacılar tarafından geliştirilen sıcaklık ölçme yöntemleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir [44].

Tablo 3.1. Kesme bölgesindeki sıcaklıkları ölçmek için geliştirilen ölçme yöntemleri [45]



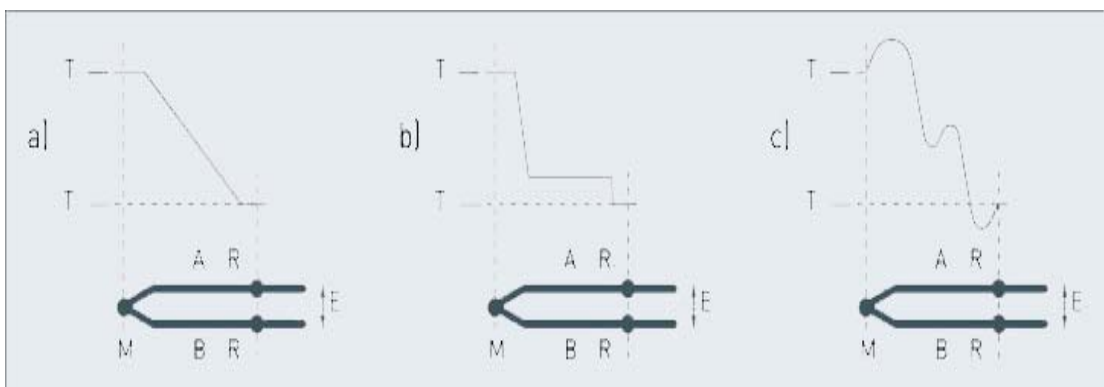
### 3.3.1. Termokopul (Isıl çift)

Deneyimizde de kullanılan termokopullar (ısıl çift), geniş bir şekilde kullanılan sıcaklık ölçüm araçlarıdır. Ucuz ve değiştirilebilirdirler, standart bağlantı noktaları vardır [46].

Çeşitli tipler ile  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den  $+2300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' ye kadar geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm yapabilirler. Temel sınırlamaları kesinliktir ki bunun sonucu olarak  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ' den daha küçük ölçüm hatalarına erişmek zor olabilir [46].

Termokopullar, farklı iki metal alaşımın uçlarının birbiri ile kaynaklanması sonucu elde edilir. Kaynatılan nokta (sıcak nokta), açık kalan iki uç (soğuk nokta) veya referans nokta olarak adlandırılır. Bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılı olarak oluşan ve termoelektrik voltaj ya da Seebeck voltajı da denen (1821'de bu etkiyi keşfeden Estonyalı fizikçi Thomas Seebeck'in ismine atfen) mV seviyelerindeki bir gerilimin varlığı termokopulların sıcaklık ölçümünde geniş bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Bu gerilim günümüzde kullanılan metal alaşımların türlerine göre  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  başına 1 ile  $70\text{ }\mu\text{V}$ (mikrovolt) düzeylerinde olmaktadır. Termokopullarla ilgili bir önemli nokta da, termokopulların belli bir noktadaki kesin sıcaklığı değil, iki nokta arasındaki sıcaklık farkını ölçmeleridir [46].

Şekilde sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun, oluşan gerilimin bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına bağlı olduğu görülmektedir [46].



Şekil 3.6. Sıcak nokta ile soğuk nokta sıcaklık dağılımı [46]

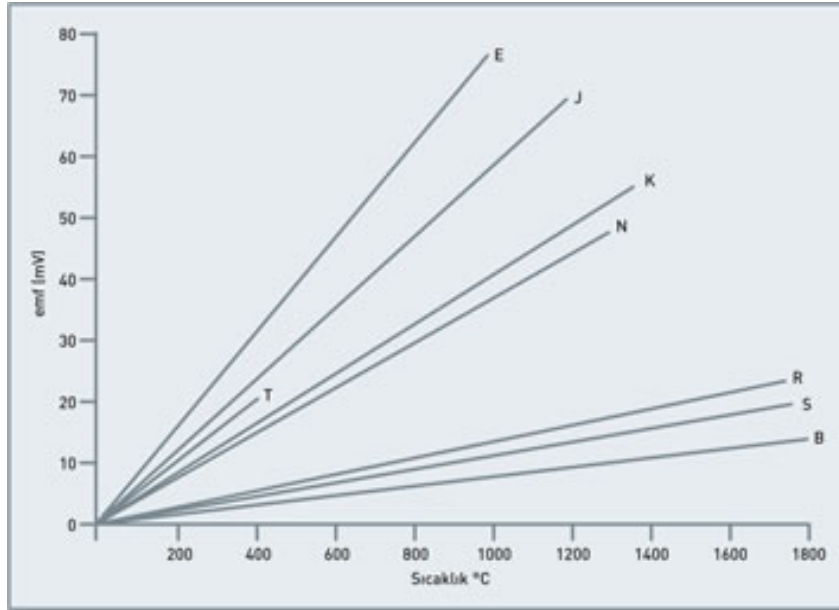
Sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle oluşan gerilim ya da EMF sıcak noktanın sıcaklığı sabit kalmak üzere soğuk noktanın sıcaklığı değiştirildiğinde değişeceğinde farklı sıcaklık değerleri okunur [46].

Bu nedenle mV tablolarındaki değerlerde standardı sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C' de sabitlenmesi ile elde edilmiştir. Örneğin 200°C' ye karşılık gelen mV değerleri termokopulun sıcak noktası 200°C iken soğuk noktanın 0°C' de sabit tutulması ile uç noktada ölçülen değerlerdir [46].

Termokopullar, içinde buldukları fiziksel ortamın (proses) özellikleri göz önüne alınarak özel koruyucu kılıf içerisine yerleştirilir. Koruyucu kılıflar da yine fiziksel ortamın özelliklerine göre farklı maddelerden yapılmaktadır. Eleman telleri de iki farklı kutupta yer aldığından yalıtımları seramik izolatörlerle sağlanır [46].

Termokopullar da oluşan gerilim değeri çok küçük olduğundan 50-60Hz'lik güç kaynakları gibi cihazların oluşturduğu çevresel gürültü (noise) ölçülen değerleri etkileyebilir. Bu durum göz önüne alınarak ölçümler değerlendirilmelidir [46].

Termokopullardan elde edilen ve sıcaklık ölçümünde kullanılan sinyaller lineer değildir. Bu nedenle analog ya da sayısal ölçüm yapan cihazlarda kullanılacak sinyaller lineerize edilmelidir [46].



Şekil 3.7. Termokopul üzerinde mV (EMF) [46]

Geniş sıcaklık aralığını ölçebilmeleri, sağlamlıkları ve kolay kullanılabilirlikleri sayesinde endüstride geniş şekilde kullanılan termokopulların seçiminde aşağıdaki kriterler göz önüne alınmalıdır:

1. Sıcaklık aralığı
2. Termokopulün ya da koruyucu kılıf malzemesinin kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı
3. Aşınmaya veya titreşimlere olan dirençleri
4. Kurulum gereksinimleri (var olan bir cihazla uyumluluk gerekebilir, var olan mekanik yapı dalma boyunu, kılıf çapını vb. belirleyebilir) [46].

Termokopul yapısal olarak incelendiğinde;

1. Eleman teli
2. İzolatör
3. Primer
4. Koruyucu Kılıf
5. Bağlantı klemensi
6. Bağlantı kafası
7. Flanş veya rekor gibi malzemelerden oluşur [46].

### 3.3.1.1. Termokopul tellerin izole edilmesi

Termokopul eleman telleri ucu kaynatıldıktan sonra herhangi bir dış koruyucu içine yerleştirilsin veya yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar bir birinden izole edilir. İzolasyon için genelde yaygın olarak KER-610 seramik izolatörler kullanılır. Ayrıca özel proseslerde (1500°C' nin üzerinde) KER-799 Saf Alümina izolatörlerde kullanılır. Genel olarak PtRh-Pt eleman tellerinde tek parça izolatör, Fe-Konst, NiCr-Ni gibi eleman tellerinde parçalı izolatörler kullanılır [46].



Şekil 3.8. Termokopulun izole edilmesi [46]

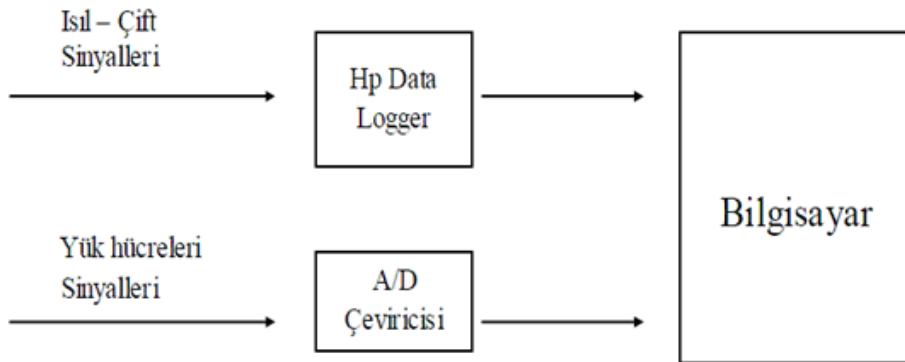
## BÖLÜM 4. MATERYAL VE METOT

### 4.1. Giriş

Bu çalışmada özel olarak tasarlanmış kater ve kesici takımlarla kesme deneyleri yapılmıştır. Bu kesme deneyleri 4 farklı soğutma yöntemi ile yapılmış olup bunlar kuru kesme, içten (dahili) su ile kesme, içten (dahili) sıvı-hava karışımıyla kesme ve geleneksel soğutma ile kesme'dir. Geleneksel soğutmada %5 oranında mineral yağ katkılı su bazlı emülsiyon kullanılmıştır

İş parçası malzemesi olarak pirinç (CuZn37) ve çelik St42, kesici takım olarak M2 kalite HSS kesici takım kullanılmış olup dik (ortogonal) tornalama yapılarak oluşan kesme kuvvetleri, takım sıcaklıkları, takım talaş ara yüzeyi genişlikleri ve kesici takım aşınmaları ölçülerek yöntemler arasında kıyaslamalar yapılmıştır.

Takım sıcaklığının ölçümü için kater (takım tutucu)'e K tipi termokopul yerleştirilmiştir. Talaş kaldırma sırasında oluşan kuvvetlerin tespiti için yük hücresiyle ölçüm yapan dinamometre kullanılmıştır. Kesici takımında oluşan aşınmalar ve takım talaş ara yüzeyi genişliğinin ölçülmesi için mikroskop kullanılmıştır.



Şekil 4.1. Verilerin elde edilmesinin şematik gösterimi [36]

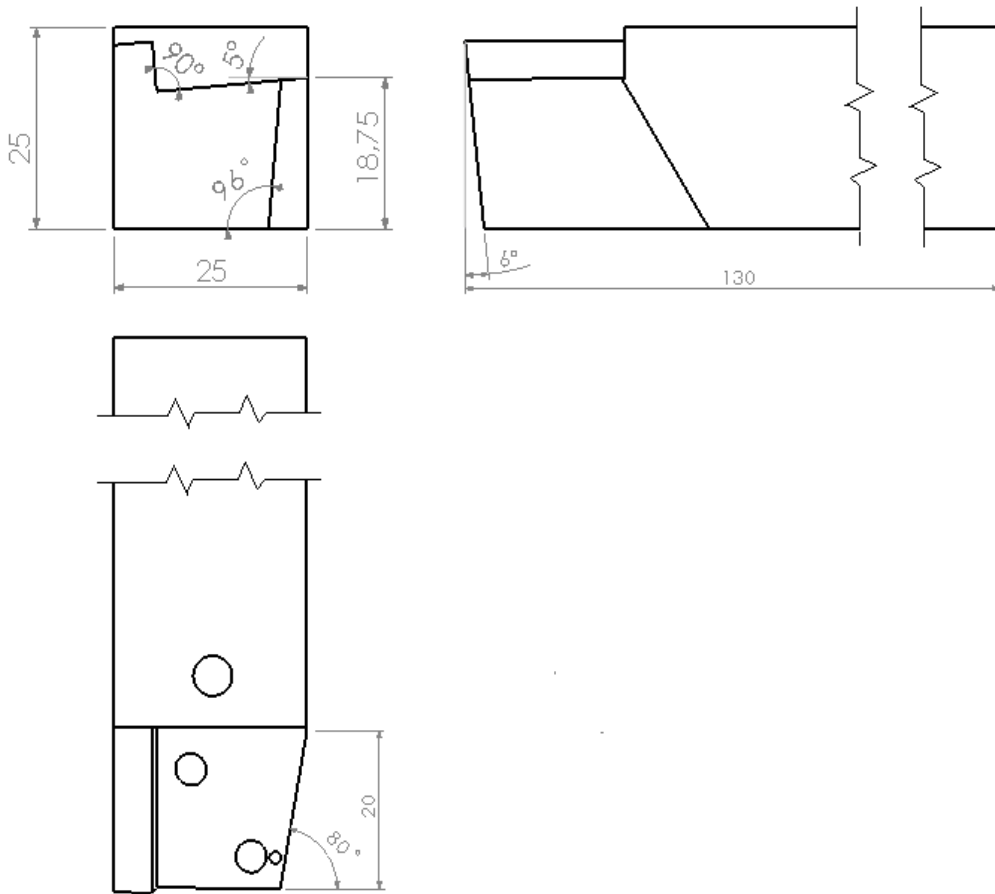


## 4.2. Kesici Takım Ve Tutucu

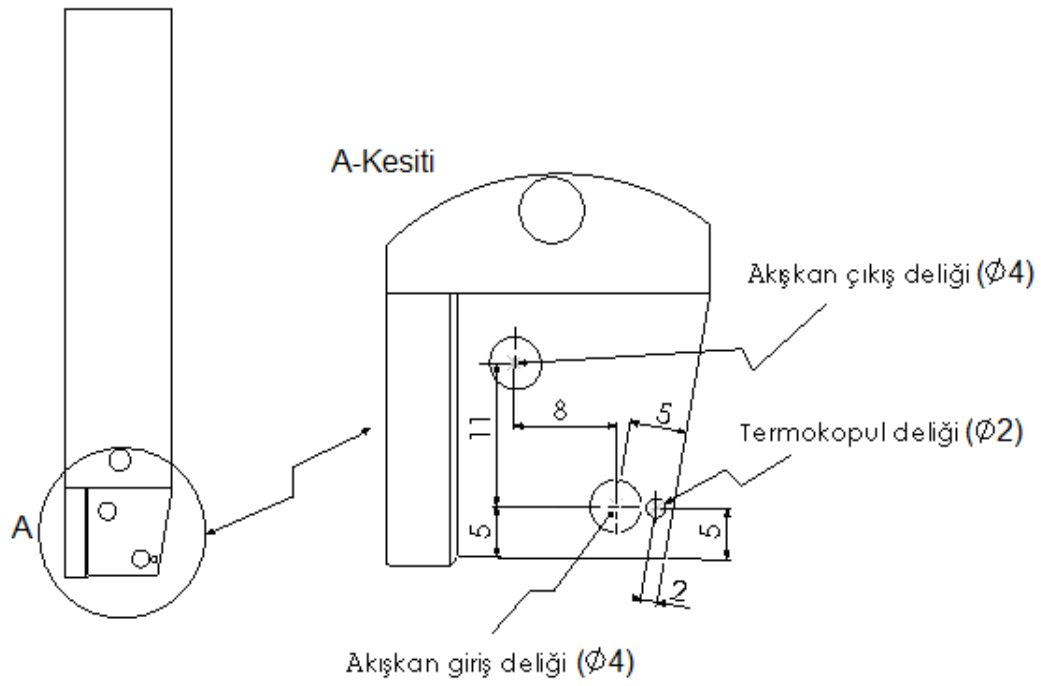
### 4.2.1. Tutucu

Geometrik özellikleri Şekil 4.2' de görülmekte olan takım tutucu (kater) tasarlanarak imalatı yapılmıştır. Tutucu üzerine termokopul deliği ile dahili akışkanın geçişi için akışkan giriş ve çıkış delikleri delinmiştir.

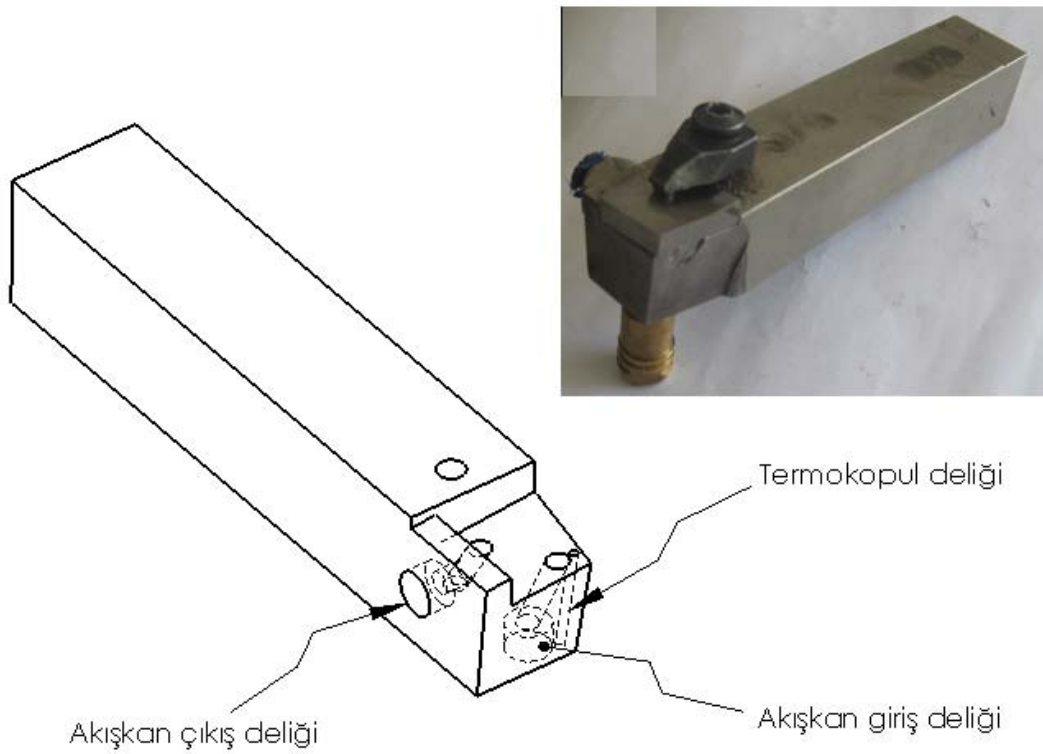
Şekil 4.2' de görülmekte olan katere kesici takımın uygun şekilde yataklanması için yuva açılmıştır. Kesici takım katere yerleştirildiği zaman  $5^\circ$ 'lik bir talaş açısına sahip olmaktadır. Şekil 4.2' de görüldüğü gibi, takım yan ve ön serbest yüzeylerine  $6^\circ$  boşluk açısı oluşturulmuştur.



Şekil 4.2. Takım tutucu (kater)'in ölçü ve açılarının teknik resim görünüşü



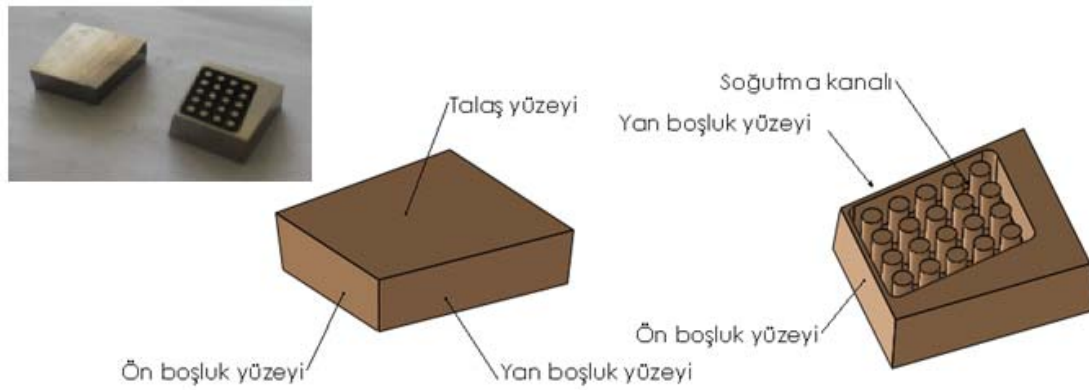
Şekil 4.3. Katerde bulunan akışkan giriş çıkış delikleri ve termokopul deliğinin teknik resmi



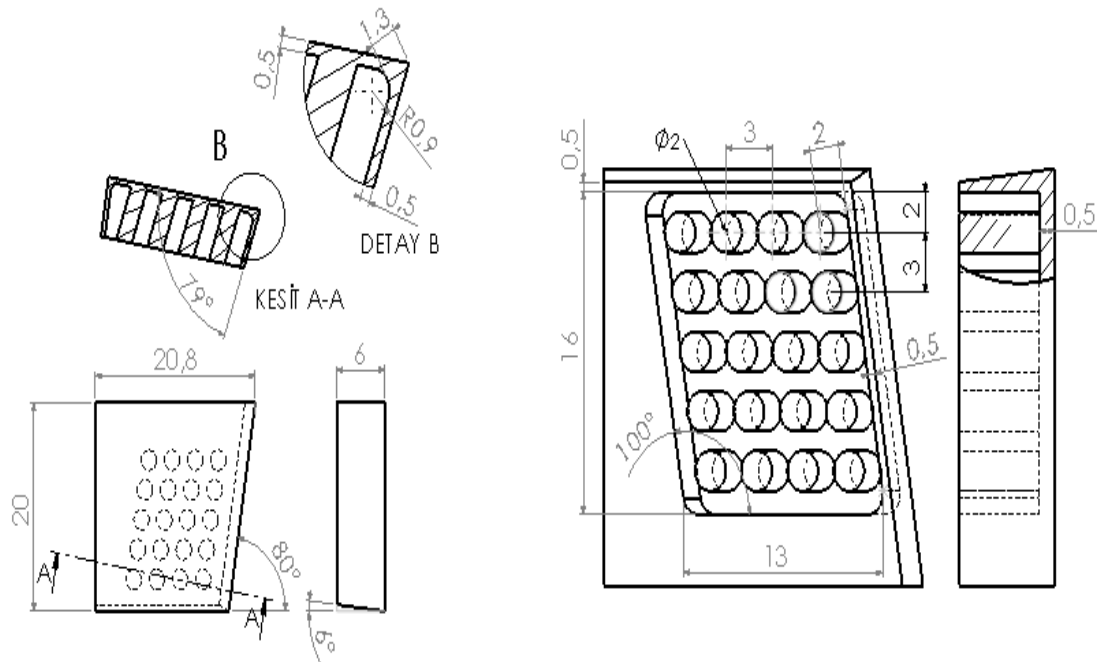
Şekil 4.4. Akışkan giriş deliği, akışkan çıkış deliği ve termokopul deliğinin üç boyutlu gösterimi

#### 4.2.2. Kesici takım

20x6x160mm ebatlarında temin edilen kesici takım tel erozyon tezgâhında 20x20x6 ebatlarında kesildi. Kesilen bu takımlar istenilen ölçü ve açılarda düzlem yüzey taşlama tezgâhında taşlandı ve dalma erozyon tezgâhında Şekil 4.5’ te görülmekte olan soğutma kanalları açıldı.



Şekil 4.5. Tasarlanan ve imalatı yapılan kesici takımların üç boyutlu resmi



Şekil 4.6. Kesici takım açılı ve kanalların teknik resim görünüşü

Kesici takım üzerine açılan kanalların geometrik özellikleri Şekil 4.6' da görülmektedir. Kesici takımın yüke karşı dayanımlı olması için 2mm çapında dayamalar oluşturulmuştur. Takım talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklığın etkin bir şekilde düşürülmesi için kanal talaş yüzeyine ve yan serbest yüzeye 0,5mm uzaklıkta tasarlanmış ve üretilmiştir. Üretimden sonra blok (Johnson) master ve komparatör yardımıyla kanal derinliğinin tam ölçüde olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Kesici takım (HSS) malzemesinin kimyasal bileşimi Tablo 4.1 ve termofiziksel özellikleri Tablo 4.2 'de verilmiştir.

Tablo 4.1. DIN 1.3343, (M2) standartında kesici takım (HSS) malzemesinin kimyasal bileşimi

%Fe	%C	%Si	%Mn	%S	%Cr	%Mo
78,9	0,764	0,392	0,269	0,0212	4,07	4,88
%Ni	%Co	%Cu	%V	%W	%Kalan	
0,177	0,735	0,122	1,78	7,84	Max 0,1	

Tablo 4.2. DIN 1.3343, (M2) standartında kesici takım (HSS) malzemesinin termofiziksel özellikleri

Özgül Ağırlığı (Kg/dm <sup>3</sup> )	Isıl İletkenlik (W/m.K)	Isıl Genleşme (10 <sup>-6</sup> m/(mK))	Sertleştirme (°C)	Menevişleme Sonrası Sertlik (HRC)
8,10	19,0	11,5	1190 – 1230	64 – 66

DIN 1.3343 kalite HSS kesici takım malzemesi genel kullanım amaçlı olup mükemmel tokluğa, kesme yeteneğine ve yüksek aşınma direncine sahip, derinlemesine sertleşebilen, yüksek sıcaklıklarda sertliğini kaybetmeyen, ince taneli ve küçük karbürlü bir yüksek hız çeliğidir [47].

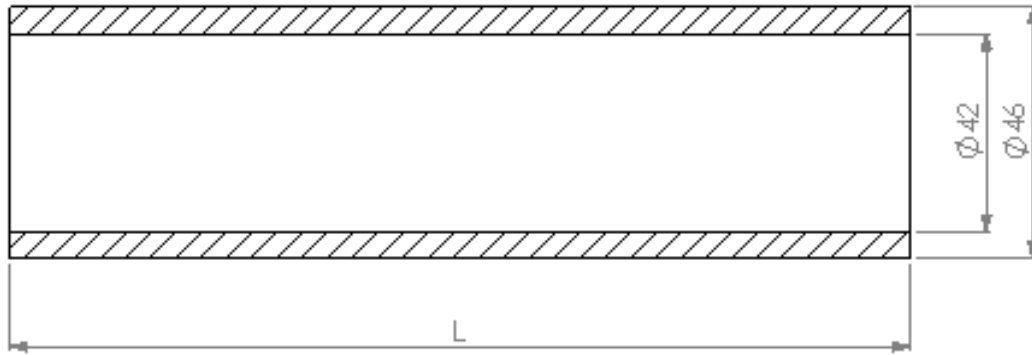
### 4.3. İş Parçası Malzemeleri

İş parçası olarak iki farklı malzeme kullanılmış olup bunlar; CuZn37 pirinç ve St42 çelik malzemeleridir.

Pirinç malzemeden farklı olarak St42 çelik malzemesi işleminde takım talaş ara yüzeyi genişliği ve takım aşınma testleri yapılmıştır.

#### 4.3.1. Pirinç (CuZn37) malzeme

Seçilen CuZn37 kalite pirinç malzeme DIN 2.0321 standardındadır. Deney numunesi dış çapı 52mm, iç çapı 40mm dikişsiz boru malzeme olarak tedarik edilmiştir. Pirinç malzeme dış çapı 46mm, iç çapı 42mm, et kalınlığı 2mm olacak şekilde işlendikten sonra talaş kaldırma testine başlanmıştır.



Şekil 4.7. Pirinç (CuZn37) iş malzemesi ölçüleri

CuZn37 pirinç malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 4.3 ve termofiziksel özellikleri Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.3. DIN 2.0321 standardında Pirinç (CuZn37) malzemesinin kimyasal bileşimi

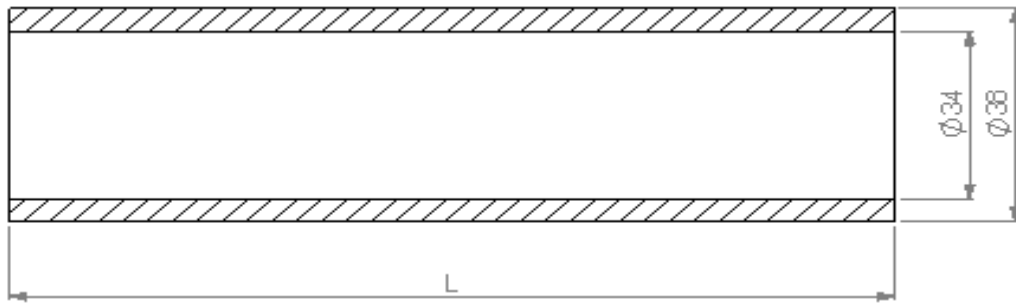
%Zn	%Pb	%Sn	%Fe	%Ni	%Te
37,57	0,024	0,020	0,047	0,018	0,023
%Sb	%Co	%C	%Cu	%Kalan	
0,025	0,034	0,012	62,20	Max 0,1	

Tablo 4.4. DIN 2.0321 Pirinç (CuZn37) malzemesinin termofiziksel özellikleri

Elastikiyet Modülü (kN/mm <sup>2</sup> )	Poisson Oranı	Yoğunluk (kg/dm <sup>3</sup> )	Erime Sıcaklığı (°C)	Termal İletkenlik (W/m °K)	Özgül Isı (μΩcm)
110	0,3	8,44	902 – 920	120	6,67

### 4.3.2. St 42 çelik malzeme

Çelik malzeme olarak St42 dikişsiz boru malzeme seçilmiş olup dış çapı 42mm, iç çapı 32mm ham ölçülerde tedarik edilmiştir. Parça işlenerek dış çapı 38mm, iç çapı 34mm ve et kalınlığı 2mm ölçülerine getirilmiştir.



Şekil 4.8. Çelik (St42) iş malzemesi ölçüleri

Çelik malzemenin kimyasal bileşimi Tablo 4.5 ve termofiziksel özellikleri Tablo 4.6 'da verilmiştir.

Tablo 4.5. St42 çelik malzemesinin kimyasal bileşimi

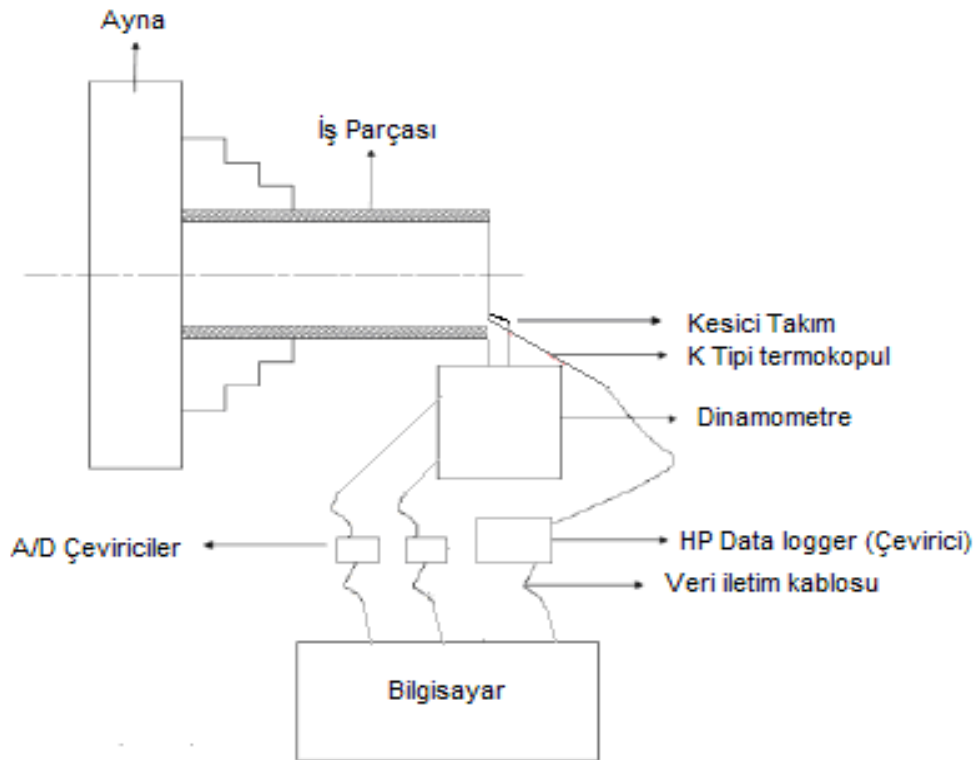
%Fe	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al
98,9	0,175	0,187	0,492	0,015	0,014	0,010
%Mo	%Ni	%Nb	%W	%Zr	%Kalan	
0,040	0,011	0,015	0,05	0,156	Max 0,01	

Tablo 4.6. St42 çelik malzemesinin termofiziksel özellikleri

Kopma Mukavemeti (Kg/mm <sup>2</sup> )	Akma Mukavemeti (Kg/mm <sup>2</sup> )	Çekme Mukavemeti (Kg/mm <sup>2</sup> )	Kopma Uzaması	Sertlik (HB)
50 – 55	30	42 – 50	%16 (5d <sub>o</sub> )	140

#### 4.4. Talaş kaldırma deneyi düzeneği

Talaş kaldırma deney düzeneği ve veri toplama sistem şeması Şekil 4.9' da ve fotoğrafı Şekil 4.10' da görülmektedir.



Şekil 4.9. Talaş kaldırma deneyi düzeneği şeması [36]



Şekil 4.10. Talaş kaldırma deney düzeneği fotoğrafı

#### 4.4.1 Ölçüm mikroskobu

Takım aşınma miktarının ölçülmesi için kullanılan ölçüm mikroskop Şekil 4.11’ de görülmektedir.



Şekil 4.11. Ölçüm mikroskobu



#### 4.4.2 Sıvı-hava karışım cihazı

Kesici takımın soğutulması için kesici takıma dâhili olarak gönderilen sıvı-hava karışımını hazırlayan ‘Werte’ marka otomatik kontrollü mikro yağlama cihazı Şekil 4.12’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.12 ‘Werte’ marka otomatik kontrollü mikro yağlama cihazı

Sistem özellikleri;

- Besleme voltajı : 230V- 24VDC/AC
- Çalışma voltajı : 24VDC/AD
- Güç tüketimi : 5W
- Hava basıncı : 4 ≈ 6 Bar
- Yağ miktar ayarı : 24 Kademeli
- Yağ miktarı min. : 0,0012 ml.
- Yağ miktarı max. : 0,028 ml.
- Yağlama aralığı : 0,1sn. ≈ 24 saat
- Yağlama süresi : 0,1sn. ≈ 60 sn.
- Çalışma sıcaklığı : -20° ≈ +80° derece [48].

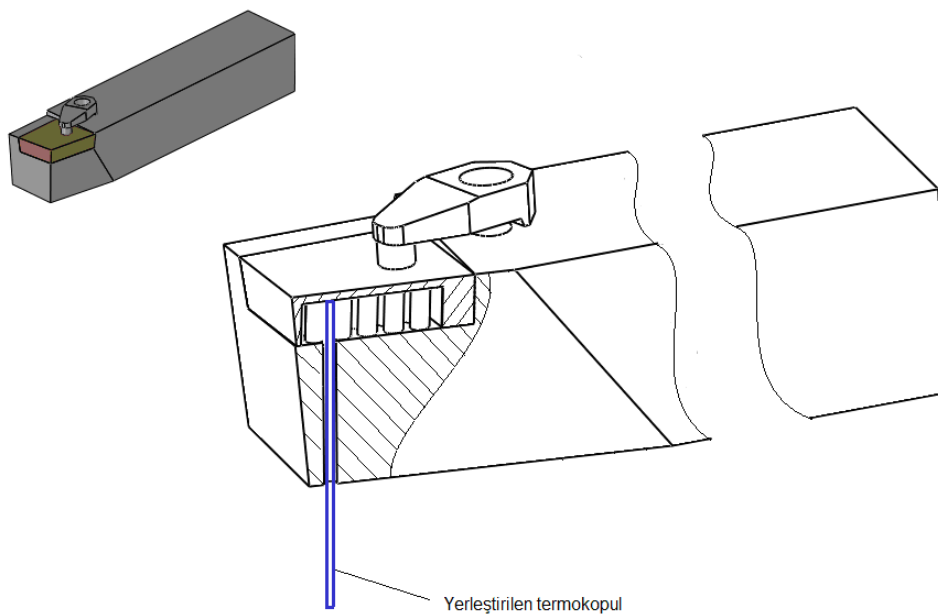
## 4.5. Sistem Kalibrasyonları

### 4.5.1. Kesme kuvveti ölçüm sisteminin kalibrasyonu

Deneylere başlamadan önce kesme kuvveti ölçümünde kullanılan dinamometre bilinen ağırlıklar metoduyla kalibre edilmiştir. Dinamometre üzerlerine yerleştirilen ağırlıklar ile A/D çeviricilerde okunan değerler mukayese edilerek kalibrasyonlar yapılmıştır. Çeviricilerin ayarları, firmadan temin edilen katalog yardımıyla yapılmış ve okuma hassasiyeti ayarlanmıştır [41].

### 4.5.2. Sıcaklık ölçme sisteminin kalibrasyonu

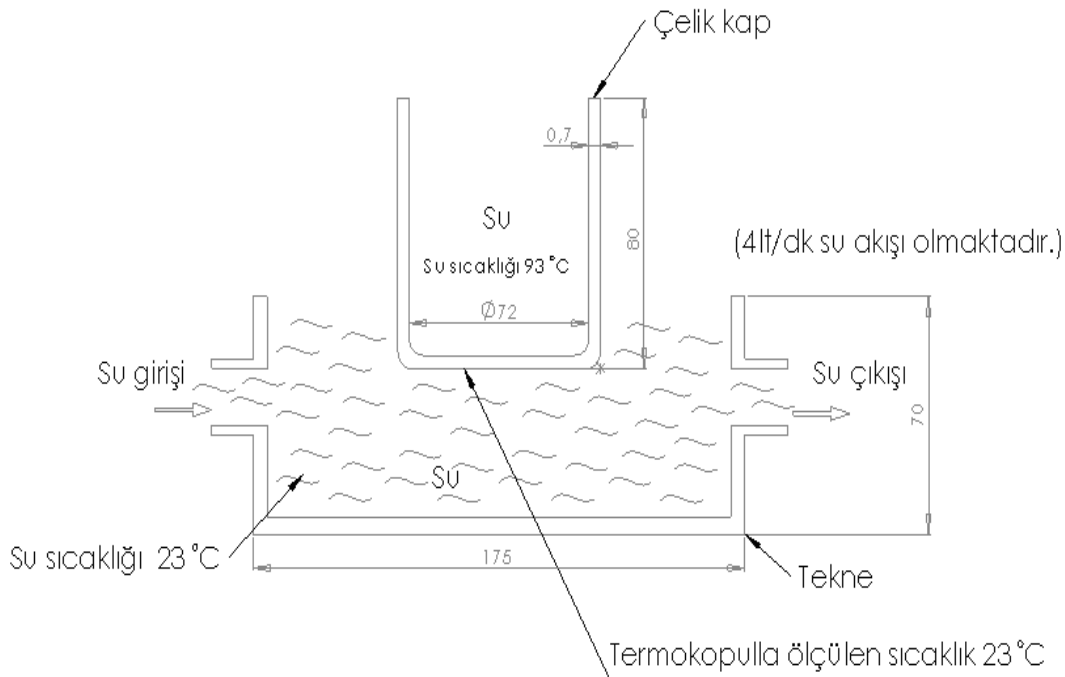
Tornalama işleminde sıcaklık ölçümü takım talaş ara yüzeyine yakın bir noktadan katere açılmış olan deliğe yerleştirilen K tipi termokopul yardımıyla yapılmıştır. Termokopulun katere yerleştirilmesi için katere 2mm çapında delik delinmiştir. Katere açılan delikten geçirilen termokopul, kesici takım gövdesine açılan kanalın üst yüzeyine temas edecek şekilde yerleştirilmiştir. Bu şekilde yerleştirilen termokopul, ısı kaynağı olan takım-talaş ara yüzeyinden 0,5mm altındaki bir noktadan ölçüm yapmıştır.



Şekil 4.13. Katere açılmış termokopul deliği

#### 4.5.2.1. Sıcaklık ölçüm kalibrasyonu

Su ile dahili soğutma yönteminde yapılacak sıcaklık ölçümlerinin doğruluğunu test etmek için bir kalibrasyon deneyi yapılmıştır. Bu deneyde 175x120x70mm boyutlarındaki bir tekneye, 4lt/dak debiyle sürekli akmakta olan soğuk su dolduruldu. Tekne içerisine 72mm çapında 80mm boyunda 0,7mm et kalınlığında çelik kap yerleştirilip içine 93°C de sıcak su koyuldu. Çelik kabın alt tabanından termokopulla ölçüm yapıldı. Ölçülen sıcaklığın teknenin içinde sürekli akmakta olan su sıcaklığına yani 23°C' ye eşit olduğu gözlemlendi Şekil 4.14. Çelik kabın alt yüzeyi, kesici takımın alt yüzeyine benzemesi için dalma erozyonla deforme edilmiştir.



Şekil 4.14. Sıcaklık ölçüm kalibrasyonu deney düzeneği

Sadece havayla temas eden çelik kabın tabanından yapılan ölçümler ise Tablo 4.7' de sunulmaktadır.

Tablo 4.7. Sıcaklık ölçme deneyleri

Sıcaklık ölçüm değerleri	Kap içerisindeki su sıcaklığı (° C)	Kap alt yüzey sıcaklığı (° C)
1. Değer	99° C	59° C
2. Değer	97° C	59° C
3. Değer	92° C	58° C
4. Değer	81° C	54° C

#### 4.6. Deneysel Çalışmalar

Talaş kaldırma esnasında kesici takımında oluşan sıcaklığı düşürmek için kesici gövdesinde oluşturulan kanallara gönderilen su ve sıvı-hava karışımı ile kesme işlemi yapılmış ve elde edilen sonuçlar geleneksel soğutma ve kuru kesme yöntemiyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan çalışmada farklı soğutma tekniklerinin kesme-ilerleme kuvvetleri, kesici takım sıcaklığı, takım talaş ara yüzeyi genişliği, takım aşınmasına olan etkisi gözlemlenmiş olup birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Tablo 4.8. Pirinç (CuZn37) malzemesi için kesme şartları

Kesme Hızları (V = m/dk)	İlerleme hızları (f = mm/dev)
72	0,08
102	0,11
144	0,14

Pirinç malzeme için;

- Tüm kesme şartları için 10sn kesme işlemi yapıldı.

- Tüm kesme şartlarında kesme-ilerleme kuvvetleri ile oluşan sıcaklık verileri elde edildi.
- Geleneksel soğutma ile kesmede dakikada 2lt bor yağı kullanıldı.
- Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde dakikada 2lt su kullanıldı.
- Sıvı-hava karışımli dahili soğutma ile kesme işleminde 0,1sn bekleme süresinden sonra 0,5sn sıvı-hava karışımı püskürtülmüştür. Bu yöntemde kullanılan toplam sıvı miktarı saatte 130g' dır.

Tablo 4.9. Çelik (St42) malzemesi için kesme şartları

Kesme Hızları ( $V = m/dk$ )	İlerleme hızları ( $s = mm/dev$ )
30	0,08
42	0,11
	0,14

Çelik malzemesi için;

- Tüm kesme şartları için 10sn kesme işlemi yapıldı.
- Tüm kesme şartlarında kesme-ilerleme kuvvetleri verileri elde edildi.
- Kesme hızları 30-42m/dk ve 0,11mm/dev ilerleme şartlarında sıcaklık verileri elde edildi.
- Tüm kesme şartlarında, her kesici takım 200 mikron aşındırıldı. Aşınmalar ve takım talaş ara yüzeyi uzunlukları ölçüm mikroskobuyla belirlendi.
- Geleneksel soğutma ile kesme işleminde dakikada 2lt bor yağı kullanıldı.
- Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde dakikada 2lt su kullanıldı.
- Sıvı-hava karışımli dahili soğutma ile kesme işleminde 0,1sn bekleme süresinden sonra 0,5 sn sıvı-hava karışımı püskürtülmüştür. Bu yöntemde kullanılan toplam sıvı miktarı saatte 130g' dır.

## **BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

### **5.1. Giriş**

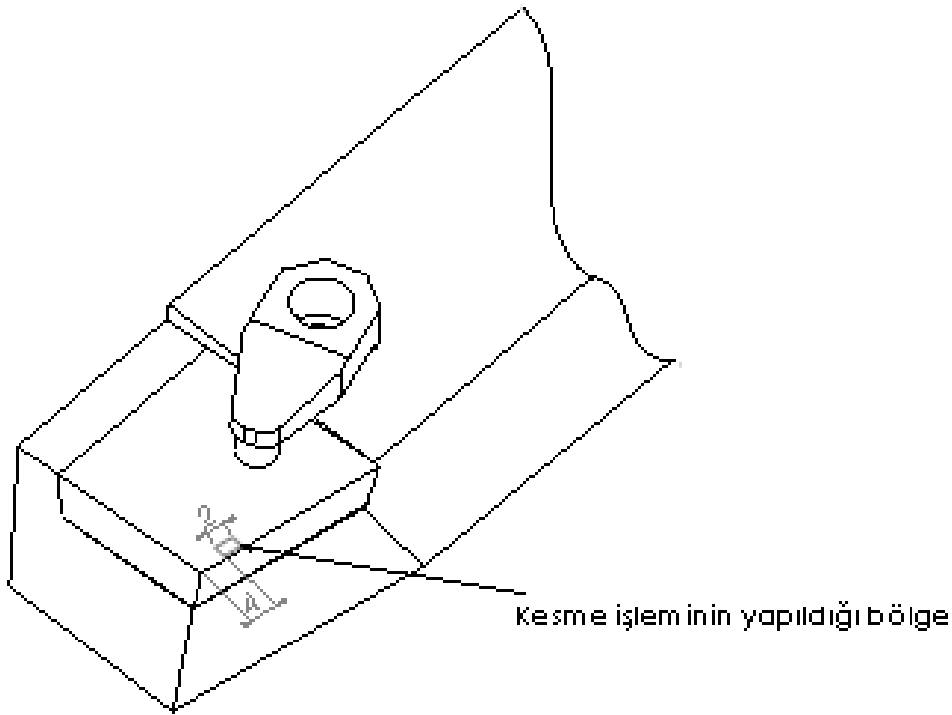
Bu bölümde dahili soğutma, geleneksel soğutma ve kuru kesme şartlarında yapılan kesme deneyleri sonuçları yorumlanarak sunulmaktadır.

### **5.2. Pirinç(CuZn37) İş Malzemesi Kesme Deneyi Sonuçları**

Pirinç malzemesinin işlenmesinde tüm şartlar için aynı kesici takım kullanılmıştır. Kesici takımın kullanılan bölgesi Şekil 5.1' de ifade edilmiştir.

Pirinç malzeme yumuşak olduğu için takım aşınması ihmal edilecek bir seviyede olacağı öngörülmüştür. Aynı takımın kullanılması elde edilen verilerin tutarlı olmasına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Deneyler 2 defa tekrar edilerek ortalama sonuçlar dikkate alınmıştır.



Şekil 5.1. Kesme işleminin yapıldığı bölge

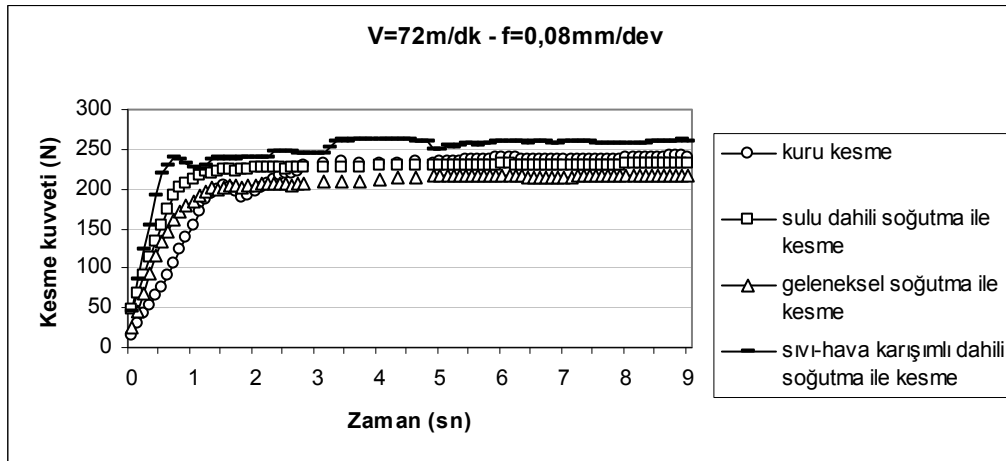
Deney sonuçları aşağıdaki başlıklar altında sunulularak karşılaştırılmaları yapılmıştır.

- Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.
- Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi.
- Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım sıcaklıklarına etkisi.
- Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesici takım sıcaklıklarına etkisi.

### 5.2.1. Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

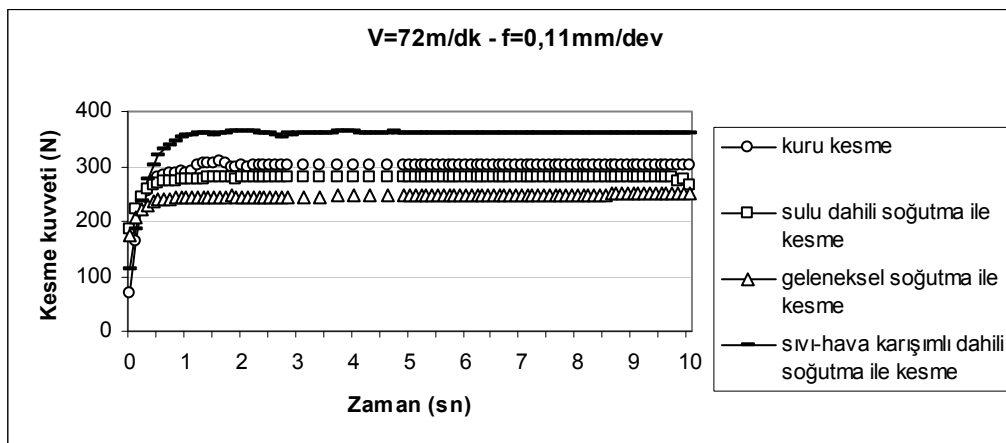
Yapılan deneylerde aynı kesme şartlarında, dört farklı soğutma tekniğinin kesme kuvvetlerine etkileri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen kesme kuvvetleri ayrı grafikler halinde düzenlenmiştir.

72m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 260N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 220N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %15 daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.2.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

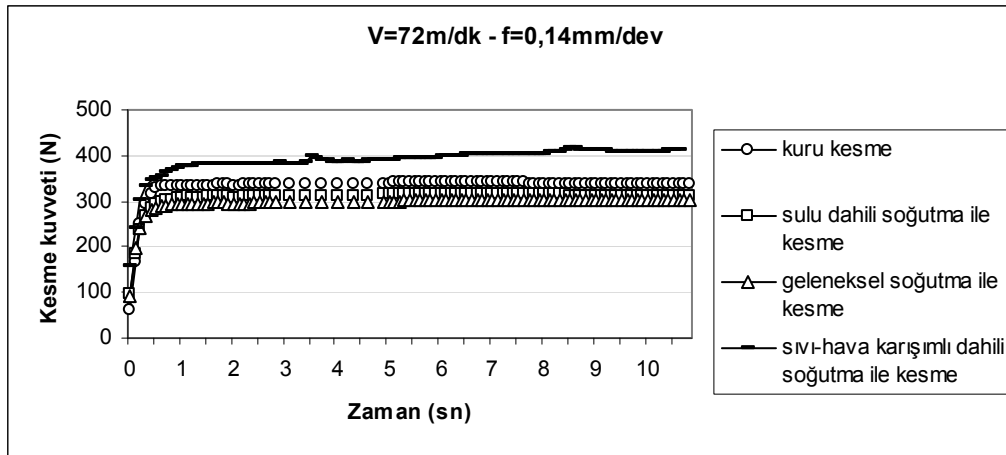
72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 360N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 240N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 280N iken sıvı dahili soğutma ile kesme işleminde 310N olduğu görülmektedir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %33 daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 5.3.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

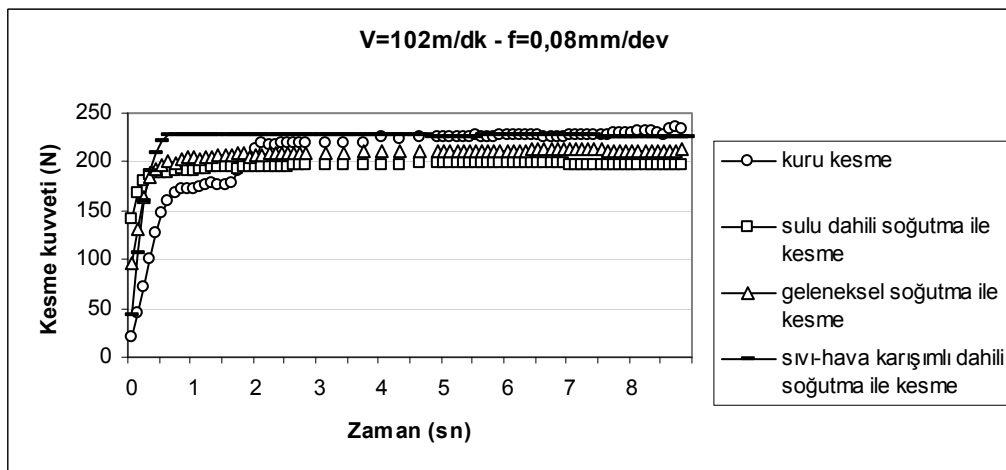


72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 400N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 290N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %28 daha düşük olduğu görülmüştür.



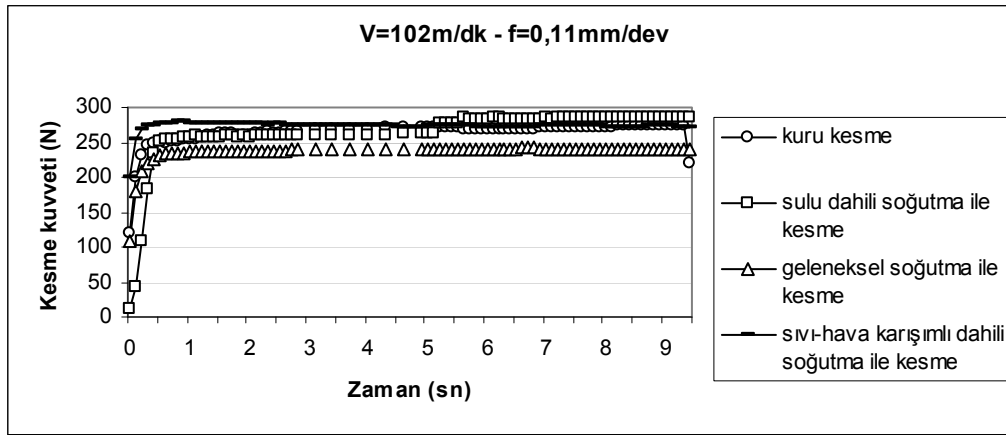
Şekil 5.4.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 230N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 190N ile sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuştur. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %17 daha düşük olduğu görülmüştür.



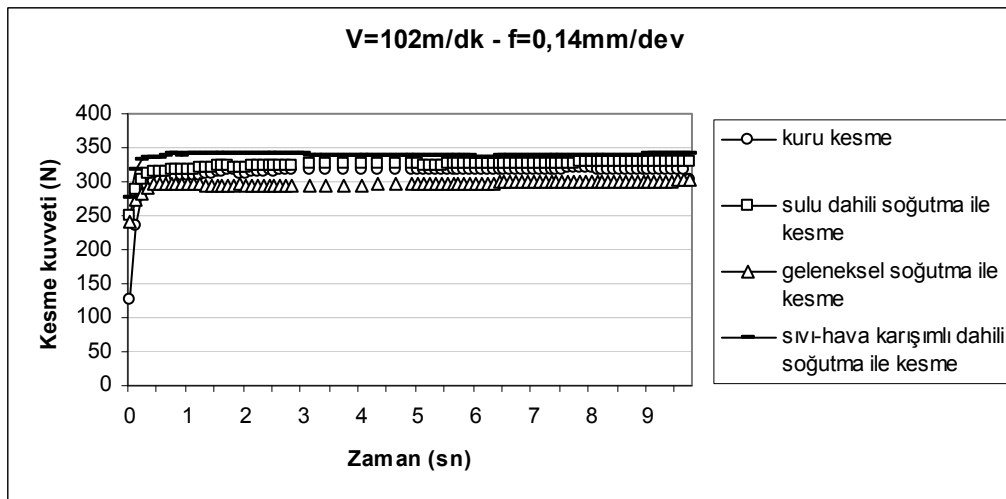
Şekil 5.5.  $V = 102\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 275N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 240N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 270N iken sulu dahili soğutma ile kesme işleminde 270N olduğu görülmektedir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %12 daha düşük olduğu görülmüştür.



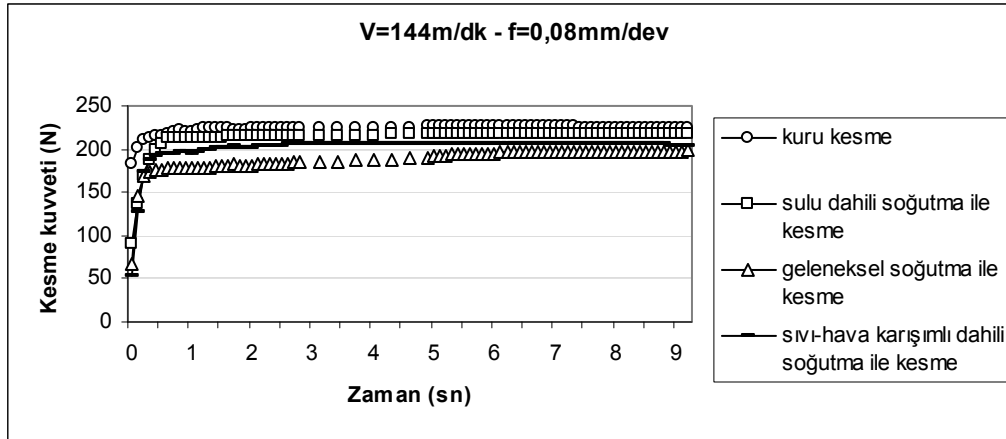
Şekil 5.6. V = 102m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 340N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 290N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %15 daha düşük olduğu görülmüştür.



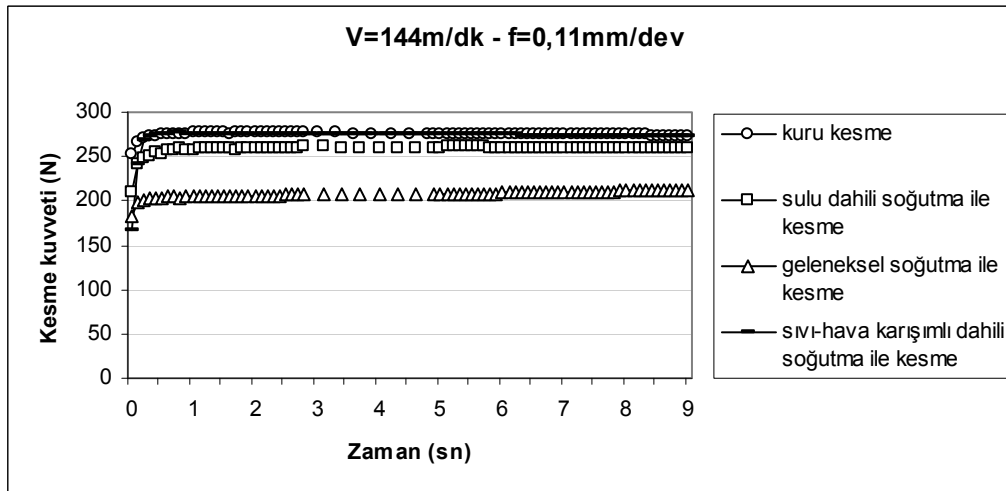
Şekil 5.7. V = 102m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 230N ile kuru kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 190N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 210N iken sulu dahili soğutma ile kesme işleminde 220N olduğu görülmektedir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti kuru kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %17 daha düşük olduğu görülmüştür.



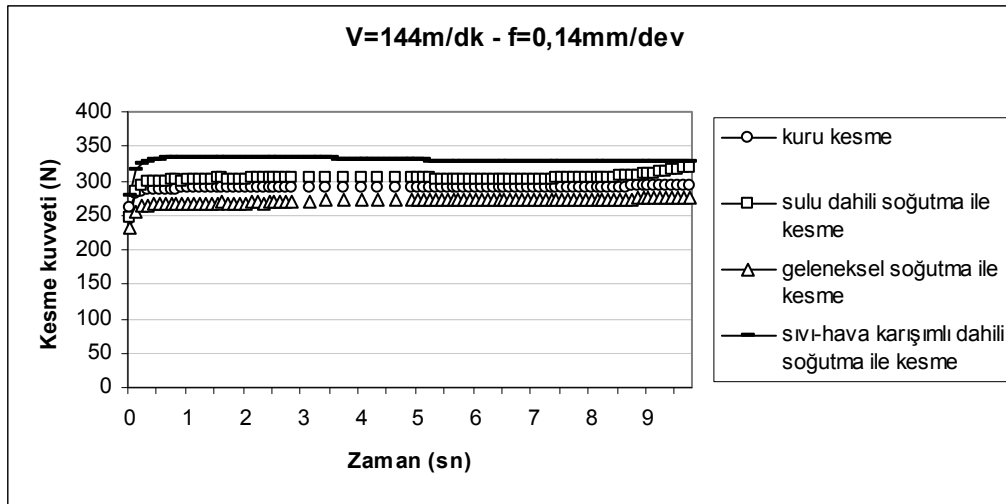
Şekil 5.8.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 275N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 200N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %27 daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 5.9.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 335N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, en düşük kesme kuvveti ortalama 260N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %22 daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.10.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

Farklı kesme şartları ve soğutma teknikleriyle yapılan deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri yukarıdaki grafiklerde gösterilmektedir. Kesme kuvvetlerine ait grafikler incelendiğinde genel olarak en yüksek kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede en düşük kesme kuvveti ise geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluştuğu gözlemlenmiştir.

Kesme kuvveti deneyinde aynı kesme hızında ilerleme arttıkça kesme kuvvetlerinin arttığı, aynı ilerleme hızlarında kesme hızları arttıkça kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir.

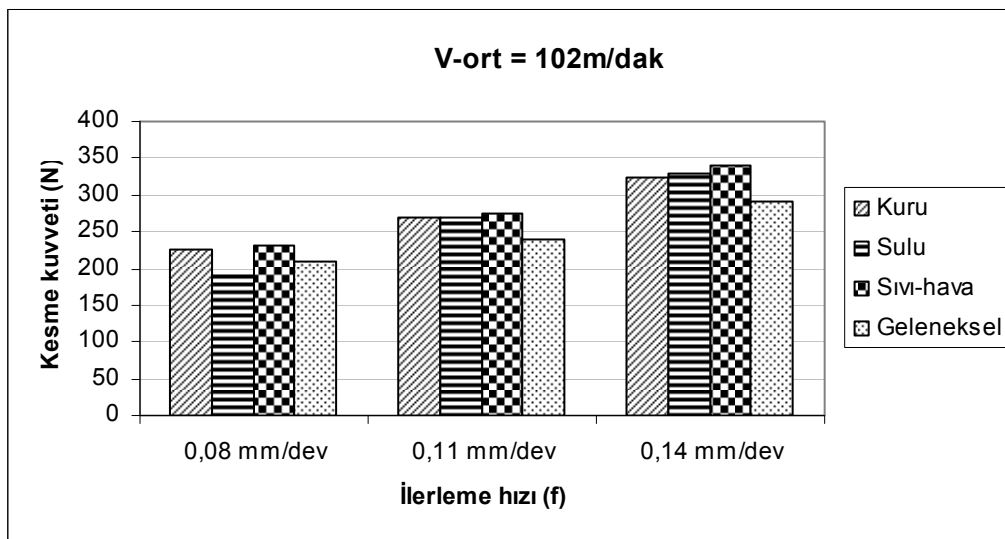
102 m/dk kesme hızında, 0,08 - 0,11 - 0,14 mm/dev ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetlerini incelersek;

102m/dk kesme hızında en yüksek kesme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 230N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 340N ile yine sıvı-hava karışımı dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme

kuvveti, 102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvvetine göre ortalama % 48 daha yüksek olduğu görülmüştür.

102m/dk kesme hızında en düşük kesme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 190N ile geleneksel soğutmada, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 290N ile yine geleneksel soğutmada oluşmuştur. 102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvveti, 102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvvetine göre ortalama %53 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 102m/dk - 0.08 mm/dev kesme şartında, sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla geleneksel soğutma ile kesme yöntemi %17 oranında daha düşük kesme kuvveti elde edilmiştir. 102m/dk - 0.14 mm/dev kesme şartında, bu fark %15 oranındadır.



Şekil 5.11. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri

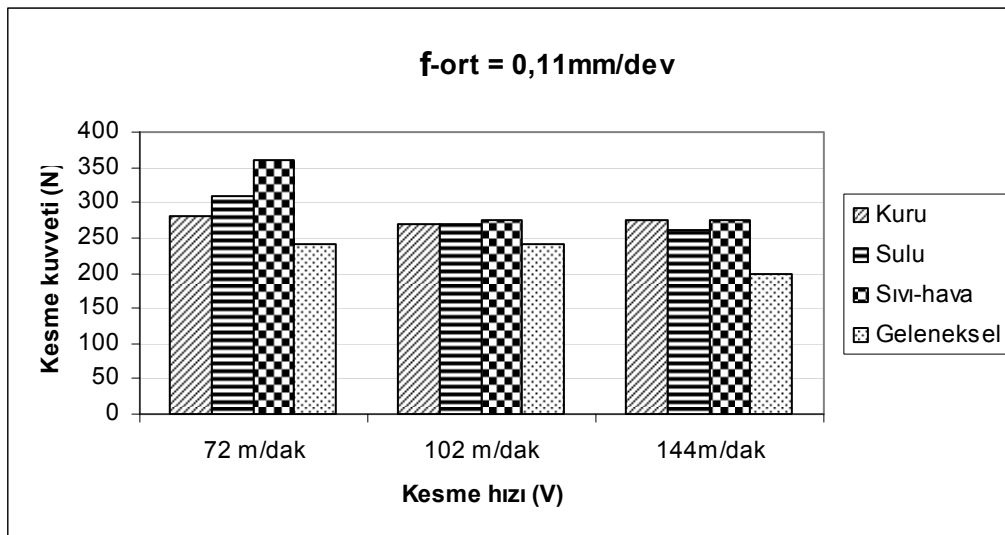
72 – 102 – 104 m/dk kesme hızında, 0,11 mm/dev ilerleme hızında oluşan kesme kuvvetlerini inceleyerek;

0,11mm/dev ilerleme hızında en yüksek kesme kuvveti 72m/dak kesme hızında ortalama 360N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada, 144m/dk kesme hızında ise ortalama 275N ile yine sıvı-hava karışımı dahili soğutmada oluşmuştur. 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvveti, 144m/dk -

0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvvetine göre ortalama %31 daha yüksek olduğu görülmektedir.

0,11mm/dev ilerleme hızında en düşük kesme kuvveti 72m/dak kesme hızında ortalama 240N ile geleneksel soğutmada, 144m/dk kesme hızında ise ortalama 200N ile yine geleneksel soğutmada oluşmuştur. 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvveti, 144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvvetine göre ortalama %20 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla geleneksel soğutma ile kesme yönteminde kesme kuvveti %33 oranında azalmıştır. 144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında bu fark % 27 oranında gerçekleşmiştir.



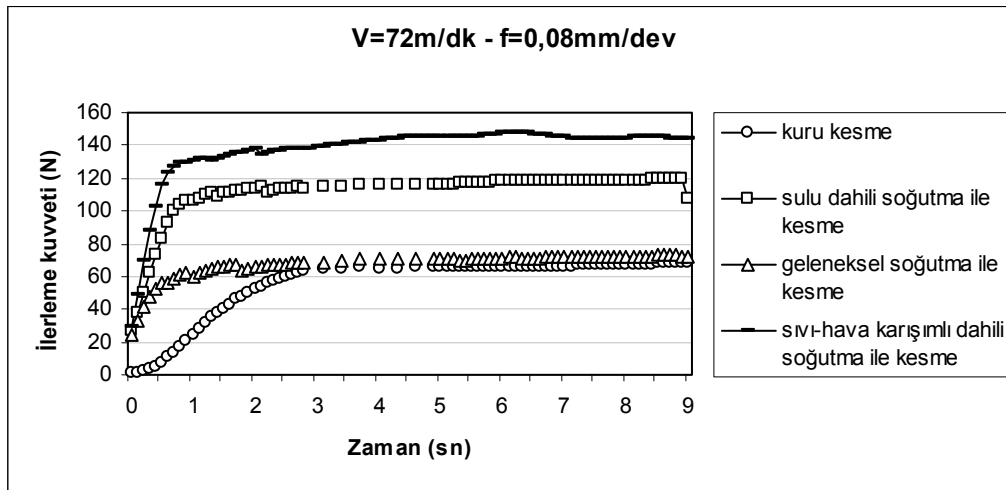
Şekil 5.12. Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri

### 5.2.2. Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

Yapılan deneylerde aynı kesme şartlarında, dört farklı soğutma tekniğinin ilerleme kuvvetlerine etkileri birbirleriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen ilerleme kuvvetleri ayrı grafikler halinde düzenlenmiştir.

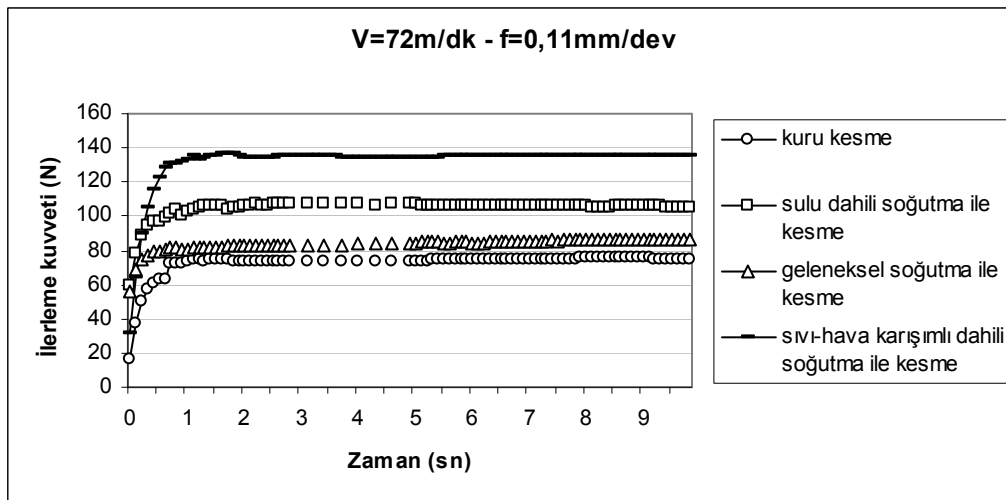
72m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 70N ile geleneksel soğutma ile kesme ve sulu dahili soğutma ile kesme işleminde

oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 140N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti ortalama 120N'dur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %50 daha düşüktür.



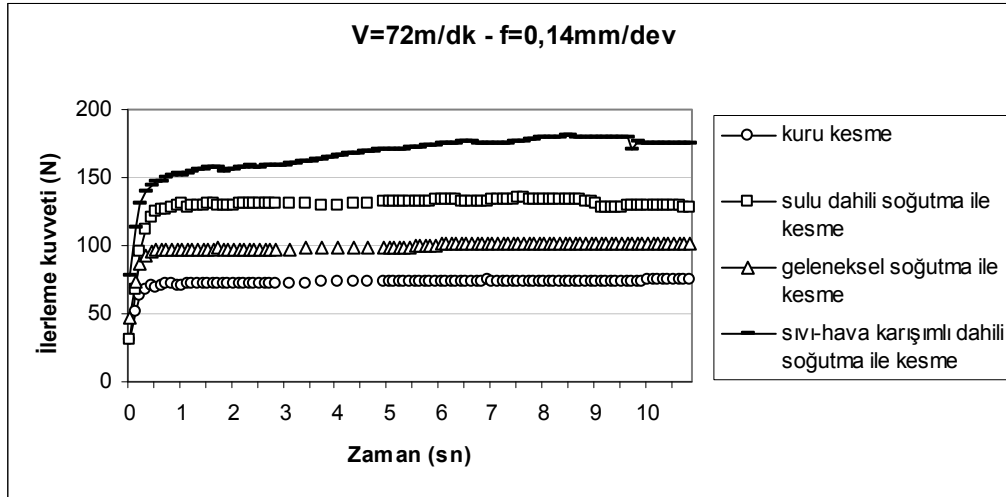
Şekil 5.13.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 75N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 140N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %46 daha düşüktür.



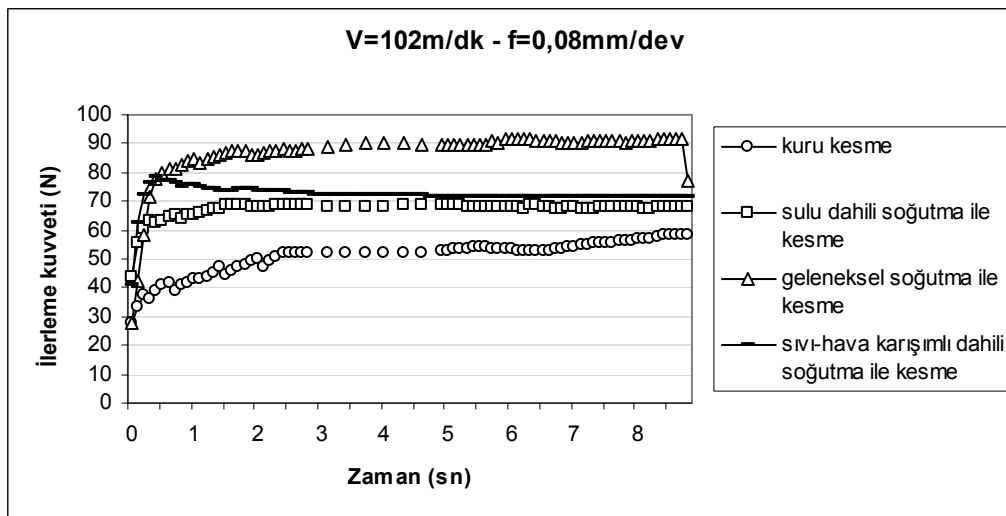
Şekil 5.14.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 70N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 175N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %60 daha düşüktür.



Şekil 5.15. V = 72m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

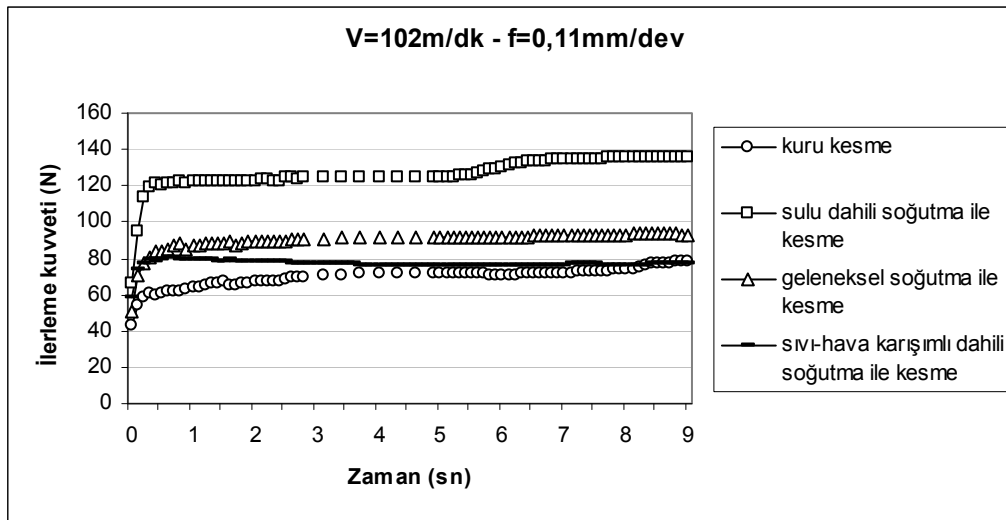
102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 50N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 90N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %45 daha düşüktür.



Şekil 5.16. V = 102m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

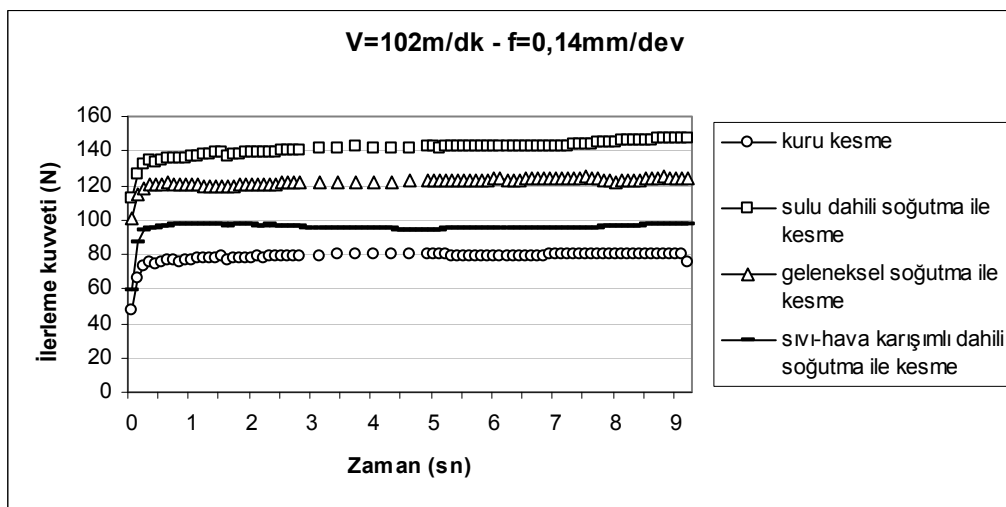


102m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 70N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 130N ile sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sulu dâhili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %46 daha düşüktür.



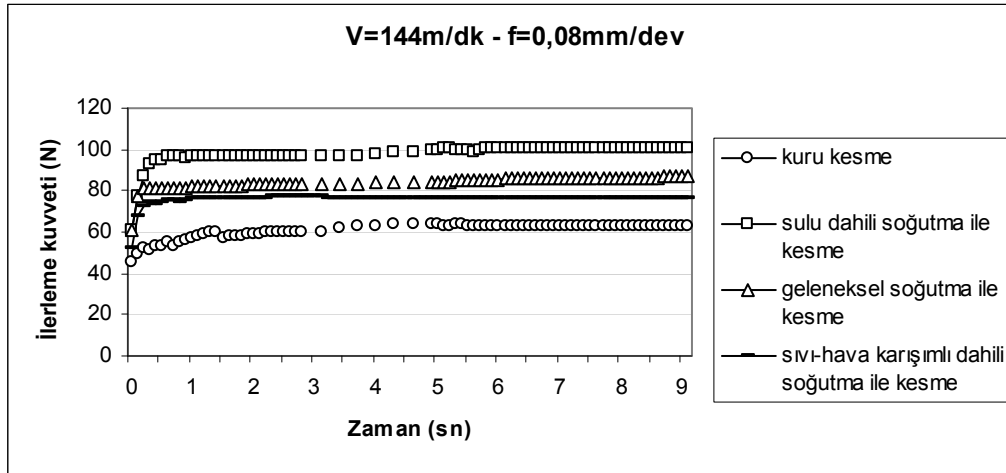
Şekil 5.17. V = 102m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 80N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 140N ile sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %43 daha düşüktür.



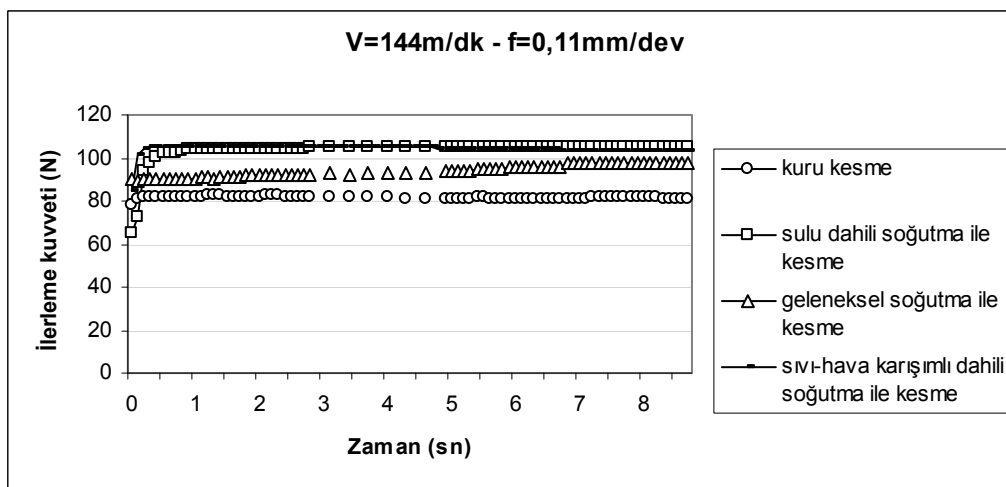
Şekil 5.18. V = 102m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 60N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 100N ile sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %40 daha düşüktür.



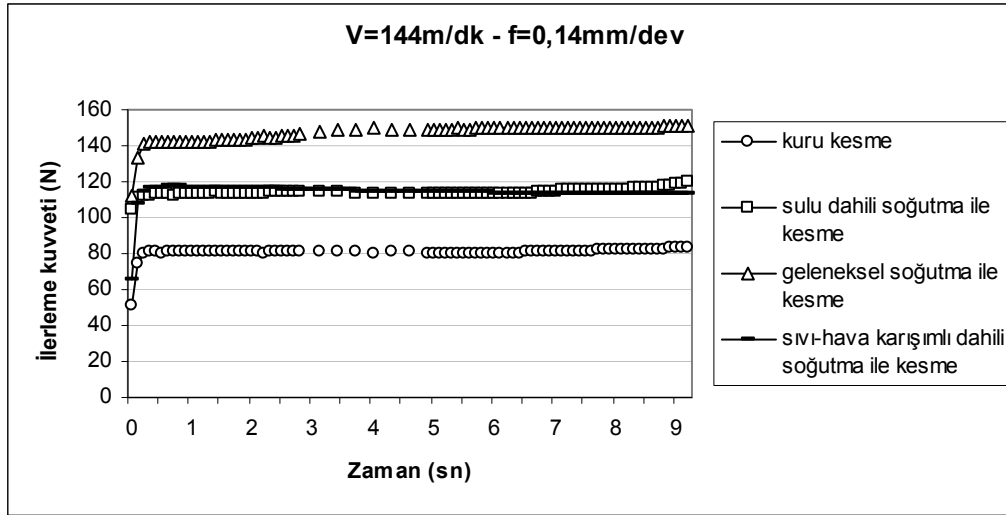
Şekil 5.19. V = 144m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 80N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 105N ile sulu dahili soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sulu dahili soğutma ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %24 daha düşüktür.



Şekil 5.20. V = 144m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 80N ile kuru kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 150N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %47 daha düşüktür.



Şekil 5.21. V = 144m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

Yukarıda verilen ilerleme kuvvetlerine ait grafikler incelendiğinde genel olarak en düşük ilerleme kuvveti kuru kesme işleminde gerçekleşmiş olup, en yüksek ilerleme kuvvetleri ise farklılık göstermiştir.

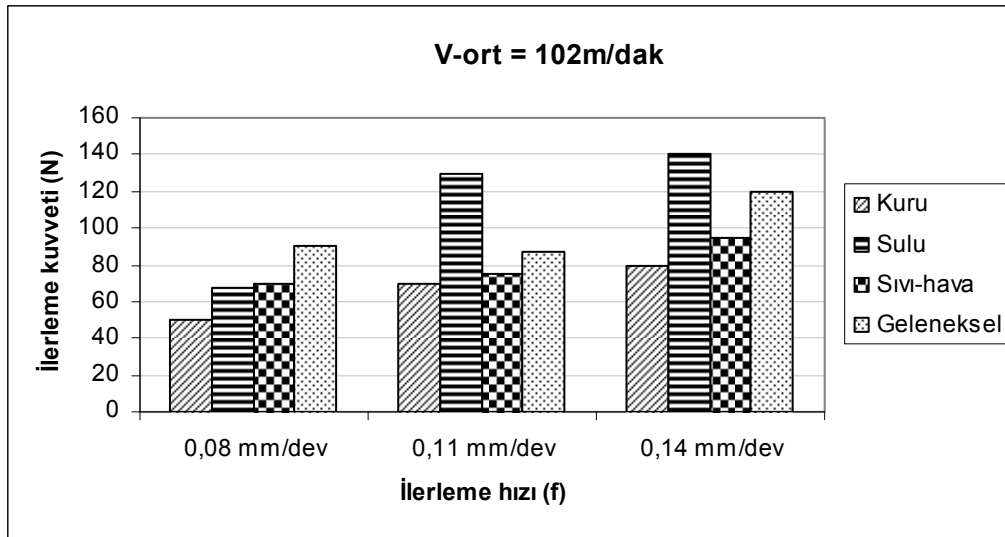
Genel olarak aynı kesme hızlarında ilerleme hızı arttıkça ilerleme kuvvetleride artmakta, aynı ilerleme hızlarında kesme hızları arttıkça ilerleme kuvvetlerinin azaldığı görülmektedir.

102 m/dk kesme hızında, 0,08 - 0,11 - 0,14 mm/dev ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetlerini incelersek;

102m/dk kesme hızında en yüksek ilerleme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 90N ile geleneksel soğutmada, 102m/dk kesme hızı, 0,14mm/dev ilerleme hızında ise ortalama 130N ile sulu dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvveti, 102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvvetine göre ortalama % 44 daha yüksek olduğu görülmüştür.

102m/dk kesme hızında en düşük ilerleme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 50N ile kuru kesmede, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 80N ile yine kuru kesmede olduğu görülmüştür. 102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvveti, 102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvvetine göre ortalama %60 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 102m/dk - 0.08 mm/dev kesme şartında, geleneksel soğutma ile kesme yöntemine kıyasla kuru kesme yöntemi %44 oranında daha düşük ilerleme kuvveti elde edilmiştir. 102m/dk - 0.14 mm/dev kesme şartında, bu fark %38 oranındadır.



Şekil 5.22. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri

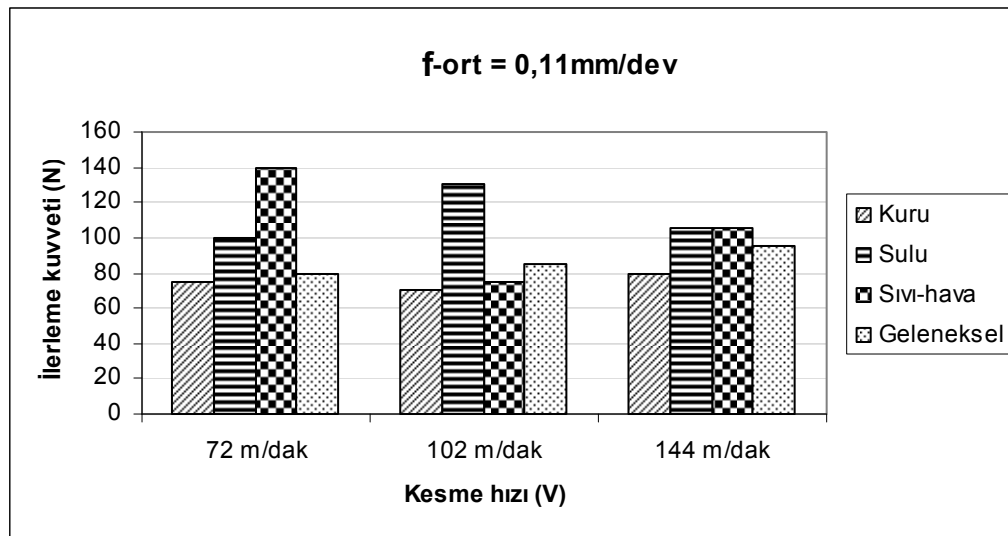
72 – 102 – 144 m/dk kesme hızında, 0,11 mm/dev ilerleme hızında oluşan ilerleme kuvvetlerini incelersek;

0,11mm/dev ilerleme hızında en yüksek ilerleme kuvveti 72m/dak kesme hızında ortalama 140N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada, 144m/dk kesme hızında ise ortalama 105N ile yine sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede oluşmuştur. 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvveti, 144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvvetine göre ortalama %33 daha yüksek olduğu görülmüştür.

0,11mm/dev ilerleme hızında en düşük ilerleme kuvveti 72m/dak kesme hızında ortalama 75N ile kuru kesmede, 144m/dk kesme hızında ise ortalama 80N ile yine

kuru kesmede oluşmuştur. 144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvveti, 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvvetine göre ortalama %7 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla kuru kesme yönteminde ilerleme kuvveti %46 oranında azalmıştır. 144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında bu fark % 24 oranında gerçekleşmiştir.

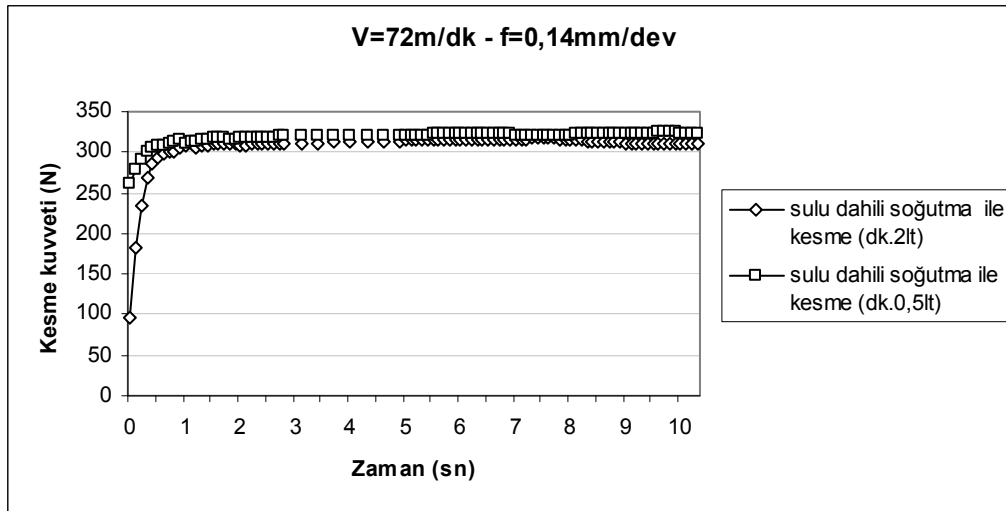


Şekil 5.23. Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri

### 5.2.3. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi

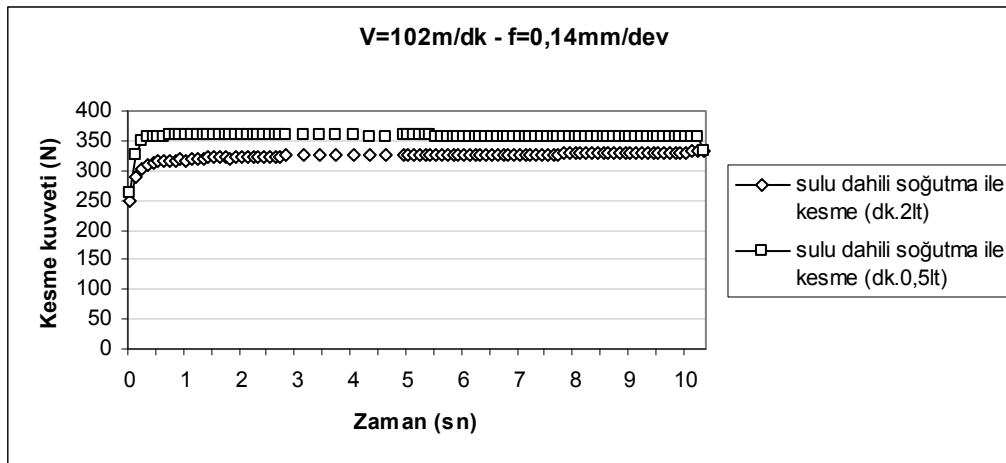
Kesme kuvvetine etkisini incelemek amacıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 2lt/dk ve 0,5lt/dk olmak üzere iki farklı debi kullanılmıştır.

72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında her iki debi değeri için kesme kuvvetlerinin yaklaşık olarak 310N ile birbirlerine eşit olduğu belirlenmiştir.



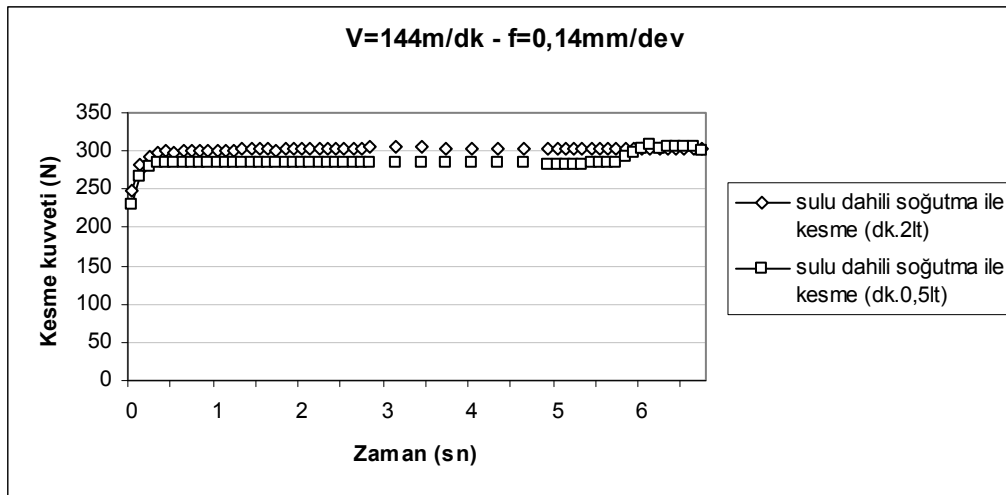
Şekil 5.24.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, kesme kuvveti yüksek debi için 325N, düşük debi için 360N'dur. Zaman ilerledikçe kesme kuvvetlerinin birbirlerine yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 5.25.  $V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında kesme kuvvetlerinin yaklaşık olarak 300N ile birbirlerine eşit olduğu görülmektedir.



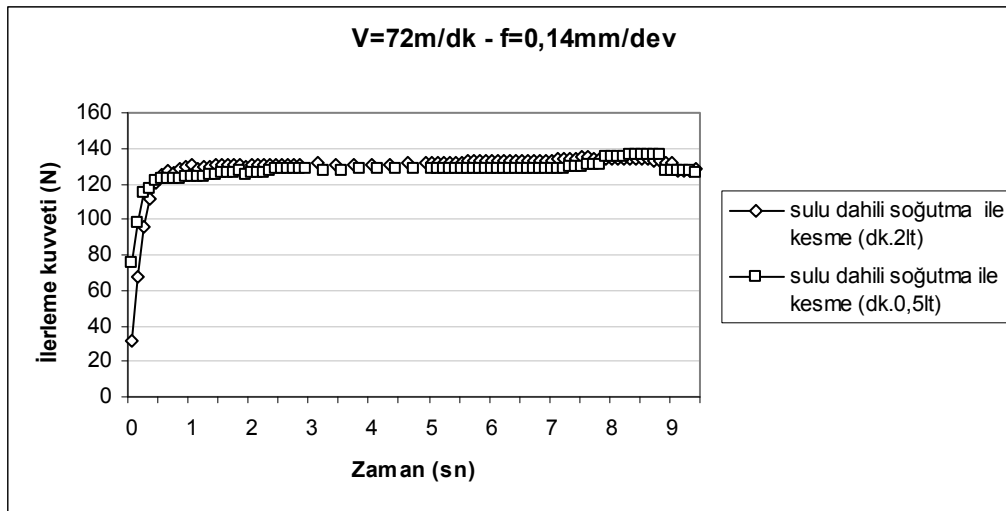
Şekil 5.26.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme kuvvetlerine etkisi

Yapılan deneyde genel olarak kesme hızı arttıkça kesme kuvveti azalmaktadır. Yapılan çalışmada her iki şartta da kesme kuvvetleri yaklaşık olarak birbirlerine eşit olduğu görülmektedir.  $144\text{m/dk} - 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında oluşan kesme kuvveti,  $72\text{m/dk} - 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartında oluşan kesme kuvvetine göre %4 daha düşük olduğu görülmektedir.

#### 5.2.4. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

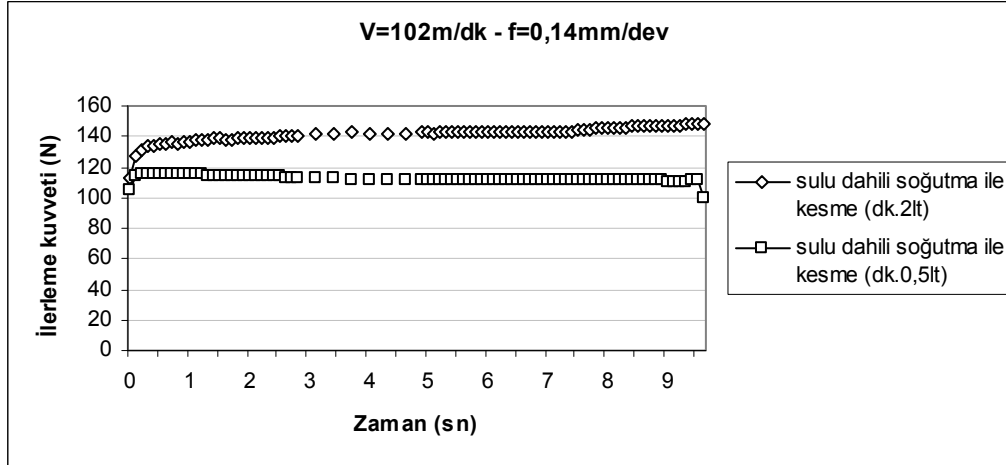
İlerleme kuvvetine etkisini incelemek amacıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 2lt/dk ve 0,5lt/dk olmak üzere iki farklı debi kullanılmıştır.

$72\text{m/dk} - 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında her iki debi değeri için ilerleme kuvvetlerinin yaklaşık olarak 135N ile birbirlerine eşit olduğu belirlenmiştir.



Şekil 5.27.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

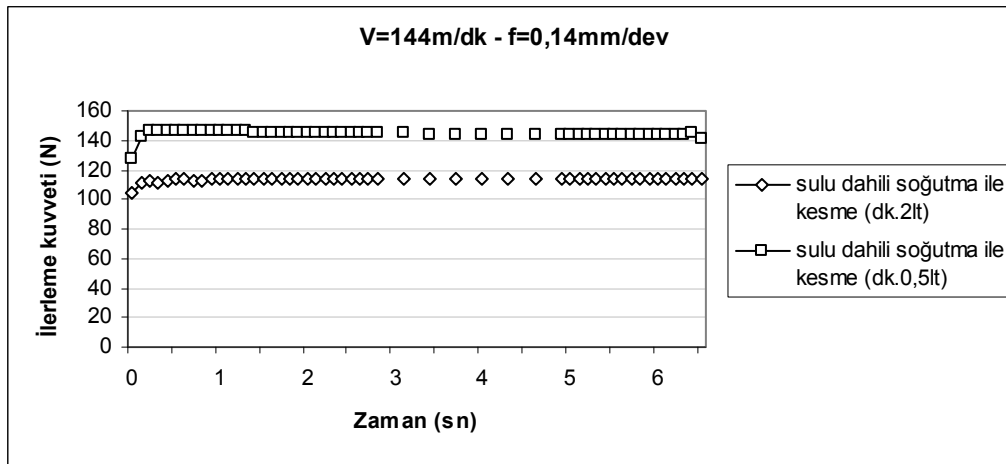
102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, 0,5lt/dk debili sulu dahili soğutma yönteminde oluşan ilerleme kuvveti ortalama 115N iken 2lt/dk debide ise ortalama 140N oluşmuştur. 0,5lt/dk debideki ilerleme kuvveti, 2lt/dk debide oluşan ilerleme kuvvetine göre %27 daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.28.  $V = 102\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, 0,5lt/dk debili sulu dahili soğutma yönteminde oluşan ilerleme kuvveti ortalama 145N iken 2lt/dk debide ise ortalama 115N oluşmuştur. 2lt/dk debide oluşan ilerleme kuvveti, 0,5lt/dk debide oluşan ilerleme kuvvetine göre %21 daha düşüktür.



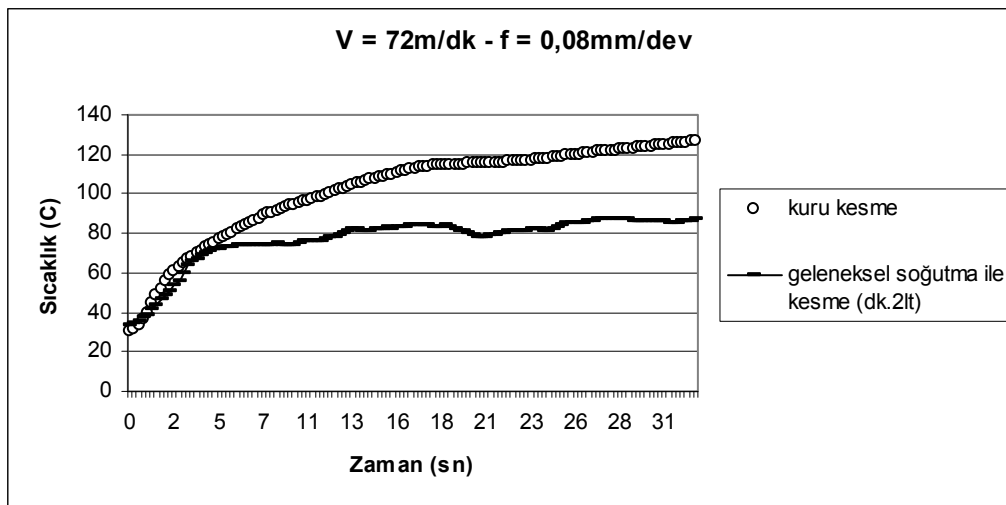


Şekil 5.29.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

### 5.2.5. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım sıcaklıklarına etkisi

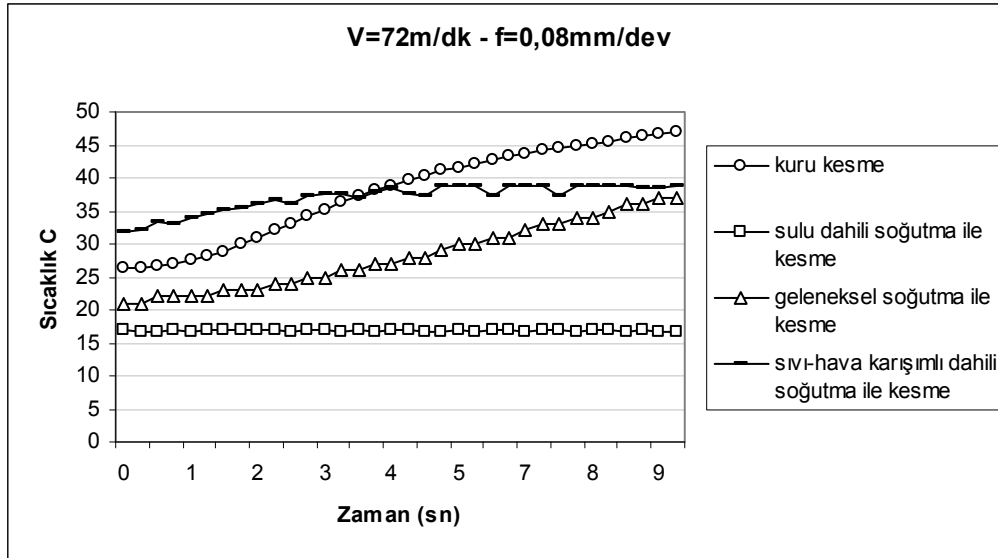
Yapılan deneylerde farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkileri incelenmiştir. Oluşan sıcaklıklar grafikler halinde kıyaslanmıştır. Deneylerde başlangıçtaki sıcaklık farkları ortam sıcaklığından kaynaklanmaktadır.

Bu deneyde kesme süresi uzun (30 sn) tutulmak suretiyle sıcaklık değişimine etkisi gözlemlenmiştir. İlk 5 sn sonrasında yöntemler arasındaki sıcaklık farkı belirgin bir şekilde ortaya çıkmaya başlamış ve giderek daha fazla açılmıştır. Sadece bu deney için işlenen pirinç malzemenin iç çapı 42mm, dış çapı ise 50mm'dir.



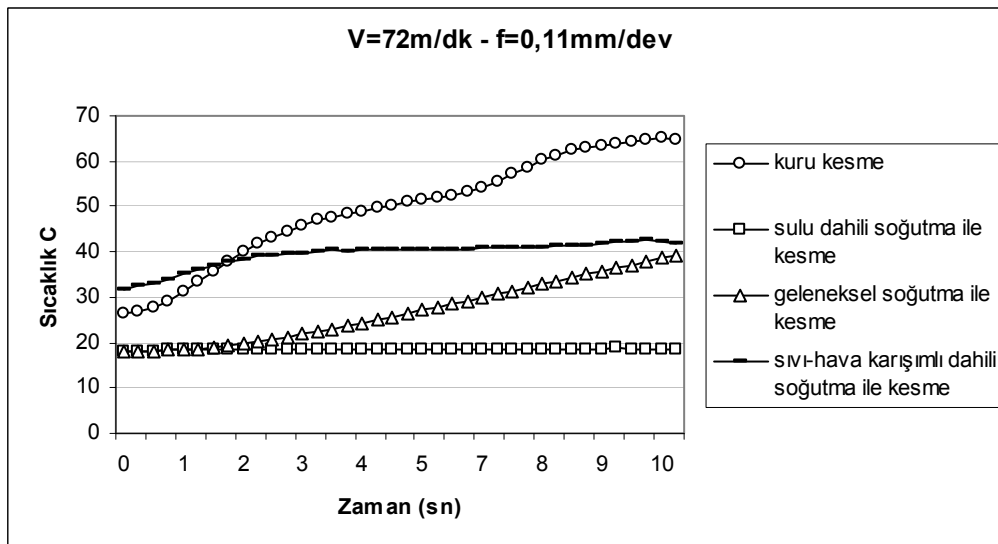
Şekil 5.30.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, kuru ve geleneksel soğutma ile kesme işlemi sıcaklık ölçüm deneyi

72m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



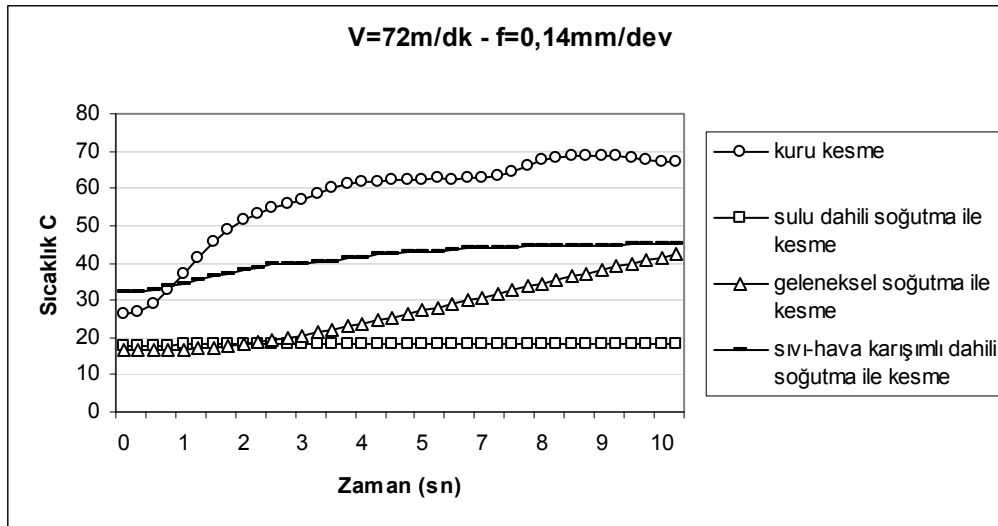
Şekil 5.31.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, 10sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



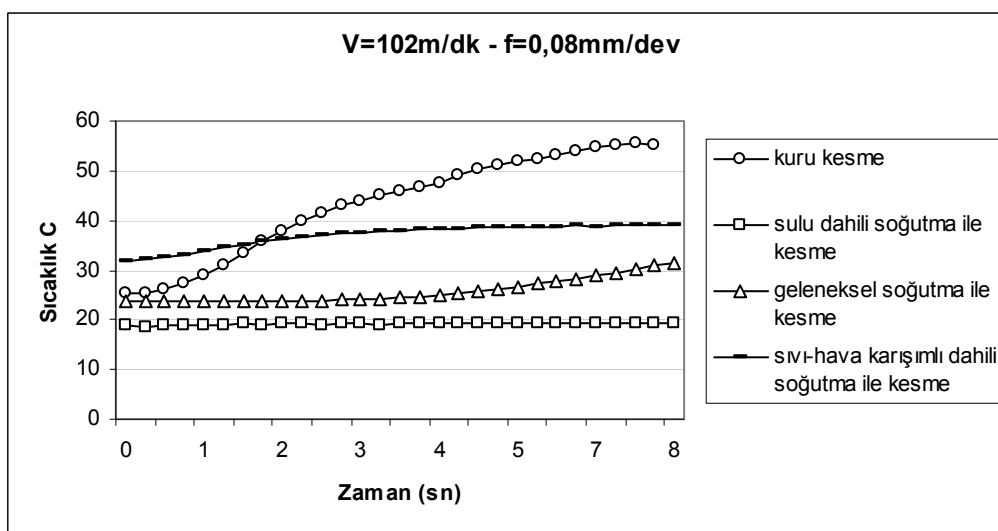
Şekil 5.32.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, 10sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



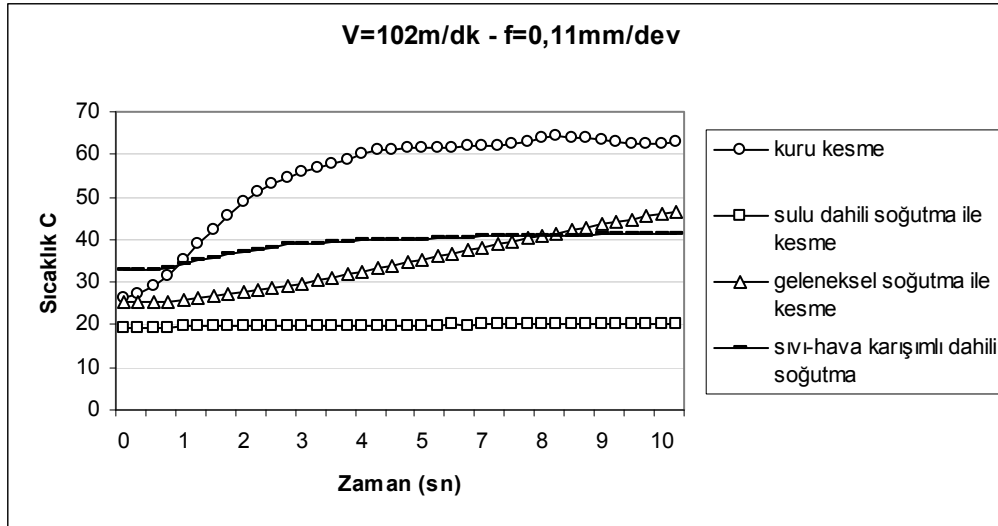
Şekil 5.33.  $V = 72\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

102m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, 8sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



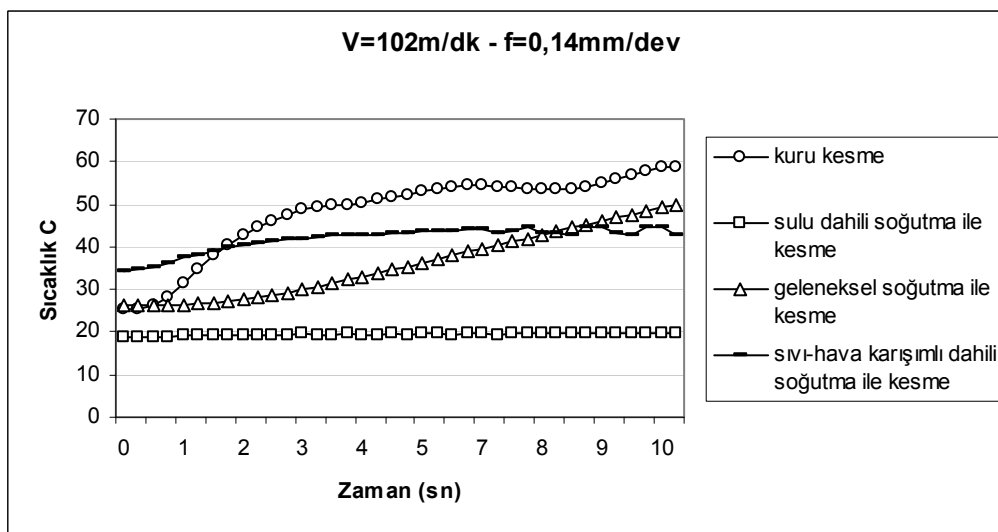
Şekil 5.34.  $V = 102\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

102m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, 10sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



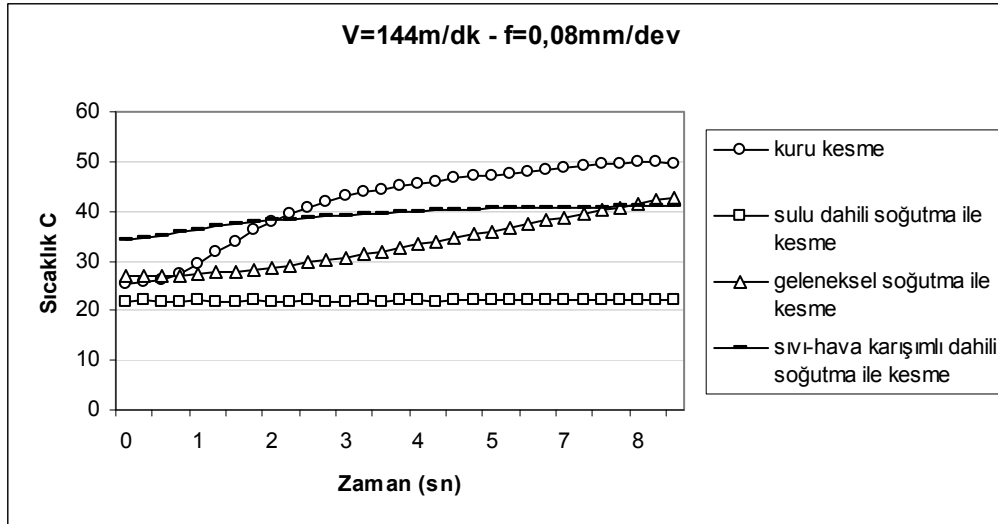
Şekil 5.35. V = 102m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, 10sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



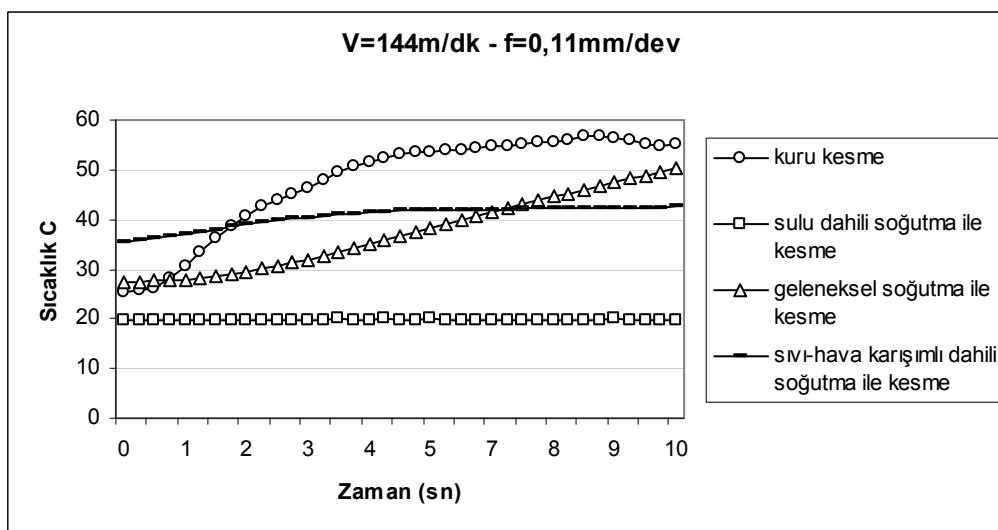
Şekil 5.36. V = 102m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

144m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, 8sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



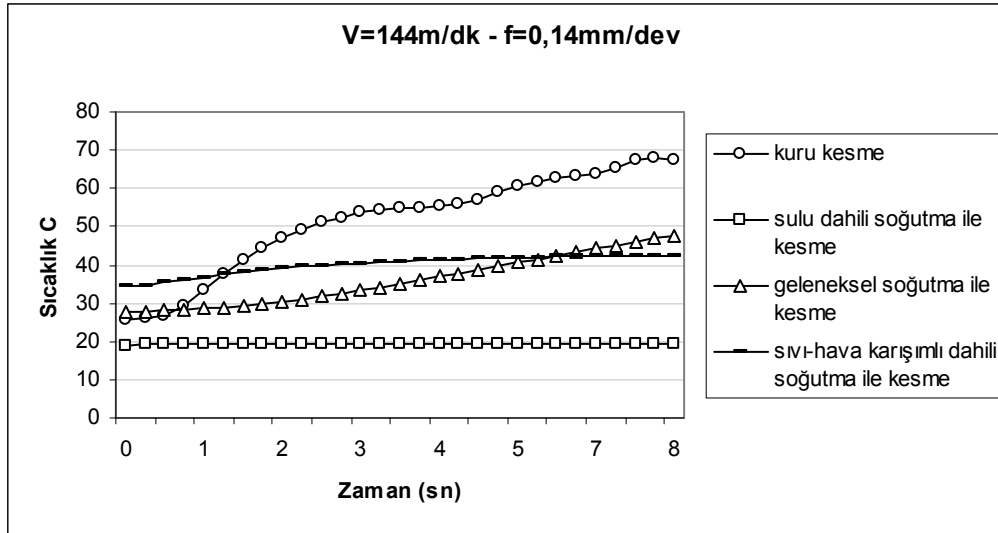
Şekil 5.37.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,08\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

144m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, 8sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



Şekil 5.38.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, 8sn süren sıcaklık deneyinde en düşük kesici takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuş olup sırasıyla sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede, geleneksel soğutma ile kesmede ve kuru kesmede olduğu görülmektedir.



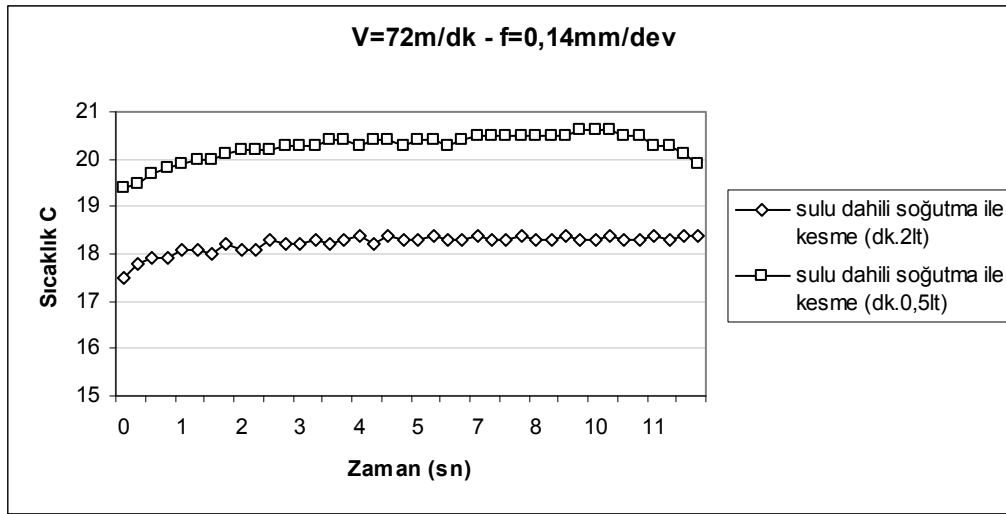
Şekil 5.39.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

Yapılan deneylerde kesme ve ilerleme hızları arttıkça kesici takım sıcaklığı da artmaktadır. Sulu dahili soğutma ile kesmede kesici takım sıcaklığında kayda değer bir değişim olmamakla beraber, sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesmede oluşan kesici takım sıcaklığında en fazla  $10^0$  C 'lik sıcaklık artışı olmaktadır. Şekil 5.30 kesici takım sıcaklık ölçüm deneyini incelersek kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesici takım sıcaklıkları farkı zaman ilerledikçe arttığını söyleyebiliriz.

### 5.2.6. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesici takım sıcaklıklarına etkisi

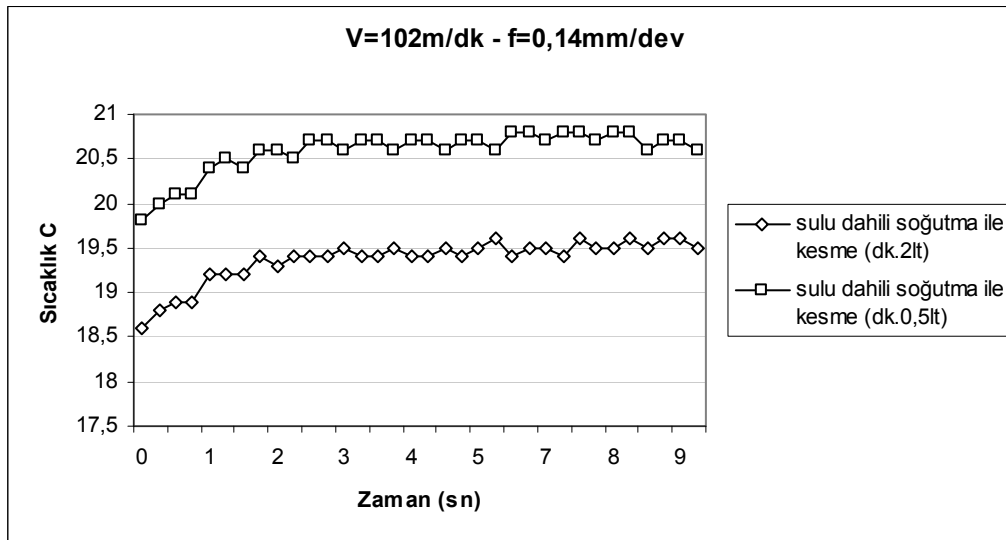
Sulu dahili soğutma ile kesmede 2lt/dk ve 0,5lt/dk olmak üzere iki farklı debi kullanılarak kesici takım sıcaklıklarına etkisi incelenmiştir. Grafiklerde görülen sıcaklıkların başlangıç değerleri arasındaki farklar su sıcaklığındaki değişimden dolayı kaynaklanmıştır.

72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, yapılan her iki deneyde de yaklaşık olarak 1° C sıcaklık artışı olduğu görülmektedir.



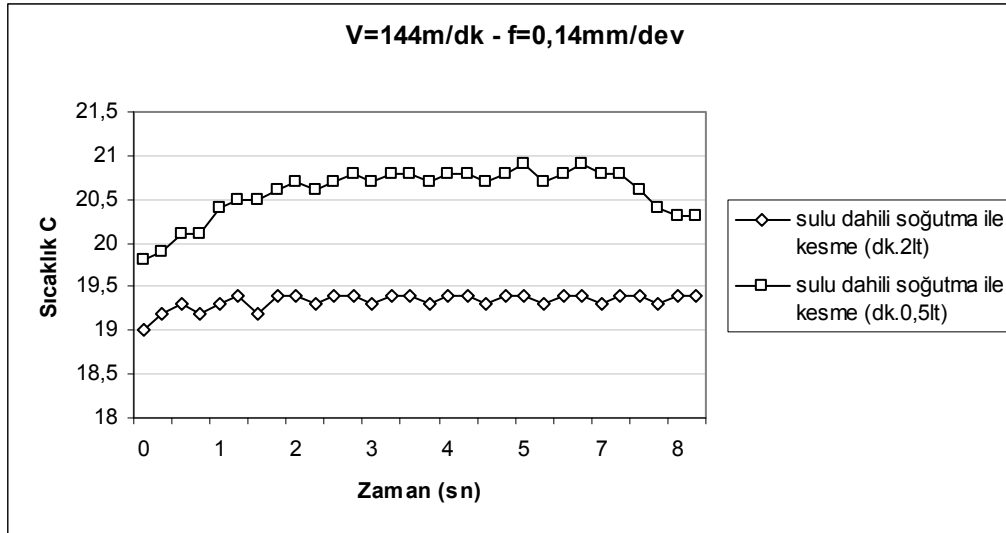
Şekil 5.40. V = 72m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

102m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, yapılan her iki deneyde de yaklaşık olarak 1° C sıcaklık artışı olduğu görülmektedir.



Şekil 5.41. V = 102m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

144m/dk - 0,14mm/dev kesme şartlarında, sulu dahili soğutma ile kesme (dk2lt)' de oluşan kesici takım sıcaklığı, sulu dahili soğutma ile kesme (dk0,5lt)' ye göre daha az olduğu görülmektedir.



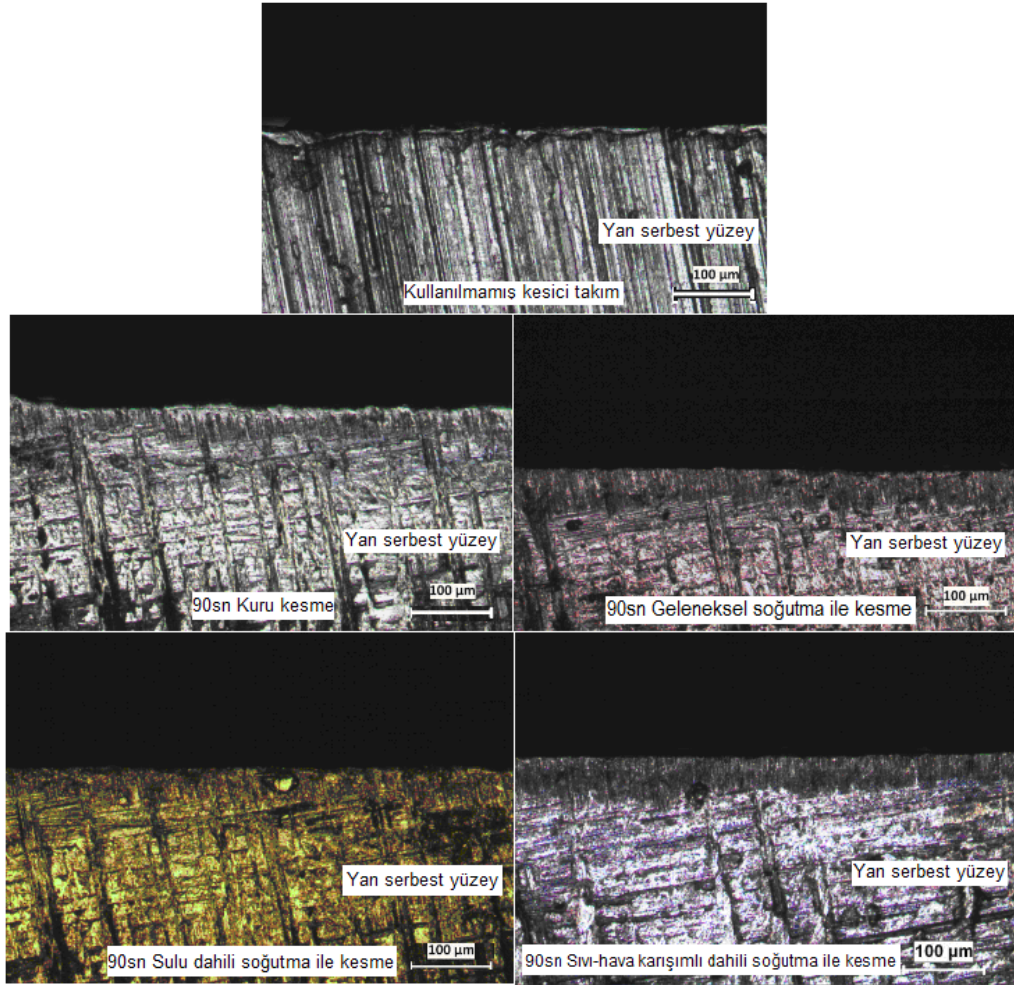
Şekil 5.42.  $V = 144\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı akışkan miktarlarında sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

Grafikler arasındaki kesici takım sıcaklık farkları önemsenecek kadar değişim göstermemiştir.

Yapılan çalışmada, kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışıklı dahili soğutma ile kesme işlemlerinden sonra takım aşınmasını ölçmek için kesici takımın yan serbest yüzeyi mikroskopla incelenmiştir. Aşınmış yüzeyler kullanılmamış kesici takım serbest yüzeyi ile karşılaştırılmıştır.

Farklı soğutma tekniklerinin takım sıcaklığına etkisini belirlemede tüm deneyler için tek bir kesici takım kullanılmıştır. Takım serbest yüzeyinde sonuçları olumsuz etkileyecek bir aşınma olmadığı belirlenmiştir.



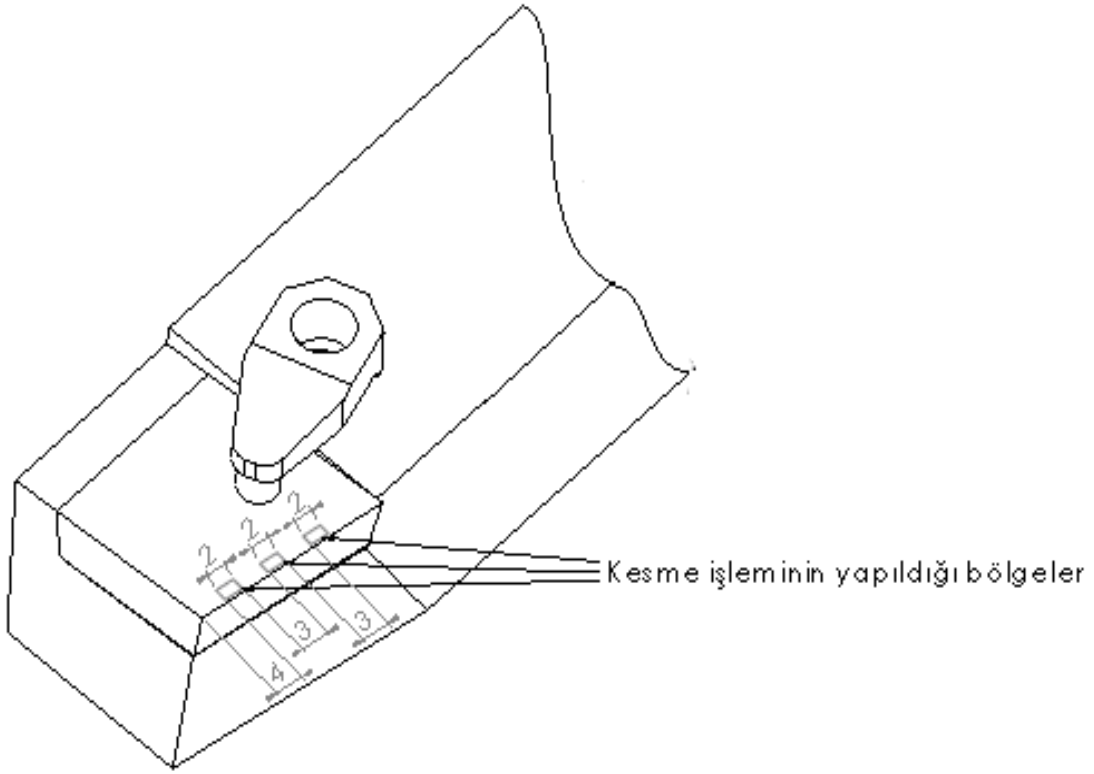


Şekil 5.43. Farklı soğutma teknikleriyle kesme işlemi yapılmış kesici takımın yan serbest yüzey fotoğrafları

Şekil 5.43’ te görülmekte olan kesici takım yan serbest yüzey fotoğrafları incelendiğinde, kesici takım yan serbest yüzeylerinde önemsenecek aşınma miktarı olmadığı görülmektedir.

### 5.3. St 42 Çelik Malzemenin İşlenmesi

Bu bölümde St 42 çelik malzeme üzerinde yapılan işleme deneylerinin sonuçları yer almaktadır. Deneyler iki kez tekrarlanmıştır. Kesici takım üzerinde kesme işlemi yaptırılan 3 ayrı bölge Şekil 5.44 ‘te gösterilmiş olup toplamda sekiz adet kesici takım kullanılmıştır.



Şekil 5.44. Kesme işleminin yapıldığı bölgeler

Çelik St 42 malzeme işlenirken oluşan kesici takım aşınmalarında incelenmiştir. Bunun için her kesme şartında farklı kesme bölgeleri kullanılmıştır.

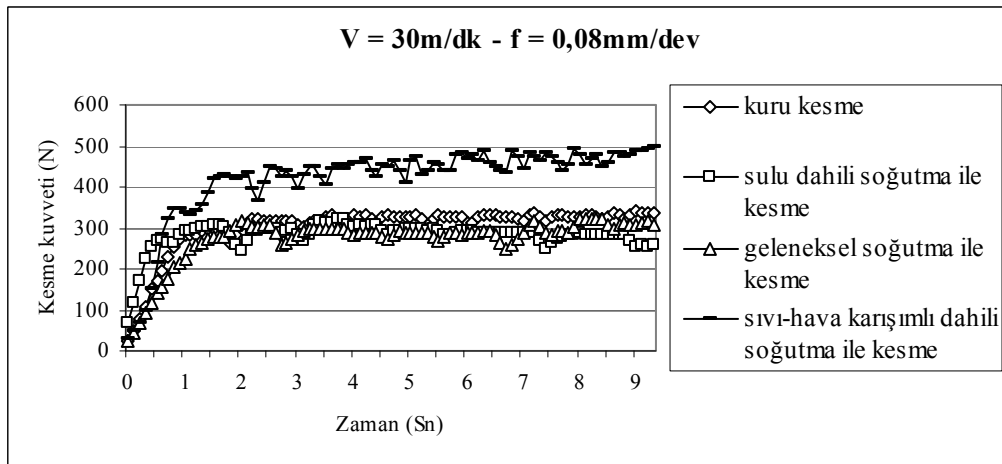
Deney sonuçlarının karşılaştırılması;

- Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin, oluşan kesici takım sıcaklığına etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin oluşan takım-talaş ara yüzeyi genişliğine etkisi.
- Farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım aşınmalarına etkisi.

### 5.3.1. Farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

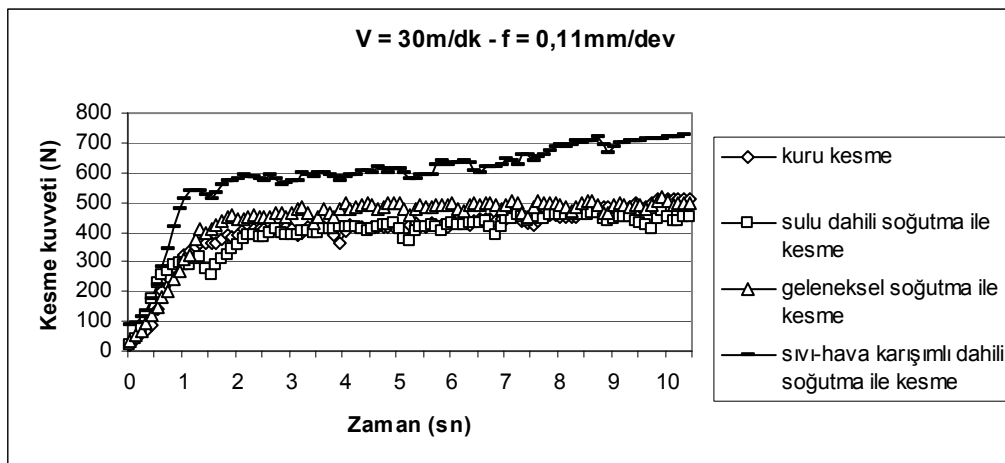
Yapılan deneylerde aynı kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi incelenmiştir. Elde edilen kesme kuvvetleri ayrı grafikler halinde düzenlenmiştir.

30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 470N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 280N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 330N iken sulu dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 290N'dur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %40 daha düşük olduğu görülmektedir.



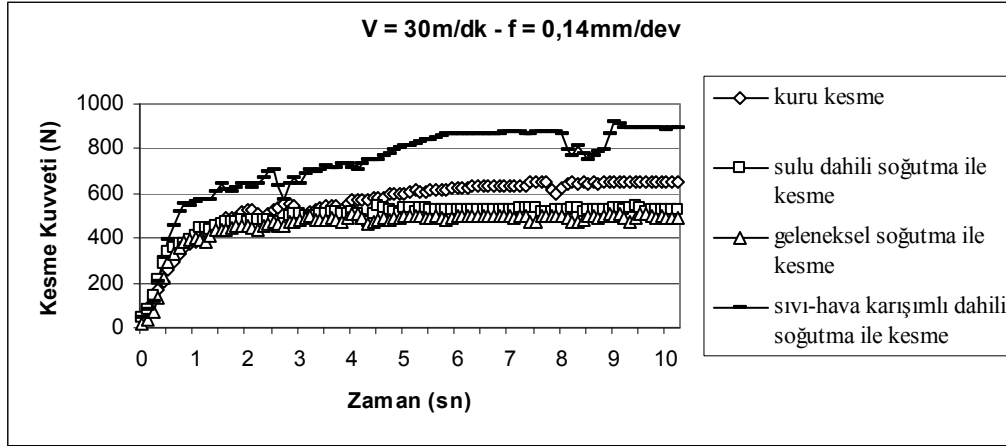
Şekil 5.45. V = 30m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 700N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 440N ile sulu dahili soğutma ile kesmede oluşmuştur. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %59 daha düşük olduğu görülmektedir.



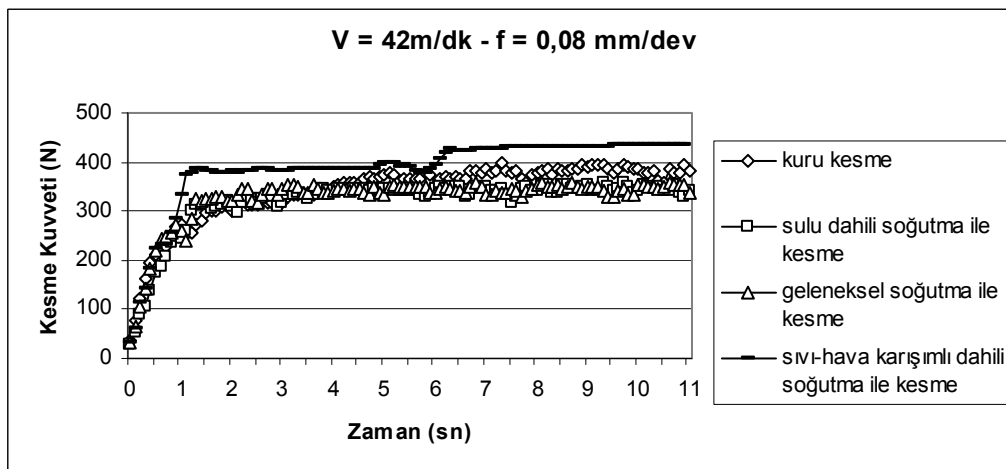
Şekil 5.46. V = 30m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

30m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 870N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 490N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 620N iken sulu dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 520N'dur.



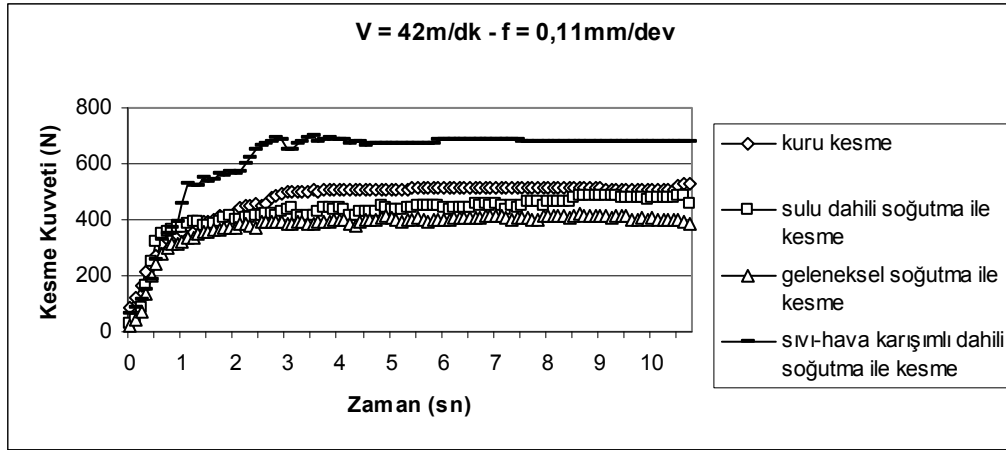
Şekil 5.47. V = 30m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 440N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 340N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 380N iken sulu dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 350N'dur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %23 daha düşük olduğu görülmektedir.



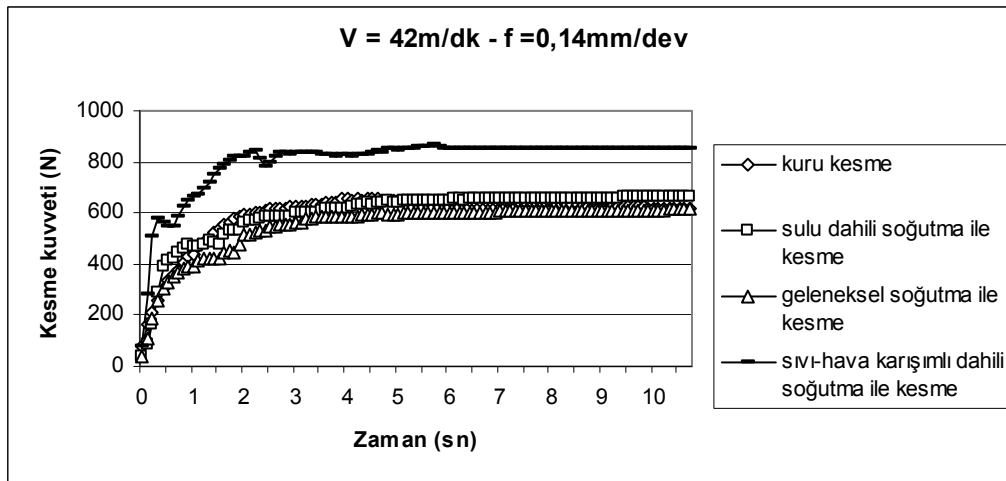
Şekil 5.48. V = 42m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 690N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 400N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 510N iken sulu dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 490N'dur.



Şekil 5.49.  $V = 42\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en yüksek kesme kuvveti ortalama 860N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve en düşük kesme kuvveti ortalama 600N ile geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Kuru kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 680N iken sulu dahili soğutma ile kesmede oluşan kesme kuvveti ortalama 670N'dur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan kesme kuvvetine göre %30 daha düşük olduğu görülmektedir.



Şekil 5.50.  $V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesme kuvvetlerine etkisi

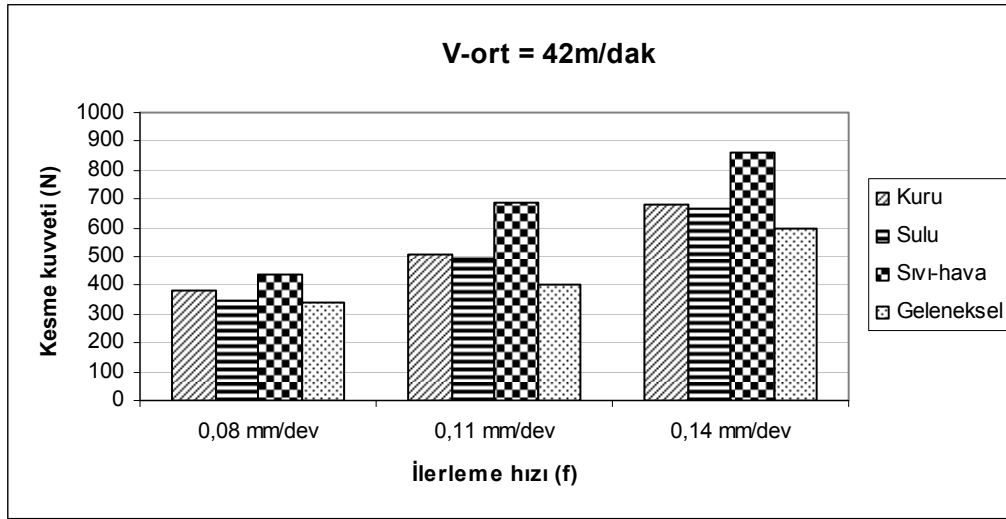
Farklı kesme şartları ve soğutma teknikleriyle yapılan deneylerden elde edilen kesme kuvvetleri yukarıdaki grafiklerde gösterilmektedir. Yapılan deneylerden elde edilen grafikler incelendiğinde genel olarak en yüksek kesme kuvveti sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede en düşük kesme kuvveti ise geleneksel soğutma ile kesme işleminde olduğu görülmektedir. Kesme kuvveti deneyinde aynı kesme hızında ilerleme arttıkça kesme kuvvetlerinin arttığı, aynı ilerleme hızlarında kesme hızları arttıkça kesme kuvvetlerinin azaldığı gözlemlenmiştir.

42 m/dk kesme hızında, 0,08 - 0,11 - 0,14 mm/dev ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetlerini incelersek;

42m/dk kesme hızında en yüksek kesme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 440N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 860N ile yine sıvı-hava karışımı dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvveti, 42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvvetine göre ortalama % 95 daha yüksek olduğu görülmüştür.

42m/dk kesme hızında oluşan en düşük kesme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 340N ile geleneksel soğutmada, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 600N ile yine geleneksel soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvveti, 42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvvetine göre ortalama %76 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 42m/dk - 0.08 mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla geleneksel soğutma ile kesme yönteminde %23 oranında daha düşük kesme kuvveti elde edilmiştir. 42m/dk - 0.14 mm/dev kesme şartında bu fark %30 oranındadır.



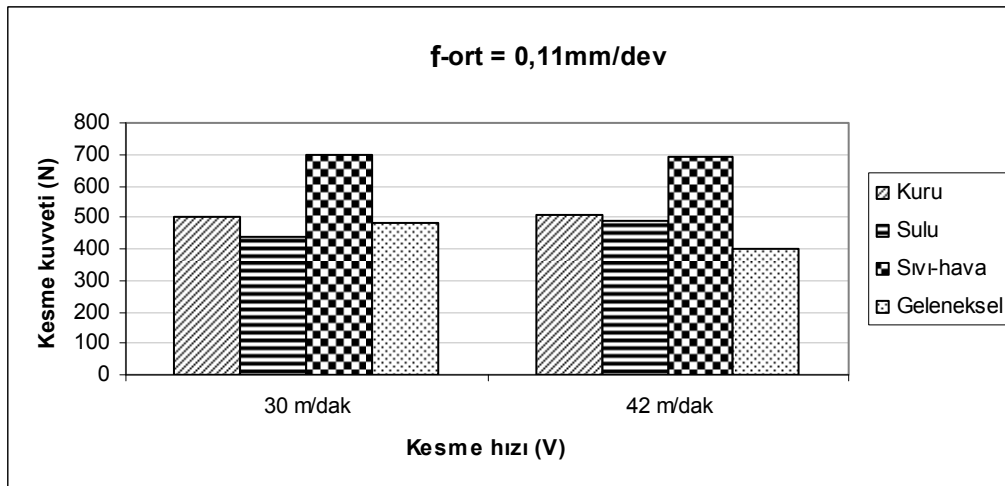
Şekil 5.51. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri

30 – 42 m/dk kesme hızında, 0,11 mm/dev ilerleme hızında oluşan kesme kuvvetlerini incelersek;

0,11mm/dev ilerleme hızında en yüksek kesme kuvveti 30m/dk kesme hızında ortalama 690N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada, 42m/dk kesme hızında ise ortalama 700N ile yine sıvı-hava karışımı dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvveti, 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek kesme kuvvetine göre ortalama %2 daha yüksek olduğu görülmüştür.

0,11mm/dev ilerleme hızında en düşük kesme kuvveti 30m/dk kesme hızında ortalama 440N ile sulu dahili soğutmada, 42m/dk kesme hızında ise ortalama 400N ile geleneksel soğutmada olduğu görülmüştür. 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvveti, 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük kesme kuvvetine göre ortalama %10 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla sulu dahili soğutma yönteminde kesme kuvveti %36 oranında azalmıştır. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında bu fark % 43 oranında gerçekleşmiştir.

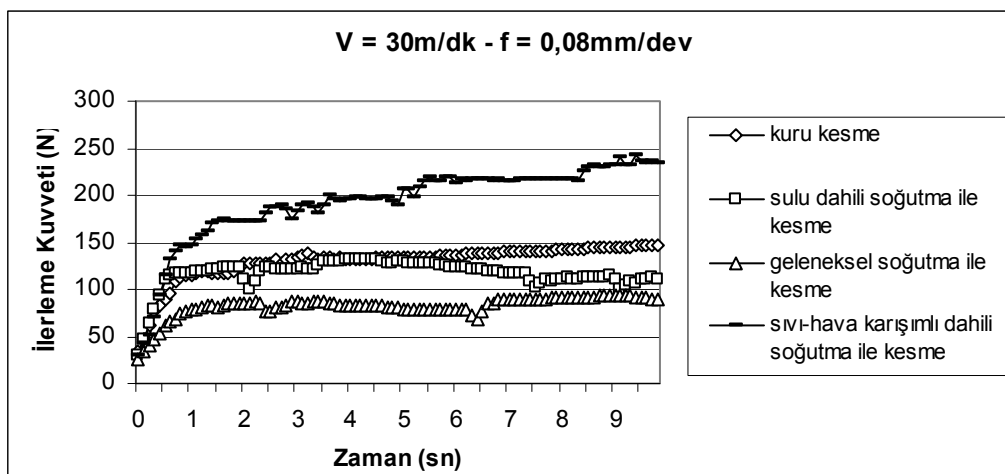


Şekil 5.52. Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan kesme kuvvetleri

### 5.3.2. Farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

Yapılan deneylerde aynı kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen ilerleme kuvvetleri ayrı grafikler halinde düzenlenmiştir.

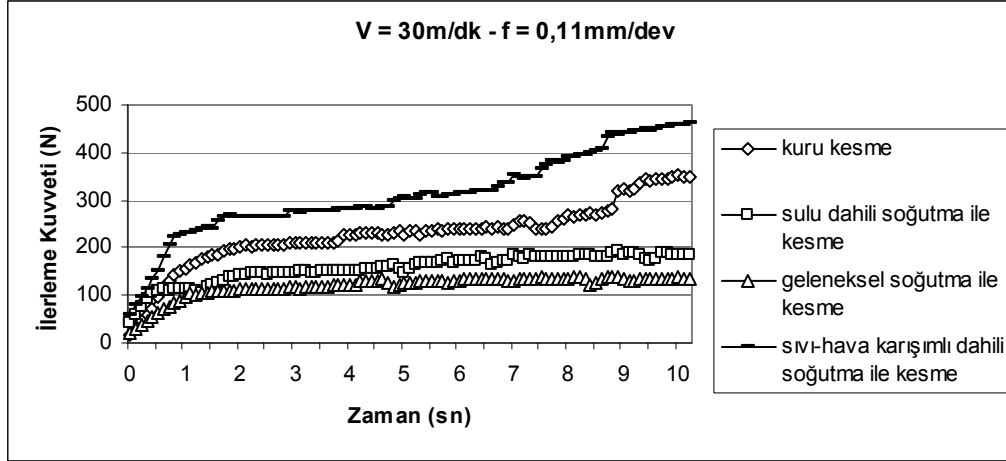
30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 80N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 225N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %64 daha düşüktür.



Şekil 5.53. V = 30m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

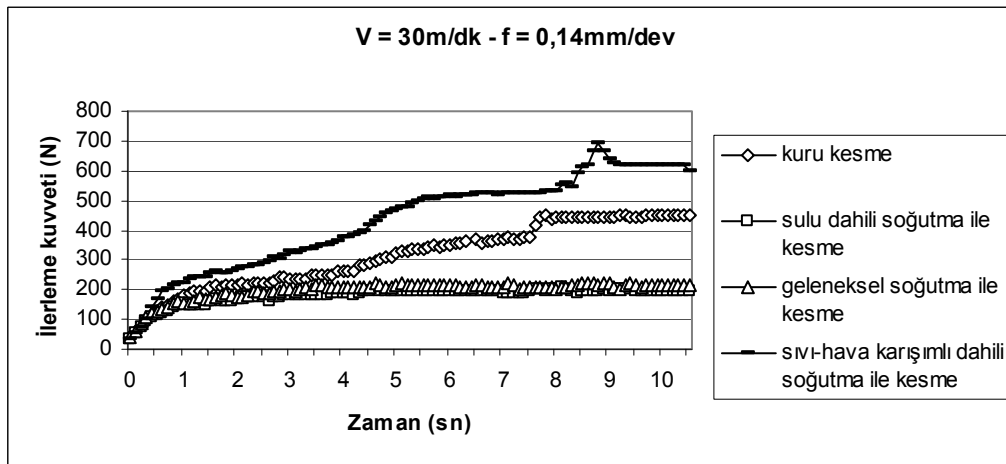


30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 120N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 320N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %62 daha düşüktür.



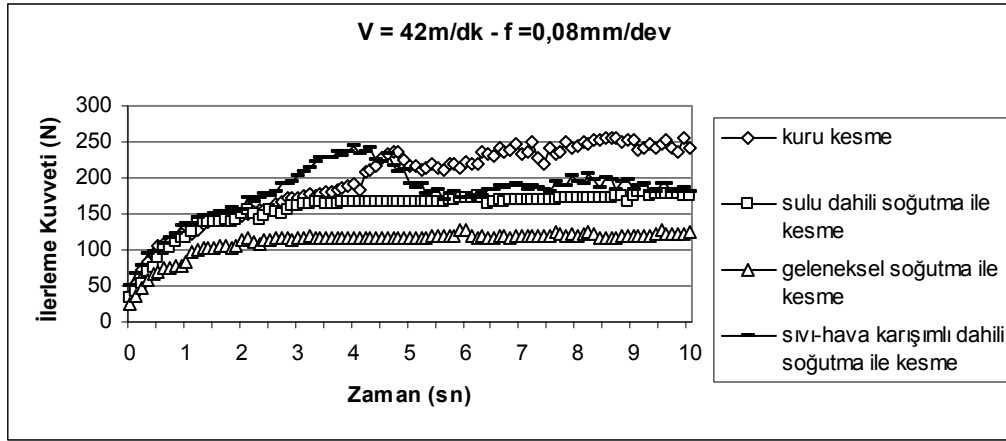
Şekil 5.54. V = 30m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

30m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 200N ile sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup, en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 510N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %60 daha düşüktür.



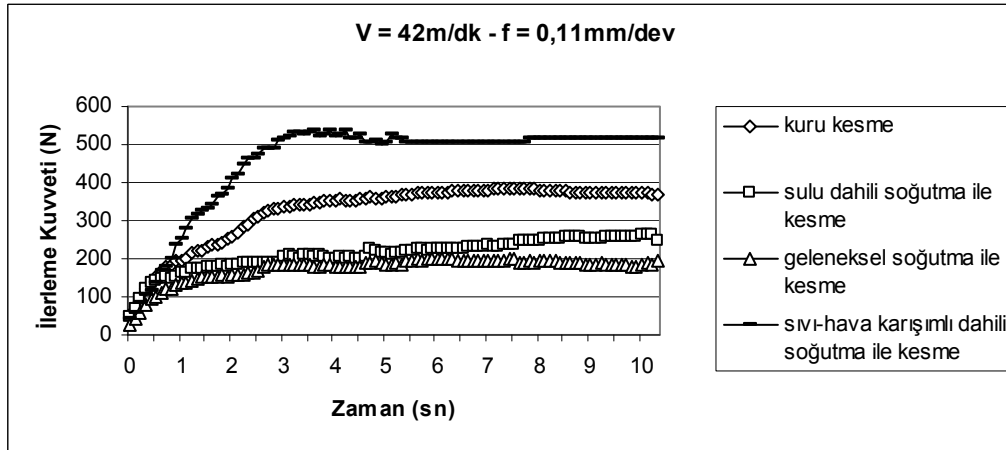
Şekil 5.55. V = 30m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 120N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 250N ile kuru kesme işleminde meydana gelmiştir. Sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti ortalama 200N iken sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti ise ortalama 175N'dur. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, kuru kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %52 daha düşüktür.



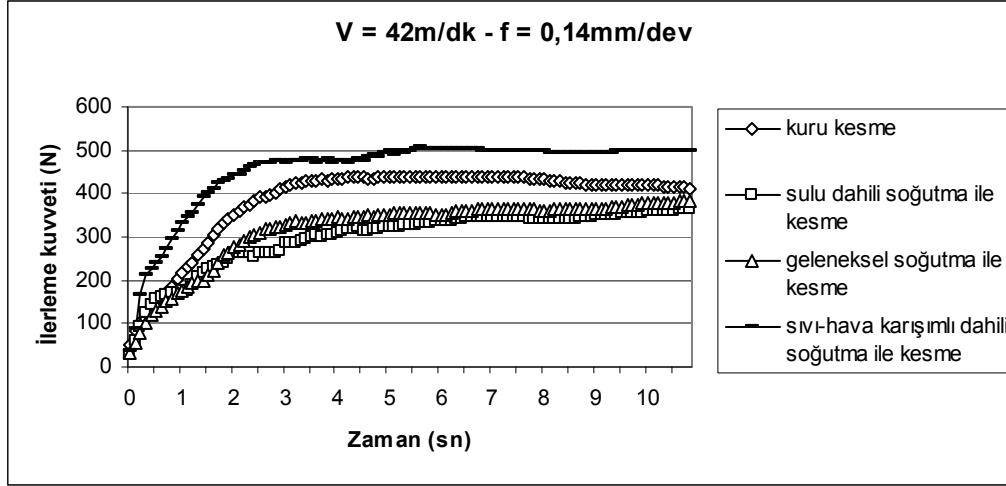
Şekil 5.56. V = 42m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartlarında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 200N ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup, en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 510N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %60 daha düşüktür.



Şekil 5.57. V = 42m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en düşük ilerleme kuvveti ortalama olarak 370N ile sulu dâhili soğutma ile kesme işleminde oluşmuş olup, en yüksek ilerleme kuvveti oluşumu ortalama 500N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvveti, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşan ilerleme kuvvetine göre %26 daha düşüktür.



Şekil 5.58.  $V = 42\text{m/dk} - f = 0,14\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin ilerleme kuvvetlerine etkisi

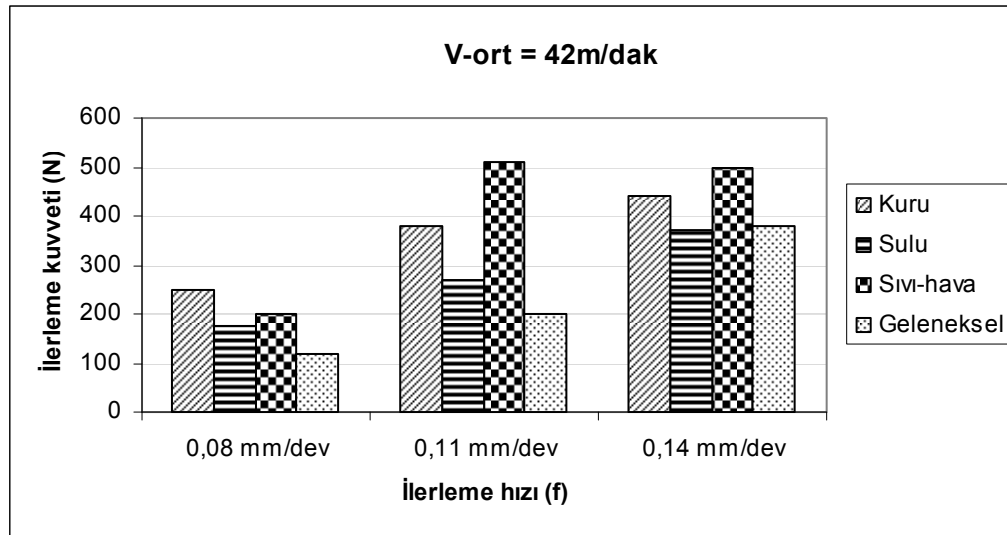
Farklı kesme şartları ve soğutma teknikleriyle yapılan deneylerden elde edilen ilerleme kuvvetleri yukarıdaki grafiklerde gösterilmektedir. İlerleme kuvvetlerine ait grafikler incelendiğinde genel olarak en düşük ilerleme kuvveti geleneksel soğutma ile kesme işleminde gerçekleşmiş olup, oluşan en yüksek ilerleme kuvvetleri sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde oluşmuştur. Genel olarak aynı kesme hızlarında ilerleme arttıkça ilerleme kuvvetleri artmaktadır.

42 m/dk kesme hızında, 0,08 - 0,11 - 0,14 mm/dev ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetlerini incelersek;

42m/dk kesme hızında en yüksek ilerleme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 250N ile kuru kesmede, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 500N ile sıvı-hava karışımı dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvveti, 42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvvetine göre ortalama %100 daha yüksek olduğu görülmüştür.

42m/dk kesme hızında en düşük ilerleme kuvveti 0,08mm/dev ilerleme şartında ortalama 120N ile geleneksel soğutma ile kesmede, 0,14mm/dev ilerleme şartında ise ortalama 370N ile sulu dahili soğutma ile kesmede olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvveti, 42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvvetine göre ortalama %210 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 42m/dk - 0.08 mm/dev kesme şartında, kuru kesme yöntemine kıyasla geleneksel soğutma ile kesme yöntemi %52 oranında daha düşük ilerleme kuvveti elde edilmiştir. 42m/dk - 0.14 mm/dev kesme şartında bu fark %26 oranındadır.



Şekil 5.59. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri

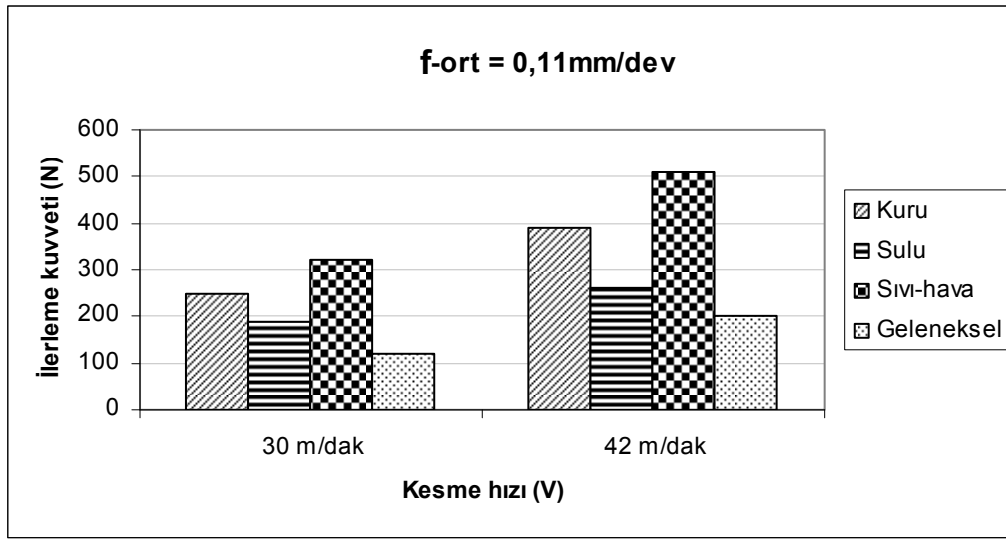
30 – 42 m/dk kesme hızında, 0,11 mm/dev ilerleme hızında oluşan ilerleme kuvvetlerini inceleyerek;

0,11mm/dev ilerleme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvveti 30m/dk kesme hızında ortalama 320N ile sıvı-hava karışıklı dahili soğutmada, 42m/dk kesme hızında ise ortalama 510N ile yine sıvı-hava karışıklı dahili soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvveti, 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek ilerleme kuvvetine göre ortalama %59 daha yüksek olduğu görülmüştür.

0,11mm/dev ilerleme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvveti 30m/dk kesme hızında ortalama 120N ile geleneksel soğutmada, 42m/dk kesme hızında ise ortalama

200N ile yine geleneksel soğutmada olduğu görülmüştür. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvveti, 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük ilerleme kuvvetine göre ortalama %67 daha yüksek olduğu görülmüştür.

Buna göre 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, sıvı-hava karışımı dahili soğutma yöntemine kıyasla geleneksel soğutma ile kesme yönteminde ilerleme kuvveti %63 oranında azalmıştır. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında bu fark % 61 oranında gerçekleşmiştir.



Şekil 5.60. Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında oluşan ilerleme kuvvetleri

### 5.3.3. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım sıcaklıklarına etkisi

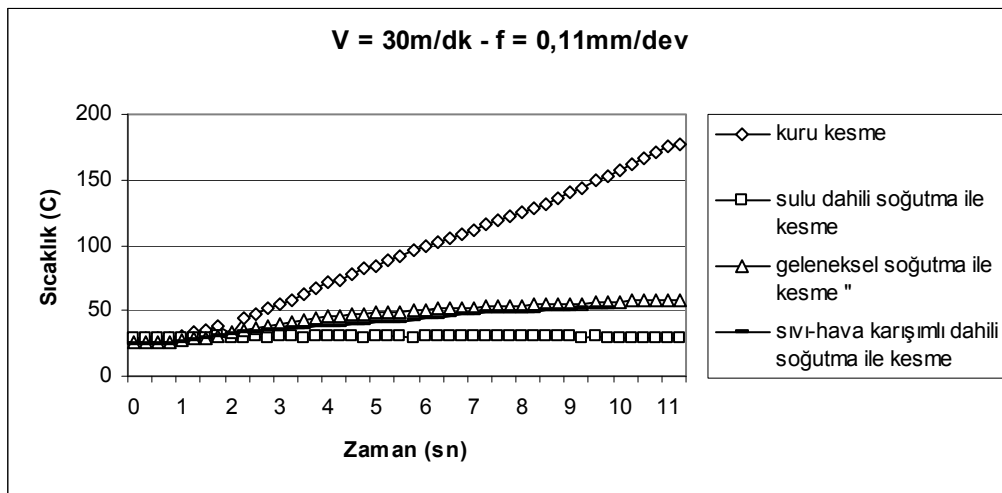
Yapılan deneylerde aynı kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin kesici takım sıcaklığına etkisi incelenmiştir. Elde edilen sıcaklık verileri grafikler halinde kıyaslanmıştır.

Takım sıcaklıkları aşağıda belirtilen iki kesme şartında ölçülmüştür.

$V = 30\text{m/dk}$ ;  $f=0,11\text{mm/dev}$

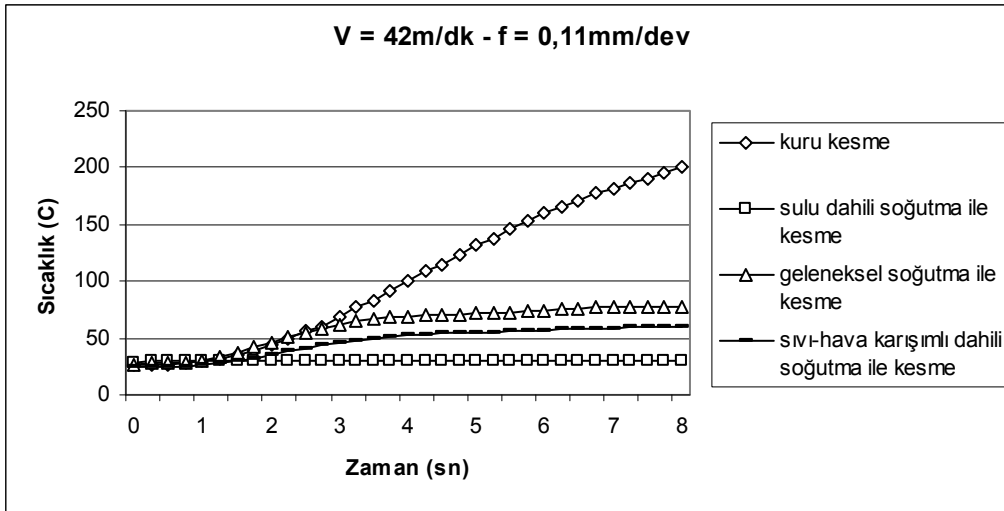
$V = 42\text{m/dk}$ ;  $f=0,11\text{mm/dev}$  'dir.

30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en düşük takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede, en yüksek takım sıcaklığı ise kuru kesme işleminde meydana gelmiştir. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelen takım sıcaklığında önemsenecek kadar artış olmamıştır. Sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işlemi ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan takım sıcaklığı artışı yaklaşık olarak birbirine eşit olduğu görülmektedir. Kesme zamanının 8. saniyesini inceleyecek olursak, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelen takım sıcaklığına göre kuru kesmede %400, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %67, geleneksel soğutma ile kesmede ise %80'e varan takım sıcaklığı artışı meydana gelmiştir.



Şekil 5.61.  $V = 30\text{m/dk} - f = 0,11\text{mm/dev}$  kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en düşük takım sıcaklığı sulu dahili soğutma ile kesmede, en yüksek takım sıcaklığı ise kuru kesme işleminde meydana gelmiştir. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelen takım sıcaklığında önemsenecek kadar artış olmamıştır. Kesme zamanının 8. saniyesini inceleyecek olursak, sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelen takım sıcaklığına göre kuru kesmede %700, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %200, geleneksel soğutma ile kesmede %250'e varan takım sıcaklığı artışı meydana gelmiştir.



Şekil 5.62. V = 42m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin oluşan kesici takım sıcaklıklarına etkisi

Şekil 5.61 ve Şekil 5.62’ de gösterilen farklı soğutma tekniklerinde oluşan kesici takım sıcaklıklarını inceleyecek olursak en yüksek kesici takım sıcaklığı kuru kesmede, en düşük kesici takım sıcaklığı ise sulu dahili soğutma ile kesme işleminde meydana gelmiştir. Kesme hızı sabit tutularak ilerleme hızını arttırınca kesici takım sıcaklıklarının da arttığı görülmektedir.

İki grafiği karşılaştıracak olursak 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan kesici takım sıcaklığı, 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan kesici takım sıcaklığına göre kuru kesmede %38, geleneksel soğutma ile kesmede % 38, sıvı-hava karışımı dahili soğutmada %17 daha az olduğu görülmektedir. Sulu dahili soğutma ile kesme işlemlerinde oluşan kesici takım sıcaklığı her iki grafikte de yaklaşık olarak birbirine eşittir.

#### 5.3.4. Farklı soğutma tekniklerinin oluşan takım-talaş ara yüzeyi genişliğine etkisi

Yapılan deneyde, takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işlemlerinden sonra Şekil 4.11’ de görülen mikroskopta ölçülmüş olup Tablo 5.1, Tablo 5.2, Tablo 5.3 ve Tablo 5.4’ te görülmektedir.

Tablo 5.1. Kuru kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri

Takım-talaş ara yüzeyi genişliği	Kesme şartları (kesme hızı, ilerleme)	Kesme yöntemi	İşleme zamanı
1,5 mm	V = 42m/dk f = 0,08mm/dev	Kuru kesme	65 sn
1,75 mm	V = 42m/dk f = 0,11mm/dev	Kuru kesme	36 sn
2 mm	V = 42m/dk f = 0,14mm/dev	Kuru kesme	27 sn
1,125 mm	V = 30m/dk f = 0,08mm/dev	Kuru kesme	240 sn
1,5 mm	V = 30m/dk f = 0,11mm/dev	Kuru kesme	170 sn
1,75 mm	V = 30m/dk f = 0,14mm/dev	Kuru kesme	89 sn

Tablo 5.2. Sulu dahili soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri

Takım-talaş ara yüzeyi genişliği	Kesme şartları (kesme hızı, ilerleme)	Kesme yöntemi	İşleme zamanı
1,75 mm	V = 42m/dk f = 0,08mm/dev	Sulu dahili soğutma	210 sn
1,875 mm	V = 42m/dk f = 0,11mm/dev	Sulu dahili soğutma	60 sn
2 mm	V = 42m/dk f = 0,14mm/dev	Sulu dahili soğutma	34 sn
1,625 mm	V = 30m/dk f = 0,08mm/dev	Sulu dahili soğutma	300 sn
1,875 mm	V = 30m/dk f = 0,11mm/dev	Sulu dahili soğutma	230 sn
2 mm	V = 30m/dk f = 0,14mm/dev	Sulu dahili soğutma	95 sn



Tablo 5.3. Geleneksel soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri

Takım-talaş ara yüzeyi genişliği	Kesme şartları (kesme hızı, ilerleme)	Kesme yöntemi	İşleme zamanı
1,25 mm	V = 42m/dk f = 0,08mm/dev	Geleneksel soğutma	265 sn
1,75 mm	V = 42m/dk f = 0,11mm/dev	Geleneksel soğutma	85 sn
2 mm	V = 42m/dk f = 0,14mm/dev	Geleneksel soğutma	45 sn
1,75 mm	V = 30m/dk f = 0,08mm/dev	Geleneksel soğutma	1200 sn
2 mm	V = 30m/dk f = 0,11mm/dev	Geleneksel soğutma	600 sn
2,5 mm	V = 30m/dk f = 0,14mm/dev	Geleneksel soğutma	115 sn

Tablo 5.4. Sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminden sonra takım-talaş ara yüzeyi genişlikleri

Takım-talaş ara yüzeyi genişliği	Kesme şartları (kesme hızı, ilerleme)	Kesme yöntemi	İşleme zamanı
1,75 mm	V = 42m/dk f = 0,08mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	100 sn
1,75 mm	V = 42m/dk f = 0,11mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	60 sn
2 mm	V = 42m/dk f = 0,14mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	51 sn
1,625 mm	V = 30m/dk f = 0,08mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	260 sn
1,75 mm	V = 30m/dk f = 0,11mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	210 sn
1,625 mm	V = 30m/dk f = 0,14mm/dev	Dahili soğutma (sıvı-hava)	85 sn

Yukarıdaki tablolar incelendiğinde ilerleme hızı arttıkça takım talaş ara yüzeyi genişliği arttığı görülmektedir.

### 5.3.5. Farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

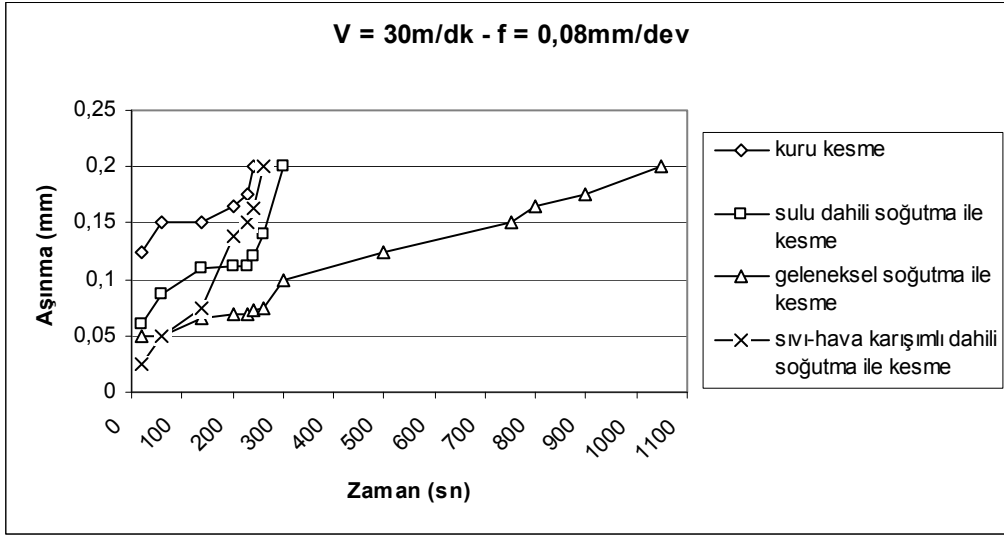
Yapılan deneyde, aynı kesme şartlarında kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işlemlerinde oluşan kesici takım yan kenar aşınmaları mikroskopta ölçülmüş ve grafikler halinde kıyaslanmıştır.

Grafiklerde görülmekte olan kesici takım yan kenar aşınmalarının en düşük ve en yüksek olanları mikroskopta çekilmiş fotoğrafları koyulmuştur.

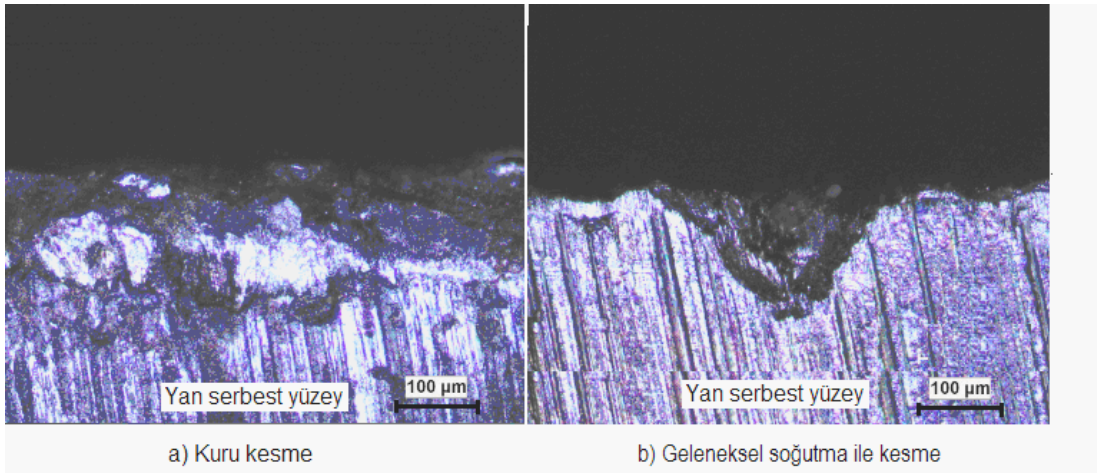
Yapılan aşınma deneyinde, sekiz adet kesici takım kullanılmış ve kesici takımın üç farklı kesme bölgesinde kesme işlemi yapılmıştır. Toplamda 24 adet aşınma deneyi yapılmıştır.

Takım aşınma deneylerinde 0,2mm yan serbest yüzey aşınması kriter olarak alınmıştır. Herhangi bir kesme şartında bu aşınma miktarına ulaşıncaya kadar kesme işlemine devam edilmiştir. Kesme işlemi esnasında aşınma miktarı belli aralıklarla mikroskop altında ölçülerek takip edilmiştir.

30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 1050sn ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 300sn, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede 260sn ve kuru kesmede 240sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kuru kesmeye kıyasla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %8, sulu dahili soğutma ile kesmede %25 ve geleneksel soğutma ile kesmede %337 daha yüksek takım ömrü edilmiştir.

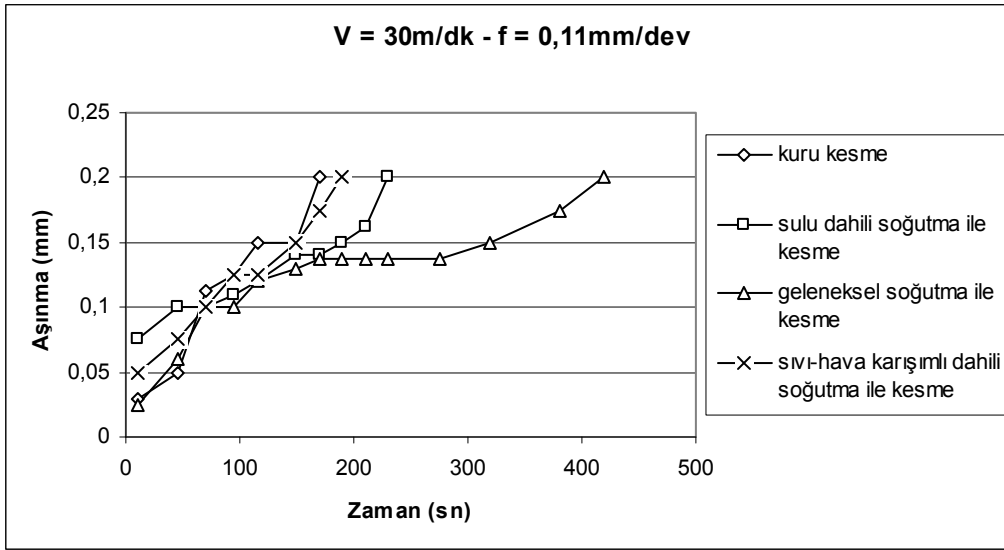


Şekil 5.63. V = 30m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

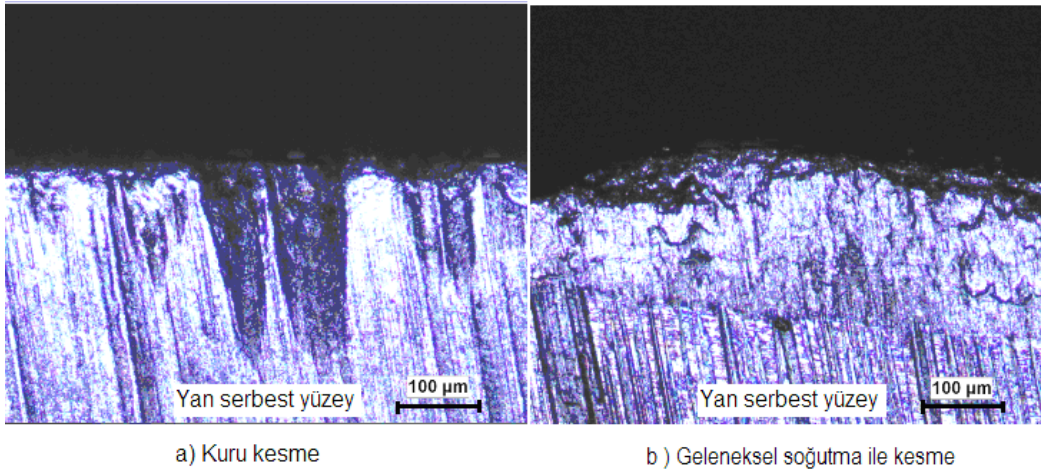


Şekil 5.64. V = 30m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları

30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 420sn ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 230sn, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede 190sn ve kuru kesmede 170sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kuru kesmeye kıyasla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %12, sulu dahili soğutma ile kesmede %35 ve geleneksel soğutma ile kesmede %147 daha yüksek takım ömrü elde edilmiştir.

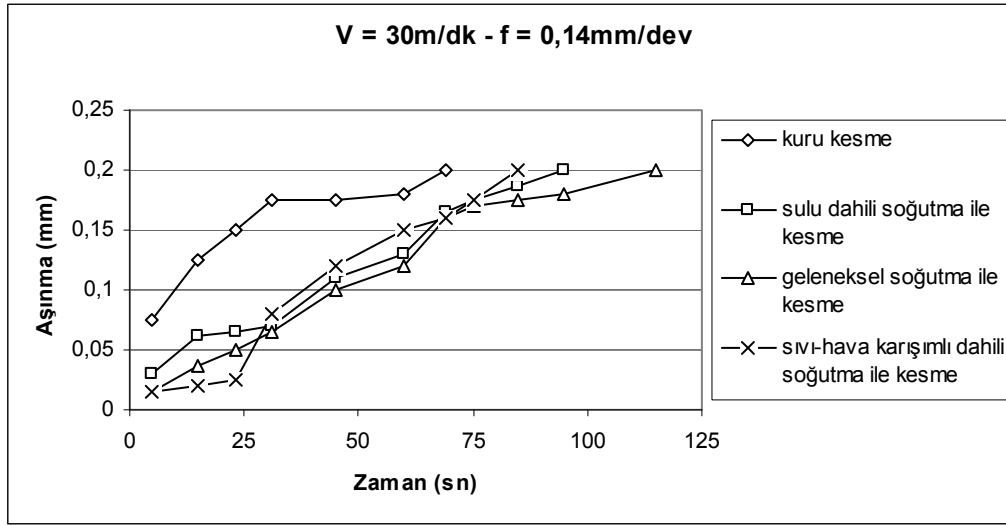


Şekil 5.65. V = 30m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

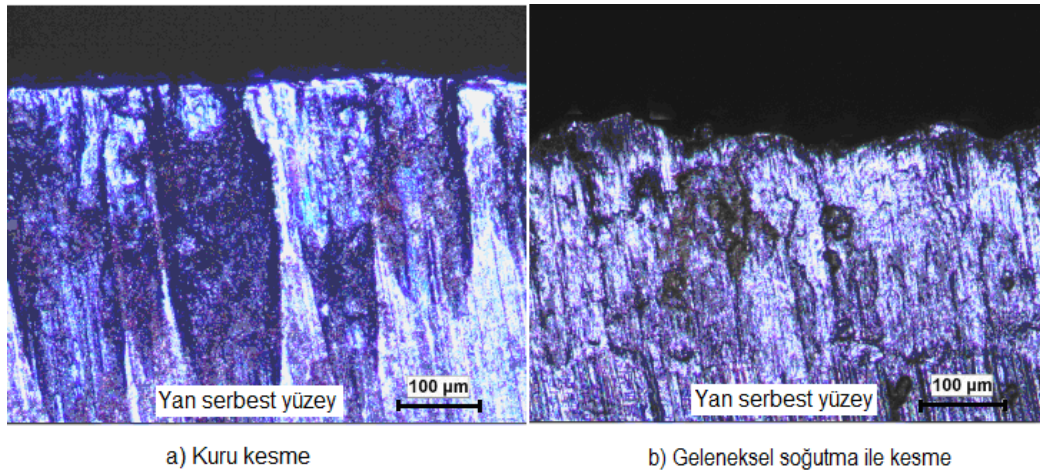


Şekil 5.66. V = 30m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları

30m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 115sn ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 95sn, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede 85sn ve kuru kesmede 69sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre kuru kesmeye kıyasla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %23, sulu dahili soğutma ile kesmede %38 ve geleneksel soğutma ile kesmede %67 daha yüksek takım ömrü elde edilmiştir.

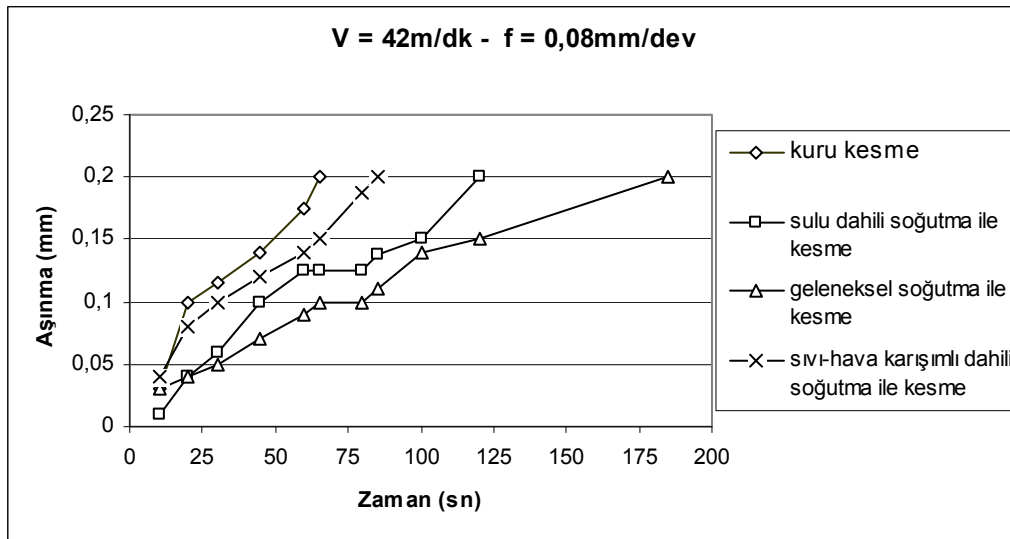


Şekil 5.67. V = 30m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

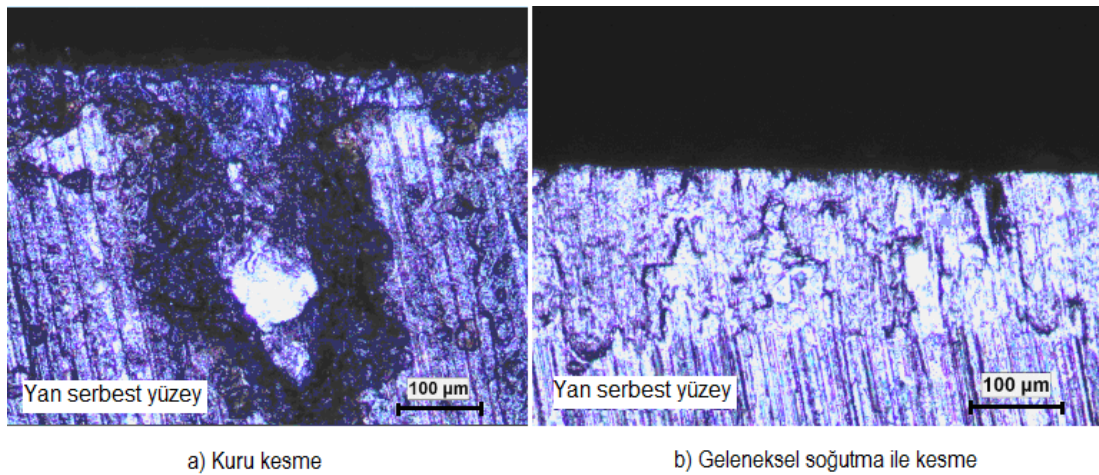


Şekil 5.68. V = 30m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları

42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 185sn ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 120sn, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede 85sn ve kuru kesmede 65sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kuru kesmeye kıyasla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede %31, sulu dahili soğutma ile kesmede %85 ve geleneksel soğutma ile kesmede %185 daha yüksek takım ömrü elde edilmiştir.

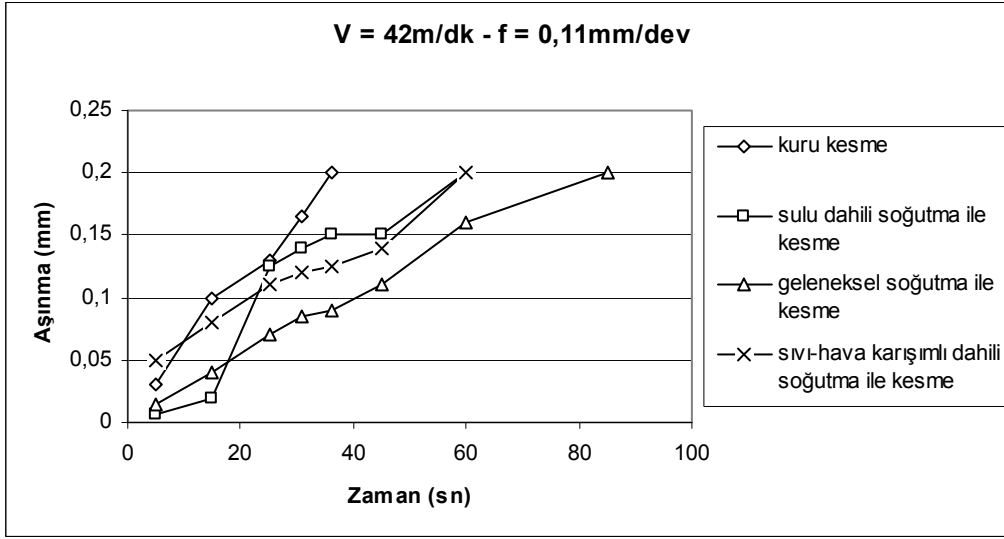


Şekil 5.69. V = 42m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

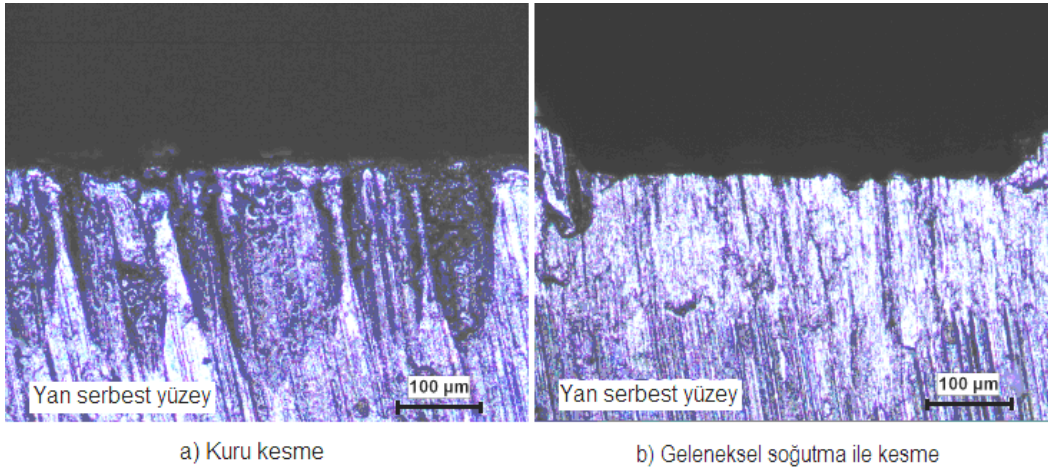


Şekil 5.70. V = 42m/dk – f = 0,08mm/dev kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları

42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 85sn ile geleneksel soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede 60sn, kuru kesmede 36sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kuru kesmeye kıyasla sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesmede ve sulu dahili soğutma ile kesmede %67, geleneksel soğutma ile kesmede ise %136 daha yüksek takım ömrü elde edilmiştir.

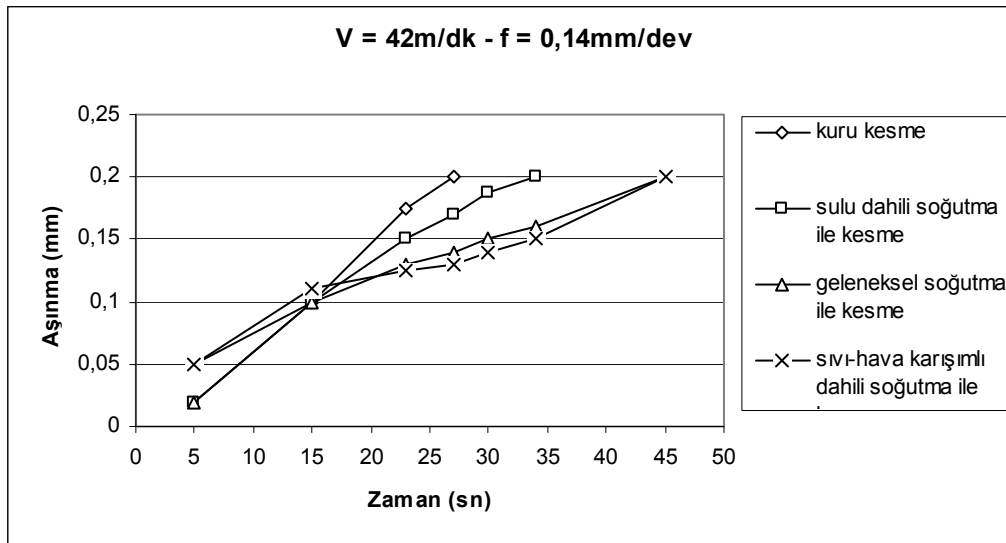


Şekil 5.71. V = 42m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi

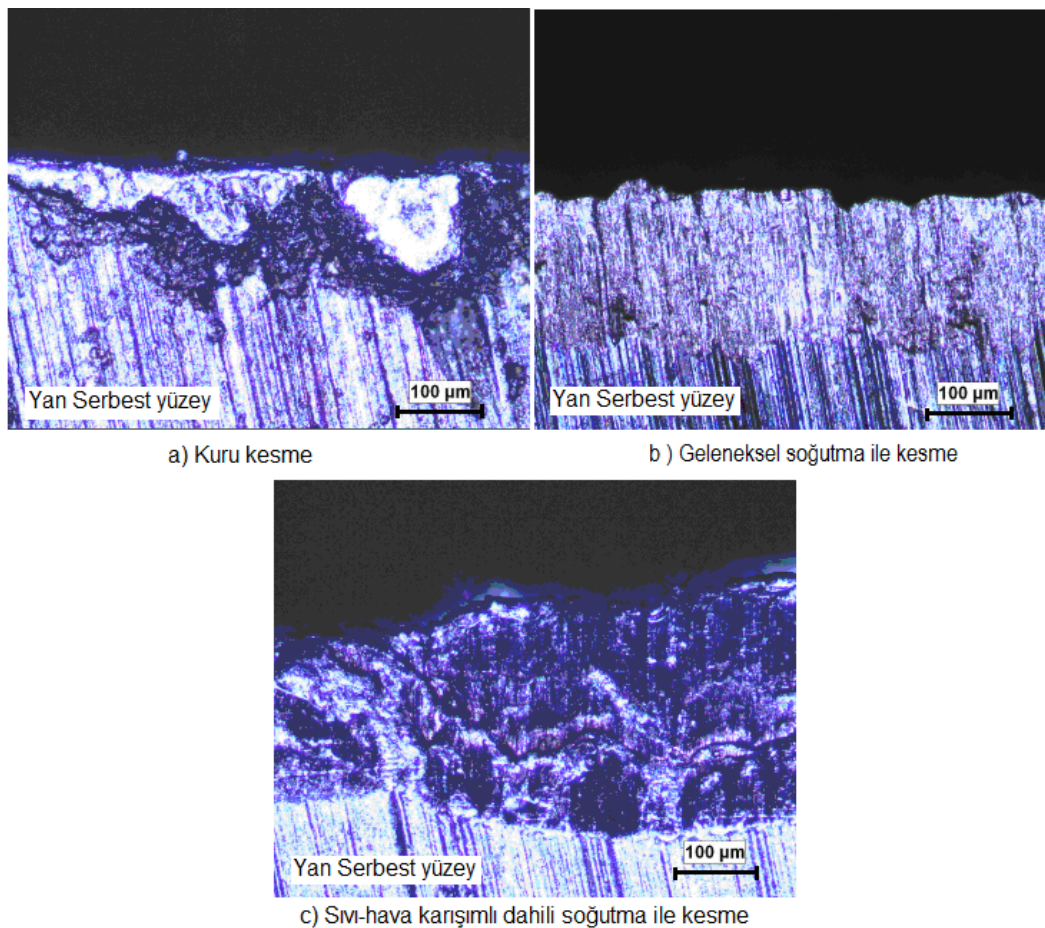


Şekil 5.72. V = 42m/dk – f = 0,11mm/dev kesme şartlarında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme işleminde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları

42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında, en yüksek takım ömrü 45sn ile geleneksel soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işleminde gözlemlenmiş olup sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesmede 34sn, kuru kesmede 27sn takım ömrü elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre, kuru kesmeye kıyasla sulu dahili soğutma ile kesmede %26, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme ve geleneksel soğutma ile kesmede %67 daha yüksek takım ömrü elde edilmiştir.



Şekil 5.73. V = 42m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında, farklı soğutma tekniklerinin, kesici takım aşınmalarına etkisi



Şekil 5.74. V = 42m/dk – f = 0,14mm/dev kesme şartlarında kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme işlemlerinde 100 kat büyütülmüş yan serbest yüzey aşınmaları



Yapılan aşınma deneylerinde kesme hızı ve ilerleme arttıkça takım ömrünün azaldığı görülmektedir. Genel olarak en düşük takım ömrü kuru kesmede olup daha sonra sırasıyla sulu dahili soğutma ile kesme, sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesme ve en yüksek takım ömrü ise geleneksel soğutma ile kesme işleminde elde edilmiştir.

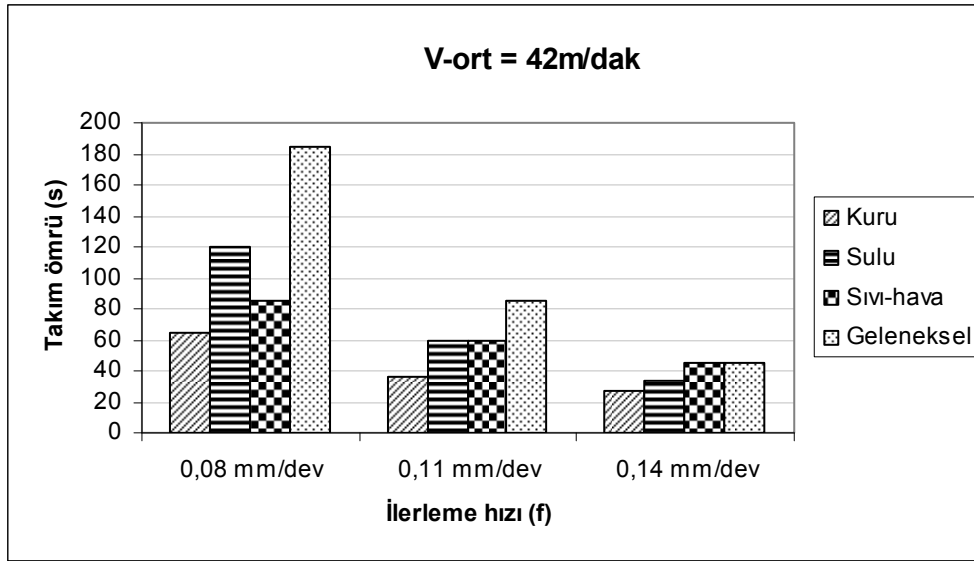
Aynı kesme hızlarında ilerleme hızı arttıkça en düşük takım ömrüne sahip kuru kesme ile en yüksek takım ömrüne sahip geleneksel soğutma ile kesme arasındaki takım ömrü farkı azalmaktadır.

42m/dk kesme hızı, 0,08 – 0,11 – 0,14mm/dev ilerleme hızlarında oluşan takım ömürlerini kıyaslayacak olursak;

42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en düşük takım ömrü 65sn ile kuru kesmede iken, 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en düşük takım ömrü 27sn ile yine kuru kesme oluşmuştur. Buna göre yüksek ilerleme hızında takım ömrü %59 oranında düşmektedir.

42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek takım ömrü 185sn ile geleneksel soğutma ile kesmede iken, 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek takım ömrü 45sn ile yine geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Buna göre yüksek ilerleme hızında takım ömrü %76 oranında düşmektedir.

Buna göre 42m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında, geleneksel soğutma ile kesme yöntemine kıyasla kuru kesme yöntemindeki takım ömrü %65 oranında azalmıştır. 42m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında bu fark % 40 oranında gerçekleşmiştir.



Şekil 5.75. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında takım ömürleri

30 - 42m/dk kesme hızları, 0,11mm/dev ilerleme hızında oluşan takım ömürlerini kıyaslayacak olursak;

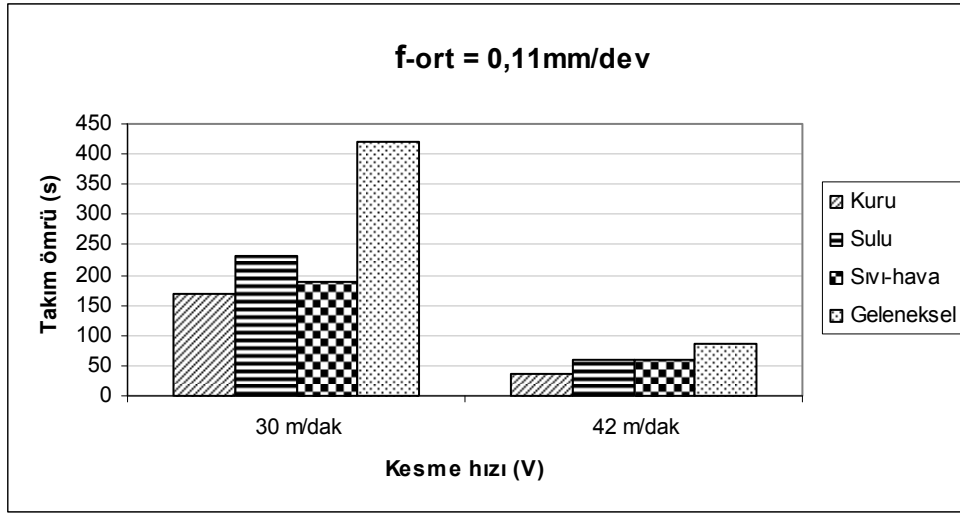
30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük takım ömrü 170sn ile kuru kesmede iken, 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en düşük takım ömrü 36sn ile yine kuru kesmede oluşmuştur. Buna göre yüksek kesme hızında takım ömrü %79 oranında düşmektedir.

30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek takım ömrü 420sn ile geleneksel soğutma ile kesmede iken, 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan en yüksek takım ömrü 85sn ile yine geleneksel soğutma ile kesmede oluşmuştur. Buna göre yüksek kesme hızında takım ömrü %80 oranında düşmektedir.

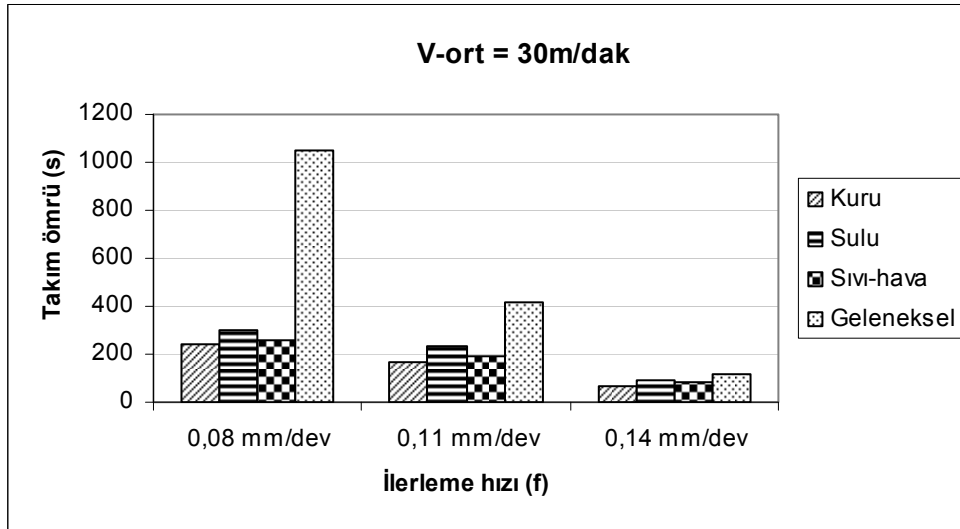
Buna göre 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında, geleneksel soğutma ile kesme yöntemine kıyasla kuru kesme yöntemindeki takım ömrü %60 oranında azalmıştır. 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında bu fark % 58 oranında gerçekleşmiştir.

Aynı kesme hızlarında ilerleme hızı arttıkça en yüksek takım ömrüne sahip geleneksel soğutma ile kesme ile sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme ve sulu dahili soğutma ile kesme arasındaki takım ömrü farkları azalmaktadır. Bunun sebebi ise ilerleme hızı arttıkça takım talaş ara yüzeyi genişliği artmakta ve kesici takımın

geometrik yapısından dolayı talaş kesici takımın sahip olduğu etkin soğuma bölgesine yaklaşmaktadır.



Şekil 5.76. Sabit ilerleme ve farklı kesme hızlarında takım ömürleri

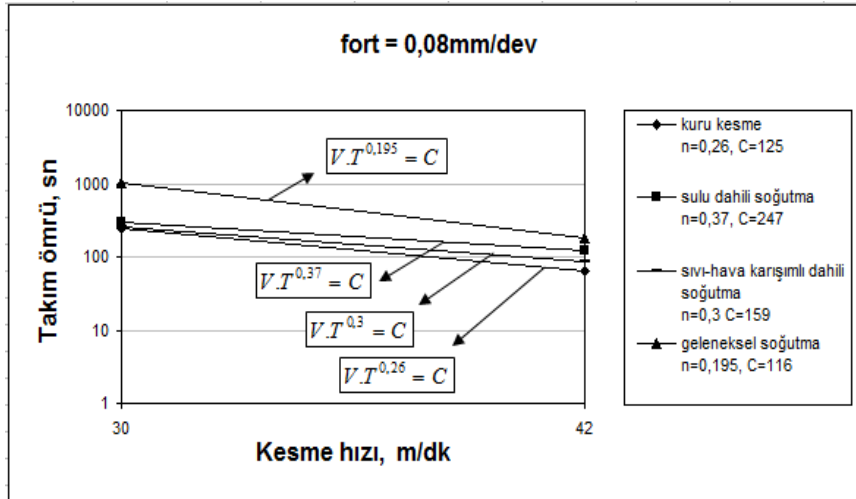


Şekil 5.77. Sabit kesme ve farklı ilerleme hızlarında takım ömürleri

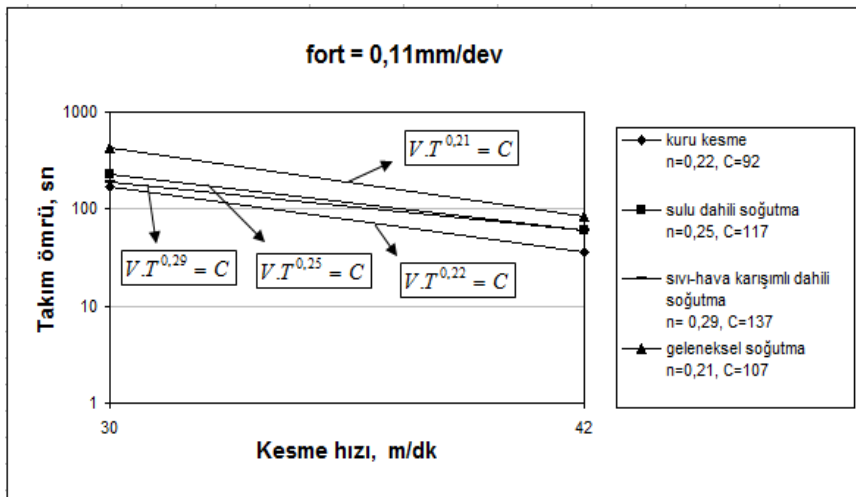
Farklı kesme yöntemlerinde, sabit ilerleme ve talaş derinliğinde takım ömrü – kesme hızı bağıntısına ait logaritmik grafikler aşağıdaki gösterilmektedir.

Takım ömrü – kesme hızı bağıntısına ait grafiklerde “ $V.T^n = C$ ” denklemi verilmiş olup 1 dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızı gösterilmiştir.

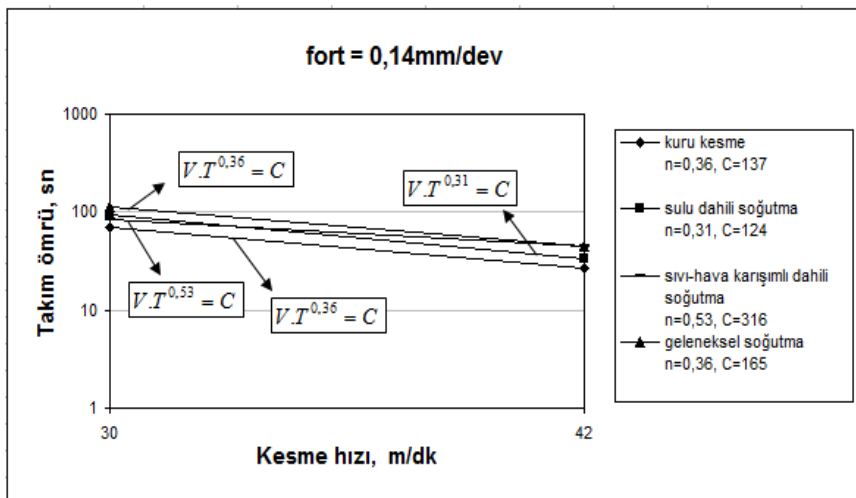
$V.T^n = C$  denkleminde  $V$  = kesme hızı,  $T$  = takım ömrü,  $n$  = takım - iş parçası ikilisine bağlı sabittir.  $C$  ise bir dakikalık takım ömrüne karşılık gelen kesme hızıdır.



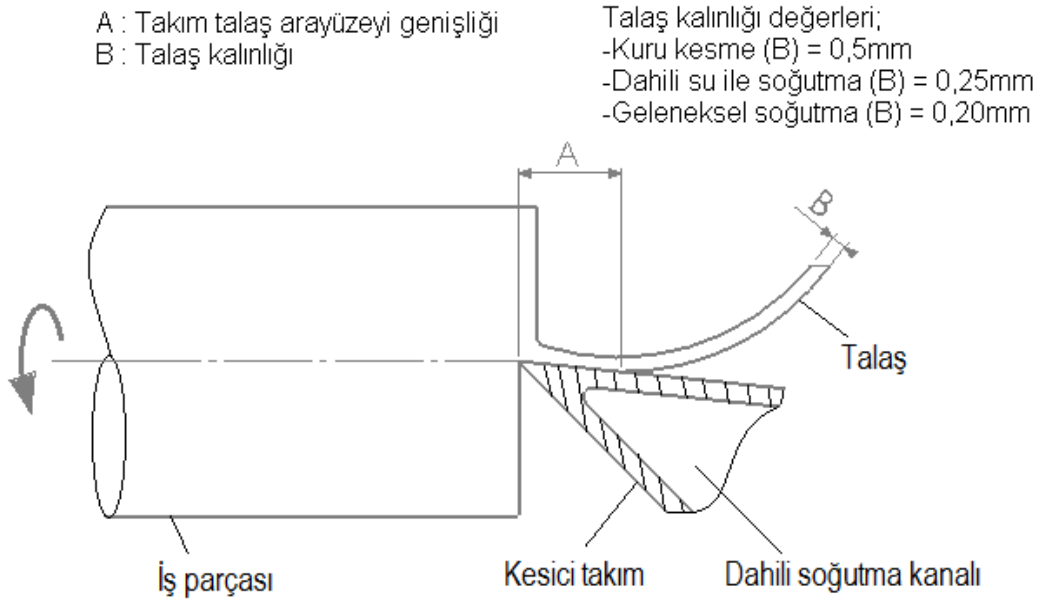
Şekil 5.78. Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: 0,08mm/dev)



Şekil 5.79. Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: 0,11mm/dev)



Şekil 5.80. Takım ömrü – kesme hızı bağıntısı (ilerleme: 0,14mm/dev)



Şekil 5.81. Talaş kaldırma işlemi esnasında oluşan takım talaş ara yüzeyi genişliği ve talaş kalınlığı

Dahili soğutma ile kesme işleminde ilerleme hızı arttıkça, takım ömrü geleneksel soğutma ile kesme işleminde oluşan takım ömrüne yaklaştığı görülmektedir. Bunun sebebi şöyle açıklanabilir; ilerleme hızı arttıkça takım talaş ara yüzeyi genişliği (A) artmakta ve buna bağlı olarak takım-talaş ara yüzeyinde oluşan en sıcak bölge soğutma kanalına yaklaşmakta dolayısıyla daha etkin bir soğuma sağlanmaktadır.

Kesici takım sıcaklıkları dikkate alındığında kesme yöntemlerinin büyükten küçüğe doğru kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme ve sulu dahili soğutma ile kesme şeklinde sıralandığı görülmektedir. Sulu dahili soğutma yönteminde, takım sıcaklığının en düşük değerde olması suyla sağlanan daha etkin soğutmayla açıklanabilir. Kesici takım sıcaklıklarının büyükten küçüğe doğru sıralanışının, farklı kesme yöntemlerinde ortaya çıkan talaş kalınlıkları ile desteklendiği görülmektedir.

Talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetlilerinin, takım talaş ara yüzeyi genişliğine bağlı olarak arttığı söylenebilir. Takım talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklık, soğutma sıvılarının yardımıyla düşürüldüğünde takım talaş ara yüzeyi genişliği de buna bağlı olarak azalmakta ve kesme kuvvetlerinde düşüş olduğu gözlemlenmektedir.

## 5.4. Sonuçlar Ve neriler

### 5.4.1. Sonuçlar

- a) Sabit kesme hızlarında, genel olarak ilerleme hızı arttıkça kesme ve ilerleme kuvvetleri artmaktadır.
- b) Sabit ilerleme hızlarında, genel olarak kesme hızı arttıkça kesme ve ilerleme kuvvetleri azalmaktadır.
- c) Sabit kesme hızlarında, genel olarak ilerleme hızları arttıkça kesici takım sıcaklığı artmaktadır.
- d) Sabit ilerleme hızlarında, genel olarak kesme hızları arttıkça kesici takım sıcaklığı artmaktadır.
- e) Aynı kesme şartlarında, pirinç malzemenin işlenmesinde kesme kuvvetleri dikkate alındığında, kesme yöntemleri büyükten ke doğru sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ile kesme, kuru kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve geleneksel soğutma ile kesme olarak sıralandığı görülmektedir.
- f) Pirinç malzemenin işlenmesinde, oluşan kesme kuvvetleri açısından birbirleriyle kıyaslandığında en düşük oran % 12 ile 102m/dk - 0.11 mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ve geleneksel soğutma arasında, en yüksek oran % 33 ile 72m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ve geleneksel soğutma arasında olduğu görülmektedir.
- g) Pirinç malzemenin işlenmesinde, oluşan ilerleme kuvvetleri açısından birbirleriyle kıyaslandığında en düşük oran % 24 ile 144m/dk - 0.11 mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ve kuru kesme arasında, en yüksek oran % 60 ile 72m/dk - 0,14mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışımlı dahili soğutma ve kuru kesme arasında olduğu görülmektedir.

- h) Pirinç malzemenin işlenmesinde genel olarak kesici takım sıcaklığı dikkate alındığında kesme yöntemleri büyükten küçüğe doğru kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme olarak sıralandığı görülmektedir.
- i) Pirinç malzemesi işlenmesinde genel olarak sulu dahili soğutma ile kesme işleminde farklı akışkan debisinin kesme, ilerleme kuvvetlerine ve kesici takım sıcaklığına dikkate değer bir etki ettiği söylenemez.
- j) Kesici takım yardımıyla pirinç malzemesinden kuru kesme ve farklı soğutma teknikleriyle talaş kaldırılmasından sonra mikroskopta ölçülen kesici takım yan serbest yüzey aşınması  $50 \mu m$  olduğu görülmüştür.
- k) Çelik malzemenin işlenmesinde genel olarak kesme ve ilerleme kuvvetleri dikkate alındığında kesme yöntemleri büyükten küçüğe doğru sıvı-hava karışimli dahili soğutma ile kesme, kuru kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve geleneksel soğutma ile kesme olarak sıralandığı görülmektedir.
- l) Çelik malzemenin işlenmesinde, oluşan kesme kuvvetleri açısından birbirleriyle kıyaslandığında en düşük oran % 23 ile 42m/dk - 0.08 mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışimli dahili soğutma ve geleneksel soğutma ile kesme arasında, en yüksek oran % 59 ile 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışimli dahili soğutma ve sulu dahili soğutma ile kesme arasında olduğu görülmektedir.
- m) Çelik malzemenin işlenmesinde, oluşan ilerleme kuvvetleri açısından birbirleriyle kıyaslandığında en düşük oran % 26 ile 42m/dk - 0.14 mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışimli dahili soğutma ve sulu dahili soğutma ile kesme arasında, en yüksek oran % 64 ile 30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında sıvı-hava karışimli dahili soğutma ve geleneksel soğutma ile kesme arasında olduğu görülmektedir.
- n) Çelik malzemenin işlenmesinde genel olarak kesici takım sıcaklığı dikkate alındığında kesme yöntemleri büyükten küçüğe doğru kuru kesme, geleneksel

soğutma ile kesme, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme olarak sıralandığı görülmektedir.

- o) Çelik malzemenin işlenmesinde, oluşan kesici takım sıcaklığı açısından birbirleriyle kıyaslandığında 30m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan kesici takım sıcaklığı, 42m/dk - 0,11mm/dev kesme şartında oluşan kesici takım sıcaklığına göre kuru kesmede %38, geleneksel soğutma ile kesmede % 38, sıvı-hava karışımı dahili soğutmada %17 daha az olduğu görülmektedir.
- p) Çelik malzemenin işlenmesinde takım-talaş ara yüzeyi genişliği, sabit kesme hızında ilerleme arttıkça artmakta, sabit ilerleme hızında kesme hızı arttıkça azalmaktadır.
- q) Çelik malzemenin işlenmesinde genel olarak takım ömrü büyükten küçüğe doğru geleneksel soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme, sıvı-hava karışımı dahili soğutma ile kesme ve kuru kesme olarak sıralandığı görülmektedir.
- r) Çelik malzemenin işlenmesinde, kesme hızı ve ilerleme arttıkça takım ömrünün azaldığı görülmektedir.
- s) Çelik malzemenin işlenmesinde, takım ömrü açısından kıyaslandığında en düşük oran % 8 ile 30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme arasında, en yüksek oran % 337 ile 30m/dk - 0,08mm/dev kesme şartında kuru kesme ve geleneksel soğutma ile kesme arasında olduğu görülmektedir.



### 5.4.2. Öneriler

- a) Farklı soğutma yöntemleri kullanarak kesme ve ilerleme kuvvetlerine, oluşan kesici takım sıcaklığına ve kesici takım ömürlerine etkileri incelenebilir.
- b) Kesici takım sıcaklığı ölçümünde farklı yöntemler kullanılabilir.
- c) Kuru kesme, geleneksel soğutma ile kesme, sulu dahili soğutma ile kesme ve sıvı-hava karışıklı dahili soğutma ile kesme işlemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etkileri incelenebilir.
- d) Kesici takıma kaplama yapılarak işlenebilirliğe etkileri incelenebilir.
- e) Sonlu elemanlar tekniğıyle, kesici takımında sıcaklık dağılımı modellenerek yapılan deneylerle karşılaştırılabilir.
- f) Daha etkili dahili kanal tasarımı yapılabilir.
- g) Dahili soğutmada, düşük sıcaklıkta faz dönüşümüne uğrayan akışkanlar kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] ZHANG, J.H., Theory and technique of precision cutting, Pergamon Press, 1-50, Oxford, 1991
- [2] SANDVIK, C., Modern metal cutting – A practical handbook, English Edition, Sandvik Coromant, I-III, Sweden, 1994
- [3] KÖKSAL, S., Face milling of nickel-based superalloys with coated and uncoated carbide tools, PhD thesis, School of Engineering, 1-60, Coventry University, England, Coventry, 2000
- [4] DEGARMO, E.P., Black, J.T., and Kohser, R.A., Materials and processes in manufacturing, Prentice-Hall Inc, 214-652, New Jersey, 1997
- [5] ERASLAN, M., Kesici Takımda aşınmaya bağlı sıcaklık dağılımının sonlu elemanlar yöntemi ile analizi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, İstanbul, 1994
- [6] ŞAHİN, H.M., Acır, A., Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım ve talaş arasında oluşan sıcaklık dağılımının sonlu farklar metodu ile analizi, Politeknik Dergisi, Cilt: 6, Sayı: 3, S. 541–549, 2003
- [7] ÇEVİK, E., Tornalama işleminde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşım, Haziran, 2006
- [8] İŞBİLİR, F., Takım ömrünün sebep-sonuç diyagramları ile açıklanması yüzey pürüzlülüğü ve takım ömrüne etkili faktörlerin analizi, Mayıs, 2006

- [9] UCUN, İ., ASLANTAŞ, K., KARABULUT, A., Ortogonal kesme işleminde takım talaş temas uzunluğundaki değişimin araştırılması, Mayıs, 2009
- [10] AKBEN, U., Minimum miktarda yağlama (MMY) ile kesmenin takım aşınması ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi, Haziran, 2009
- [11] MALYER, E., Kesici takımlarda aşınma, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 2001
- [12] NOUARI, M., LIST, G., GIROT, F., COUPARD, D., Experimental analysis and optimization of tool wear in dry machining of aluminium alloys, *Wear*, 255:1359-1368, 2003
- [13] GROOVER, M.P., *Fundamentals of modern manufacturing, materials processing and systems*, 2nd ed, pp. 558-560, Wiley, New York, 2002
- [14] KRAR, S.F., GILL, A.R., SMİD, P., *Technology of machine tools*, 6th ed, p. 262, Mc Graw Hill, New York, 2005
- [15] KALPAKJIAN, S., *Manufacturing engineering and technology*, 3rd ed, pp. 653-659, Addison-Wesley, New York, 1995
- [16] NORDIC council of ministers, IVL Swedish Environmental Research Institute VTT, *Environmentally acceptable metalworking processes*, 2002
- [17] SALES, W.F., DINIZ, A.E., MACHADO, A.R., Application of cutting fluids in machining processes, *Journal of the brazilian society of mechanical sciences*, 23(2), 2001
- [18] KURAM, E., Bitkisel esaslı kesme sıvılarının delmedeki performansının araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze, 2009

- [19] GÜNDOĞDU, H.E., Kesme sıvılı ve kuru talaşlı işlemenin iş parçası ve kesici takım üzerindeki etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006
- [20] STEPHENSON, D.A., AGAPIOU, J.S., Metal cutting theory and practice, 2nd ed, pp. 767-783, Taylor & Francis, New York, 2006
- [21] VARADARAJAN, A.S., PHILIP, P.K., Ramamoorthy, B., Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning, 24 July, 2001
- [22] VISHAL, S., SHARMA, M.D., SURI, N.M., Cooling techniques for improved productivity in turning, 8 December, 2008
- [23] GODLEVSKI, V.A., Water steam lubrication during machining, Tribologia, 162(6) 11, 890–901, 1998
- [24] TRENT, E.M., WRIGHT, P.K., Metal Cutting, fourth ed, Butterworth Heinemann, Oxford, 2000
- [25] SANDVIK Coromant Documentation, Tooling Catalogues, 2006
- [26] ÇAKIR, O., KIYAK, M., ALTAN, E., Comparison of gases applications to wet and dry cuttings in turning, Journal of Materials Processing Technology, 153–154, 35–41, 2004
- [27] ALTAN, E., KIYAK, M., ÇAKIR, O., The effect of oxygen gas application into cutting zone on machining, in: Proceedings of the Sixth Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis, ESDA, 2002, pp.1–5, İstanbul, 2002

- [28] KO, T.J., KIM, H.S., CHUNG, B.G., Air-oil cooling method for turning of hardened material, International Journal of Advance Manufacturing Technology, 15, 470-477, 1999
- [29] ANAÇ, N., AY, İ., Soğutma sıvılarının insan sağlığına etkileri, Metal Makine, sayı:149, 2004
- [30] RIETSCHER, R.L., CONDE-SALAZAR, L., GOOSSENS, A., Atlas of contact dermatitis, Martin Dunitz Ltd, 1.Edition, 1-3, 1999
- [31] Safety&Healty Assessment&Researh for Prevention Technical Report, Prevention of skin problems when working with metal working fluids, 55-7, 2001
- [32] YÜCEL. E., Talaş kaldırma işleminde kullanılan soğutma sıvılarının operatör sağlığı üzerindeki etkileri ve alternatif soğutma tekniklerinin incelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, 2010
- [33] AUTRET, R., LIANG, S.Y., Minimum quantity lubrication in finish hard turning, Communication And Control Environment and Management, 29-31, (HNICEM) International Conference, Manila, Philippines, March, 2003
- [34] İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, 1475 sayılı ve 25 Ağustos 1971 tarihli kanun
- [35] ÇAKIR, M.C., IŞIK, Y., Takım çeliklerinin talaşlı imalatında kesme kuvvetleri ile takım ömrü arasındaki ilişkinin deneysel olarak incelenmesi, 397-403, 9.Uluslararası makine tasarım ve imalat kongresi, ODTÜ, Ankara 2000
- [36] BATMAN, F., Farklı takım geometrilerinin işlenebilirliğe etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2008

- [37] ÖZKÖK, A., Kesme kuvvetlerinin belirlenmesinde bilgisayar desteği, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 1999
- [38] MERGEN, R., HSS takımındaki talaş açısının kesmeye etkisinin sonlu elemanlar metoduyla analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2005
- [39] KORKUT, İ., Torna tezgahında strain gage ile ölçüm yapan bilgisayar bağlantılı dinamometre tasarımı ve imalatı, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 1996
- [40] [www.efunda.com](http://www.efunda.com), (Erişim tarihi: Şubat 2011)
- [41] ÖZDEMİR, H., Tornalama işleminde kesme kuvveti ölçümünde kullanılacak dinamometre tasarımı ve üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006
- [42] [www.bilimfeneri.gen.tr](http://www.bilimfeneri.gen.tr), (Erişim tarihi: Ocak 2011)
- [43] [www.metrogoly.com](http://www.metrogoly.com) (Erişim tarihi: Şubat 2011)
- [44] GÖKKAYA, H., Takım - talaş ara yüzey sıcaklığının ısı çift yöntemiyle ölçülmesi ve kesici takım ile takım tutucu üzerindeki etkilerinin sonlu elemanlarla incelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2004
- [45] SİĞİRTMAÇ, T., Kalıp çeliklerinin ortogonal tornalanması işlemlerinde kesme kuvvetlerinin modellenmesi ve kesici uç kaplama malzemelerinin etkilerinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 2000
- [46] <http://www.ordel.com.tr/tr/termokupl-bilgileri>, (Erişim tarihi: Şubat 2011)
- [47] <http://ozct.com.tr/tr/>, (Erişim tarihi: Ocak 2011)
- [48] <http://www.kar-tes.com.tr>, (Erişim tarihi: Haziran 2011)

## ÖZGEÇMİŞ

Emrah ARDA, 16.04.1987 tarihinde Sakarya'da doğdu. İlköğretim ve ortaöğretimi Karaosman ilköğretim okulunda tamamladı. 2004 yılında Sakarya 1. Endüstri Meslek Lisesi Tesviye bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2009 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.