

155995

**KESME PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK TALAŞ
ARKAYÜZEY SICAKLIĞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

Mehmet BOY

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(MAKİNA EĞİTİMİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2004
ANKARA**

Mehmet BOY tarafından hazırlanan KESME PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK TALAŞ ARKA YÜZEY SICAKLIĞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

Tez Daneticisi

Bu çalışma jürimiz tarafından Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Prof. Dr. Ulvi SEKER



Üye :

Doç. Dr. Ersan ASLAN



Üye :

Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT (Danışman)



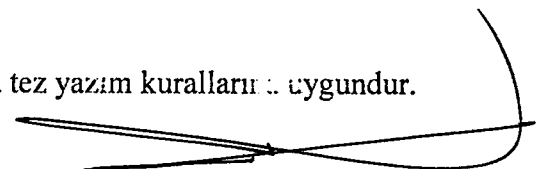
Üye :

.....

Üye :

.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kuralları ile uygundur.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. Isıl Çift (Thermocouple) Yöntemi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	4
2.2. Radyasyon Esaslı Sıcaklık Ölçüm Yöntemleri Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	8
2.3. Termal Boyalar Kullanarak Sıcaklık Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	9
2.4. Sıcaklık Ölçümünde Kullanılan Farklı Yöntemler Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	9
2.5. Sıcaklık Dağılımıyla İlgili Analitik Modeller Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	10
2.6. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar.....	11
2.7. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi.....	13
3.TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ.....	15
3.1. Kesme Mekanîği.....	15
3.2. Kesme Kuvvetleri.....	16
3.3. Talaş Oluşum Mekanîği.....	18

3.3.1. Sürekli talaş.....	18
3.3.2. Kesikli talaş.....	19
3.3.3. Sıvanmalı-sürekli talaş.....	20
3.4. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler.....	22
3.4.1. Kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği.....	22
3.4.2. Takım geometrisi ve yavaşma açısının etkisi.....	22
3.4.3. Takım uç yarıçapı.....	23
3.4.4. Takım aşınması.....	24
3.4.5. Titreşimin etkisi.....	25
3.4.6. İş malzemesi.....	25
3.4.7. Takım malzemesi.....	25
4.TALAŞ KALDIRMA SIRASINDA ISI OLUŞUMU.....	28
4.1. Talaş Kaldırmada Isı Transferi.....	30
4.2. Metal Kesmede Sıcaklık Dağılımı.....	31
4.3. Birinci Deformasyon Bölgesindeki Sıcaklıklar.....	32
4.4. İkinci Deformasyon Bölgesindeki Sıcaklıklar.....	33
4.5. Sıcaklığı Etkileyen Kesme Şartları.....	34
4.6. Sıcaklık Artışında Kesme Hızının Etkisi.....	35
5.TALAŞ KALDIRMA SIRASINDA OLUŞAN SICAKLIĞIN ÖLÇÜLMESİ.....	36
5.1. Kesme Sırasında Isı ve Sıcaklığın Ölçülmesinde Kullanılan DeneySEL Yöntemler.....	36
5.1.1. Isı ölçüm yöntemi.....	36
5.1.2. Sıcaklık ölçümünde ısı çift yöntemi ve ilkeleri.....	37

5.1.3. Radyasyon esaslı sıcaklık ölçüm yöntemleri.....	44
5.1.4. Erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin kullanılması ile sıcaklık dağılımının belirlenmesi.....	47
5.1.5. Dağlama Yöntemi.....	48
5.2. Isıl Çift.....	50
5.2.1. Isıl çiftin tanımı.....	50
5.2.2. Isıl çift eleman teli cinsleri.....	51
6. MATERYAL VE METOD.....	56
6.1. Deney Numuneleri.....	56
6.2. Kesici Takım ve Takım Tutucu.....	57
6.3. Takım Tezgahı.....	57
6.4. Isıl Çift.....	57
6.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	58
6.6. Sıcaklık Ölçümü İçin Kullanılacak Giriş/Çıkış (I/O) Kartı Tipinin Belirlenmesi ve Yazılımın Seçilmesi	62
6.7. Kesme Parametrelerinin Seçimi.....	64
6.8. Deney Setinin Oluşturulması.....	66
7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	71
7.1. Genel Esaslar.....	71
7.2. Kesme Hızı ve İlerlemeye Bağlı Olarak Talaş Arka Yüzey Sıcaklığındaki Değişim.....	73
7.3. Kesme ve İlerlemeye Bağlı Olarak Kesme Kuvvetlerinin Değerlendirilmesi.....	80
7.4. Esas Kesme Kuvveti ile Talaş Arka Yüzey Sıcaklığının Birlikte Değerlendirilmesi.....	84
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	90

8.1. Sonuçlar.....	90
8.2. neriler.....	92
KAYNAKLAR.....	94
ÖZGEÇMİŞ.....	98



KESME PARAMETRELERİNE BAĞLI OLARAK TALAŞ ARKA YÜZEY SICAKLIĞININ DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Mehmet BOY

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Mayıs 2004

ÖZET

Malzemelerde talaş kaldırma sırasında açığa çıkan ısının takım-talaş ara yüzeyinde oluşturduğu sıcaklığın takım ömrü ve iş parçasının yüzey kalitesi üzerinde bir etkisinin olduğu bilinmekte ve bu sıcaklığın ölçülebilmesi için kullanılacak yöntemler sürekli olarak araştırılmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu yöntemlerden kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemi ile kesme parametrelerine bağlı olarak talaş arka yüzey sıcaklığının ölçülebilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, özellikleri iyi bilinen AISI 1117 çeliği üzerinde yapılan talaş kaldırma deneyleri ile, kesme hızının, ilerlemenin ve kesme derinliğinin talaş yüzeyindeki sıcaklık değişimlerine etkisi ve aynı anda kesici takıma etki eden kesme kuvvetleri ile ilişkisi incelenmiştir. Sıcaklık ölçümü için, kesici takım ve takım tutucuya önceden delinmiş delik içerisine 1.5 mm çapında K tipi ısı çift yerleştirilerek, elde edilen veriler kurulan deney düzeneği ile doğrudan bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Kuvvet ölçümü için KISTLER 9257 B tipi dinamometre ve yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular ışığında, deneylerde kullanılan kesme parametrelerindeki (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği) artışla beraber talaş arka yüzeyindeki sıcaklıkta bir artış olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar kesme hızının sıcaklık üzerinde daha etkili bir parametre olduğunu, ilerlemenin etkisinin ise daha az olduğunu göstermiştir. Kesme kuvvetleri ve sıcaklık ilişkisi değerlendirildiğinde, özellikle kesme hızına

bağlı olarak, kesme kuvvetlerinde düşme eğilimi gözlenirken sıcaklıkta ise sürekli bir artış eğilimi gözlenmiştir.



Bilim Kodu : 626.12.01
Anahtar Kelimeler : Talaş Arkası Sıcaklığı, Takıma Gömülmüş Isıl Çift Yöntemi, Kesme Kuvveti, Kesici Takımlar, Kesme Parametreleri
Sayfa Adedi : 98
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT

**EXPRIMENTAL INVESTIGATION OF CHIP-BACK SURFACE
TEMPERATURE BASED ON CUTTING PARAMETERS**

(M.Sc. Thesis)

Mehmet BOY

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

May 2004

ABSTRACT

It is known that temperature between tool-chip interface due to the heat generated during machining of materials has an effect on tool life and surface quality. Researches on the methods for measurement of the temperature have been continuously carried out. In this work, measurability of chip-back temperature using embedded thermocouple method, one of the most commonly used methods, was investigated. For this purpose, machining tests were carried out on AISI 1117 steel and the influences of cutting speed, feed rate and depth of cut on the chip surface temperature variation was examined. In addition, a correlation was made between the cutting forces and the temperature. For measurement of chip-back temperature, a 1.5 mm diameter K type thermocouple (Ni-NiCr) was inserted into the predrilled hole on the tool holder. The obtained temperature data was transferred to the computer including the necessary hardware and software. For measurement of cutting forces, a KISTLER 9257 B type dynamometer and its software were used. The experimental results showed that chip-back temperature increases with increasing cutting parameters (cutting speed, feed rate, depth of cut). It is seen from the resultant graphs that the cutting speed had the most influence on the temperature while the feed rate had the less. When the relationship between chip-back temperature and cutting forces was evaluated, a reduction tendency

in the cutting forces with increasing cutting speed was observed. On the other hand, the temperature increased with increasing cutting speed.



Science Code : 626.12.01
Key Words : Chip-back temperature, Embedded thermocouple method, Cutting tools, Cutting forces, Cutting parameters.
Page Number : 98
Adviser : Assistant. Prof.Dr İhsan KORKUT

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmamda ve bu tezin hazırlanmasında yardımcı olan danışmanım Yrd. Doç. Dr. İhsan KORKUT'a, tezin hazırlanmasında tecrübeleriyle yol gösteren ve destekleyen Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e ve yine deneysel çalışmalarda desteğini esirgemeyen Arş.Gör. Yakup YILDIZ'a katkılarından dolayı teşekkür ve şükranlarımı sunarım.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.1. Sıcaklık dağılımında kullanılan tozların kimyasal bileşimleri ve erime sıcaklıkları.....	48
Çizelge 5.2. DIN 43710 ve IEC 584 standart ısıtıcı çift eleman teli çeşitleri ve sıcaklık aralıkları.....	52
Çizelge 5.3. Isıtıcı çift eleman tel çapları	54
Çizelge 6.1. AISI 1117 malzemenin spektral analizi.....	56
Çizelge 6.2. JOHNFORD T35 CNC torna tezgahının özellikleri.....	57
Çizelge 6.3. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri.....	59
Çizelge 6.4. Kullanılan I/O kartının bazı teknik özellikleri.....	62
Çizelge 6.5. Deneylerde kullanılan parametreler.....	66
Çizelge 7.1. Farklı talaş derinliği, kesme hızı ve ilerlemeye göre elde edilen ortalama sıcaklıklar.....	73
Çizelge 7.2. Farklı talaş derinliği, kesme hızı ve ilerlemeye göre elde edilen kesme kuvvetleri.....	80

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Metal kesme işleminin temel mekaniği.....	15
Şekil 3.2. Tornada oluşan kesme kuvvetleri.....	17
Şekil 3.3. Sürekli talaş oluşumu.....	18
Şekil 3.4. Kesikli talaş oluşumu.....	19
Şekil 3.5. Sıvanmalı talaş oluşumu.....	21
Şekil 3.6. Yığıntı talaş (BUE) oluşumu.....	21
Şekil 4.1. Ortogonal kesmede oluşan sıcaklık bölgeleri.....	28
Şekil 4.2. Ortogonal kesmede iş parçası ve talaştaki ısı dağılımı.....	32
Şekil 4.3. Kesme hızının kesme sıcaklığına etkisi.....	35
Şekil 5.1. Matkapla delmede oluşturulan ısı ölçümü.....	37
Şekil 5.2. Isıl çift etkisinin temeli.....	37
Şekil 5.3. Takım-iş ısıl çift yöntemi deney düzeneği.....	39
Şekil 5.4. Takım-iş ısıl çifti için kalibrasyon düzeneği.....	39
Şekil 5.5. İş parçasına gömülmüş ısıl çift yöntemi.....	40
Şekil 5.6. Takıma gömülmüş ısıl çift yöntemi.....	41
Şekil 5.7. Talaş kırıcı altına yerleştirilen ısıl çift ile sıcaklık ölçümü.....	43
Şekil 5.8. Sıcaklık dağılımında kullanılan birleştirilmiş takım yöntemi.....	43
Şekil 5.9. Kesilen tek tel-takım ısıl çift yönteminin şematik görünüşü.....	44
Şekil 5.10. Radyasyon pirometresi ile sıcaklık ölçüm yöntemi.....	45
Şekil 5.11. Fotosel kullanarak sıcaklık ölçümünün şematik görünüşü.....	46
Şekil 5.12. Radyasyon esaslı fotografik yöntemle sıcaklık tespiti.....	46

Şekil 5.13. Erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin kullanılması ile sıcaklık dağılımının belirlenmesi.....	48
Şekil 5.14. Dağlama yöntemiyle HSS takımında oluşan sıcaklık dağılımının belirlenmesi.....	49
Şekil 5.15. Sıcak ve soğuk nokta arasında oluşturulan emk.....	51
Şekil 5.16. Farklı ısı çiftlerine ait sıcaklık- mV eğrisi.....	53
Şekil 5.17. Isıl çiftlerde kullanılan izolatör tipleri.....	54
Şekil 5.18. Isıl çiftlerin koruyucu kılıfla montaj şekilleri.....	55
Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan iş parçası.....	56
Şekil 6.2. Deneylerde kullanılan ısı çifti.....	58
Şekil 6.3. Kistler 9257B dinamometre ve takım tutucu.....	59
Şekil 6.4. DynoWare programında amplifikatör veri girişi.....	60
Şekil 6.5. Ölçme parametrelerinin girilmesi.....	61
Şekil 6.6. Dökümantasyon işlemlerinde kullanılan verilerin girilmesi.....	61
Şekil 6.7. Strateji tasarımcısında yer alan sıcaklıkların ölçüm blok diyalog kutusu.....	63
Şekil 6.8. Strateji tasarımcısında yer alan kayıt blok diyalog kutusu.....	64
Şekil 6.9. Kesme şartlarının sınırları.....	65
Şekil 6.10. Düşük karbonlu çeliğin işlenmesinde takım yüzeyindeki ısı dağılımı.....	67
Şekil 6.11. Talaş arka yüzeyinde oluşan sıcaklık eğrileri.....	68
Şekil 6.12. Termal kamera görüntüsü.....	68
Şekil 6.13. Kesici takımın delinmiş hali.....	69
Şekil 6.14. Sıcaklık ve kuvvet ölçümü için oluşturulan deney düzeneği.....	70
Şekil 6.15. Şekil 6.14'deki kesici takımın A-A detayı.....	70

Şekil 7.1. Zamana bağlı ölçülen sıcaklık değişimi.....	72
Şekil 7.2. Zamana bağlı ölçülen sıcaklık değişimi.....	72
Şekil 7.3. Kaplamasız kesici takımında, 1 mm kesme derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi.....	74
Şekil 7.4. Kesme hızının sıcaklık üzerindeki etkisi.....	75
Şekil 7.5. Kaplamasız kesici takımında, 1mm kesme derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi.....	76
Şekil 7.6. Kaplamasız kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi.....	77
Şekil 7.7. 50 m/min, 0.2 mm/rev, $a=2$ mm'de oluşan BUE'nin optik mikroskopla alınan görüntüsü.....	78
Şekil 7.8. Kaplamasız kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi.....	78
Şekil 7.9. Talaş akış eksenine boyunca talaş arkası sıcaklık dağılımı.....	79
Şekil 7.10. Kesici takımında, 1 mm kesme derinliğinde, oluşan kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimi.....	81
Şekil 7.11 Kesici takımında, 1 mm kesme derinliğinde, oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi.....	82
Şekil 7.12. Kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde oluşan kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimi.....	83
Şekil 7.13. Kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi.....	84
Şekil 7.14. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.1 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	85
Şekil 7.15. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.15 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	85
Şekil 7.16. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.20 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	85
Şekil 7.16. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.25 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	86

Şekil 7.18. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.3 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	86
Şekil 7.19. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.1 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	86
Şekil 7.20. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.15 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	87
Şekil 7.21. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.2 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	87
Şekil 7.22. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.25 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	87
Şekil 7.23. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.3 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.....	88

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
F	İlerleme miktarı (mm/rev)
a	Kesme derinliği (mm)
a'	Talaş kalınlığı (mm)
ϕ	Kayma açısı ($^{\circ}$)
n	Kesme düzlemi
V	Kesme hızı (m/min)
F_R	Malzemede meydana gelen kesme direnci (N)
R	Termal sayı
F_c	Esas kesme kuvveti (N)
F_f	İlerleme kuvveti (N)
F_p	Pasif kuvvet(N)
γ	Talaş açısı ($^{\circ}$)
β	Kama açısı ($^{\circ}$)
α	Boşluk açısı ($^{\circ}$)
r	Uç yarıçapı (mm)
ω	Açısal hız (rad)
L_0	Talaş kalınlığına bölünen, ısı kaynağının uzunluğu (mm)
k_s	Kesme düzlemindeki kayma gerilmesi (N)
P_m	Enerji tüketim oranı (/dak)
P_s	Birinci deformasyon bölgesinde oluşan ısı (J)
P_f	İkinci deformasyon bölgesinde oluşan ısı (J)
V_c	Talaş akış hızı (mm/dak)
k	Isı iletim katsayısı (W/m $^{\circ}$ C)
c	Özgül ısı kapasitesi (J/kg- $^{\circ}$ C)
θ_T	Toplam ısı (J)

Q_s	Birinci deformasyon bölgesinde oluşan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Q_c	İkinci deformasyon bölgesinde oluşan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
Q_f	Üçüncü deformasyon bölgesinde oluşan sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
θ_s	Ortalama sıcaklık artışı ($^{\circ}\text{C}$)
θ_m	İkinci deformasyon bölgesinden geçen malzeme sıcaklık artışı ($^{\circ}\text{C}$)
θ_s	Birinci deformasyon bölgesinden geçen malzeme sıcaklık artışı ($^{\circ}\text{C}$)
θ_o	İş parçasının ilk sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

Kısaltmalar**Açıklama**

BUE	Kenarda yığılma/Sıvanma (Built Up Edge)
HSS	Yüksek hız çeliği
WC	Tungsten karbür (Wolfram Carbide)
PVD	Fiziksel buhar çökertme (Physical Vapour Deposition)
CVD	Kimyasal buhar çökertme (Chemical Vapour Deposition)
emk	Elektro motor kuvveti (Electro Motor Force)
KOSGEB	Küçük Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme Birliği
I/O	Giriş / Çıkış (Input / Output)
BSD (CNC)	Bilgisayarlı sayısal denetim (Computer Numeric Control)
CBN	Kübik bor nitrit
PCD	Polikristal elmas

1.GİRİŞ

Talaşlı imalat işlemleri, endüstride yaygın şekilde uygulama alanı bulan şekillendirme yöntemleridir. Talaşlı imalat konusu, endüstriyel alanda tüm imalat yöntemlerinin yaklaşık yüzde yetmişini kapsamaktadır.

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerle birlikte rekabet ortamı içerisinde en kaliteli imalatı, en ucuza ve en kısa sürede oluşturmak gerekmektedir. Bu nedenle işleme hızları günden güne artmaktadır. Talaşlı imalatla kesme hızlarının artmasıyla oluşan ısı etkiler daha da önem kazanmaktadır. Bunun yanı sıra Bilgisayarlı Sayısal Denetim (BSD) tezgahlarındaki gelişmelerle birlikte talaş oluşumu ve kontrolü de günümüzde oldukça büyük bir öneme sahiptir (1).

Üretimde kaliteyi düşürmeden üretim girdilerini düşürmek ve dolayısıyla maliyeti en aza indirmek temel hedeflerden biridir. Bu hedefi gerçekleştirmek için, talaşlı üretimin temel elemanları olan tezgah, kesici takım ve iş parçası üzerine yıllardır araştırma ve geliştirme faaliyetleri devam etmektedir. Talaş kaldırma esnasında kesici takımda oluşan kuvvetlerin, ısı ve sıcaklıkların araştırılması bunların sadece bir kaçıdır.

Talaşlı imalatla, her türlü talaş kaldırma işleminde, istenilen kalitede bir yüzey elde edebilmek için bir çok kesme parametresinin optimum şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. İşlenecek malzeme ve istenilen geometriye bağlı olarak kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, talaş açısı, kullanılacak kesicinin cinsi, malzemesi ve geometrisi ile bunlara bağlı olarak işleme maliyetinin tespitinde, talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin, ısı ve sıcaklığın önemli bir etkisi olduğu görülmektedir.

Kesici takımla yüksek ergime noktasına sahip metallere ve alaşımlardan talaş kaldırılırken doğal olarak belli bir enerji kullanılmakta ve bu enerjinin hemen hemen tamamı ısı enerjisi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle talaşlı imalatla dikkate

alınması gereken önemli bir faktör, kesme bölgesinde oluşan ısı ve sıcaklıklardır. Bu faktör doğal olarak kesici takım performansını ve iş parçası kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir (2).

Kesme bölgesindeki sıcaklıklar büyük ölçüde talaş ile takım arasındaki temas, kesme kuvvetlerinin büyüklüğüne ve takım ile talaş malzemesi arasındaki sürtünme şartlarına bağlıdır.

Talaş kaldırmada oluşan ısının tamamına yakını kesici takıma ve kesilen malzemeye nüfuz etmektedir. Isının bir kısmı da talaşla birlikte dışarıya atılmaktadır. Oluşan ısının büyük bir çoğunluğu kayma bölgesinde oluşmaktadır. Bu nedenle talaş ile kesici takım arasındaki temas uzunluğu kesme kuvvetlerinin artışına, kesici takımın çalışma şartlarına, takım performansına ve ömrüne etki etmektedir (3-4).

Takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklığın ve sıcaklığa etki eden kesme kuvvetlerinin doğru bir şekilde ölçülmesi ile iyi bir kesme performansının sağlanması için uygun şartların belirlenmesi mümkün olabilir. Kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan ıyı ve kesme kuvvetlerini ölçmek için farklı deneysel ve analitik çalışmalar mevcuttur.

Sıcaklıkla ilgili yapılan araştırmalar analitik sonuçları kontrol etmek için kullanılabilecek tam doğru ve deneysel bir metodun olmadığını göstermektedir. Talaş kaldırma işleminin yapısından dolayı, noktasal sıcaklık ölçümlerinde, özellikle de kesici takımda oluşan iç sıcaklıkların tespiti oldukça zor olmaktadır. Kesme bölgesinde oluşan bu sıcaklıkları ölçmek için takım, iş parçası ve uygulama yöntemlerine göre araştırmacıların ortaya koymuş olduğu çeşitli sıcaklık ölçüm yöntemleri vardır.

Talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklıkların ölçümünde kullanılan kalorimetre yöntemi, ısı çift yöntemi, radyasyon esaslı sıcaklık ölçüm yöntemleri, dağılama yöntemleri ve son yıllarda kullanılmaya başlanan PVD (fiziksel buhar çökertme yöntemleri) başlıca sıcaklık ölçme metotlarıdır. Yapılan deneysel çalışmalar

esnasında bu temel sıcaklık ölçme yöntemlerinin çok değişik uygulamaları geliştirilmiş ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır (5).

Talaş kaldırmada oluşan kesme kuvvetleri alanında yapılan çeşitli çalışmalarda; kesme kuvvetlerinin kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, talaş açısı ve kesici takım ömrü gibi parametreler üzerinde doğrudan bir etkisinin olduğu ve bu amaçla çeşitli kuvvet ölçme yöntem ve metotlarının geliştirildiği görülmektedir. Bu amaçla yapılan, piezo kristal, termo-elektrik, foto elektrik, yük hücresi (load-cell) vb. transdüser tiplerinin gerinim ölçme esasına dayalı olarak, mekanik enerjiyi elektrik sinyallerine dönüştürerek ölçüm yaptıkları bilinmektedir (6).

Bu çalışmada, literatür taraması ve değerlendirmesi yapıldıktan sonra talaş kaldırma sırasında ısı oluşumu ve sıcaklık ölçme yöntemleri açıklanmış, ortogonal kesme süreci içerisinde kesici takımda oluşan kuvvetler, ısı ve sıcaklıklar ve bunlara etki eden işleme parametreleri araştırılmıştır. Bu amaçla, kesici takımın talaş arka yüzeyi ile temasta olan talaş arka yüzey sıcaklığını ölçmek için kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemini içeren bir ölçme düzeneği oluşturulmuştur. Talaşlı üretimde, talaş arka yüzeyinde oluşan sıcaklığın ölçülebilmesi için kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemi esaslı deney düzeneği oluşturulduktan sonra bu yöntemin bilgisayarla entegrasyonu sağlanmıştır. Kuvvet ölçümü için üç boyutlu piezo kristal esaslı KISTLER 9257 B tipi dinamometre kullanılmıştır. Deney düzeneklerinden elde edilen veriler bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Yapılan deneyler değerlendirilerek talaş arka yüzey sıcaklığı ve kesme kuvvetleri, bunların kesme parametreleri ile arasındaki ilişkiler açıklanmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Takım ömrünün belirlenmesi için kesici takımda oluşan en büyük sıcaklığın ve kesme kuvvetinin ölçülmesi gerekir. Kesici takım malzemelerindeki yeni gelişmeler ve işleme teknolojilerindeki yenilikler, kesici takım üzerinde oluşan kesme kuvvetlerinin ve kesme sıcaklıklarının sınırları ve bu bilgilerin doğruluğuna bağlı olacaktır. Bunların etkisi takım ömrü ve performansını belirleyecektir (7).

İşleme konusu bir çok araştırmacının üzerinde durduğu önemli bir konu hüviyetindedir. Yapılan çalışmalar sonucunda, talaş kaldırma miktarını arttırma ve maliyeti azaltma yönünde bir çok gelişme sağlanmıştır. Kesici takımda oluşan kuvvetlerin ve sıcaklıkların belirlenmesi de yıllardan beri bir çok araştırmacının ilgisini çekmiş, bu konu hakkında bir çok araştırma yapılmış ve halen de yapılmaktadır (5).

Kesme parametrelerine bağlı oluşan kesme kuvvetlerini ve ısıyı tahmin edebilmenin yanı sıra direkt olarak ölçmeye yönelik farklı deneysel çalışmalar mevcuttur. Kesme hızı ve ilerleme gibi parametrelerin etkilerini göstermek için basit analitik modeller de kullanılmaktadır (2)

Bu bölümde, yapılacak olan deneysel çalışmaya yön verecek olan literatür sunulmuş ve bir değerlendirme yapılmıştır.

2.1. Isıl Çift Yöntemi Üzerine Yapılan Çalışmalar

1920'li yıllara kadar talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklıklarla pek ilgilenilmemiştir. 1924 yılında Amerika'da Shore, aşağı yukarı aynı yıllarda Almanya'da Gottwein ve 1926'da İngiltere'de Herbert tarafından kesici takımda talaş yüzeyi boyunca oluşan sıcaklığı belirlemek için takım-iş parçası ısıl çift tekniği geliştirilmiştir (4).

Grzesik, W., kaplamalı ve kaplamsız kesici takımlarla AISI 1045 ve AISI 304 çeliklerinin işlenmesinde, iş parçasına yerleştirdiği ısı çiftleriyle takım-talaş ara yüzeyinde farklı şartlarda oluşan sıcaklıkların etkilerini araştırmıştır. İşleme sırasında kesici takımda oluşan kesme kuvvetleri, kesme sıcaklıkları ve takım-talaş temas uzunluğu ölçülmüştür. Isıl emk (elektro motor kuvveti) sinyallerini belirlemek için analog dijital çevirici kart ve SNAP-MASTER yazılım programı kullanmıştır. Sonuçta, takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklığın, iş parçasının ve kesici takımın ısı iletkenliğinden etkilendiğini, 200 m/min'e yakın kesme hızında oluşan ısıda takımın talaş yüzeyindeki sürtünmenin önemli bir rol oynadığını kanıtlamıştır. Tek katlı TiC kaplamalı sert metal uçlarda oluşan kesme sıcaklığının azaldığı gözlemlenmiştir (8).

Milikic, D., Kovac, P. ve Gastimirovic, M., Ç1730 çeliğinin işlenmesinde kaplamalı ve kaplamsız kesici takımlarda oluşan sıcaklıkları ve sıcaklığa bağlı olarak oluşan aşınma mekanizmalarını araştırmışlardır. Takımda oluşan sıcaklıkları belirlemek için kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemini esas almışlardır. Sıcaklıkların kaydedilmesinde, TI 2112 dijital termometre ve ışık osilografisi kullanmışlardır. Sonuçta, kesme sıcaklığının, kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametrelerinden etkilendiğini, kaplanmamış sert metal uçlarda oluşan sıcaklığın kaplanmış uçlara oranla daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur (9).

Kolb, G.M., çalışmasında, uranyum 238'in işlenmesinde, sıcaklığın etkisi sonucunda oluşan aşınma mekanizmalarını ve soğutma sıvılarının kesme sıcaklığına olan etkilerini gözlemlemiştir. Sıcaklığın etkisinden dolayı uygun sıcaklığı ve kesme sıvısının yapısını seçmek, kesme sürecinde önemli bir faktör oluşturmuştur. Deneylerde TiC tipi standart kesiciler ve bu kesicilere gömülmüş ısı çiftleri kullanmıştır. Deneyler sonucunda, kesme hızı yükseldiğinde en düşük kesme sıcaklığına ulaşılmıştır. 52 m/min'lik kesme hızı civarında kesme işleminin değişmediği, talaşın sürekli ve tutarlı olduğunu, 52 m/min'lik kesme hızının üzerinde oluşan sıcaklığın arttığı gözlemlenmiştir (10).

Rall, D.L. ve Giedt, W.H., takım-talaş ara yüzeyindeki ortalama sıcaklıkların tespiti için farklı iki boşluk açına sahip ($0^{\circ} - 15^{\circ}$) HSS kesici takım kullanarak kesici kenardan belirli uzaklıkta delinmiş deliklere ısı çift yerleştirmişlerdir. Takım-talaş temas noktasının merkezinden alınan sıcaklık değerlerinin extrapolasyonu ile takım-talaş ara yüzeyindeki ortalama sıcaklık değerlerini elde etmişlerdir (11).

Kuster, K.J., kesici takımda tüm sıcaklık alanlarının belirlenmesi için 400'den fazla farklı noktada sıcaklık ölçümü yapmıştır. Isıl çiftin yerleştirildiği sementit karbür kesici takımlara, EDM ile 0,32 mm çapında delikler delinerek 0,07 mm Ni-NiCr ısı çiftler, dış çapı 0,2 mm ve iç çapı 0,14 olan nikel tüp içerisine yerleştirmiştir (12). Quereshi, A.H ve Koenigsberger, F.; Kusterin çalışmasına paralel olarak farklı bölgelerde açılan delikler içerisine yerleştirilen fazla sayıda ısı çift yerine talaş temas yüzeyi ve yan yüzeye belirli uzaklıkta, tek bir deliğe yerleştirdiği ısı çiftle sıcaklık dağılımı ile ilgili veriler elde etmiştir. Sonuç olarak en yüksek kesme sıcaklığının kesici kenarda oluşmadığı bu kenardan belirli bir uzaklıkta olduğu görülmüştür. En yüksek sıcaklık noktasının, kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak takım-talaş ara yüzeyinin sonuna doğru olduğu gözlemlenmiştir (13).

O'Sullivan, D. ve Cotterell, M., alüminyum 6082-T6'nın işlenmesinde, 150 mm çapında ve 4 mm et kalınlığındaki alüminyum borular içine belirli uzaklıklarda iki adet ısı çift yerleştirerek ve aynı zamanda termal kamera kullanarak işlenmiş yüzeydeki sıcaklığı ve kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Sonuçta, kesme hızının artması sonucunda işlenmiş yüzeyde sıcaklığın ve kuvvetlerin azaldığını belirtmişlerdir. Sıcaklıktaki bu azalmanın, oluşan ısının talaşla taşınması sonucunda oluştuğunu belirtmişlerdir. İşlenmiş yüzey sıcaklığının ve kesme kuvvetlerinin artması sonucunda aşınmanın da arttığını gözlemlemişlerdir (14).

Kitigawa ve arkadaşları, Inconel 718'in yüksek hızda tornalanmasında ve Ta6V alaşımının frezelenmesinde, takım aşınmasında sıcaklığın etkilerini araştırmıştır. Kesici takıma gömülen tungsten tel ile takımda oluşan sıcaklıkları tespit etmiştir. Isıl çift teli, takımın talaş yüzeyine çıkarılmış ve işleme sırasında talaş ile tel arasında sıcak birleşme noktası sağlanmıştır. Seramik ve Inconel 718 takım-malzeme çiftinde,

150 m/min'lik kesme hızında sıcaklık 1200 °C'ye yakın bir değer elde edilirken karbür ve Ta6V alaşımı takım-malzeme çiftinde, 500 m/min'lik kesme hızında sıcaklık 1100 °C'ye yakın bir değerde bulunmuştur (15).

Stephenson, D.A., takım-iş parçası ısı çift yöntemiyle sıcaklık ölçülmesi adlı çalışmasında bu yöntemin işlenebilirlik testlerinde kullanılmasında sıcaklığın tam olarak ölçülemediğini belirtmek için takım-iş ısı çiftin uygulama alanlarını ve teorisini anlatmışlardır. Stephenson, ısı çifti kullanarak yaptığı ölçümlerde ortalama emk'nın takım-talaş ara yüzeyinde olduğunu belirtmektedir. Bu emk genellikle ortalama ara yüzey sıcaklığına karşılık gelmez. Bu durum sadece sıcaklık homojen olduğunda ya da takım-iş parçası malzeme kalibrasyonu emk'nın sıcaklık ile lineer olarak değiştiğinde, bu emk'nın ortalama ara yüzey sıcaklığına karşılık geldiğini belirtmektedir (16).

Trigger, K.J., takım-iş parçası ara yüzeyindeki sıcaklıkları ısı çifti kullanarak araştırmıştır. Araştırmasında WC kesici takım ve imalat çeliği kullanmıştır. Benzer yapıya sahip takım-iş parçası ısı çifti malzemelerinin kesici takımda BUE oluşmasına sebep olduğu ve sonuçta farklı sonuçlar alındığını belirlemiştir. Bu yüzden farklı malzeme kullanarak bunları en aza indirmiş ve farklı metallerle daha fazla emk elde ederek ölçümlerin doğruluğunu sağlamıştır (17-18).

Hirao, M., takımın yan yüzeyindeki sıcaklığı ölçmek için iş parçası ve kesici takım malzemesinden farklı olarak imal edilen tel kullanılmasıyla ilgili, farklı bir metot geliştirmiştir. Bu tel iş parçasındaki küçük çaplı bir delik içerisine yerleştirilip izole edilmiştir. Malzeme işlenirken, bu tel de işleme uğrar bunun sonucunda takım ve tel arasında bir ısı çifti oluşur. Takım yan yüzey sıcaklığının kesme hızı, ilerleme ve talaş kalınlığından az etkilenmiş olması elde edilen sonuçlardandır. Bu metotla elde edilen sıcaklıklar, takım iş parçası ısı çifti metoduyla ölçülen sıcaklıklardan daha düşüktür. Kesme bölgesinde ısı çifti dokunulduğunda oluşan belirsizlik, bu metottaki hataları artırır ve temas süresi çok kısadır (19).

Kıyak, M., tek kesme ağızlı kesici takımlarda talaş kaldırmada sıcaklığın talaş kırılmasına etkisinin incelenmesi adlı doktora çalışmasında talaşın oluştuğu kayma bölgesinde plastik deformasyonun ve ısı oluşan bölgelerdeki sıcaklıkları talaş malzemesine olan etkilerini ve talaş kırıcısındaki elastik-plastik bükülme etkisini göz önüne alan bir teori gerçekleştirmiş ve gerçekleştirilen deney sonuçlarıyla teorinin desteklendiği gösterilmiştir. Deneyler sırasında takım-iş parçası ara yüzeyinde oluşan sıcaklığın ölçülmesinde ısı çift metodu kullanmıştır (1).

Habalı, K., kesici takım malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması adlı doktora çalışmasında takım-iş parçası ısı çift yöntemini esas alarak AISI 1040 çeliği üzerinden yapılan talaş kaldırma deneyleri ile; kaplama malzemelerinin, kesme hızının ve ilerlemenin takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklık değişimlerine etkisini araştırmıştır. Kaplamasız, Al_2O_3 kaplanmış ve en üstte TiN kaplama ihtiva eden üç katlı kaplamalı takımlarla yapılan deneylerde, TiN kaplanmış takımda en düşük sıcaklıklar elde etmiş ve kaplama uygulaması ile sıcaklığın düştüğünü belirtmiştir (20).

2.2. Radyasyon Esaslı Sıcaklık Ölçüm Yöntemleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Boothroyd, radyasyon ölçümüne benzer bir teknik kullanmıştır. İş parçasını 600 °C'ye kadar ısıtarak, ortogonal kesmede takım, talaş ve iş parçasından yayılan radyasyonu fotoğraflamıştır. İş parçasının yüksek sıcaklıklara ısıtılması ile iş parçasının formunda değişikliklere neden olduğu ve işleme sırasında elde edilen ısı dağılımını etkilediği görülmüştür. (21).

Da-Silva, M.B. ve Wallbank, J., kesme sırasında işlenmiş yüzeyin sıcaklığını ölçmek için kızıl ötesi sensörler kullanarak bir çalışma yapmışlardır. Bu metot temel olarak kesme kenarının hemen altındaki işlenmiş yüzeyin sıcaklığının ölçülmesinden ibarettir. Sıcaklık kesmenin 3,6 ve 9 mm altında ölçülür ve sonuçlar kesme kenarındaki sıcaklık dağılımı için ekstrapolasyon da kullanılır. Metot ilk önce kuru şartlarda geliştirilmiş olup, kesme sıvısı kullanıldığı zaman modifiye edilmektedir. İş parçasındaki en yüksek sıcaklığı çok iyi şekilde gösterdiği görülmüştür (5).

Young, infrared kamera yöntemini kullanarak, kesme sıcaklığı ile yan kenar aşınmasının ilişkisini araştırmıştır ve talaş gerisi sıcaklığını ölçerek, kesici takımında farklı aşınma değerlerini bulmuştur (22).

Jaspers, S.P.F.C., Dautzenberg, J.H., ortogonal kesmede sıcaklık ölçümü adlı çalışmalarında talaşın serbest yüzeyinde oluşan sıcaklığının belirlenmesinde kızıl ötesi kamera kullanmışlar ve bu sıcaklık dağılımlarını kullanarak takım-talaş arasındaki yüzey sıcaklığını ölçmek için bir sonlu farklar metodu geliştirmişlerdir. Sonuçta en büyük akma gerilmesinin birinci kesme düzleminde meydana geldiğini ve talaşın bu bölgeden uzaklaştırılması gerektiğini ortaya koymuşlardır (23).

2.3. Termal Boyalar ve Tozlar Kullanarak Sıcaklık Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar

Okushima, K. ve Shimodo, R., termal boyalar kullanarak kesici takımdaki sıcaklık dağılımını ölçmüşlerdir. Ölçüm sırasında kesici takım üzerine ergime noktaları bilinen tozlar serpererek, takım üzerinde ermiş ve erimemiş bölgelerin sınır hatlarını gözlemleyerek kesici kenar civarındaki sıcaklığı ve eş sıcaklık dağılımlarını elde etmişlerdir. Sonuçta, çok hızlı sıcaklık değişimlerinde çeşitli hataların oluştuğu, renk değişiminin ısıtma hızı ve süresinden etkilendiğini gözlemlemişlerdir.(24).

Chao, Li ve Trigger, ısıya duyarlı boyalar kullanarak yapmış oldukları çalışmaların sonucunda bazı sonuçlar elde etmekle beraber, bulmuş oldukları sonuçlar geçerli bir sonuç olarak dikkate alınmamıştır (25).

Kato ve arkadaşları, takım içerisindeki sıcaklık dağılımını ölçmek için, birbirine yakın ergime noktalarına sahip ince tozlar kullanarak, bir metot geliştirmişlerdir. Kesici takım, talaş akma yönüne paralel, simetrik iki parçaya bölünmüştür. İnce tozlar, bu bölünen yüzeylerden birine dağıtılmıştır. Farklı tozların kullanımı ile farklı ergime bölgelerindeki ısı dağılımları elde edilmiştir. Bu metottaki bazı sonuçlar, kesme kenarının uzak noktalarında, sıcaklığın kademeli olarak absorbe edilmeye meyilli olduğunu göstermektedir (26).

2.4. Sıcaklık Ölçümünde Kullanılan Diğer Yöntemler Üzerine Çalışmalar

E.F. Smart ve E.M.Trent; çeliğin mikro yapısı ve sertliğindeki değişmelerle ilgili bilgileri kullanarak takımındaki sıcaklık dağılımını tespit etmişlerdir. Karşılaştırma yapılan sıcaklıklarda, numunenin yapısal değişiklikleri, ısınma süresi ve takım sertliğinin kalibrasyonunu gerektirmektedir. Bu metot ısıdan etkilenen bölgedeki sıcaklığı 25 °C yakınlıkta ölçmeye imkan tanır, ancak bu metotların oluşturulması ve kullanılması zordur (27).

Wright, P.K. ve Trent, E.M., HSS kesici takımlarda, mikro yapı, sertlik ve sıcaklık arasında bir bağlantı kurarak, metalografik bir yöntem geliştirmişlerdir. Kesici takımın gövdesinde ve ara yüzeyindeki yapısal değişimleri göz önüne alarak, sıcaklık gradyanlerinin tahminini yapmışlardır. Sonuçta, kesici takımın metalürjik yapısındaki değişikliklerin sadece sıcaklığa bağlı olmadığını, sıcaklığın devam ettiği zaman periyoduna da bağlı olduğunu belirtmişlerdir (28).

Kato, T. ve Fuji, H., kesici takımındaki sıcaklık dağılımını belirlemek için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Bu metotta termal sensör olarak kesici takım üzerine çöktürülmüş ince bir PVD filmi kullanılmıştır. Farklı sıcaklıklardaki eş izoterm eğrilerini tespit etmek için farklı malzemelerin değişik filmi çöktürülür. Ergimiş film bölgesiyle ergimemiş film bölgesindeki arasındaki sınır eş sıcaklıklarının doğrudan ve açık olarak göstermesi yöntemi doğrulamaktadır (29).

2.5. Sıcaklık Dağılımıyla İlgili Analitik Modeller Üzerine Yapılan Çalışmalar

Metal kesme işleminde kinetik, geometrik ve enerji ile ilgili kabullerle sabit ısı kaynakları veya hareketli ısı temasının hesaplanması için kullanılmış analitik, sonlu elemanlar ve sınır eleman metotları söz konusudur.

Analitik modellerde, talaşın çoğunlukla kesme düzlemindeki kesme hareketi ile eş zamanda olduğu kabul edilir. Bunun yanında takım-talaş ara yüzeyinde sürtünme sebebi ile oluşan ısı homojen bir düzlem olarak kabul edilir (5).

Loewen, E.G. ve Shaw, M.C., yapmış oldukları analizlerinde kesme sürtünme enerjisinin homojen olarak dağıldığını ve talaşın kısa aralıklarla takım ile teması sırasında ısının talaşa doğru giderek dağılmadığını kabul ederler (30).

Boothroyd, talaş gövdesindeki ısı artışının, takım gücüne, kesme gücüne, kesme parametreleri ve iş parçası malzemesinin sahip olduğu özelliklere göre yaklaşık olarak hesaplanması yöntemini önermiştir (21). Tay ve arkadaşları, sonlu elemanlar metodunu uygulayarak ortogonal kesmede iş parçası, talaş ve kesici takımda oluşan sıcaklıkları hesaplamıştır (31).

Chen, W.C. ve Tsao, C.C. uzaktan kumanda metodu kullanarak kesici takımın talaş yüzeyindeki sıcaklık dağılımının belirlenmesi adlı çalışmalarında üç boyutlu sınırlı eleman metodu ile kesici takım ısı transfer modelini çıkartarak ve ters ısı transfer tekniğini kullanarak belirli bir zaman içinde takım talaş yüzeyi esas alarak ısı akışının sıralı bir tahmine göre simülasyonunu çıkartmışlardır. Bu modelle sadece takım üzerindeki ısı akışı değil, aynı zamanda takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklık haritasının çıkartılabileceğini belirtmişlerdir (32).

Chow, J.G. ve Wright, P.K., tornalama sırasında, takım-talaş ara yüzeydeki sıcaklıkları belirlemek için algılayıcılar ve algoritma geliştirmişlerdir. Kesici takımdaki aşınmanın gerçekleştiği zaman diliminde ara yüzey sıcaklıklarını tahmin ederek, elde edilen sonuçları daha önce belirtilen metalografik tekniklerle mukayese etmişlerdir (33).

2.6. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi Üzerine Yapılan Çalışmalar

Korkut, İ., tornalamada oluşan kesme kuvvetlerini ölçmek amacıyla gerinim ölçer esaslı bir dinamometre tasarım ve imalatı yapmıştır. Hazırlanan dinamometrede, 3 adet Wheatson köprüsü ve 4 adet gerinim ölçer kullanarak kesme kuvvetleri ölçülmüştür. Dinamometrenin hassasiyeti için elektrik devrelerinden yararlanılmış ve

dinamometreden alınan kuvvet sinyalleri, işlem amplifikatörü ile işlenerek bilgisayara aktarılmıştır (34).

Günay, M., dönel iş parçalarından talaş kaldıran takım tezgahlarından biri olan BSD torna tezgahında talaş kaldırma sırasında oluşan kesme kuvvetleri üzerinde talaş açısının etkisini incelemiş, asıl kesme kuvveti (F_c) ve ilerleme kuvveti (F_f)'yı ölçmüş ve bu kuvvetlerin talaş açısı ile nasıl değiştiğini belirlemek amacı ile bir dinamometre tasarlamıştır. Bu tasarımda, gerinim ölçme tekniğini esas alarak bir çeşit transdüser olan ve mekanik bir büyüklük olan kuvveti elektriksel büyüklüğe dönüştüren yük hücresi (load-cell) ile bu iki kuvvet bileşeninin aynı anda farklı kanallardan ölçümünü sağlamıştır. Yapılan deneylerde takımın talaş açısının pozitif yönde artmasıyla asıl kesme kuvvetinin düştüğünü ve talaş açısının negatif olarak artırılmasıyla asıl kesme kuvvetinin de arttığını belirtmiştir. Elde ettiği sonuçların teorik hesaplamalarla karşılaştırılması yaparak sistemin güvenilirliğini ortaya koymuştur (6).

Strafford, K.N. ve Audy, J., kesme kuvvetlerinin ölçülmesi yoluyla karbonlu çeliklerin işlenebilirliğinin dolaylı gösterimi isimli çalışmalarında, tek noktadan kesme işlemi yapan takımlarla, tornalamada oluşan kesme kuvveti elemanlarının bağıntılarını ve bunların farklı karbon bileşimlerindeki çeliklerin mikroyapılarına bağlı olarak kuvvet genliklerini incelemişlerdir. Sürekli kesme şartları altında, silindirik çelik malzeme deney numuneleri ve sementit karbür kesici takım kullanılarak incelemeler yapmış ve dinamik kuvvetleri üç parçalı bir Kistler piezoelektrik dinamometresi ile ölçerek, beş dakika aralıklarla değerlendirmişlerdir. Bu kısa periyotlarda elde edilen sonuçların, takım aşınmasını önemli bir ölçüde etkilenmediğini, bu çeşit bilginin işleme şartlarını iyileştirmeye yardımcı olabileceğini ve iş parçası malzemesinin işlenebilirliğinin dolaylı gösteriminde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (35).

Huang ve arkadaşları, ortogonal tornalama performansında takım-talaş temas uzunluğunun etkisini araştırmışlardır. Takım performansına etki eden kesme kuvvetinin ölçümü için üç boyutlu kristal dinamometre, üç kanallı amplifikatör ve

sıcaklık ölçümü için takım-iş parçası ısı çift yöntemini kullanmışlardır. Sonuçta, kesme derinliği arttıkça takım-talaş temas uzunluğunun arttığı buna paralel olarak kuvvetinin de arttığını, kuvvet artışıyla da sıcaklığın arttığını belirtmişlerdir (36).

Sikdar, S.K. ve Chen, M., tornalama işlemlerinde yan kenar aşınması ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Kesme kuvvetlerini piezo kristal Kistler dinamometresi ile ölçmüşlerdir. Sonuçta kesici takım körelmeye başladığında kesme kuvvetlerinin arttığı özellikle radyal ve eksenel kuvvetlerin daha da arttığını gözlemlemişlerdir. Kesme kuvvetleri ve yan yüzey aşınması arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için matematiksel modelleme yapmışlardır. Matematiksel modelleri Matlab ile çözmüşlerdir (37).

2.7. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Kuvvet, yüzey pürüzlülüğü, talaş boyutu, şekil değiştirme, takım aşınması ve sıcaklık gibi parametrelerin, ölçülmesi üzerine farklı metotlar kullanılmaktadır. Kullanılan metotlarla açıklanmaya çalışılan sıcaklık ölçümü oldukça zordur (5).

Kesme sırasında, kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, kesme kuvvetleri gibi işleme parametrelerinin, kesme kuvveti ve sıcaklık oluşumuna büyük bir etkisinin söz konusu olduğu, bunun sonucunda kesici takımda aşınmalara neden olduğu görülmüştür.

Kesici takım, talaş ve iş parçasındaki sıcaklıkları ölçmek için kullanılan radyasyon esaslı ölçme yöntemlerinin kullanışlı, ancak bu yöntemlerin çok karmaşık ve sadece laboratuvar çalışmalarında elverişli olduğu görülmektedir.

Sıcaklığa duyarlı boyalarla sıcaklık ölçme, çok basit ve ucuz basit bir yöntem olmasının yanında, titiz bir şekilde ısıtma şartlarının kontrol edildiği ölçümlerle sınırlıdır. Isıtma hızı ve süresi önemli olduğundan, kesici takımlardaki hızlı sıcaklık değişimlerinden etkilenmekte ve ciddi hatalara neden olmaktadır.

Metotların büyük çoğunluğu takım-talaş ara yüzeyi ile ilişkilidir ve bunun için takım çalışmasında ısı çift yöntemi en yaygın kullanılan metottur. İşlenebilirlik amaçlı laboratuvar çalışmalarında takım-iş parçası ısı çift yöntemi dikkatli bir kalibrasyon ve kısa süreli talaş kaldırma şartıyla kullanılabilir.

Gömülmüş ısı çift yönteminin çok zor, hassas ve zaman alıcı, ısı çiftlerin deliklere yerleştirilmesinin zorluğu gibi dezavantajları olmasına rağmen temas noktalarındaki değişimlerden dolayı özellikle sürtünmeden dolayı ortaya çıkan ısıdaki geçici değişimleri iyi bir şekilde gösterdiği anlaşılmıştır.

Takım-talaş ara yüzeyinde sıcaklık oluşumu ve ölçümü üzerine yapılan değişik çalışmalar talaş kaldırmada ısı ve sıcaklığın önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır.

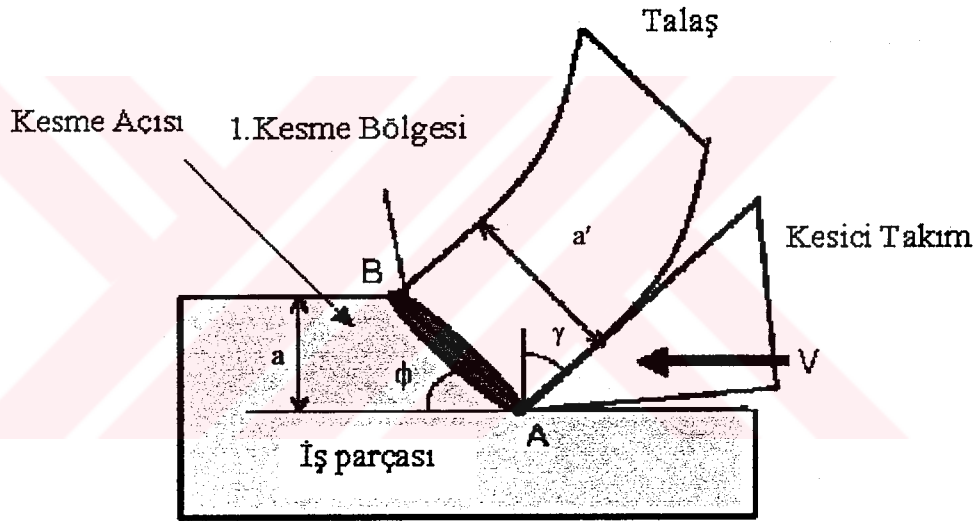
Literatürdeki çalışmaların bir çoğunun, torna, freze ve taşlama gibi takım tezgahlarında kullanılan kesici takımlar üzerine yapıldığı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda genellikle kesici takımlarda meydana gelen kesme kuvvetleri, gerilme, aşınma ve sıcaklık değerlerinin tespitini amaçlamaktadır.

Bu amaçla yapılan çalışmada, kesici takım performansını etkileyen ısı ve sıcaklıkların ve ısı oluşumuna etki eden kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için takım-talaş ara yüzeyindeki sıcaklığı ölçmek için, literatürde en çok kullanılan ısı çift yöntemi baz alınarak takıma gömülmüş ısı çift metodu seçilmiştir. Bu yöntem; literatürde kesici takım üzerindeki sıcaklık dağılımlarını elde etmede ve ısıdaki geçici değişimleri en iyi şekilde göstermede kullanışlı ve güvenilir bir metot olduğu belirtildiği için seçilmiştir.

3. TALAŞ KALDIRMA MEKANİĞİ

3.1. Kesme Mekanîği

Talaş kaldırma işleminin mekanizması, şematik olarak Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Pozitif talaş açısı (γ) ve belli bir kesme kenarı açısına sahip kesici takım, ‘a’ derinliğinde iş parçasının yüzeyi boyunca hareket ettirilmektedir. Kesici takım malzeme yüzeyi ile ϕ kadar bir kesme düzlemi açısı yaparak, kesme düzlemi boyunca sürekli talaş kaldırılmaktadır. Kesme derinliği (a), ϕ ve γ açılara ve a’ne bağlı olarak belirlenmektedir (21).



Şekil 3.1. Metal kesme işleminin temel mekanîği (38)

Kesme açısı, talaş açısı ve talaş kaldırma oranı arasındaki ilişki Şekil 3.1’de verilmiştir.

$$\tan\phi = r \cdot \cos\gamma / (1 - r \cdot \sin\gamma)$$

[3.1]

Kesme düzlemi açısı talaş kalınlığının kontrolü için önemlidir. Çünkü, metal kesme performansını büyük ölçüde etkilemektedir. Malzemede meydana gelen kesme direnci (F_p) için, Eş. 3.2 kullanılabilir.

$$F_p = \cot\phi + \tan(\phi - \gamma)$$

[3.2]

3.2. Kesme Kuvvetleri

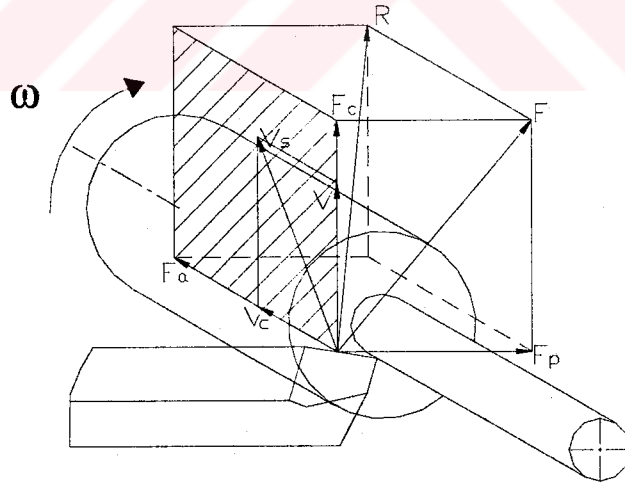
Takım tezgahlarının tasarımında, titreşimsiz ve rijit tezgahların üretilebilmesi için tezgahları etkileyen kuvvetlerin ölçümü ve buna göre tezgah gücü hesaplarının yapılması gereklidir. Tezgahları etkileyen en önemli kuvvetlerden biri de talaş kaldırma sırasında meydana gelen kesme kuvvetleridir. Kesici takım üzerine etki eden bu kuvvetler, talaş kaldırmanın önemli bir safhasını oluşturmaktadır. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesi, takım tasarımını optimize etmede de faydalı olup kesmenin bilimsel analizi için de gereklidir. Son yıllarda takıma etki eden kuvvetlerin yeterli hassasiyette ölçülmesi için pek çok dinamometre geliştirilmiştir. Kullanılan bütün metotlar yük altında takımın elastik yer değiştirmesinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır (6).

Talaş kaldırma işleminde kesme kuvvetlerinin, takım-talaş arasındaki temas uzunluğu ile ilgili olduğu bilinmektedir. Örneğin; iki fazlı ve kesikli talaş çıkaran malzemeleri işlemede, kesici takım ve talaş arasında daha az temas uzunluğunun olmasından dolayı çok küçük kuvvetler meydana gelmektedir. Kesme hızının arttırılması, kayma açısını arttırdığı, daha ince talaş oluşturduğu ve temas uzunluğunu azalttığı için kesme kuvvetleri de oldukça düşmektedir. Sınırlı temas uzunluğuna sahip takımlar kullanılarak, takım-talaş arasındaki temas uzunluğunun sınırlandırılmasıyla kesme kuvvetlerinde belirli düşüşler sağlanabilmektedir. Kesme kuvvetleri kesici uç geometrisinden de etkilenmektedir. Talaş açısının optimum bir değeri mevcut olup, bu değer daha fazla artışı kesici ucun dayanımını azaltacağından aşınmayı artırır. Artan aşınma ile birlikte boşluk yüzeyi temas alanını artıracığından takımdaki kesme kuvvetleri artacaktır (38).

Şekil 3.2’de torna tezgahında, ortogonal talaş kaldırma işlemi için takım üzerine etki eden kuvvet bileşenleri gösterilmektedir. Bunlar; takım-talaş yüzeyi üzerine etki eden, kesme ucuna dik, ω yönündeki kuvvetin bileşeni esas kesme kuvveti (F_c) olarak adlandırılır. F_c , kesme hızı vektörü doğrultusunda etkiyen esas kesme kuvveti

olup genellikle oluşan kuvvetlerin en büyüğüdür ve kesme işleminde gerekli gücün %99'unu içerir. İlerleme doğrultusuna paralel yönde takım üzerine etkiyen kuvvet bileşeni ilerleme kuvveti (F_f) olup, bu kuvvet genelde F_c kuvvetinin yaklaşık %55'ne kadar çıkabilmektedir. Fakat ilerleme miktarları kesme hızları ile karşılaştırıldığında çok düşük olduğundan gerekli gücün sadece küçük bir kısmını harcar. Radyal yönde takımı iş parçasından uzaklaştırmaya çalışan, işlenmiş yüzeye dik etki eden pasif kuvvet (F_p) ise üçüncü kuvvet bileşenidir. İlerleme kuvvetinin yaklaşık %50' si kadar olup, güç gereksinimine katkısı, radyal doğrultudaki hız ihmal edilebilir olduğu için çok azdır. Bu kuvvet, dik kesmede kuvvetlerin en küçüğü olduğundan basit tornalama işlemlerindeki kesme kuvvetlerinin analizinde ihmal edilir (39).

Talaş kaldırmada gerekli olan kuvvetlerin, haddeme, dövme gibi diğer metal işleme yöntemleriyle karşılaştırıldığında oldukça küçük olduğu görülür. Bunun sebebi kaldırılan metal tabakasının ince olmasıdır. Dolayısıyla ölçülecek kuvvetler genelde birkaç bin Newton'dan daha büyük değildir.



Şekil 3.2. Tornada oluşan kesme kuvvetleri (40)

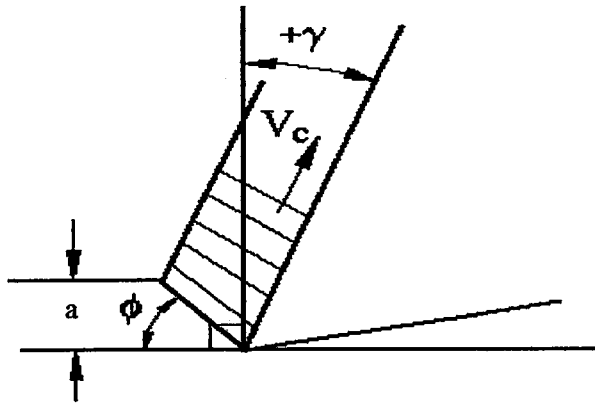
3.3 Talaş Oluşumu

3.3.1 Sürekli talaş

Sürekli talaş tipi, metalin akması takım yüzeyine yakın olduğu, takım/talaş ara yüzeyindeki sürtünme veya talaş sıvanması ile daha fazla ertelenmediği zaman oluşur. Sünek malzemeler kesildiği zaman malzemedeki plastik akma, çok sayıda kristalografikler kayarak kayma düzlemi üzerinde metalin deformasyona uğramasıyla meydana gelir. Kesici takımın kesme hareketi ile iş parçası basma kuvvetine maruz kaldığında talaş malzemedan ayrıldığı için sünek malzemelerin kristal yapısının uzadığı Şekil 3.3'de görülebilir. Sürekli talaşla çok iyi yüzey kalitesi sağlandığından verimli kesme işlemi için uygun bir talaş tipidir.

Yumuşak malzemelerin işlenmesinde, düşük karbonlu çeliklerde, bakır ve alüminyumda tavsiye edilen kesme hızlarında oluşur. Bu tip talaş;

- Sünek iş parçası malzemeleri,
 - Az kesme derinliği ve düşük ilerleme miktarı,
 - Keskin kesici uçlu takım,
 - Büyük talaş açılı kesici takım,
 - Yüksek kesme hızları,
 - Talaş akma direncinin en az olduğu,
- vb. şartlar altında oluşur (41).



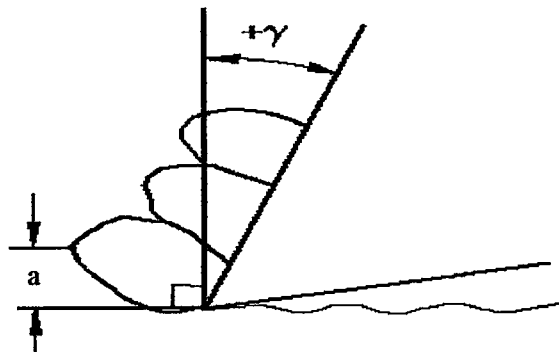
Şekil 3.3. Sürekli talaş oluşumu (41)

3.3.2 Kesikli talaş

Kesikli talaş, talaşın küçük bir parça tipidir. Sert malzemelerin işlenmesinde , kırılğan malzemeler, dökme demir ve bronz gibi malzemelerin işlenmesinde meydana gelmektedir (Şekil 3.4). Kesici takım uç noktası, iş parçası malzemesi ile teması süresince malzemede basma meydana gelir. Talaş, takım-talaş ara yüzeyi boyunca akmaya başlar. Kesme hareketiyle gevrek malzemeye daha fazla gerilim uygulandığı zaman, malzeme kırılmanın olduğu noktaya ulaşınca kadar basma gerilmesine maruz kalır ve talaş işlenmemiş kısımdan kopar. Bu durum, kesme işlemi sırasında, kayma düzlemi veya kayma açısı üzerinde oluşan her parçanın kırılmasıyla, sınırsız olarak tekrarlanır. Genellikle, bu birbiri ardından kırılmaların sonucu olarak, daha kötü bir iş parçası yüzeyi elde edilir. Bu tür talaş;

- Gevrek iş malzemelerinde,
- Küçük talaş açılı kesici takım malzemeleri ile kesme yapıldığında ,
- Fazla kesme derinliklerinde ve büyük ilerleme miktarında,
- Düşük kesme hızlarında,
- Aşırı tezgah titreşimi ve takım atlaması varsa,

ortaya çıkar (41).



Şekil 3.4. Kesikli talaş oluşumu (41)

3.3.3 Sıvanmalı – sürekli talaş

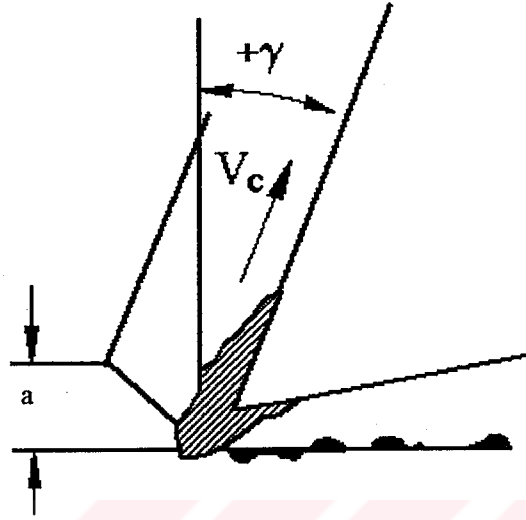
Düşük karbonlu makine çeliği ve birçok yüksek karbonlu alaşım çelikleri, yüksek hız çelikleri ile düşük kesme hızlarında ve soğutma sıvısı kullanılmadan işlendiği zaman sıvanan sürekli bir talaş meydana gelir (Şekil 3.5). Kesme işlemi esnasında, talaşın yığılması veya yığılan kısmın kopması hızlı şekilde gerçekleşir ve çok sayıda sıvanan talaş parçacıkları işlenmiş yüzeyi kaplar ve genellikle, kaba ve tane yapılı yüzey elde edilir. Bu ufak parçacıkların yapışması ve işlenmiş yüzeye çentik etkisi yapması neticesinde kötü yüzey elde edilmiş olur.

Kötü yüzey kalitesine ilaveten, sıvanmalı sürekli talaş kesici takım ömrünü de azaltır. Kesici takım körlenmeye başladığı zaman, bu iş parçası üzerinde basma veya sürtünme hareketi meydana getirir ki genelde iş yüzeyini sertleştirir. Bu tip talaş kesici takım ömrünü iki yolla etkiler: Bunlar;

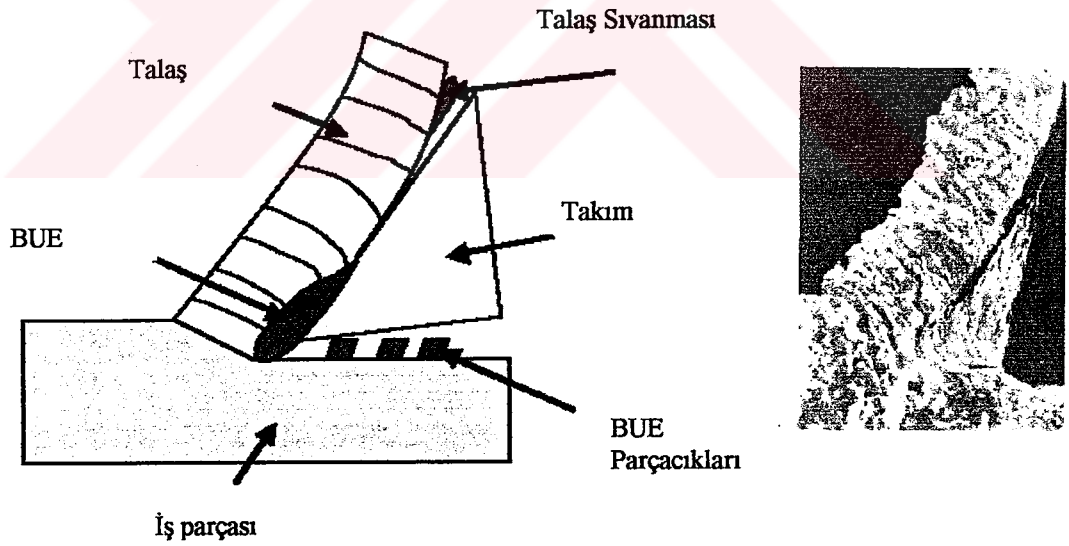
- Sıvanan talaş parçacıkları, talaş ve iş parçasından uzaklaşırken takım yan kenarına sürtünmesi,
- Talaşın takım yüzeyine temas ettiği kesici ucun kısa bir mesafe gerisinde, kraterleşmeye sebep olması ve bu kraterleşme devam ettiğinde, kesici uç bozuluncaya ve kırılıncaya kadar, kesici uca daha çok yaklaşmasıdır.

Takım-talaş yüzeyi arasında sürtünme ve plastik deformasyon oluşmakta ve bunun sonucunda da büyük miktarlarda ısı meydana gelmektedir. Sıcaklığın ve basıncın yükselmesiyle birlikte kesici takımın talaş yüzeyi üzerine bazı talaş parçacıkları kaynar. İş parçası malzemesi (talaş kopması sonucu) kesici takımının bazı kısımlarında sıvanarak yığılma meydana getirir (Şekil 3.6). Bu nedenle kesme açılarının değerleri değişmektedir. Sürtünmenin artmasıyla malzemenin üzerinde talaş tabakası oluşmaktadır. Kesme kuvvetlerinin artışı kesme kenarındaki kırılmaların ve çatlamaların işlenen yüzeye yapışmasını engellemez. Bu durum kesici kenarda talaş yığılması (Built-Up Edge –BUE) olarak adlandırılır. Basit bir şekilde yığıntı talaşın (BUE) zararını, takım aşınmasının artmasından ve kötü yüzeyin elde

edilmesiyle açıklanabilir. Bu nedenle imalat mühendisliğinde, takım durumunun seçiminde bu faktör göz önüne alınmalıdır.



Şekil 3.5. Sıvanmalı talaş oluşumu (41)



Şekil 3.11. Yığıntı talaş (BUE) oluşumu (41)

3.4. Talaş Kaldırmayı Etkileyen Faktörler

Kesici takımla iş parçasından talaş kaldırma işlemi sırasında bir çok faktör kesme işlemine etki eder. Bunlardan önemli olanlarını belirtmek gerekirse;

- Kesme hızı,
 - İlerleme miktarı,
 - Kesme derinliği,
 - Takım geometrisi ve yanaşma açısı,
 - Takımın uç yarıçapı,
 - Takım aşınması,
 - İş malzemesi,
 - Takım malzemesi,
 - Titreşim,
- sayılabilir.

3.4.1. Kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği

Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği talaş kaldırma miktarını etkileyen en önemli faktörlerdir. Aynı zamanda bu parametreler takım ömrünü de etkilemektedir. Takım ömründe kesme hızı en önemli etkiye sahipken, ilerleme miktarı kesme hızından daha az bir etkiye sahiptir. Kesme derinliğinin takım ömründe en az bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinin optimize edilmesi ile en az takım değiştirme ve daha fazla parça üretimi sağlanabilir.

3.4.2. Takım geometrisi ve yanaşma açısının etkisi

Takım geometrisinin uygunluğu kesici takımın aşınmasının sebebini azaltacak ve daha uzun takım ömrü elde edilecektir. Takım geometrisindeki en önemli açılar talaş açısı (γ), kama açısı (β), serbest açısı (α)'dır. Bunlar arasında bulunan bağıntı ise;

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ \quad [3.3]$$

şeklindedir.

Yanaşma açısı, kesici kenar ile ilerleme yönü arasında kalan açıdır. Bu açı talaşın oluşumunu etkilediği gibi kesme kuvvetlerinin yönünü, kesici kenar uzunluğunu, kesici kenar ile iş parçası arasındaki temas alanını ve talaş kaldırma işlemlerini etkiler. Yanaşma açısı $45^\circ - 90^\circ$ arasında değişir.

Yanaşma açısındaki değişim ilerlemeyi ve bunun sonucunda talaş debisini etkiler ve aynı kesme derinliği ve talaş kalınlığı için daha büyük bir ilerleme miktarı elde edilir. Bu durum, genellikle basınç dağılımı ve kesici kenarın daha büyük bir kısmının kullanılması açısından avantajlıdır.

Yanaşma açısının seçimi, kesici kenar üzerindeki birim alana gelen basıncı belirlemesi nedeni ile takım ömrünü etkiler. Talaş kalınlığı, yanaşma açısı ve kesici kenarın dayanabileceği basınç ile ilişkilidir.

Kesici kenar geometrisi ve malzeme ile beraber yanaşma açısı da talaşın akış yönünü etkiler. Yanaşma açısı talaşın iş parçasına göre belirli bir açıyla yaptığı akış üzerine etkide bulunur. Yanaşma açısı yatay düzlemdeki kesme kuvvetlerinin yönünü de etkiler (42).

3.4.3. Takım uç yarıçapı

Talaş kaldırma işleminin küçük bir kesit alanında gerçekleşmesi nedeniyle köşe noktası kesici takımın en zayıf noktasıdır. Talaş kaldırma esnasında iş parçasına önce bu kısım temas etmekte, dolayısıyla malzeme deformasyonundan dolayı ortaya çıkan gerilmeleri önce bu kısım karşılamak zorunda kalmaktadır.

İki kesici kenarı birleştiren noktanın sadece kesme işlemini gerçekleştirecek kadar güçlü olması değil, aynı zamanda kesme işlemini yerine getirecek geometride de olması gerekir. Bu ise iki kenar arasına bir kavis verilerek gerçekleştirilir. Uç yarı

çapının bir yararı uca mukavemet kazandırmaktır. Büyük bir uç yarıçapı kesmeyi daha uzun bir kenar boyunca dağıtır ve böylelikle daha iyi bir takım ömrü sağlar. Büyük uç yarıçapı ile ısının sistemden uzaklaştırılması daha kolay olmakta ve ısıl gerilmeden ortaya çıkan tahribat azalmaktadır (42).

3.4.4. Takım aşınması

Takım aşınması, kesici kenar üzerine etkiyen yük faktörlerinin bir sonucudur. Kesici kenarın ömrü birçok yüke bağlı olarak belirlenir. Aşınma, takım, iş parçası malzemesi ve işleme koşullarının etkileşiminden kaynaklanan bir olaydır. Temel yük faktörleri mekanik, ısıl, kimyasal ve abrasiv yüklerdir.

İşleme sırasında kesici kenar üzerine etkiyen çeşitli yük faktörleri nedeniyle çeşitli aşınma mekanizmaları oluşmaktadır. Bunlar;

- Abrasiv aşınma mekanizması,
- Difüzyon aşınma mekanizması,
- Oksidasyon aşınma mekanizması,
- Yorulma aşınma mekanizması,
- Adheziv aşınma mekanizması'dır.

Bu aşınma mekanizmaları sonucunda kesici takımda çeşitli aşınma tipleri oluşmaktadır (41) . Bunlar ;

- Serbest yüzey yanak aşınması,
- Krater aşınması,
- Plastik deformasyon
- Çentik oluşumu,
- Isıl yorulma,
- Mekanik yorulma çatlakları,
- BUE,
- Çıtlama / çentiklenme,
- Kırılma'dır.

3.4.5. Titreşimin etkisi

Kesici takım ömrünü ve işlenen yüzey kalitesini olumsuz yönde etkiler. Talaş kaldırma sırasında genellikle zorlanmış titreşim ve kendiliğinden doğan titreşim olmak üzere iki türlü titreşim ortaya çıkmaktadır. Zorlanmış titreşim, tezgahın mekanik hareketlerinden meydana gelirken, kendiliğinden doğan titreşim ise talaş kaldırma sırasında meydana gelen titreşimdir. Titreşimden dolayı işlenen yüzeyde izler oluşur bu da yüzey pürüzlülüğüne olumsuz etki yapar. Talaş kaldırma sırasında oluşan titreşimi ortadan kaldırmak için takım ve tezgahın rijitliği sağlanmalı ve kesme şartları optimize edilmelidir (40,42).

3.4.6. İş malzemesi

İş malzemesinin etkisinde, işlenebilirlik durumu ön plana çıkmaktadır. İşlenebilirlik, malzeme türüne bağlı olarak, iş parçasının işlenmeye karşı gösterdiği direnç olup, sonuçta iş malzemesine göre farklı olarak artmakta veya azalmaktadır. İş parçası daha güç şekilde işleniyorsa, işlenebilirliği de düşük olarak ifade edilir.

Genellikle, kesme hızı ve takım ömrü yüksekse, işlenen malzemenin işlenebilirliği yüksek kabul edilmektedir. Fakat bununla beraber, iyi yüzey kalitesi ve daha düşük kesme kuvvetinin oluşması da iyi işlenebilirliğin bir başka göstergesidir (41-43).

3.4.7. Takım malzemesi

Kesici takımın sahip olması gereken özellikler yüksek sertlik, tokluk, aşınmaya karşı direnci, şiddetli darbelere karşı dayanıklılık, ısıl işlemlere karşı göstereceği direnç yani yüksek sıcaklıklarda bu özelliklerini koruyabilmesidir.

HSS, (yüksek hız çelikleri) yüksek oranlarda tungsten, vanadyum ve krom içeren çelik alaşımlardır. Küçük kesme hızları (maksimum 30-40 m/min) için hemen hemen bütün talaş kaldırma alanlarında kullanılırlar ve iyi eğilme mukavemetine sahiptir.

Yaklaşık % 1 karbonlu karbon çeliği takım malzemesi olarak kullanılır. Takımın içindeki özellikleri iyileştirmek için bir çok alaşım malzemeye ilave edilebilir. Bunlardan krom ve mangenez sertliği, tungsten ise aşınmaya karşı direnci artırır. Bu takım malzemesi ile maksimum 10 m/min'lik kesme hızlarına ulaşılabilir. Günümüzde bu çeliklerin kullanılması artık kalkmıştır denilebilir.

Sert metal adını taşıyan sinterlenmiş karbürler, bağlayıcı malzemesi kobalt olan; tungsten, titanyum ve tantalum karbürlerinden sinterleme yolu ile elde edilen malzemelerdir. Serttirler, sıcaklığa ve aşınmaya karşı dayanıklı fakat eğilme mukavemetleri düşüktür. Ortalama olarak 80-300 m/min kesme hızlarına sahip takım malzemelerdir.

Seramikler, ana malzemesi alüminyum oksit olan ve sinterleme yolu ile imal edilen malzemelerdir. Sertlikleri çok yüksek, fakat darbe ve eğilme mukavemeti çok düşük olan bu malzemeler ince talaş kaldırma işlemleri için kullanılır.

Sermetler, yan yüzey ve krater aşınmasına karşı yüksek dirence, yüksek kimyasal kararlılığa ve sıcak sertliğe sahip olup, sıvanma oluşma ve oksidasyon aşınma eğilimleri oldukça düşüktür.

Kübik bor nitrit (CBN), çok sert takım malzemelerinden biri olup, aşırı sertlik, çok yüksek sıcaklıklarda sıcak sertlik, abrasiv aşınma direnci ve işleme sırasındaki iyi kimyasal kararlılığının kombinasyonu ile mükemmel bir takım malzemesidir.

Polikristalin elmas (PCD), sertliği sebebi ile aşınma direnci çok yüksek olduğundan bileme taşı imalatında çok kullanılır. İnce elmas kristaller, yüksek sıcaklık ve basınç altında sinterleme yoluyla imal edilir. Mükemmel gibi görünen bu takım malzemesi için bazı sınırlamalar söz konusudur. Kesme bölgesinde sıcaklık 600 C°'yi geçmemelidir. Kimyasal yakınlık ndeni ile demir alaşımlarında kullanılmamalıdır.

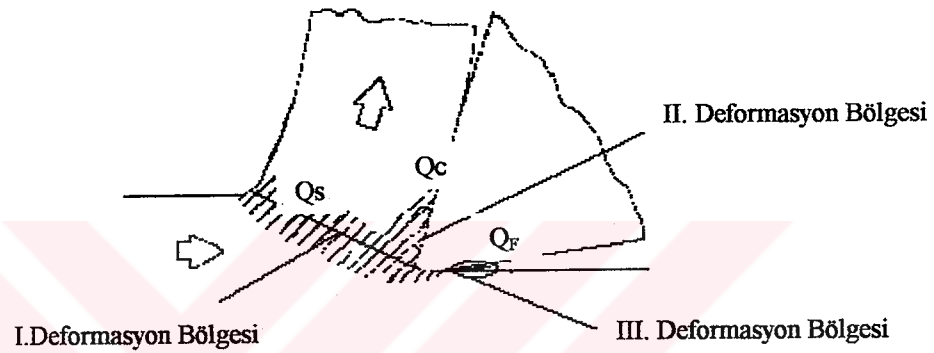
En sert malzeme olan elmas, sıcaklığa ve aşınmaya karşı çok dayanıklı fakat çok kırılgan ve pahalı bir malzemedir. Elmaslar, diğer malzemelerin kullanılması çok zor

veya imkansız olduğu durumlarda kullanılırlar. Kesme hızları normal işlemlerde 100-500 m/min arasında değışebilir. Özel durumlarda 3000 m/min'e kadar çıkabilmektedir (40-42).



4. TALAŞ KALDIRMA SIRASINDA ISI OLUŞUMU

Takım tarafından kaldırılmaya çalışılan talaş, kayma bölgesinde plastik şekil değiştirerek esas malzemeden ayrılmaktadır. Plastik şekil değiştirme bölgesinde takım tarafından iş parçası deformasyonu için harcanan enerji ısı enerjisine dönüşmektedir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi talaş kaldırma sırasında üç ana ısı kaynağı oluşur.



Şekil 4.1. Ortogonal kesmede oluşan sıcaklık bölgeleri (21)

Bunlar;

- Kayma bölgesinde (1 nolu bölge), birinci plastik deformasyon bölgesi oluşmakta ve Q_s ısı ortaya çıkmaktadır.
- Takım-talaş ara yüzeyi (2 nolu bölge), ikinci deformasyon bölgesi olarak anılmakta ve sürtünmeden dolayı Q_c ısı oluşmaktadır.
- Takım ve iş parçası ara yüzeyinde (3 nolu bölge), takımın serbest yüzeyi ve iş parçası arasında sürtünmeden meydana gelen Q_f ısı oluşmaktadır.

Bu durumda toplam ısı Q_T , bu üç ısı kaynağından oluşan ısıların toplamı ile elde edilir.

$$Q_T = Q_s + Q_c + Q_f$$

[4.1]

Herhangi bir malzeme elastik deformasyona uğradığında işlem için harcanan enerji, gerinim enerjisi olarak malzeme içine depolanır ve ısı oluşmaz. Talaş kaldırma işleminde malzeme, aşırı derecede yüksek gerilmelere maruz kalır ve toplam deformasyonun çok küçük bir kısmı elastik deformasyon şeklinde oluşurken, büyük bir kısmı ise plastik deformasyon şeklindedir. Böylece takım üzerine yüklenen enerjinin çok büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşebilir. Kesici takım-iş parçası arasında işleme anında ortaya çıkan ısı, takımın performansı ile doğrudan ilgilidir (21).

Kesici takımla, yüksek ergime noktalarına sahip demir, çelik ve diğer metal alaşımları işlenirken, talaş kaldırma miktarı sınırlandırılmaktadır. Bir çok araştırmacı tarafından takım ve iş parçası arasındaki ısı oluşumu klasik sürtünme teorisi temel alınarak incelenmiştir. Metal işlemede, kullanılan kuvvetlerin ısıya dönüşmesi nedeniyle takım-iş parçası arasında sürtünme oluşmaktadır. Basit şartlarda yapılan kesme işlemi;

- Yeni bir yüzey ve talaş elde etmek için iş parçasını işleme,
- Biçimlendirilmiş kesici takım üzerinde oluşan talaşları uzaklaştırma,
- Kesici takım yan yüzeyinin iş parçasının işlenmiş yüzeyindeki hareketi,

olmak üzere üç aşamada ele alınır (43).

İş parçasının işlenmesi sırasında oluşan talaş, kesme yapılan bölgede, sürtünmeden dolayı oluşan ısıyı uzaklaştırma görevi görür. Bu nedenle takım-talaş arasındaki sürtünmenin en aza indirgenmesi gerekmektedir. Yüzeyler arasında oluşan talaş yapışması da sürtünmeyle ilgilidir. İş parçası üzerinde talaş kaldırma miktarını arttırmak, daha fazla malzemeyi daha kısa zamanda işleyebilme anlamına gelir ve bu kesme hızını, ilerlemeyi ve kesme derinliğini artırarak yapılır. Bunu ekonomik bir şekilde yapmak kesici takım ve iş parçası malzemesinin işleme faktörlerine bağlıdır. Bu faktörler takım tezgahı, kesici takım, kesme sıvısı ve işlenecek malzeme özellikleridir. Kesme işlemini kolaylaştırabilmek için kesme şartlarını, kesici takım ve iş parçası malzemesi değiştirilebilir. Kesici takımla kısa sürede daha fazla talaş

kaldırmak için kullanılan güçteki artış, takım kesme kenarının yakınında ısı oluşumunun artmasına sebep olur ve iş parçasını işlemede kullanılan kuvvet büyük ölçüde ısıya dönüşür. İş parçasında oluşan ısı, kesici takım, iş parçası, oluşturulan talaş ve kesme sıvısı olmak üzere dört faktör tarafından kesme bölgesinden uzaklaştırılır (3-4).

Talaş kaldırma işleminde, kullanılan kesme sıvıları önemli bir rol oynar. Kesme sıvılarının, kesici takım, iş parçası ve tezgahı soğutmak, oluşan talaşı kesme bölgesinden uzaklaştırmak ve iyi bir iş parçası yüzeyi elde etmek gibi fonksiyonları vardır. Talaş ve takım ara yüzeyinde yağlayıcı özellik de gösterebilir (44).

Pispanem, V. Merchant, M.E. ve Field M, talaş geometrisi, güç sarfıyatı ve kesme parametreleri arasındaki ilişkiyi göz önünde bulundurarak yapmış oldukları çalışmalarında ısı oluşumunun sürtünme teorisine bağlı olduğunu belirtmektedir (43,45).

Trent E.M.'e göre takımın performansı üzerinde ısının önemli bir yeri vardır. Takım ve talaş arasındaki temas uzunluğunun en büyük olduğu bölge her iki malzemenin birbirine çok yakın olduğu yapışma bölgesidir. Trent, kesme hızına bağlı olarak takım-talaş ara yüzeyinde hareketsel bir temasın olmadığını belirtmektedir (44).

Aşınmadaki artışla ve azalan takım ömrüyle takım-iş parçası arasındaki sürtünme yüzeyi büyüyeceğinden bu bölgedeki ısı oluşumu da artacaktır. Talaş kaldırma işleminde takıma gelen kuvvetler, takım-talaş ve iş parçası ara yüzeyi sürtünmeleri ısı oluşumunda temel faktörlerdir (47).

4.1. Talaş Kaldırmada Isı Transferi

Isı transfer eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - \frac{R}{a} = 0$$

[4.2]

Metal kesmede termal sayı (R),

$$R = pcva/k \quad [4.3]$$

k : Isı iletim katsayısı

c : Özgül ısı

p : Yoğunluk

a : Kesme derinliği

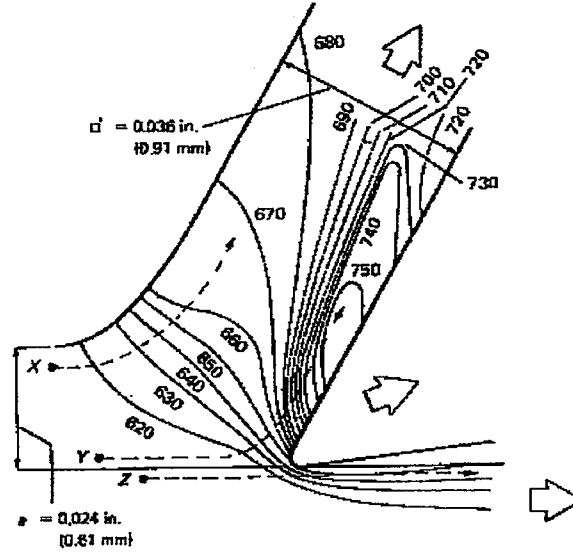
v : malzeme hızı olarak alınacaktır.

Eşitliği ile elde edilir (21).

4.2. Metal Kesmede Sıcaklık Dağılımı

Şekil 4.2’de ortogonal metal kesme sırasında talaş ve iş parçasındaki sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. (x) doğrultusunda hareket eden malzemenin birinci deformasyon bölgesinden geçtiği görülmektedir. Bu bölgede oluşan ısının, talaşla birlikte bölgeden ayrılncaya kadar artmakta olduğu görülmektedir. Aynı olayın (y) doğrultusunda ikinci deformasyon bölgesinde mevcut olduğu görülmektedir. Böylece en yüksek sıcaklığın kesici kenardan bir miktar uzağında ve kesici takım yüzeyinde meydana geldiği anlaşılmaktadır. (z) doğrultusunda ise; birinci deformasyon bölgesinde meydana gelen ısının etkisiyle iş parçası üzerinde bir miktar ısının varlığı gözlenmektedir. İkinci deformasyon bölgesinden iletilen bir miktar ısının da, kesici takım üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Kesici takım yüzeyine yakın olması nedeniyle talaş çok hızlı bir şekilde hareket eder. Bundan dolayı talaş, kesici takımdan daha fazla ısı taşıma kapasitesine sahiptir. Bu nedenle; kesici takıma geçen ısı, genellikle toplam ısının daha küçük bir kısmını oluşturur ve çok küçük kesme hızlarında ihmal edilebilirler (21).



Şekil 4.2. Ortogonal kesmede iş parçası ve talaştaki ısı dağılımı (21).

4.3. Birinci Deformasyon Bölgesindeki Sıcaklıklar

Birinci deformasyon bölgesinde meydana gelen ısı (Q_s) bu ısının küçük bir parçası (Γ) iş parçasına iletilir. Geri kalanı ise; $(1-\Gamma) Q_s$ talaş tarafından taşınır. Böylece ortalama sıcaklık artışı (θ_s) için;

$$\theta_s = \frac{(1-\Gamma)Ps}{pcva a'} \quad [4.4]$$

eşitliği yazılabilir.

Burada a' ; talaş genişliği olarak alınacaktır. Bu eşitlikte eğer (Γ) biliniyorsa, (θ_s) hesaplanabilir.

Kayma bölgesi ve iş parçası sıcaklıkları ile ilgili bir çok analiz yapılmaktadır. Bu çalışmalarda asıl ısı kaynağının birinci deformasyon bölgesinde meydana geldiği ve iş parçası serbest yüzeyi ve talaş serbest yüzeyinden herhangi bir ısı kaybının olmadığı varsayımından hareket edilmiştir. Ayrıca; iş parçası malzemesinin termal

özelliklerinin sabit olduğu ve bunun sıcaklıktan bağımsız olduğu kabul edilmiştir. Daha önce verilen temel ısı transfer denklemi çözümlenmiştir. En yararlı öneri Weiner tarafından yapılmıştır. Bu öneri; malzemenin ilerleme doğrultusu ve hareketi ile herhangi bir ısı iletimimin olmadığı varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım, özellikle yüksek hızlarda malzemenin hareketi ve doğrultusu ihmal edilebilir kabulünü esas alır. Temel ısı transfer denklemi aşağıdaki şekilde yeniden yazılabilir.

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} - \frac{R}{a} \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0 \quad [4.5]$$

Weiner, yukarıdaki denklemin çözümünü, iş parçası ile ilgili sınırlanmış şartlarda yapmıştır (21).

4.4. İkinci Deformasyon Bölgesindeki Sıcaklıklar

İkinci deformasyon bölgesindeki en yüksek sıcaklık, malzemenin uzaklaştığı yerdeki talaş üzerinde açığa çıkar. Bu durum,

$$\theta_{\max} = \theta_m + \theta_s + \theta_o \quad [4.6]$$

eşitliği ile ifade edebilir. Burada;

θ_m : İkinci deformasyon bölgesinden geçen malzemedeki sıcaklık artışı,

θ_s : Birinci deformasyon bölgesinden geçen malzemedeki sıcaklık artışı,

θ_o : İş parçasının ilk sıcaklığıdır.

Rapier, talaş sıcaklığının analizini yaparken, kesici takım ve talaş arasındaki sürtünmenin sonucu ısı kaynağının ortaya çıktığı varsayımından hareket eder. Isı transfer denklemini çözerken aşağıdaki ifadeyi elde etmiştir.

$$\frac{\theta_m}{\theta_c} = 1.13 \sqrt{\frac{R}{L_0}} \quad [4.7]$$

Burada;

θ_m : İkinci deformasyon bölgesindeki sürtünme nedeniyle talaştaki en yüksek sıcaklık.

L_o : Talaş kalınlığına bölünen, ısı kaynağının uzunluğu (L_f/a).

R : Termal sayı.

İkinci deformasyon bölgesindeki (θ_f , sürtünme dolayısıyla oluşan sıcaklık) ortalama sıcaklık artışı

$$\theta_f = \frac{P_f}{pcvaa'} \quad [4.8]$$

Deneysel sonuçlarla [4.8]'daki eşitliğin en son yapılan mukayesesinde, Rapier'in teorisindeki ikinci deformasyon bölgesindeki sıcaklık artışı (θ_m) tahminlerin ötesinde kabul görmüştür. Bunun sebebi ise; kesme esnasında, talaş ve kesici takım arasındaki sürtünme, talaş malzemesindeki birçok bozulmaya sebep olur ve böylece ısı kaynağı talaştan belirli bir uzaklıkta oluşur (21).

4.5. Sıcaklığı Etkileyen Kesme Şartları

Kesme bölgesindeki sıcaklık, kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği ve takım geometrisi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Aynı zamanda sıcaklık kesici takımın fiziksel özellikleri kadar işlenen malzemenin de özelliklerine bağlıdır. İş parçası, takım ve talaş sıcaklıkları üzerine, kesme faktörlerinin etkisi ile ilişkili olarak literatürde pek çok sonuç vardır (5).

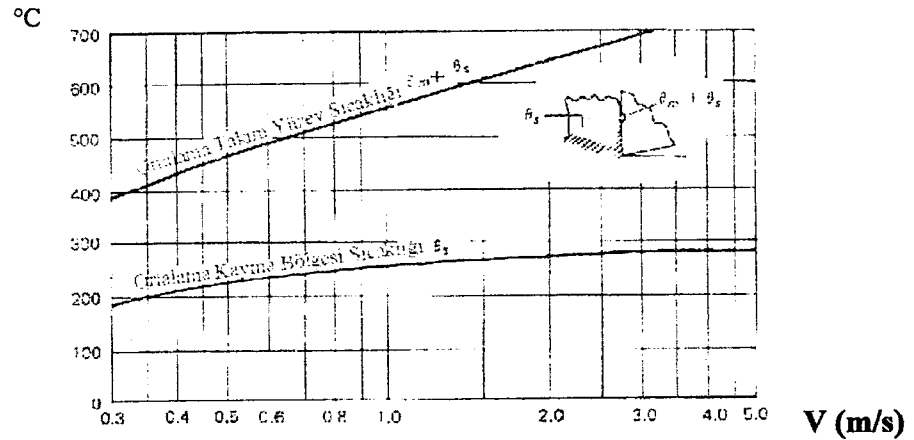
Talaş kaldırma sırasında oluşan enerjinin bir miktarı, kesici takımın ısıl iletkenliğine bağlı olarak talaşa aktarılmaktadır. Çoğu takım malzemesinin ısıl iletkenliği, sıcaklığın artması ile artmaktadır. Kesici takımın ısıl iletkenliği genellikle çok düşük olduğunda, talaştaki sıcaklık özellikle talaşın alt kısmında oldukça yüksektir. Talaşın temas boyu ile kesici takımın özellikleri arasında bir ilişki vardır. Düşük termal

iletkenliği olan kesicilerde kısa temas uzunluğu ve küçük çaplı talaşlar görülür. Bundan dolayı, talaşlar kesici takımdan hemen ayrılır ve takımın üzerindeki krater aşınması kesme kenarına çok yakın olur (47).

Sürekli olmayan kesme işlemi sırasında oluşan ısı, takım ömrü üzerinde önemli bir faktördür. Oluşan ısı normal kesme işlemindeki ile aynı şekilde oluşmakla beraber ısı oluşumu değişkendir. Aktif zamanlarda ısı yükselir, aktif olmayan zamanlarda ise düşer. Bu değişim, kesici takım üzerinde termal yorulmalara neden olur ve bu yorulma takım performansında azalmaya sebep olur (48).

4.6. Sıcaklık Artışında Kesme Hızının Etkisi

Takım kuvvetleri ve talaş kaldırma oranı, kesme hızındaki değişimle değişmiyorsa, daha önceki örneklerde kullanılan şartlar için şekil 4.3'de gösterilen kesme hızı ve sıcaklık oranındaki ilişki elde edilir. Maksimum takım yüzeyi sıcaklığı ($Q_m + Q_s$) kesme hızındaki artışla, hızlı bir şekilde artması gerekirken, ortalama kesme bölgesi sıcaklığı (Q_s)'nın, kesme hızındaki artışla hafif bir şekilde arttığı ve daha sonra sabit hale gelme eğiliminde olduğu görülür (20) .



şekil 4.3. Kesme hızının kesme sıcaklığına etkisi (21)

5. TALAŞ KALDIRMA SIRASINDA OLUŞAN ISI VE SICAKLIĞIN ÖLÇÜLMESİ

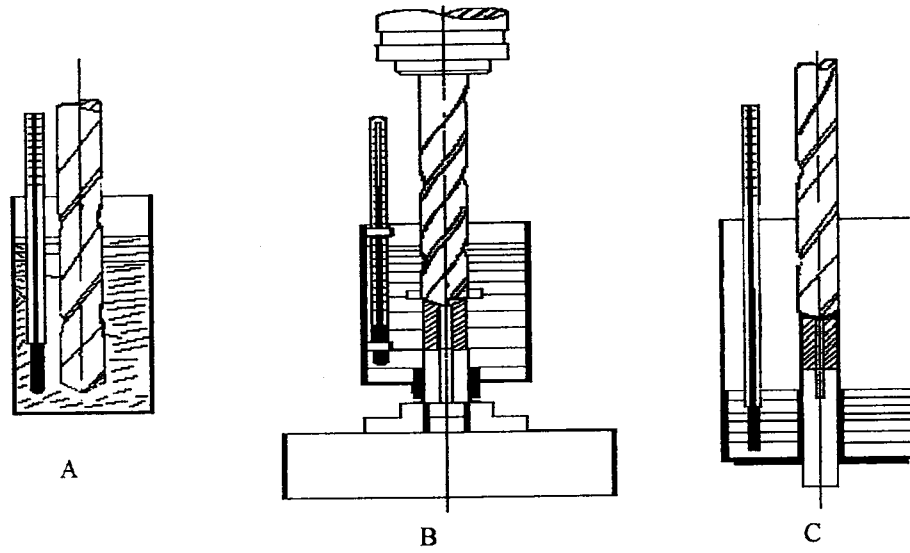
Kesici takım sıcaklığının ölçülmesinde, ölçülecek noktanın belirlenmesi, alanın küçük olması ve kesici uç bölgesinde çok aşırı derecede sıcaklık gradyenlerinin oluşması gibi zorluklar sıcaklık ölçümünü zorlaştırmaktadır. Kesme bölgesindeki sıcaklıkları ölçmek için bir çok yöntem geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir (29).

5.1. Kesme Sırasında Isı ve Sıcaklığının Ölçülmesinde Kullanılan Deneysel Yöntemler

Talaş kaldırma işlemlerinde takım-talaş ara yüzeyinde ve kesme bölgesinde meydana gelen sıcaklıkların ölçümü için araştırmacılar tarafından farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden başlıcaları şunlardır;

5.1.1. Isı ölçüm yöntemi

Bu yöntemde talaş kaldırmada oluşan ortalama ısı hem de takım-talaş arasında ve iş parçasında oluşan ısı kalorimetre ile belirlenebilmektedir. Isı miktarının kümülatif toplamının ölçülmesinde ve belirlenmesinde, bilinen standart kalorimetre kaplarından yararlanılmaktadır. Isısı tespit edilmesi istenen kısım kalorimetre kabı içerisine alınır ve ısı miktarı belirlenir. Klasik kalorimetre kabı ile ısı miktarı tespit yöntemi, takım ısısı, talaş ısısı ya da her ikisinin birden toplam ısısın ölçümünde kullanılan bir yöntemdir. Şekil 5.1'de çelik bir malzemenin matkapla delinmesi esnasında ısı ölçümü için geliştirilmiş deney seti görülmektedir (7).

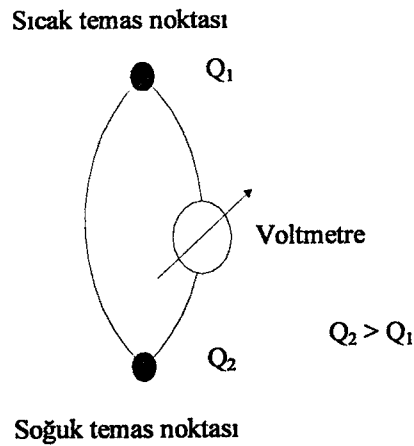


- A) Takımdaki ısıyı ölçmek için kalorimetre yöntemi
 B) Toplam ısıyı ölçmek için kalorimetre yöntemi
 C) Talaştaki ısıyı ölçmek için kalorimetre yöntemi

Şekil 5.1. Matkapla delmede oluşturulan ısı ölçüm yöntemi (7)

5.1.2. Sıcaklık ölçümünde ısı çift yöntemi ve ilkeleri

Bu yöntemin temelinde iki farklı metalin ara yüzeyinde, ara yüzey sıcaklığı değiştiği zaman oluşan elektro motor kuvveti (emk) bulunmaktadır. Isıl çift, ısıl iletkenliği olan iki farklı malzemenin birleştirilerek elektrik iletir hale getirilmesinden ibarettir. Bir ısı çift, farklı sıcaklıklarda kullanılmak üzere hazırlandığında termoelektrik potansiyeli farklı her bir ısı çift elemanındaki farklı elektron yayım oranları sayesinde kullanılabilir. Bu olay basit bir şekilde Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Isıl çift etkisinin temeli (4)

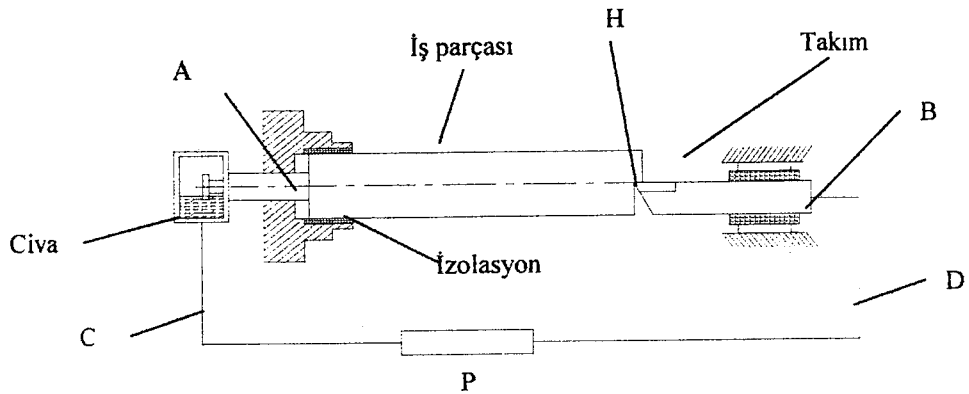
Burada uygulanabilen termoelektrik devre kanunları şu şekilde özetlenebilir.

- Termoelektrik devrede oluşacak emk sadece sıcak ve soğuk temas noktaları arasındaki sıcaklık farkına bağımlı olup hazırlanan sistemden bağımsızdır.
- Sistemdeki emk, temastaki her bir kısmın direncinden ve boyutundan bağımsızdır.
- Eğer iki metalin bağlantısı üniform sıcaklıkta ise, emk oluşumu ilk ikisi arasında bağlantı sağlamak için kullanılan ve aynı sıcaklıkta olan üçüncü bir metalden etkilenmez (4).

5.1.2.1. Takım-iş parçası ısı çift yöntemi

Bu yöntemin pratikte nasıl uygulandığı Şekil 5.3’de gösterilmiştir. Burada takım-iş parçası ara yüzey sıcaklıklarını ölçmek için torna tezgahında oluşturulmuş bir deney düzeneği gösterilmiştir. A ve B soğuk nokta birleşimleri olup, oda sıcaklığında kalırken, talaş-takım birleşimi H sıcak nokta birleşimini oluşturur. Bu birleşme noktaları arasında bir elektriksel devre oluşturularak “emk” elde edilir. Civa teması, kontak bileziklerinin kullanımıyla sık sık aynı anda oluşan konu dışı voltajları tanıtmaksızın, dönen parçayla elektriksel temas yapmak için kullanılır. C ve D telleri, aynı sıcaklıkta her biri sıradan olan bakır tellerdir ve “P” potansiyometresiyle ölçülen H’de oluşan emk üzerinde etkisi yoktur.

Ölçümlerin doğru bir şekilde yapılması için takım ve iş parçasının, tezgahtan elektriksel olarak izole edilmesi gerekir.



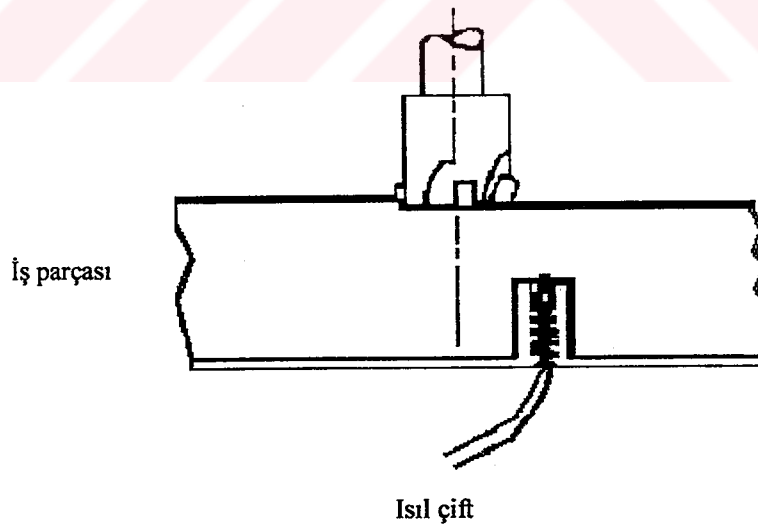
Şekil 5.3. Takım-iş ısıl çift yöntemi deney düzeneği (4)

5.1.2.2. Gömülmüş ısı çift yöntemi

İş parçası veya kesici takım içerisine yerleştirilen gömme standart ısı çiftler, noktasal olarak sıcaklık ölçülmesinde veya farklı noktalara yerleştirilerek kesici takımdaki sıcaklık dağılımlarını ölçmek için kullanılırlar. Gömülmüş ısı çiftlerin, temas noktalarındaki değişimlerden dolayı, özellikle sürtünmeyle ortaya çıkan ısıdaki geçici değişimleri iyi bir şekilde gösterdiği görülmüştür.

5.1.2.2.1. İş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemi

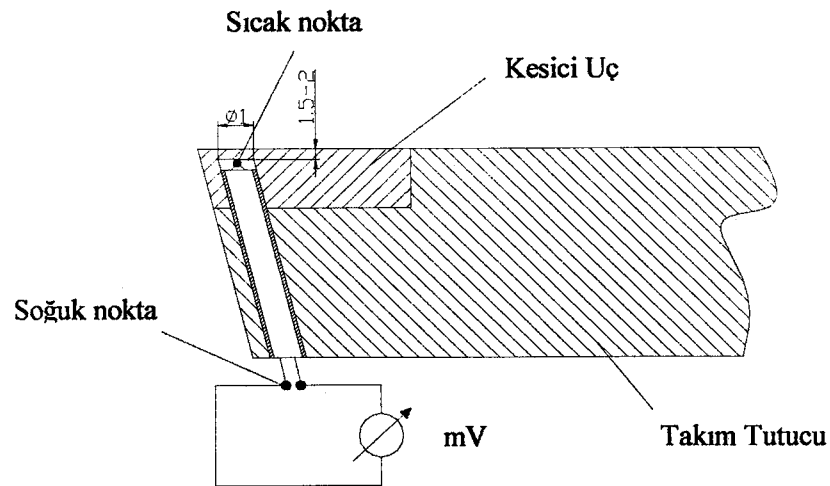
Bu yöntem, şekil 5.5’de g r ld  u gibi, iş parçasına hassas olarak delinmiş bir veya birden fazla deliklere ısı çift yerleştirilerek elde edilir. Bu delikler işlenecek y zeeye belli uzaklıklarda delinirler. İş parçası işlenirken, bu belirlenen noktalarda takım-iş parçası ara yüzeyinde oluşan sıcaklığı ölçmek mümkündür. Farklı noktalara yerleştirilen ısı çiftlerle sıcaklık dağılımı elde etmek mümkündür (46).



şekil 5.5. İş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemi (46)

5.1.2.2.2. Kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemi

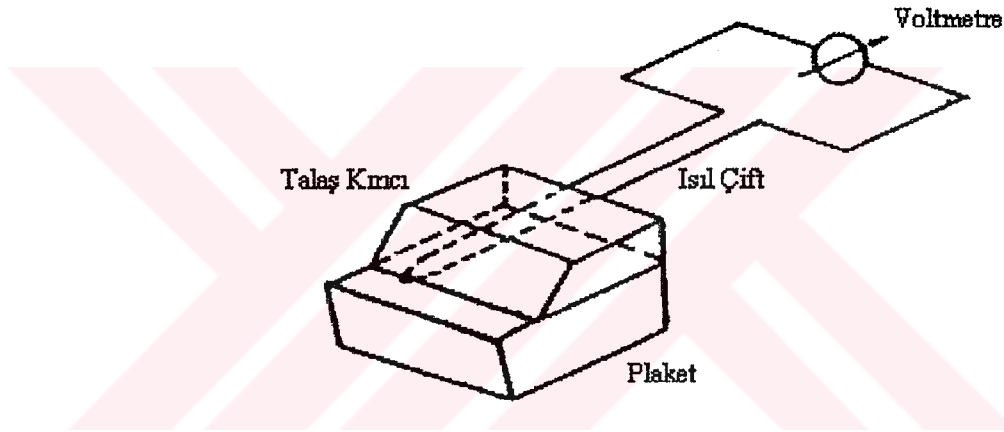
Bu yöntemde iş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemine benzer şekilde, ısı çift kesici takıma gömülür. Şekil 5.6'da kesici takıma gömülmüş bir ısı çift yöntemi görülmektedir. Kesici takımın talaş yüzeyindeki en yüksek sıcaklık, kesme kenarından belirli bir mesafede oluşur. Kesici takımın talaş yüzeyinde oluşan maksimum sıcaklığın tam olarak yerinin belirlenmesi zordur. Bunun için delinen deliğin merkez noktası varsayım ile belirlenir ve farklı noktalara yerleştirilerek en yüksek sıcaklığın tam olarak nerede oluştuğu bulunur. Delikler kesici kenardan belirli aralıklarla delinerek kesici takım talaş yüzeyinde oluşan eş sıcaklık gradyanlarını elde etmek mümkündür. Aynı zamanda farklı derinliklerde delinen deliklerle de kesici takımın serbest yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımı bulunabilir. Bu ısı çiftleri oluşturmak basit ve ucuz olmakla beraber takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklık dağılımlarının belirlenmesinde doğruluğu yüksek olan bir yöntemdir. Bu yöntemin, ısı çiftlerin yerleştirildiği deliklerin delinmesinin zor ve hassas olması, ısı çiftlerin yerleştiği yerde ısı akışını engellemesi, sıcaklık gradyanlarının kesin olarak hesaplanmasının çok sıkıcı ve zaman alıcı olması gibi dezavantajları vardır (4,7,49).



Şekil 5.6. Takıma gömülmüş ısı çift yöntemi (49)

5.1.2.2.3. Mekanik bir talaş kırıcı altına yerleştirilen ısı çift ile sıcaklık ölçümü

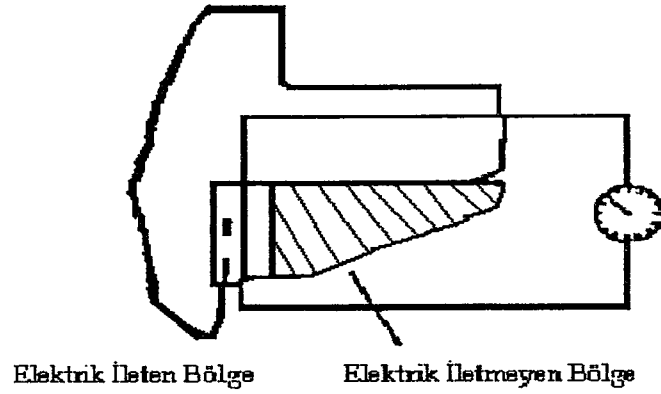
Gömülmüş ısı çift yönteminin farklı bir uygulaması ise mekanik olarak talaş kırıcı görevi yapan bir plakanın altından sıcaklık değerlerini okuma esasına dayanır. Şekil 5.7’de talaş kırıcısı altına, plaket üzerine yerleştirilmiş olan bir ısı çift görülmektedir. Bu tip uygulamalarda tellerin birleştirilmiş ucu takımın kesici kenarından belirli mesafeye yerleştirilmiştir. Burada talaşın hemen alt noktasından bir yerden (krater aşınması bölgesi yakınlarında) noktasal sıcaklık alınmaktadır (46).



Şekil 5.7. Talaş kırıcı altına yerleştirilen ısı çift ile sıcaklık ölçümü (46)

5.1.2.3. Birleştirilmiş takım yöntemi

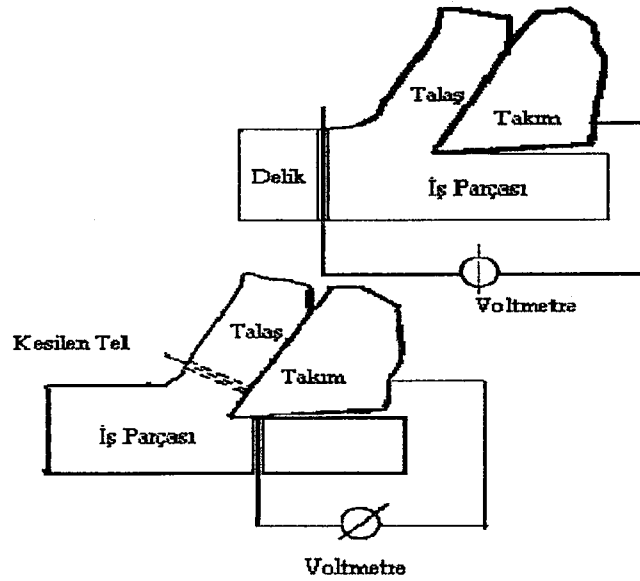
Bu yöntem esas itibariyle bir ısı çift yöntemidir. Bu yöntemde de sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir. Bu yöntem, uygulama olarak takım-iş parçası ısı çift yöntemine benzer. Burada takım-talaş temas bölgesi alanı elektrik ileten ve elektrik iletmeyen olmak üzere iki kısma bölünmektedir. Bu iki bölgenin genişlikleri birbirine göre değiştirilmekte ve sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir. Bu durumda toplam temas alanı aynı kalmaktadır. Bu yöntem Şekil 5.8’de gösterilmiştir (7,46).



Şekil 5.8. Sıcaklık dağılımında kullanılan birleştirilmiş takım yöntemi (46)

5.1.2.4. Kesilen tek tel-takım ısı çift yöntemi

Bu yöntemde sıcaklığı tespit edecek olan ve ısı çifti oluşturan tellerde biri, işlenecek parçanın talaş kaldırılacak yüzeyinden bir delik açılarak buraya yerleştirilmektedir. Sıcaklık ölçülebilmesi için bu teli talaş kaldırma esnasında takım tarafından kesilmesi gerekmektedir. Bu nedenle talaş kaldırmadan önce tel delik içerisine uygun boyda yerleştirilmelidir. Kesilen telin ucu, takımın serbest yüzeyi ile temas eder ve devre tamamlanarak bir emk oluşur. Bu emk'nın tespit edilmesi ile takımın serbest yüzeyindeki sıcaklık elde edilebilmektedir. Aynı zamanda bu yöntem hareketli ısı çift yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. Bu yöntem şematik olarak Şekil 5.9'da gösterilmiştir (46).

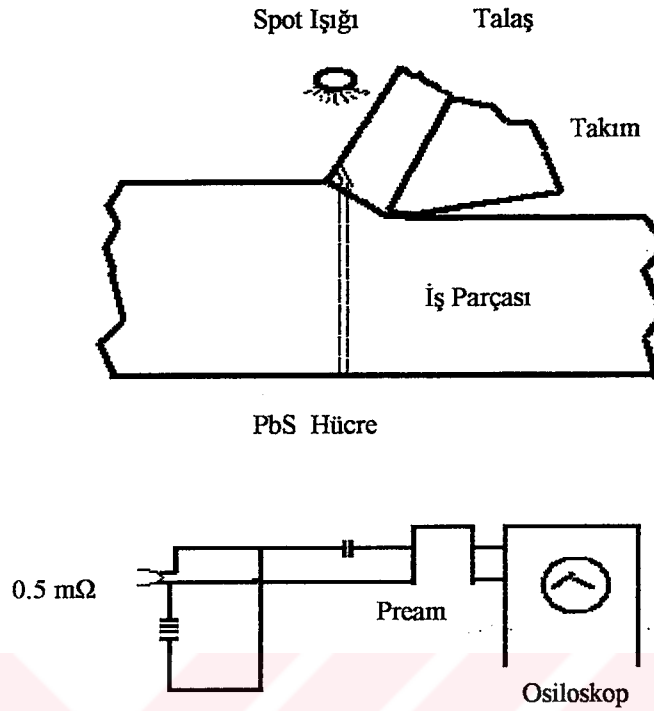


Şekil 5.9. Kesilen tek tel-takım ısı çift yönteminin şematik görünüşü (46)

5.1.3. Radyasyon esaslı sıcaklık ölçüm yöntemleri

5.1.3.1. Radyasyon pirometresi ile sıcaklık ölçümü

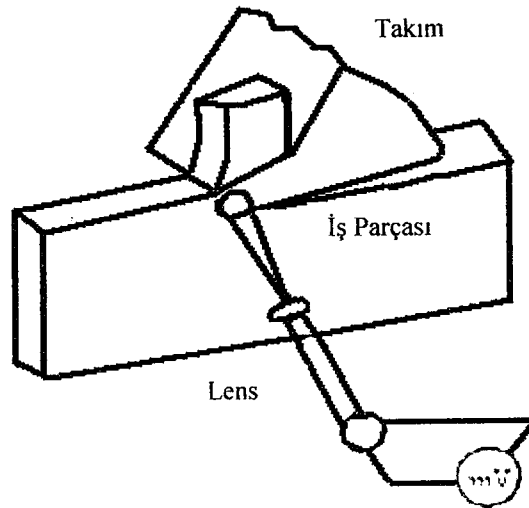
İlk olarak 1937’de Schward, takım, iş parçası ve talaşta ortogonal kesme şartlarında oluşan sıcaklığı radyasyon pirometresi ile tespit etmiştir. Bu yöntemle sadece yüzey sıcaklığı ölçülebilmektedir. Bu yöntemle kayma düzleminde, takımında ve talaştaki sıcaklık dağılımı saptanabilmektedir. Bu yöntem şematik olarak Şekil 5.10’da gösterilmiştir (4,46).



Şekil 5.10. Radyasyon pirometresi ile sıcaklık ölçüm yöntemi (46)

5.1.3.2. Fotosel Kullanarak Sıcaklık Ölçümü

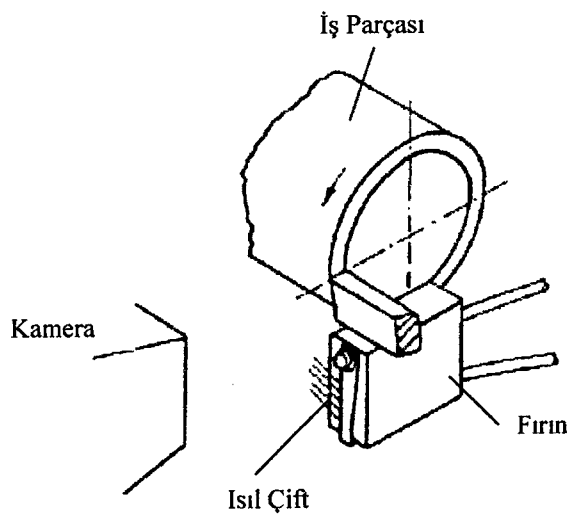
Bu yöntemle kesici takımın serbest yüzeyindeki sıcaklık dağılımını elde etmek mümkündür. Bu dağılımı elde etmek için radyasyon algılayıcılar kullanılır. Bu radyasyon algılayıcı madde bir radyasyon ışığına maruz kaldığında saniyede yaklaşık 10.000 çevrimlik frekansla cevap verebilmektedir. Radyasyon hücrenin direnç değişikliği voltaj şeklinde osiloskopta izlenmektedir. Radyasyon hücresi nokta ışık kaynağı ile ışıklardan etkilenebilecek bir mesafeye yerleştirilip iş parçasına açılan delikten ışık gönderilmektedir. Takımın ilerlemesi ile kayma düzlemine varıldığında deliğin üzeri kapanmakta ve ışığı kesilmesi ile radyasyon hücresinde voltaj değişikliği görülmektedir. Kesme devam ettiğinde radyasyon hücresi kayma düzleminin değişik noktalarını ve daha sonra takımın serbest yüzeyini görmektedir. Böylece takımın serbest yüzeyi üzerindeki sıcaklık dağılımı elde edilebilmektedir. Serbest yüzeydeki sıcaklık, serbest yüzey aşınmasına bağlıdır. Ortalama serbest yüzey sıcaklığı, serbest yüzeydeki aşınmanın artması ile sürekli artmaktadır. Şekil 5.11’de fotosel kullanılarak oluşturulan düzenek gösterilmiştir (46).



Şekil 5.11. Fotosel kullanarak sıcaklık ölçümünün şematik görünüşü (46)

5.1.3.3. Radyasyon esaslı fotografik yöntem

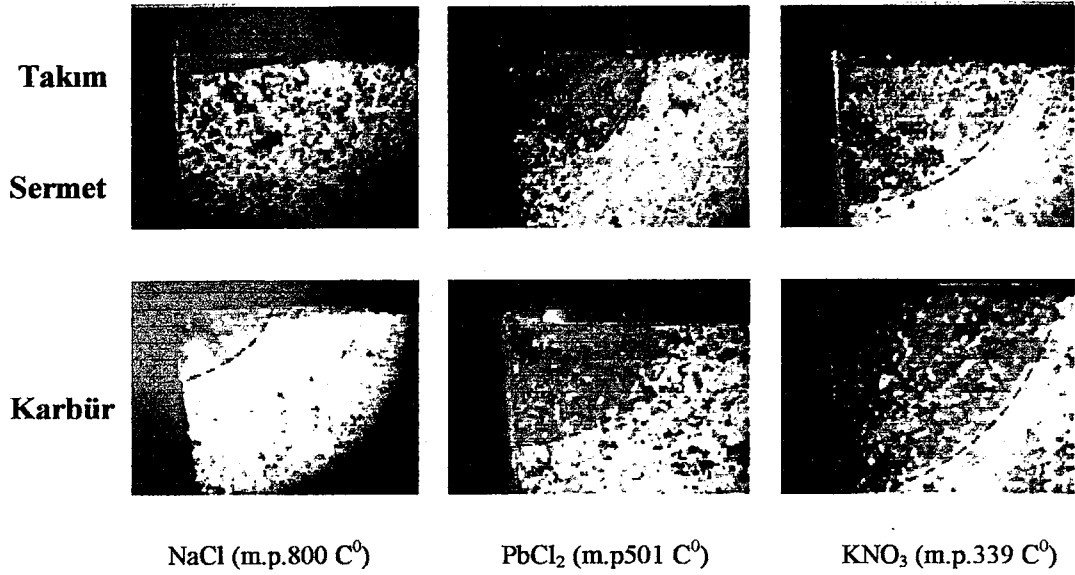
Bu tekniğin prensibi infrared fotoğraf tekniğinin kullanılması ile sağlanır. İş parçası, talaş ve takımın yan yüzeylerinden ortogonal kesme işlemi boyunca fotoğrafı çekilmektedir. Fotoğraf sonradan sıcaklık dağılımı için kalibre edilmektedir. Sistemin kalibrasyonu için, takımın altından küçük bir kalibrasyon fırını yerleştirilerek takım, talaş, iş parçası ve fırının aynı zamanda fotoğrafları alınmaktadır. Sistem Şekil 5.12’de gösterilmiştir (4).



Şekil 5.12. Radyasyon esaslı fotografik yöntemle sıcaklık tespiti (4).

5.1.4. Erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin kullanılması ile sıcaklık dağılımının belirlenmesi

Bu yöntem sabit durum şartları ile sınırlanmaktadır. Erime sıcaklığı bilinen tozlar, seramik, sermet gibi takımlarla, talaş kaldırma işleminde kullanılabilir. Şekil 5.13'de farklı talaş kaldırma şartları altında ve değişik tozların kullanılmasıyla elde edilen sıcaklık bölgeleri görülmektedir. Tozların serpilmesinden önce, yüzeye sodyum silikat çözeltisi tatbik edilip tozlar yüzeye sonradan serpilirse, çok iyi yapışma sağlanır. Fotoğraflarda, belirgin olarak görülebilen iki bölgenin farklı sınır hatları, yüzey üzerinde belirgin olarak erimiş ve erimemiş tozların oluşturduğu iki bölgeden oluşmaktadır. Farklı tozların kullanımı durumunda her birinin erimesi ile oluşan eş sıcaklık hatları, noktalardan oluşan hatlar şeklinde olmaktadır. Takım üzerindeki sıcaklık dağılımı bu eş sıcaklık, serbest yüzeyde oluşan sıcaklık dağılımından genelleştirilerek elde edilebilmektedir. Bu yöntemde sıcaklık dağılımı, tozların erimiş veya erimemiş bölgelerin sınır hatlarından gözlemlerle çıkarılmaktadır. İzlenen bölge yüzeylerinde eş sıcaklık hatları, tozların erime noktasına bağlı olarak oluşan sınır hatları ile saptanmaktadır. Tozların farklı tiplerinin kullanımıyla farklı sınır elde edilmektedir. Bu yöntemde kalibrasyona ihtiyaç yoktur, çünkü malzemeye özgü erime noktaları ile sıcaklık dağılımının belirlenmesi kolay olmaktadır. Bu yöntemde yaygın olarak kullanılan toz haline getirilen malzemeler ve bunların erime sıcaklıkları Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir (4,11,46).



Şekil 5.13. Erime sıcaklığı bilinen toz halindeki malzemelerin kullanılması ile sıcaklık dağılımının belirlenmesi (46)

Çizelge 5.1. Sıcaklık dağılımında kullanılan tozların kimyasal bileşimleri ve erime sıcaklıkları (46)

Kimyasal Sembol	Erime Sıcaklığı (°C)	Kaynama Sıcaklığı (°C)
NaCl (Sodyum klorür)	800	1413
KCl (Potasyum klorür)	776	1500
CdCl (Kadmiyum klorür)	568	960
PbCl ₂ (Kurşun klorür)	501	954
AgCl (Gümüş klorür)	544	1550
Zn (Çinko)	419	907
KNO ₂ (Potasyum nitrat)	339	-
Pb (Kurşun)	327.4	1750
SnCl ₂ (Kalay diklorür)	546.8	623
Sn (Kalay)	231.9	2270

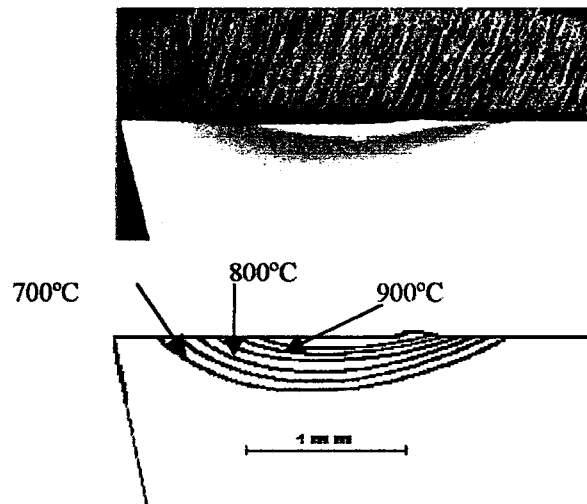
5.1.5. Dağlama Yöntemi

Bir HSS takımda sıcaklık dağılımının bu yöntem ile belirlenmesi, takımın 600 °C civarında çalışması, bunun sonucunda malzeme yapısının değişmesi ve işlem sonu dağlama ile yapı değişiminin saptanması ile gerçekleştirilebilir.

HSS bir takım ile uzun zaman ve yüksek kesme hızlarında talaş kaldırılırsa, yapıdaki değişiklikler ve sertlik değişimleri saptanabilmektedir. Yapı değişikliği ya da mikro sertlik, sıcaklığa ve sürelerle bağlı olarak basit bir kalibrasyon yardımı ile açıklanabilmektedir. Bu karşılaştırma için takımdan alınan kalibrasyon numuneleri tuz banyolarında belli bir sıcaklıkta ve belli bir süre bekletildikten sonra su ile temizlenerek incelenmeye hazır hale getirilmektedir. HSS takımlarda bu yöntemin uygulanması için aşağıda belirtilen bazı şartlar söz konusu olmaktadır:

- Yapının, sıcaklığı gösteren bir denge haline gelebilmesi belli bir süre içinde olmaktadır.
- Takımda oluşan sıcaklık dağılımının saptanmasında, aşırı sıcaklık gradyanlerinin bulunması halinde kalibrasyonda bu aşırı sıcaklık gradyanleri için numune alınması önemli değildir.
- HSS'le çok kısa zamanda, çok yüksek kesme hızlarında demir esaslı malzemenin talaşlı işlenmesi, diğer tüm HSS takım-malzeme kombinasyonlarında ve kesme hızlarında benzer şekilde eş sıcaklık hatlarını verecektir (4,21,46).

Şekil 5.14'de dağlama yöntemi ile bir HSS takımda elde edilen eş sıcaklık hatları şematik olarak verilmiştir.



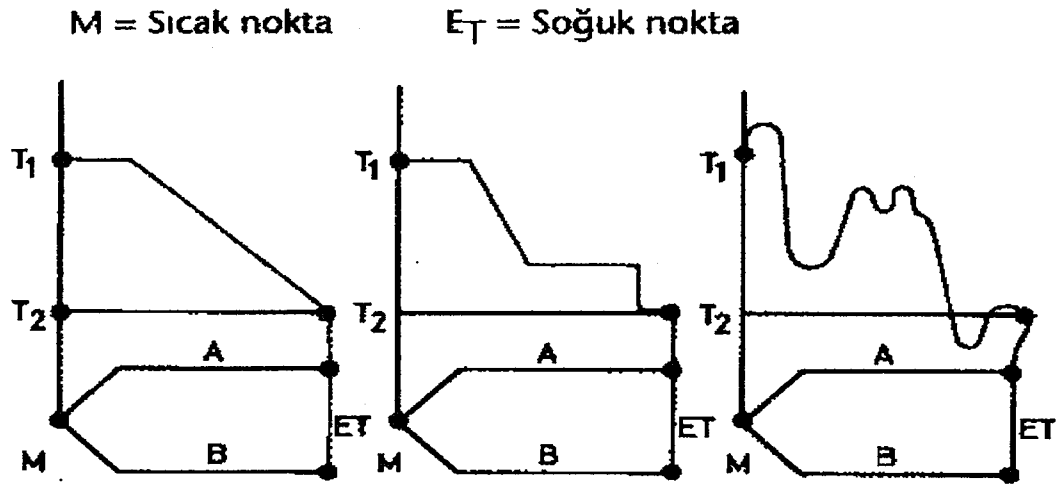
Şekil 5.14. Dağlama yöntemiyle HSS takımda oluşan sıcaklık dağılımının belirlenmesi (46)

5.2. Isıl Çift

5.2.1. Isıl çiftin tanımı

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Sıcaklık tamamen fizik ile ilgili temel bir konudur. Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içinde elektronik dünyasının en çok kullandığı sensörlerden birisi ısı çiftleridir. Isıl çiftlerle -200°C 'ye kadar ölçüm yapılabilir.

Isıl çift iki farklı alaşımın ucunun kaynaklanması ile oluşturulan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynak noktası sıcak nokta, diğer açık iki uç soğuk nokta olarak anılır. Isıl çift olayı sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından doğar. Bu sıcaklık farkına orantılı, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir. Isıl çiftin sıcak noktası ve soğuk noktası arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılıdır (Şekil 5.15). Dolayısıyla soğuk noktanın sıcaklığı önemlidir. Sıcak nokta aynı kalmak kaydı ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiği takdirde farklı sıcaklıklar okunacaktır. Bu nedenle Isıl çift mV tablolarındaki değerlerde standardizasyon sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C 'de tutulması ile ölçülmüştür (50).



Şekil 5.15. Sıcak ve soğuk nokta arasında oluşturulan emk (50)

Isıl çiftler endüstride sıcaklık ölçümlerinde çok geniş uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Isıl çift aslında iki farklı metal veya alaşım olmasına rağmen genelde prosese çıplak olarak daldırılmazlar. Çeşitli mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal aşındırıcı özellikler göz önüne alınarak belli özel koruyucu kılıflar içinde kullanılırlar. İki farklı eleman teli farklı kutuplarda oldukları için birbirlerinden izolatör yardımı ile izole edilirler. İzolatörlerin seçiminde yine ortam şartlarının, sıcaklık limitlerinin önemi büyüktür. Gerek eleman tellerinin gerekse koruyucu tüplerin cinsleri Isıl çiftlerin ömürlerine direkt etki etmektedir.

5.2.2. Isıl çift eleman teli cinsleri

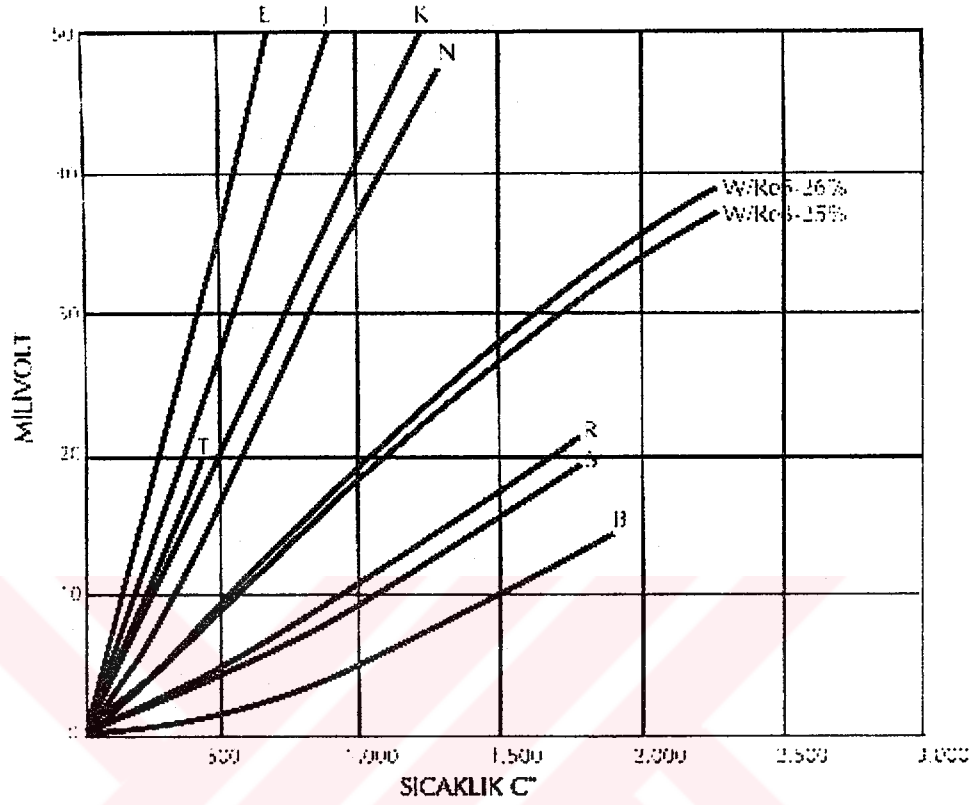
-200 $^{\circ}\text{C}$ 'den 2320 $^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 standart ısı çift eleman teli çeşitleri ve sıcaklık aralıkları Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Şekil 5.16'da görüldüğü gibi bu tellerinin sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde doğrusal olmadıkları görülür. Isıl çift sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde her birinin sıcaklık ölçümü açısından diğerine nazaran daha uygun olduğu bölgeler vardır. Isıl çift eleman tellerinde ilk yazılan bacak (+) referanslıdır. Yani diğer bacağa nazaran

(+) yüklüdür. Diğer bacak (-) değerdedir. Bu yüzden ısı çift eleman telleri cihaza (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Dünya standartlarında ısı çift uçları belli renk kodları ile kodlanmışlardır (50).

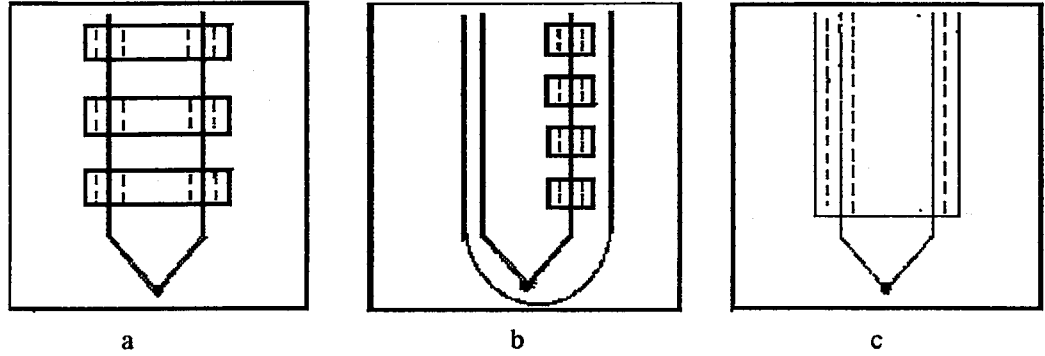
Çizelge 5.2. DIN 43710 ve IEC 584 standart ısı çift eleman teli çeşitleri ve sıcaklık aralıkları (50)

Isıl çift Eleman Tel Cinsleri	DIN 43710,IEC 584 Standart kodları	Sıcaklık aralığı
Cu-Const (CuNi) (Bakır-Konstant)	T	-200-300 °C
Fe-const (CuNi) (Demir-Konstant)	J	-200-800 °C
Cr-Al (Kromel-Alümel)	K	-200-1200 °C
NiCr-Ni (Nikelkrom-Nikel)	K	-200-1200 °C
Cr-Const (Krom-Konstant)	E	-200-1200 °C
Nikrosil-Nisil (Nikelkrom Silikon- Nikelsilikon Mağnezyum)	N	0-1200 °C
Pt %10Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %10)	S	0-1500 °C
Pt %13Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %13)	R	0-1600 °C
Pt %18Rh-Pt (Platin Rodyum-Platin %18)	B	0-1800 °C
Tn-Tn %26 Re (Tungsten-Tungsten%26 Renyum)	W	0.. 2000 °C



Şekil 5.16. Farklı ısı çiftlerine ait sıcaklık- mV eğrisi (50)

Isıl çift eleman ucu kaynaklandıktan sonra koruyucu tüp içerisine yerleştirilsin yerleştirilmesin (+) ve (-) bacaklar bir birinden izole edilir. İzolasyon için seramik izolatörler kullanılır. Bu izolatörlerde, sıcaklık limitlerine ve ortam şartlarına göre seçilir. Genellikle DIN standartlarında porselen izolatör ve saf alümina izolatör kullanır. Şekil 5.17’de izolatör tipleri gösterilmiştir.



a) Çift delikli tek tek izolatör

b) Tek elikli izolatör

c) Yekpare tek delikli izolatör

Şekil 5.17. Isıl çiftlerde kullanılan izolatör tipleri (50)

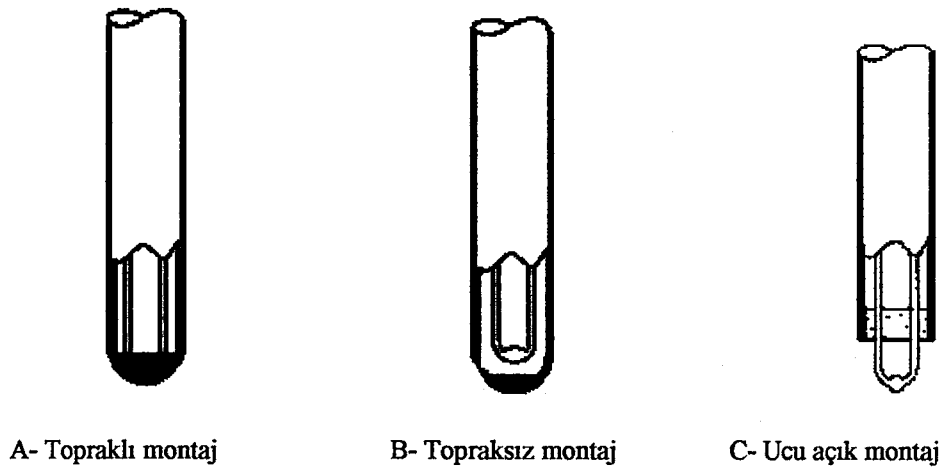
Isıl çift eleman tellerinin dayanabileceği sıcaklık limitleri eleman tel çapına bağlıdır. Çap kalınlaştıkça çıkabileceği maksimum sıcaklık arttığı gibi, kalın çaplı tel inceye nazaran daha uzun ömürlü olabilecektir. Isıl çiftlerde kullanılan tellerin çapları seçilirken şüphesiz kullanılan boru çapları da göz önüne alınmalıdır. Çizelge 5.3'de NiCr-Ni ısıl çifte ait eleman tel çapları verilmiştir.

Çizelge 5.3. Isıl çifte ait eleman tel çapları (50)

Eleman Cinsi	Sürekli °C	Max °C	Tel Çapı	Eleman Cinsi	Sürekli °C	Max °C	Tel Çapı
Cu-const	300	600	0.2 mm	NiCr-Ni	600	800	0.5 mm
	300	600	0.5 mm		800	1000	1 mm
	300	600	1 mm		900	1100	1.3 mm
Fe-const	400 600 600 700 700 700	600 800 800 900 900 900	0.5 mm 1 mm 1.5 mm 2 mm 2.5 mm 3 mm		900	1100	1.5 mm
					1000	1200	2 mm
					1000	1200	2.5 mm
					1000	1200	3 mm
				PtRh-Pt	1300	1600	0.3 mm
					1300	1600	0.5 mm
1300	1700	0.6 mm					

Isıl çift uygulamalarında dış koruyucu kılıfların önemi büyüktür. Eleman tellerinin proses içinde mekanik darbeler, kimyasal ve fiziksel aşınmalara karşı belli bir ömre sahip, dayanıklı olmaları için ortam şartlarına göre metal kılıflar ve seramik tüpler kullanılır. Isıl çift eleman telleri uçları kaynaklı ve izolatörlü bu kılıflar içine monte edilirler.

Eleman tellerinin uçları kaynak yapıldıktan ve izolatör geçirildikten sonra koruyucu kılıf içine yerleştirilirler. Uygulamanın durumuna göre topraklı, topraksız ve ucu açık tipte olmak üzere çeşitli şekillerde koruyucu kılıf montajı yapılabilir. Şekil 5.18.a'da görülen topraklı montaj şekli genellikle daha hassas ölçüm alınması veya hızlı sıcaklık değişimlerinin algılanması için uygun bir montaj şeklidir. Elektriksel gürültü problemi olabilecek uygulamalarda tercih edilmeyebilirler. Şekil 5.18.b'de görülen topraksız montaj, hemen hemen bütün ısı çiftlerinde seçilen yaygın bir montaj şeklidir. Dış koruyucu ile eleman teli arasında herhangi bir kısa devre söz konusu değildir. Şekil 5.18.c'de görülen ucu açık montaj şekli genellikle bazı özel durumlarda tercih şeklidir. Hiçbir korozyon, mekanik darbe tehlikesi olmayan hallerde daha hassas ölçüm yapabilmek için seçilebilirler. Kaynak ucu ortama açıktır (52).

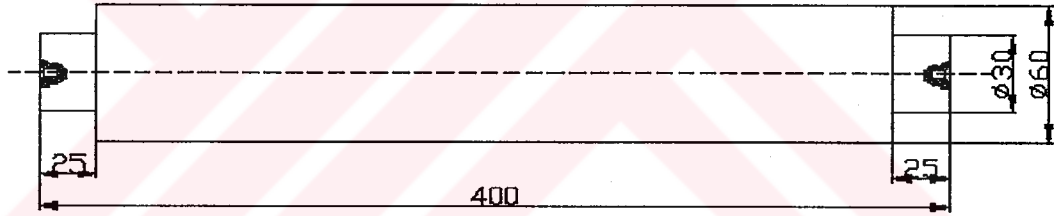


Şekil 5.18. Isıl çiftlerin koruyucu kılıfla montaj şekilleri (50)

6. MATERYAL VE METOD

6.1. Deney Numuneleri

Deneylerde 400 mm boyunda ve 60 mm $\varnothing$ nda AISI 1117 malzeme kullanılmıştır. İş parçası malzemesinin torna tezgahı aynasına daha rijit bağlanması ve katerin puntaya çarpmaması için 25 mm uzunluğunda ve 30 mm $\varnothing$ nda fatura açılmıştır. Aynı zamanda iş parçasının ayna punta arasında işlenebilmesi için punta deliği delinmiştir (Şekil 6.1). Malzemenin yüzeyi olası dış yüzey tabaka sertleşmesi ihtimaline karşılık, 1 mm kesme derinliği verilerek, geleneksel bir torna tezgahında silindirik tornalama işlemine tabi tutulmuş ve dış yüzeylerdeki olumsuzluklar giderilmiştir.



Şekil 6.1. Deneylerde kullanılan iş parçası

Endüstride yaygın bir şekilde kullanılan AISI 1117 malzemesinin spektral analizleri Ankara Ostim’ de bulunan KOSGEB laboratuvarlarında yapılmış ve kimyasal bileşimi Çizelge 6.1.’ de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. AISI 1117 malzemenin spektral analizi

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
0.114	0.004	1.48	0.076	0.382	0.098	0.0270	0.345	0.011	0.003
Cu	Nb	Ti	V	W	Pb	Sn	Sb	Fe	
0.065	0.002	0.001	0.001	0.037	0.002	0.0340	0.002	97.34	

6.2. Kesici Takım ve Takım Tutucu

Deneylerde, yüksek kesme hızlarında yüksek aşınma dirençlerine sahip olmaları sebebiyle özellikle çeliklerinin işlenmesinde yoğun bir şekilde kullanılan ISO 1832'ye uygun Stellram SCMW 12 M508-S2F talaş kırıcısız kaplamasız kesici takım kullanılmıştır (52). Sementit karbür kesici takım 0° talaş açısına ve 7° 'lik boşluk açısına sahiptir. Sementit karbür kesici takımın kalitesi (grade) P10 ile P20 arasındadır.

Deneylerde kesici takım tutucusu olarak da yukarıdaki kesici takıma uygun geometriye sahip, söz konusu kesici takıma uygun, ISO 3685'de önerildiği şekli ile 75° yanaşma açısına sahip SSBCR 25 25 M12 tipi takım tutucu kullanılmıştır (53).

6.3. Takım Tezgahı

Deneyisel çalışmalarda, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü Talaşlı Üretim Anabilim Dalı, CNC Atölyesinde mevcut JOHNFORD T35 CNC Torna Tezgahı kullanılmıştır. Bu tezgahın özellikleri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 JOHNFORD T35 CNC torna tezgahının özellikleri

X eksen	250 mm
Y eksen	600 mm
Tezgah Gücü	10 kW
Devir sayısı	4000 dev/dak.
Hidrolik ayna çapı	250 mm
Hassasiyet	0,001 mm
Taret takım adedi	12

6.4 Isıl Çift

Deneylerde 1,5 mm çapında, 50 mm boyunda mineral izoleli K tipi ısı çifti kullanılmıştır. K tipi ısı çiftinin seçilmesinde, literatürde çok sık kullanılması ve -200 - $1200\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ölçme aralığına sahip olması göz önüne alınmıştır. Isıl çift tellerinin

uçları sıcak noktayı oluşturması için birbiri ile kaynaklanmıştır. Kaynaklama işlemi yapıldıktan sonra (+) ve (-) kutuplar birbirinden mineral bir izolasyonla izole edilmiştir. İzolasyon işleminden sonra ısı çiftinin dışına koruyucu kılıf olarak Inconel 600 monte edilmiştir (Şekil 6.2) . Dış koruyucu ile ısı çifti teli arasında herhangi bir kısa devre oluşmaması için topraksız montaj yapılmıştır. Bu koruyucu kılıfın önemi, ısı çifti mekanik darbelere, kimyasal ve fiziksel aşınmalara karşı korumaktır.

Isıl çift ve cihaz arasındaki bağlantıyı sağlamak için özel ısı çifti kompanzasyon kablosu seçilmiştir. Seçilen ısı çiftinin tellerine uygun kablo seçilmesi şarttır. Bu kabloların seçilmesindeki amaç ölçülen sıcaklıkları herhangi bir kayıp olmadan taşımak ve hatasız bir ölçüm yapmaktır.

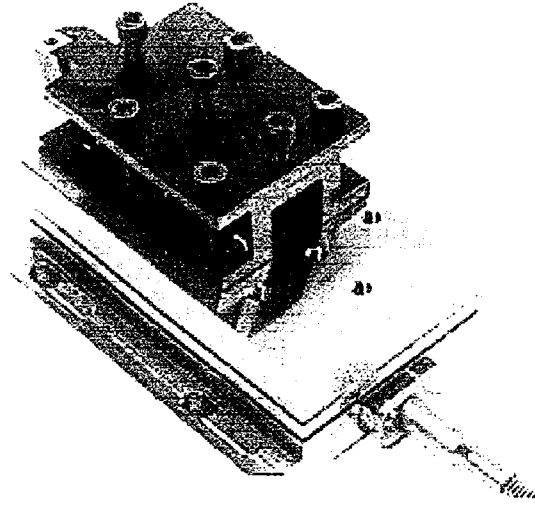


Şekil 6.2. Deneylerde kullanılan ısı çifti

6.5. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Deneyisel çalışmalarda kesme kuvvetlerinin ölçülmesi için üç boyutlu kesme kuvveti bileşenini (F_c , F_f ve F_p) ölçme kapasitesine sahip kuartz esaslı KISTLER 9257 B tipi dinamometre kullanılmıştır (Şekil 6.3). Bu dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 6.3’de verilmiştir.

Bu dinamometrenin BSD torna tezgahında kullanılabilmesi ve tezgaha bağlanabilmesi için tasarlanan ve imal edilen iki adet ara parça (adaptör) tezgaha monte edilmiştir.



Şekil 6.3. Kistler 9257B dinamometre ve takım tutucu

Çizelge 6.3. Kistler 9257B tipi dinamometrenin teknik özellikleri

Kuvvet aralığı (F_x , F_y , F_z)		-5...10 kN
Tepki verme		<0,01 N
Hassasiyet	F_x , F_y	-7,5 pC/N
	F_z	-3,5 pC/N
Doğrusallık		%1 FSO
Histerezis		% 0,5 FSO
Doğal frekans $f_0(x,y,z)$		3,5 kHz
Çalışma sıcaklığı		0...70°C
Kapasitans		220 pF
20°C'daki yalıtım direnci		> 1013 Ω
Topraklama yalıtımı		> 108 Ω
Koruma sınıfı		IP 67
Ağırlık		7,3 kg

Kesme işlemi esnasında kesici takımda oluşan sinyaller amplifikatör ile bilgisayar ortamına aktarılmış ve aktarılan bu veriler, yine KİSTLER ürünü olan “DynoWare 2.31 isimli bir paket program kullanılarak gerçek kuvvet değerlerinin ölçümü yapılmıştır.

Kuvvet ölçümüne başlamadan önce DynoWare paket programında bazı parametrelerin girilmesi gerekmektedir. Ana menüde bulunan “Acquisition” menüsü

işaretlenerek buradan “Hardware” seçeneği seçilmiştir. Burada amplifikatörün hangi kanalında hangi kuvveti ölçecekse o kuvvetin adı, ölçüm aralığı, kuvvetin birim, hassasiyeti vb. parametreler girilmiştir (Şekil 6.4). Bu parametreler girildikten sonra “Send Parameter” seçeneği işaretlenerek girilen parametreler amplifikatöre gönderilmiştir. “Apply” seçeneği seçilerek bu menüden çıkılmıştır.

Chan.	Label	Measuring Range [M.U.]	Unit	Scale [M.U./V]	Sensitivity [pC/M.U.]	Filter	Time Constant
1	Ff	2000,00,00	N	200,00,00	7,950,000	30 Hz	Medium
2	Fp	2000,00,00	N	200,00,00	7,930,000	30 Hz	Medium
3	Fe	5000,00,00	N	500,00,00	3,690,000	30 Hz	Medium
4	0		0			30 Hz	Long
5	0		0			30 Hz	Long
6	0		0			30 Hz	Long
7	0		0			30 Hz	Long
8	0		0			30 Hz	Long

☒ Reset/Operate by RS-232 interface

☒ Show Hardware Dialog between Acquisition Cycles

☒ 5019/5017 ☐ 5011/5015 ☐ Others ☐ ACD 5223... ☐ ACD 5237...

Şekil 6.4. DynoWare programında amplifikatör veri girişi

Ölçme parametrelerinin girilmesi için “Edit Acquisition” seçeneği seçilmiş ve ölçüm süresi, saniyede veri alma hızı, ölçüm sırasında görünüm, kaydetme, verilerin kaydedilmesinde dosya ve dosya adı girilmiştir. Parametreler girildikten sonra “Apply” ve “Ok” seçeneği seçilmiştir (Şekil 6.5).

Ölçüm sonrası bilgilerin analiz edilmesinde yardımcı olacak “Documentation” seçeneği seçilmiş ve burada dosya adı, takım malzemesi, iş malzemesi, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği, devir sayısı v.b. parametreler girilmiş ve “Apply” ve “Ok” seçeneği seçilmiştir. Tüm parametreler girildikten sonra “Start Acquisition” seçeneği seçilerek kuvvet ölçümü yapılmıştır (Şekil 6.6).

Edit Acquisition

Parameter Channels & Trigger Data Manipulation OnLine

Measuring Parameters

Measuring Time: 40 Seconds

Sample Rate: 1000 Hz

Cycles: 1 ☐ Continuous

Trigger Delay Time: 0 Seconds

Save: ☒ YES ☐ NO

Display: ☒ ON ☐ OFF

Information

Number of Channels: 8

Samples / Channel: 40000

RAM Space / Cycle: 1.2 MByte

Save

File: 125-30-25.dwd [Browse...](#)

Directory: D:\My documents\Teezz\Kuvvetler\Mehmet boy\

☒ Save configuration

OK Cancel Apply

Şekil 6.5. Ölçme parametrelerinin girilmesi

Documentation

Comments File, Date, Time

Document title: deney no 21

Remarks:

Material: AISI 1117

Tool: sementit karbür (kaplamasız)

$v_c = 150$ m/min $f = 0.1$ mm/rev $a_p = 1$ mm

$n =$ rpm $v_f =$ mm/min $a_e =$ mm

☒ Cutting Force Documentation Mode

☒ Show Documentation Between Acquisition Cycles

OK Cancel Apply

Şekil 6.6. Dökümantasyon işlemlerinde kullanılan verilerin girilmesi

6.6. Sıcaklık Ölçümü İçin Kullanılacak Giriş/Çıkış (I/O) Kartı Tipinin Belirlenmesi ve Yazılımın Seçilmesi

Sıcaklık ölçüm düzeneklerinde doğrudan verilerin elde edilmediği, sıcaklıkların ölçümü için ara yardımcı donanım ekipmanları kullanılmaktadır. Kurulan bu düzenekte, sıcaklıkla ilgili verilerin doğrudan elde edilmesi, sistemin orijinalliğini göstermektedir. Deneylerde kullanılan I/O ara bağlantı kartı kullanılmış ve seçilen I/O kartı ile ilgili teknik özellikler Çizelge 6.4' de verilmiştir.

Sistemin temelini oluşturan I/O kartının analog girişindeki sinyal potansiyel (volt) farktır. I/O kartı, bu potansiyel farkı VisiDAQ programı tarafından işlenebilecek sayısal bilgiye dönüştürür.

I/O kartının belirlenmesi amacıyla kullanılan karakteristikler; doğruluk, veri alma hızı, kanal sayısı, kullanım esnekliği, güvenilirlik ve çözünürlüğü sağlayarak, düşük değerlerdeki giriş sinyallerini harici yükselteç devrelerine gerek kalmaksızın ölçebilmesi bu kartın seçilmesinde belirleyici olmuştur.

Sistemde I/O kartından alınan sinyallerin bilgisayar ortamına aktarılması ve sıcaklık değerlerinin analizlerinin yapılabilmesi amacıyla ADVANTECH ürünü çok fonksiyon özelliği olan analog ve sayısal I/O kartı PCL-1710 HG kullanılmıştır. Kart, 16 adet 12-bit analog giriş kanalı, 12-bit analog çıkış kanalı, 16 sayısal girişi ve 16 sayısal çıkış kanalları ile programlanabilir bir zamanlayıcıdan ibarettir.

Çizelge 6.4. Kullanılan I/O kartının bazı teknik özellikleri

ANALOG GİRİŞ	
Kanal Sayısı	16 tek uçlu
Çözünürlük	12 bit
Giriş Aralığı (VDC)	Bipolar : $\pm 0.005, \pm 0.01, \pm 0.05, \pm 0.1, \pm 1, \pm 5, \pm 10$ Unipolar : 0-0.01, 0-0.1, 0-1, 0-10
Aşırı Gerilim Koruması	± 30 V
SAYISAL ÇIKIŞ	
Dönüştürme Hızı	100 KHz
Kanal sayısı	16
Çıkış Gerilimi	En Düşük : 8 mA (0.5 V max) En Yüksek : -0.4 mA (2.4 V min)

Kesme işlemi esnasında ısıdan dolayı oluşan elektro motor kuvveti (emk) I/O kartına girer. I/O kartından alınan sinyaller bilgisayar ortamına aktarılır ve aktarılan bu veriler, yine ADVANTECH ürünü olan “VisiDAQ Data Acquisition and Software” isimli bir paket program kullanılarak gerçek sıcaklık değerleri elde edilir.

Programın görsel programlama mantığı ile çalışan bir yapısı vardır (Şekil 6.7). Sıcaklık birimi, ısı çift tipi I/O kaynağı ve tanımlayıcı diğer bilgiler mevcut diyalog kutusu kullanılarak girilir.

“Kaydetme- LOG” bloğunda, program çalıştırıldığında, kaydedilmesi istenilen dosyaya, seçilen zaman dilimlerinde, kanallardan gelen veriler kaydedilir (Şekil 6.8).

Kullanılan bu programın özelliği sayesinde, işleme esnasında elde edilen verilerin bilgisayar ortamında kaydedilerek, değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, okutulmak istenen kanallar, birim saniyede alınması istenilen veri sayısı, kullanıcı tarafından belirlenir.

The image shows a screenshot of the 'Temperature Measurement Block' dialog box. The dialog box has a title bar with the text 'Temperature Measurement Block'. Inside, there are several input fields and buttons. The 'Tag' field contains 'TMP1' and the 'Description' field also contains 'TMP1'. The 'Device' field is set to 'PCL 1711HG With Exp. I/O=300H'. The 'Module' field is empty. The 'Channel' field is set to '4 (PCLD-8115)'. The 'Input Range' field is set to '+/-0.05V'. The 'Exp. Channel' field is empty. The 'Temperature Scale' field is set to 'Celsius'. The 'Thermocouple Type' field is set to 'K'. The 'Board ID' field is empty. There are three buttons on the right: 'OK', 'Cancel', and 'Help'. At the bottom, there is a checkbox labeled 'Establish DDE Link' and a 'Update Rate' field set to '1'.

Şekil 6.7. Strateji tasarımcısında yer alan sıcaklıkların ölçüm blok diyalog kutusu

Log File Block

Tag: LOG1 Description: LOG1

File Name: c:\isiden.log Browse...

☒ Save and restore the previous file name

Storage Type: ASCII Update Method: Overwrite Delimiter: Space

Comments: (For ASCII file only)

Col No.	Input
1	TMPI:TMPI

OK Cancel Help Options Advanced...

(Double click to change column number.)

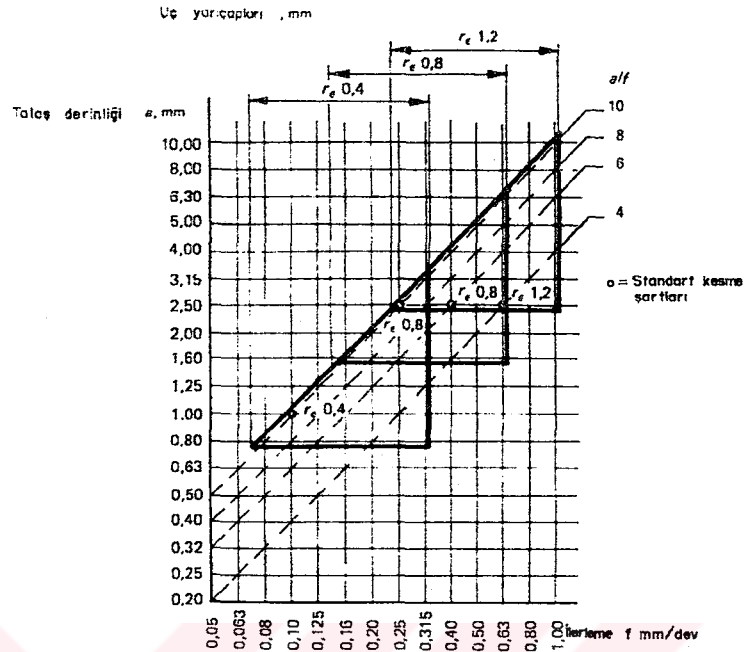
Log On/Off from:

Open/Close from:

Şekil 6.8. Strateji tasarımcısında yer alan kayıt blok diyalog kutusu

6.7. Kesme Parametrelerinin Seçimi

Literatürde dönel parçalardan talaş kaldıran tezgahlarda takım talaş yüzeyinde oluşan sıcaklıkların ölçülmesinde ve kesici takıma etkiyen kesme kuvvetlerinin ölçülmesinde kullanılan kesme parametrelerinin seçiminde kesici takımın ve iş parçasının özellikleri göz önüne alınmıştır. Kesme parametreleri seçilirken kesici firmanın önerdiği 0.08-0.5 mm/rev ilerleme miktarı ve 100-200 m/min kesme hızı değerleri de dikkate alınmıştır. ISO 3685'te (51) önerildiği şekilde beş farklı kesme hızı baz alınmış ve 0,8 mm kesici takım uç yarıçapına uygun olarak kesme derinliği ve ilerleme için ISO 3685'deki referans değerler seçilmiştir (Şekil 6.9).



Şekil 6.9. Kesme şartlarının sınırları (51)

Deneylerde kullanılan kesme parametreleri Çizelge 6.5’de liste halinde verilmiştir. Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için, her deneyde kesici takımın sadece tek kesici kenarı kullanılmıştır. Her bir deney sonrası tezgah durdurularak, kesme hızı, ilerleme ve talaş derinliği parametreleri değiştirilmiş ve toplam 50 adet deney yapılmıştır.

Çizelge 6.5. Deneylerde kullanılan parametreler

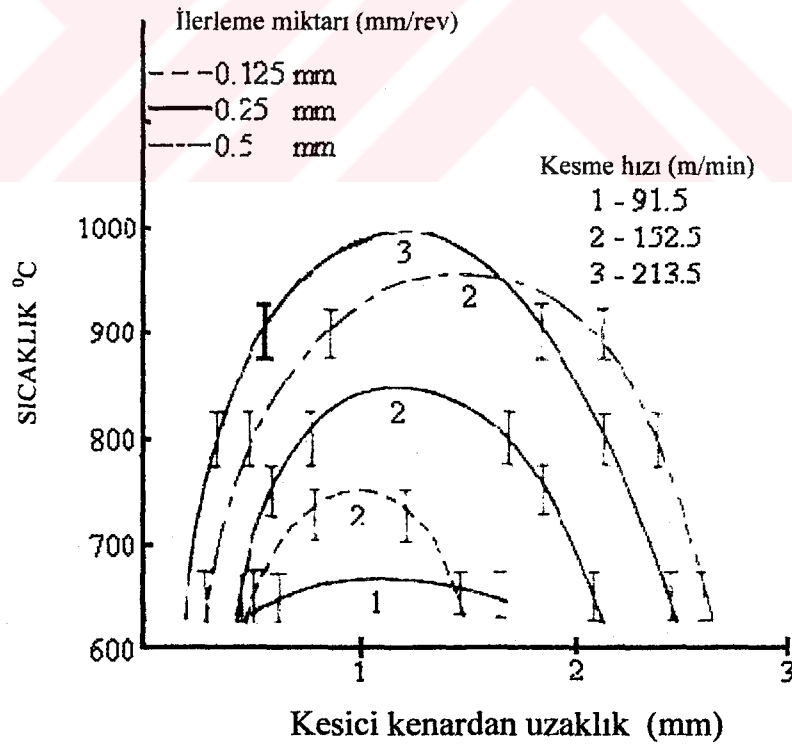
Deney No	Kesme Hızı, V (m/min)	İlerleme, f (mm/dev)	Talaş derinliği, a (mm)	Deney No	Kesme Hızı, V (m/min)	İlerleme, f (mm/dev)	Talaş derinliği, a (mm)
1	50	0.10	1	26	50	0.10	2
2		0.15		27		0.15	
3		0.20		28		0.20	
4		0.25		29		0.25	
5		0.30		30		0.30	
6	75	0.10	1	31	75	0.10	2
7		0.15		32		0.15	
8		0.20		33		0.20	
9		0.25		34		0.25	
10		0.30		35		0.30	
11	100	0.10	1	36	100	0.10	2
12		0.15		37		0.15	
13		0.20		38		0.20	
14		0.25		39		0.25	
15		0.30		40		0.30	
16	125	0.10	1	41	125	0.10	2
17		0.15		42		0.15	
18		0.20		43		0.20	
19		0.25		44		0.25	
20		0.30		45		0.30	
21	150	0.10	1	46	150	0.10	2
22		0.15		47		0.15	
23		0.20		48		0.20	
24		0.25		49		0.25	
25		0.30		50		0.30	

6.8. Deney Setinin Oluşturulması

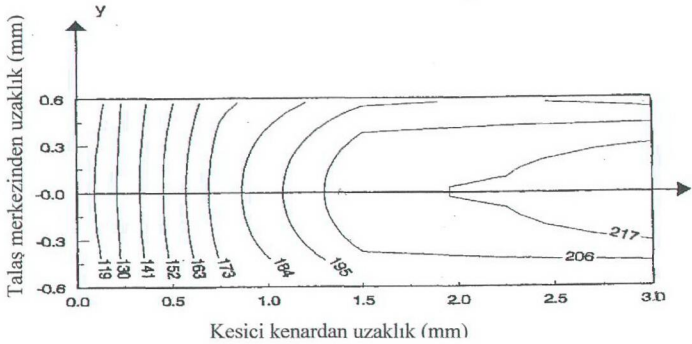
Kurulan bu sistemin esası, takım-talaş arka yüzey sıcaklığının takıma gömülmüş ısı çift yöntemiyle ölçülmesine ve kesici takımda oluşan kuvvetlerin ölçümüne dayanmaktadır. Takım-talaş arka yüzey sıcaklığının ölçülebilmesi için kesici takıma kesici kenardan belirli bir uzaklıkta delik delinmesi ve ısı çift yerleştirilmesi gerekmektedir. Kesici takıma delinecek deliklerin yerlerinin belirlenmesinde, yapılan deneysel çalışmalarda birçok farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bunun sebebi, takım-talaş temas noktasının kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği vb. kesme parametrelerine

bağlı olarak devamlı farklılık göstermesidir. Gömülmüş ısı çift yönteminin en önemli dezavantajlarından birisinin delinecek deliğin yerinin belirlenememesidir. Literatürde delik yerinin tam olarak tespit edilemediğinden ve ölçülen sıcaklıkların doğruluğu konusunda çeşitli sıkıntılardan söz edilmektedir (9,10,12-15,).

Yapılan deneysel çalışmada, kesici takıma delinen deliğin yerinin belirlenmesinde Şekil 6.10'de gösterilen, Trent'in yapmış olduğu çalışmadaki grafik göz önüne alınmıştır(44). Şekil 6.10'de görüldüğü gibi takım yüzey sıcaklığının kesici kenardan yaklaşık olarak 1-2 mm arasında olduğu görülmektedir. Buna benzer yapılan başka bir çalışmada ise talaş merkezinden ve kesici takımın kesici kenarından belirli uzaklıktaki sıcaklıklar infrared yöntemi ile ölçülmüş ve elde edilen veriler Şekil 6.11'de gösterilmiştir.(52) Yapılan bu çalışmada, aşağıdaki her iki grafik göz önüne alınarak deneylere başlamadan önce kesici takımın kenarlarından 1mm, 1.5 mm ve 2 mm uzaklıklarda delikler delinerek çeşitli denemeler yapılmıştır.

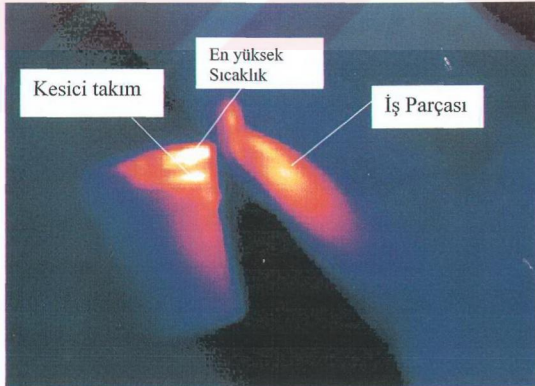


Şekil 6.10. Düşük karbonlu çeliğin işlenmesinde takım yüzeyindeki ısı dağılımı (44)



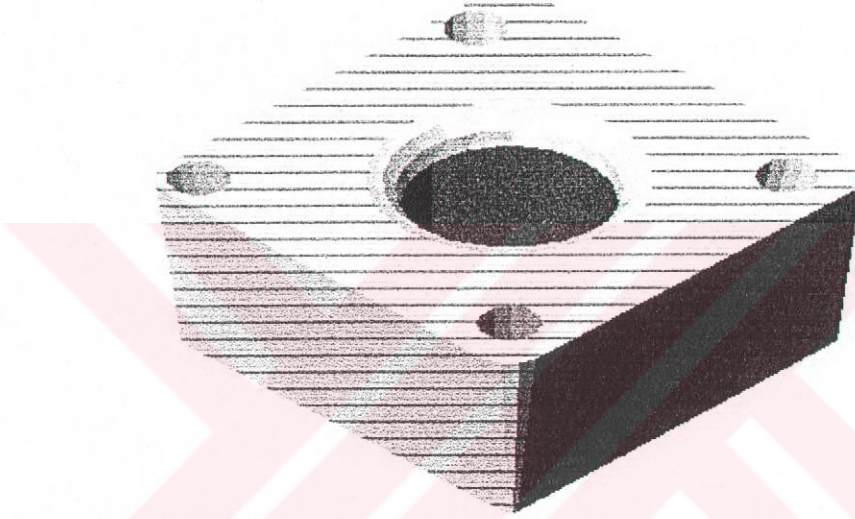
Şekil 6.11. Talaş arka yüzeyinde oluşan sıcaklık eğrileri(52)

Yapılan deneyler sırasında deliğin yerini doğrulamak için Flir Systems Therna Cam marka termal kamera kullanılarak çeşitli deneyler yapılmıştır (Şekil 6.12). En yüksek sıcaklıklar kenarlardan 1.5 mm uzaklıkta delinen kesici takım ile elde edilmiştir. Her iki yöntem karşılaştırılarak, yapılacak olan deneylerde kesici takımın kenarlarından 1.5 mm uzaklıkta delinmesine karar verilmiştir.



Şekil 6.12. Termal kamera görüntüsü

Deliklerin nereden delineceğine karar verildikten sonra Ostim’de Kalıpsan İmalat Sanayiinde bulunan CNC EDM tezgahında kesici takımlardaki delikler deneylere başlamadan önce delinmiştir. Kesici takım 7°’lik boşluk açına sahip olduğundan, deliğin kesici kenarlara paralel olması için katerle birlikte universal mengeneyle bağlanmış ve mingenenin ayarları yapıldıktan sonra delikler boydan boya delinmiştir (Şekil 6.13).

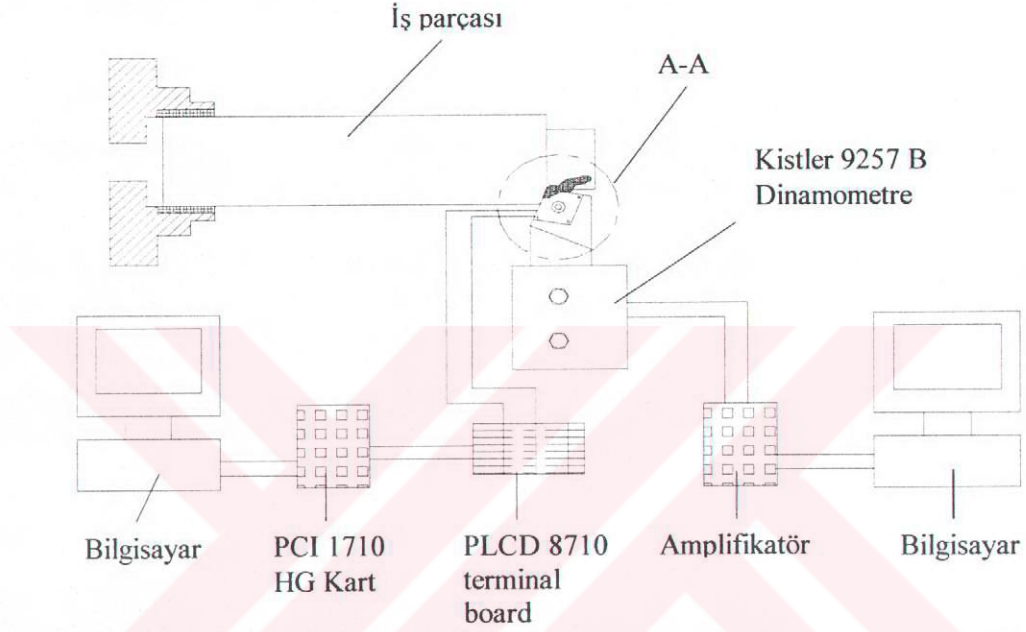


Şekil 6.13. Kesici takımın delinmiş hali

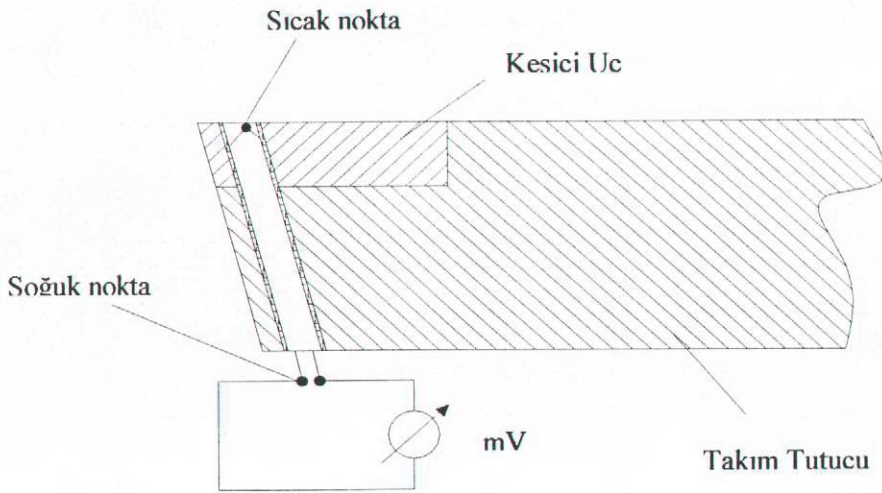
Sıcaklık ölçümü için kesici takım tutucuya takılarak kesici takıma ve takım tutucuya önceden delinmiş delik içerisine ısı çifti yerleştirilmiş ve bunun özel bir yapışkanla rijitliği sağlanmıştır. Yerleştirilen ısı çiftinin uçları özel ısı çifti kablosu ile PLCD 8710 terminal boarda bağlanmış, Advantech PLCD 8710 terminal board ile bilgisayara bağlı olan Advantech PCI 1710 HG data acquisition and control kartının bağlantısı yapılmış ve VisiDAQ Data Acquisition and Software ” isimli program kullanılarak gerçek sıcaklık değerleri elde edilmiştir (Şekil 6.14-Şekil 6.15) .

Kuvvet ölçümü için kullanılan dinamometrenin bağlanabilmesi için gerekli olan adaptörler torna tezgahının taretine bağlanarak dinamometre monte edilmiş ve kater dinamometrenin yuvasına monte edilerek dinamometrenin bilgisayarla bağlantısı yapılmıştır. Kuvvet ölçümlerinin bilgisayar ortamında değerlendirilebilmesi için

Dynoware 2.31 yazılım kullanılmıştır. Deneylerin tümünde aynı şartları oluşturmak için her bir deney sonrası tezgah durdurularak, kesme hızı, ilerleme, talaş derinliği ve kesici takımın kesici kenarları değiştirilmiş ve deneylerde aynı işlemler tekrarlanarak deneyler tamamlanmıştır.



Şekil 6.14. Sıcaklık ve kuvvet ölçümü için oluşturulan deney düzeneği (49)



Şekil 6.15. Şekil 6.14'deki kesici takımın A-A detayı (49)

7. DENEY SONUÇLARI VE TARTIŞMA

7.1. Genel Esaslar

Talaş kaldırma sırasında kesme kuvvetlerini, ısı ve sıcaklığı etkileyen pek çok faktör söz konusudur. Takım ile talaşın temas uzunluğunun kesme kuvvetleri ve sıcaklık üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir . Temas uzunluğunun azalması ile birlikte kesme kuvvetleri düşerken, temas uzunluğunun artması ile meydana gelen sürtünme, kesme kuvvetlerinin artmasına ve bunun sonucunda da ısının artmasına sebep olmaktadır (3,4,6,36)

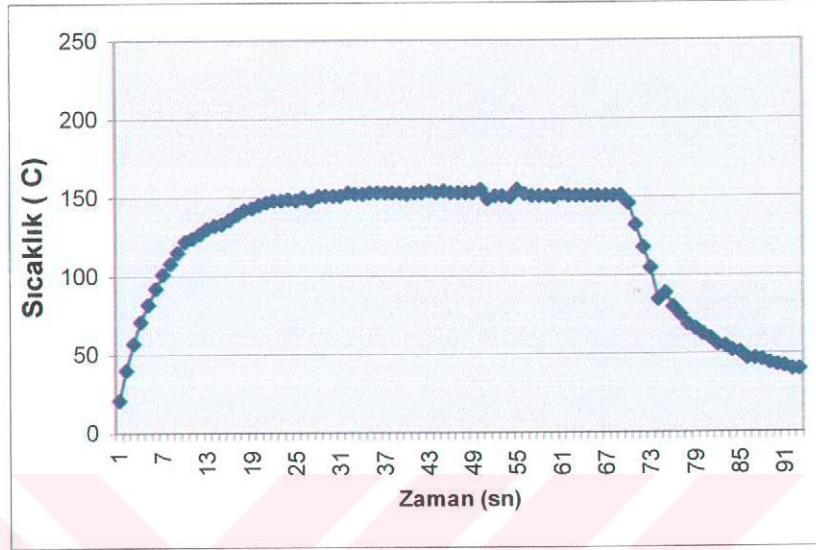
Bu çalışmada, AISI 1117 çeliği kullanılarak kesici takımda oluşan kesme kuvvetleri ve kuvvetlerin etkisi sonucunda oluşan takım-talaş ara yüzeyindeki talaş arkası sıcaklıklar, beş farklı kesme hızı, beş farklı ilerleme ve iki farklı kesme derinliği kullanılarak ölçülmüştür.

Yapılan deneylerde, kesme parametrelerine bağlı olarak talaş arka yüzeyinde oluşan sıcaklıkların ölçümünden elde edilen grafiklerden (Şekil 7.1), kesici takımda zamana göre oluşan sıcaklıkların başlangıç ve bitiş noktaları arasındaki değerler esas alınarak, her kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliği için ortalama sıcaklıklar belirlenmiştir.

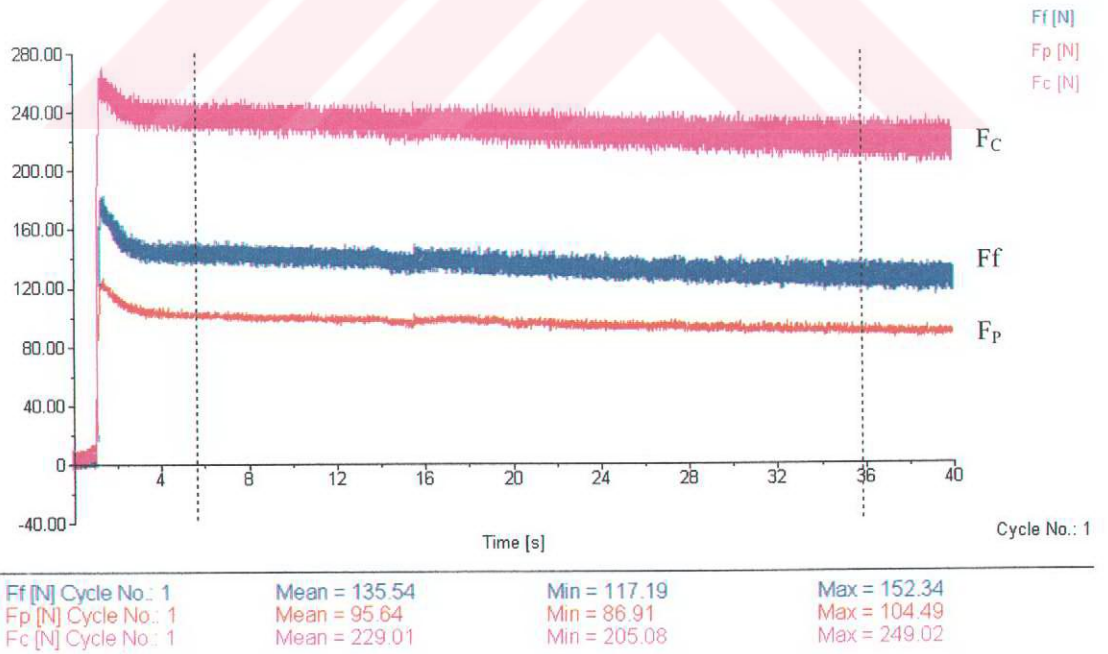
Aynı zamanda kesme parametrelerine bağlı olarak, zamana göre ölçülen kesme kuvvetleri Şekil 7.2’de bir örneği gösterildiği gibi elde edilmiştir. Şekil 7.2’de görüldüğü gibi, kesme kuvvetlerinin kararlı olduğu bölgenin başlangıç ve bitiş noktadaki değerler esas alınarak, her kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğinde ortalama esas kesme kuvveti (F_c), ilerleme kuvveti (F_f) ve pasif kuvvet (F_p) belirlenmiştir.

Elde edilen bu bulgular ışığında kesici takımda oluşan sıcaklığın ve kuvvetlerin, kesme hızı, ilerleme ve kesme derinliğine bağlı olarak değişimleri incelenmiştir.

Bunlara ilave olarak talaş kaldırma sırasında talaş arka yüzey sıcaklığı ve kesme kuvvetleri arasındaki ilişki değerlendirilmiştir.



Şekil 7.1. Zamana bağlı ölçülen sıcaklık değişimi (Çizelge 7.1-Deney 11)



Şekil 7.2. Zamana bağlı ölçülen kuvvet değişimi (Çizelge 7.2-Deney 13)

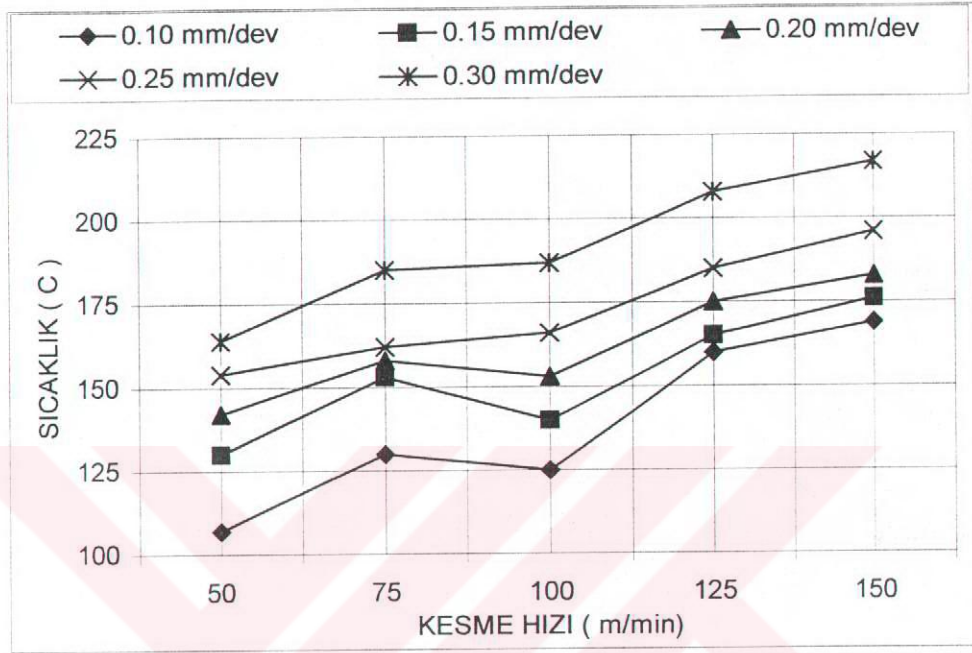
7.2. Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Talaş Arka Yüzey Sıcaklığındaki Değişim

Kaplamasız kesici takımla, beş farklı kesme hızı, beş farklı ilerleme ve iki farklı kesme derinliği kullanılarak yapılan deneylerde talaş arka yüzeyinde ölçülen sıcaklıkların ortalama değerleri Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Farklı kesme derinliği, kesme hızı ve ilerlemeye göre elde edilen ortalama sıcaklıklar

Kesme hızı, V , (m/min)	İlerleme f , (mm/dev)	Deney no	Kesme Derinliği a (mm)	Ortalama Sıcaklık (C°)	Deney No	Kesme Derinliği a (mm)	Ortalama Sıcaklık (C°)
50	0.1	1	1	107	26	2	180
	0.15	2		130	27		215
	0.20	3		138	28		250
	0.25	4		158	29		268
	0.3	5		169	30		293
75	0.1	6	1	130	31	2	205
	0.15	7		148	32		217
	0.20	8		160	33		228
	0.25	9		165	34		240
	0.3	10		185	35		252
100	0.1	11	1	125	36	2	188
	0.15	12		140	37		217
	0.20	13		155	38		231
	0.25	14		166	39		244
	0.3	15		187	40		263
125	0.1	16	1	160	41	2	194
	0.15	17		165	42		226
	0.20	18		178	43		236
	0.25	19		185	44		258
	0.3	20		207	45		276
150	0.1	21	1	169	46	2	205
	0.15	22		176	47		238
	0.20	23		187	48		256
	0.25	24		196	49		271
	0.3	25		217	50		302

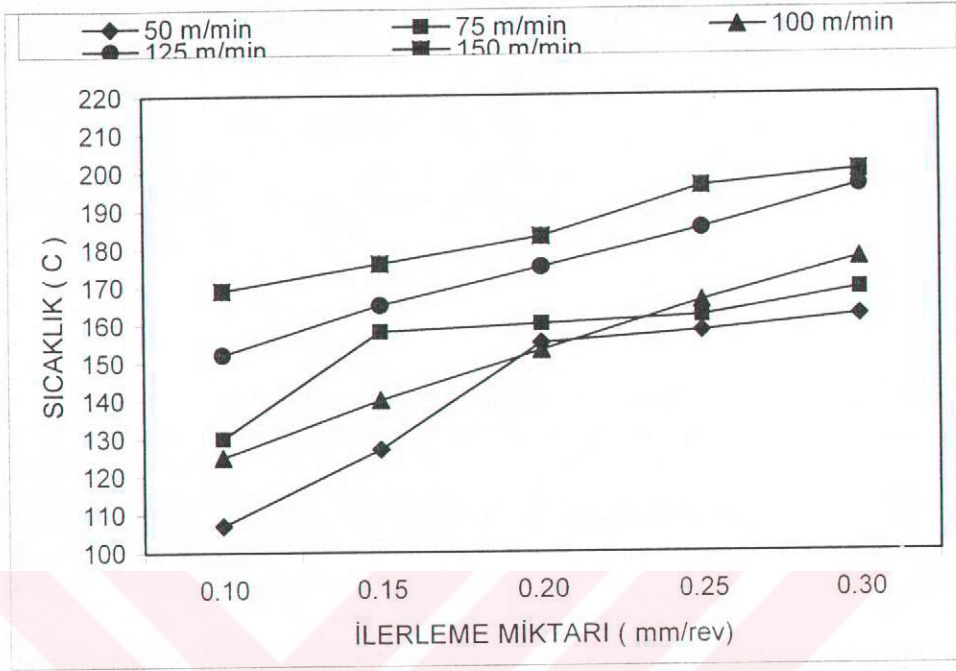
Çizelge 7.1’de listelenen deneysel sonuçlar baz alınarak, kullanılan beş farklı kesme hızı için ortalama kesme sıcaklığının, ilerleme miktarlarına bağlı olarak değişimi Şekil 7.3’de bir arada gösterilmiştir.



Şekil 7.3. Kaplamasız kesici takımında, 1 mm kesme derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi

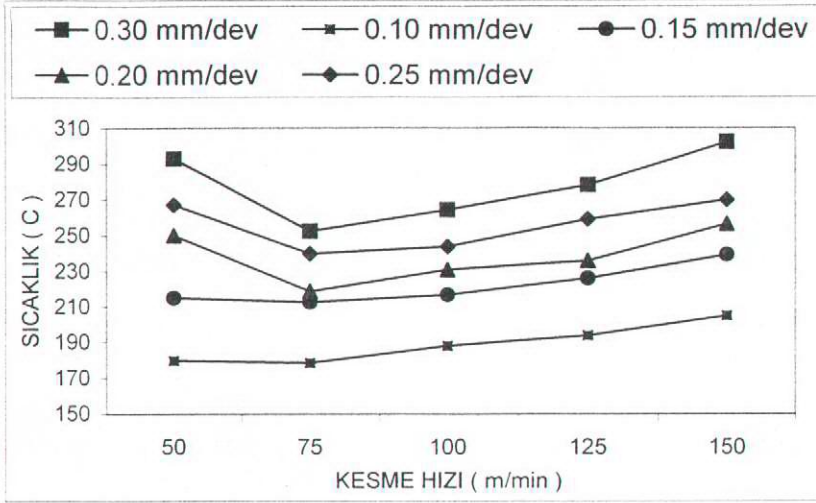
Şekil 7.3’deki grafiklerde, kesme hızındaki ve ilerlemedeki artışlarla birlikte sıcaklığın da arttığı görülmektedir. Yine aynı grafik, sıcaklık değişiminde kesme hızı parametresinin ilerlemeye göre daha etkili bir parametre olduğunu göstermektedir. Bu eğilim, literatür ile paralellik arz etmektedir (4,21,44).

ISO 3685’e göre deneylerde kullanılan beş farklı kesme hızı dikkate alındığında, kesme hızı her kademedeki %25 ve %33 artarken, hızdaki artışla beraber sıcaklıktaki artış değerlendirildiğinde, sıcaklıktaki artışın düzenli olmadığı ve değişimin ~%3 - %35 arasında seyrettiği görülmüştür. Bu durum, talaş kaldırma sırasında oluşan sıcaklık üzerinde, kesme hızının önemli bir etkiye sahip olduğunu ve literatürde verilen ve Şekil 7.4’ de özetlenen genel eğilimle benzerlik gösterdiğinin açık bir kanıtıdır.



Şekil 7.5. Kaplamasız kesici takımında, 1mm kesme derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi

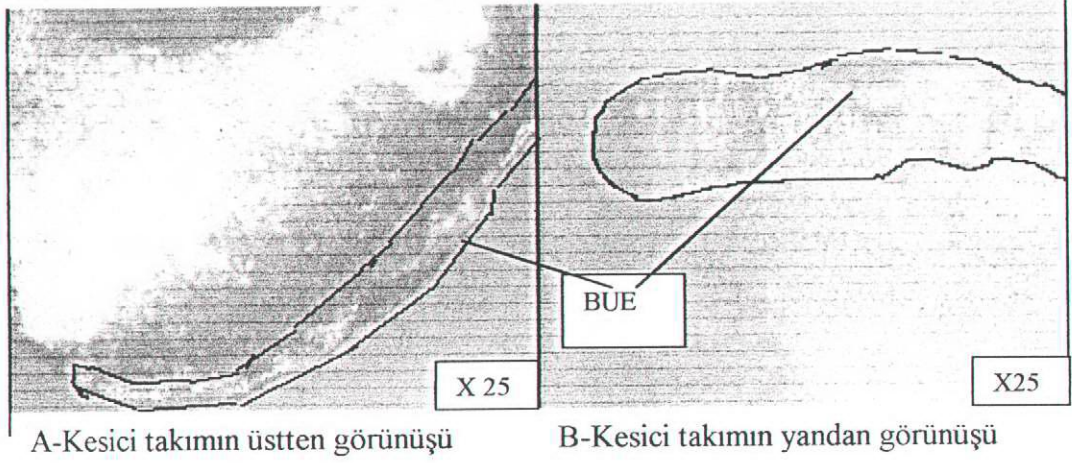
Kesme derinliği 2 kat arttırıldığında kesici takımında, kesme hızına bağlı olarak oluşan sıcaklıklar Çizelge 7.1’de verilmiştir. Bu değişimle, diğer kesme parametrelerine de bağlı olarak sıcaklıkların %40 ila %60 arasında arttığı görülmüştür (Şekil 7.6). Özellikle 2 mm kesme derinliğinde ve 50 m/min’de sıcaklık artışının yaklaşık %50 olduğu görülmüştür. Bu durum, malzemenin plastik deformasyonu için ihtiyaç duyulan enerjinin yeterli bir düzeye ulaşmadığını ve dolayısıyla deformasyon için artan kesme kuvvetlerine ve mekanik enerjinin ısı enerjisine dönüşümüne atfedilebilir. Düşük kesme hızlarında, kesilme hızı ve dolayısı ile talaş hızı da düşmektedir. Bu durumda talaşın takım yüzeyindeki temas süresi artmakta ve dolayısıyla zamana bağlı olarak ısı transferi için yeterli zaman sebebiyle sıcaklıkta daha fazla yükselmektedir. Aynı zamanda düşük kesme hızlarındaki daha yüksek kesme kuvvetleri daha yüksek ısı enerjisi ile karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 7.6. Kaplamasız kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde, kesme hızına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi

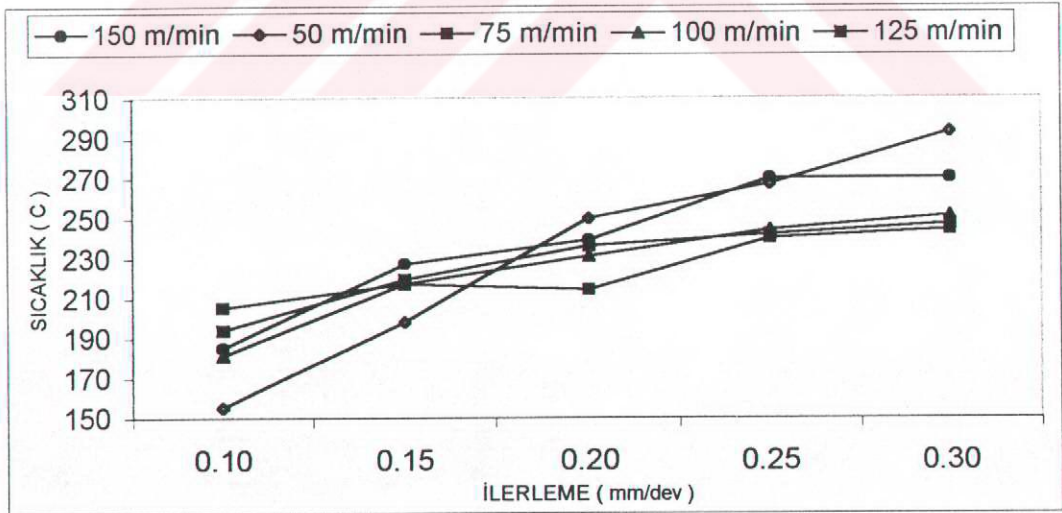
Özellikle 50 m/min'de ve 0.2, 0.25, 0.3 mm/rev ilerlemelerde gözlenen daha yüksek sıcaklıkların nedeni, sünek malzemelerde düşük kesme hızlarının yarattığı yığılma probleminin (BUE) etkili olduğu görülmüştür. Kesici takımlar üzerinde yapılan optik mikroskop incelemeleri, bu kesme hızında kesici takım üzerinde BUE oluşumunu ortaya koymuştur (Şekil 7.7). Bu durum, sünek malzemelerde düşük kesme hızları ile çalışmanın sakıncasını bir kez daha ortaya koymuştur.

2 mm kesme derinliğinde, 50 m/min'den 75 m/min'lik kesme hızına çıkıldığında ve 0.2, 0.25, 0.3 mm/rev ilerlemelerde gözlenen sıcaklıklarda, sıcaklıkların ~%10-%15 arasında azaldığı görülmüştür (Şekil 7.6). Bu azalmanın nedeni, kesme hızının artması ile talaş yığılmasının (BUE) ortadan kalkmasına ve hızdaki artışla birlikte kolaylaşan deformasyon etkisine atfedilebilir.



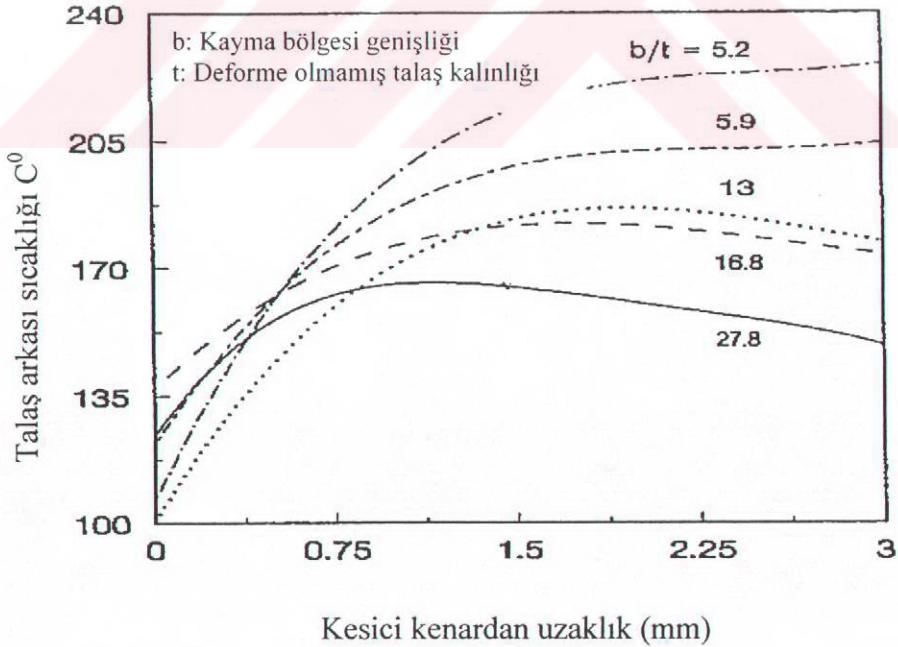
Şekil 7.7. 50 m/min, 0.2 mm/rev, $a=2$ mm'de oluşan BUE'nin optik mikroskopla alınan görüntüsü

Farklı ilerleme miktarları için, sıcaklık değişimleri değerlendirilecek olursa, Şekil 7.8'de görüldüğü gibi, ilerleme miktarının 0.1 mm/rev'den ve 0.15 mm/rev'e çıkarılması ile sıcaklıklardaki değişim farklı kesme hızları için %10 ila %20 arasında artmaktadır. Bu durum, daha sonraki ilerleme artışlarında sıcaklıkta % 1 ila % 10 arasında bir artışa sebep olarak daha düşük seviyede kalmıştır.



Şekil 7.8. Kaplamasız kesici takımda, 2 mm kesme derinliğinde, ilerleme miktarına bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimi

Elde edilen bu sıcaklık değerleri literatürde H.T. Young ve arkadaşları tarafından ölçülen talaş arkası yüzey sıcaklıklarının sonuçları ile paralellik arz etmektedir (52). Şekil 7.9'da görüldüğü gibi, kesici kenardan 1.5 mm uzaklıkta oluşan sıcaklıklar ile deneylerde elde edilen sıcaklıklar değerlendirildiğinde, yüksek sıcaklıkların bu noktada oluştuğu buna paralel olarak takım-talaş uzunluğunun da arttığı görülmüştür. Deneylerde elde edilen sıcaklık değerleri ile Şekil 7.9 arasındaki değerler arasında bazı farklılıkların olduğu görülmüştür. Bu sıcaklık değerlerindeki farklılıkların nedeni, sıcaklık ölçümlerinde farklı sıcaklık ölçüm yöntemlerinin kullanılmasına atfedilebilir. H.T. Young ve arkadaşları, sıcaklık ölçümü için infrared yöntemini kullanarak Şekil 7.9'daki grafiği elde ederken, deneylerde elde edilen sıcaklık grafikleri kesici takıma gömülmüş ısı çift yöntemiyle elde edilmiştir. Noktasal sıcaklık ölçümlerinde ısı çift yönteminin kullanışlı ve güvenilir bir yöntem olduğu bir kez daha kanıtlanmıştır.



Şekil 7.9. Talaş akış ekseninde talaş arkası sıcaklık dağılımı (52)

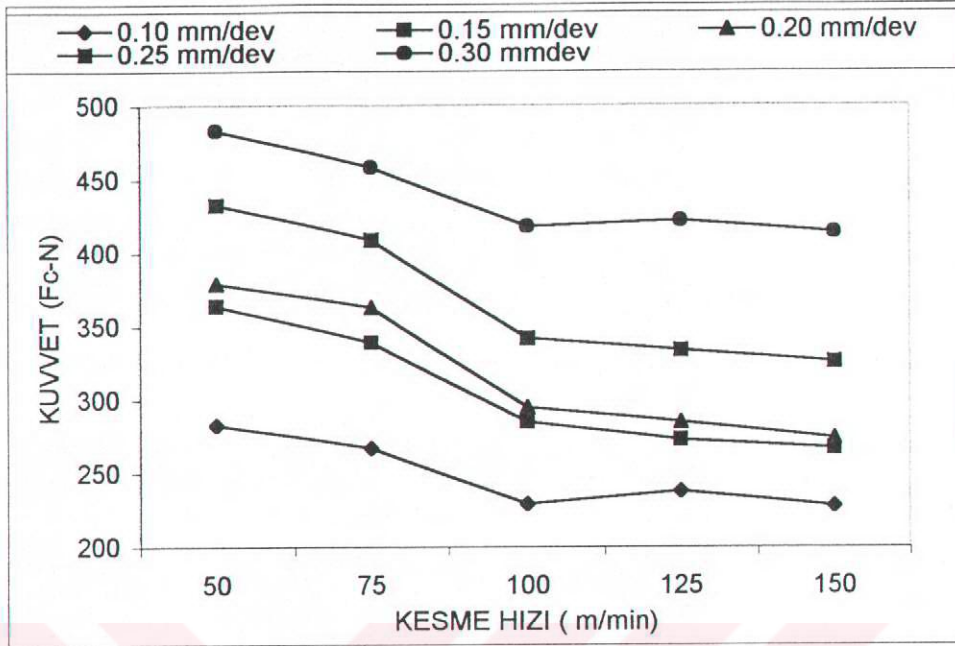
7.3. Kesme Hızı, İlerleme ve Kesme Derinliğine Bağlı Olarak Esas Kesme Kuvvetinin (F_C) Değerlendirilmesi

Kaplamasız kesici takımla, beş farklı kesme hızı, beş farklı ilerleme ve iki kesme derinliği kullanılarak yapılan deneylerde kesici takımın oluşan kesme kuvvetlerinin ortalama değerleri Çizelge 7.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.2’de listelenen deneysel sonuçlar baz alınarak, kullanılan beş farklı kesme hızı için ortalama asıl kesme kuvvetlerinin (F_C), ilerleme miktarlarına bağlı olarak değişimi Şekil 7.10’da bir arada gösterilmiştir.

Çizelge 7.2. Farklı kesme derinliği, kesme hızı ve ilerlemeye göre elde edilen kesme kuvvetleri

Kesme hızı (m/min)	İlerleme (mm/rev)	Kesme Derinliği a (mm)	Deney No	Kesme kuvvetleri (N)			Kesme Derinliği a (mm)	Deney No	Kesme kuvvetleri (N)		
				F_C	F_f	F_p			F_C	F_f	F_p
50	0.10	1	1	283	119	83	2	26	745	508	237
	0.15		2	364	203	146		27	993	628	349
	0.20		3	379	215	196		28	1260	755	394
	0.25		4	433	187	221		29	1373	734	411
	0.30		5	483	206	282		30	1586	832	457
75	0.10	1	6	267	176	128	2	31	691	445	224
	0.15		7	339	188	146		32	832	472	227
	0.20		8	363	179	156		33	983	490	246
	0.25		9	409	197	207		34	1163	584	287
	0.30		10	458	183	208		35	1348	652	339
100	0.10	1	11	229	136	96	2	36	574	339	167
	0.15		12	285	149	138		37	772	419	206
	0.20		13	295	146	95		38	937	472	236
	0.25		14	342	142	150		39	1137	550	288
	0.30		15	441	214	124		40	1248	537	278
125	0.10	1	16	238	135	98	2	41	540	310	151
	0.15		17	290	140	112		42	752	417	196
	0.20		18	290	158	130		43	905	423	216
	0.25		19	339	190	158		44	996	471	246
	0.30		20	422	218	200		45	1141	481	266
150	0.10	1	21	228	135	95	2	46	476	275	127
	0.15		22	267	156	111		47	740	384	185
	0.20		23	274	173	150		48	880	480	232
	0.25		24	326	172	147		49	940	509	258
	0.30		25	414	199	177		50	1076	535	267



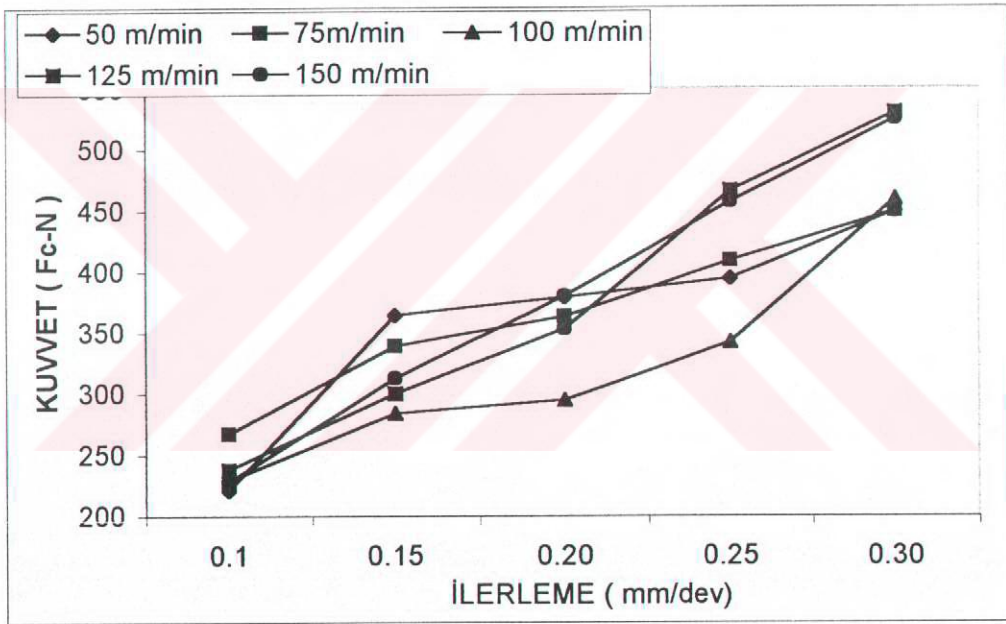
Şekil 7.10 Kesici takımda, 1 mm kesme derinliğinde, oluşan kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimi

Şekil 7.10.'daki grafiklerde, deneylerde kullanılan beş farklı kesme hızı dikkate alındığında, kesme hızı her kademedeki %25 ve %33 artarken, hızdaki artışla beraber esas kesme kuvveti (F_c) değerlendirildiğinde, kesme kuvvetinde düzenli bir azalmanın olduğu ve bu değişimin ~%14 - %27 arasında seyrettiği görülmüştür. Bu durum, malzemenin plastik deformasyonu için ihtiyaç duyulan enerjinin yeterli bir düzeye ulaşmasına ve dolayısıyla takım-talaş arasındaki sürtünmenin azalmasına ve oluşan talaşın akma bölgesinden daha hızlı bir şekilde uzaklaştırılmasına atfedilebilir (6,34-36).

100 m/min kesme hızında, kesme kuvvetlerinde yaklaşık %16 ~ %24 arasında bir azalmanın söz konusu olduğu görülmektedir. Önerilen kesme parametreleri içerisinde ve kaplamasız sementit karbür kesici takımlar için önerilen kritik hız olmasına atfedilebilir.

Deneylerde kullanılan beş farklı ilerleme miktarı için, esas kesme kuvvetlerinin değişimi değerlendirilecek olursa, Şekil 7.11'de görüldüğü gibi, her kademedeki ilerleme miktarı % 33 ve %50 artarken, ilerleme miktarlarındaki artışla beraber esas

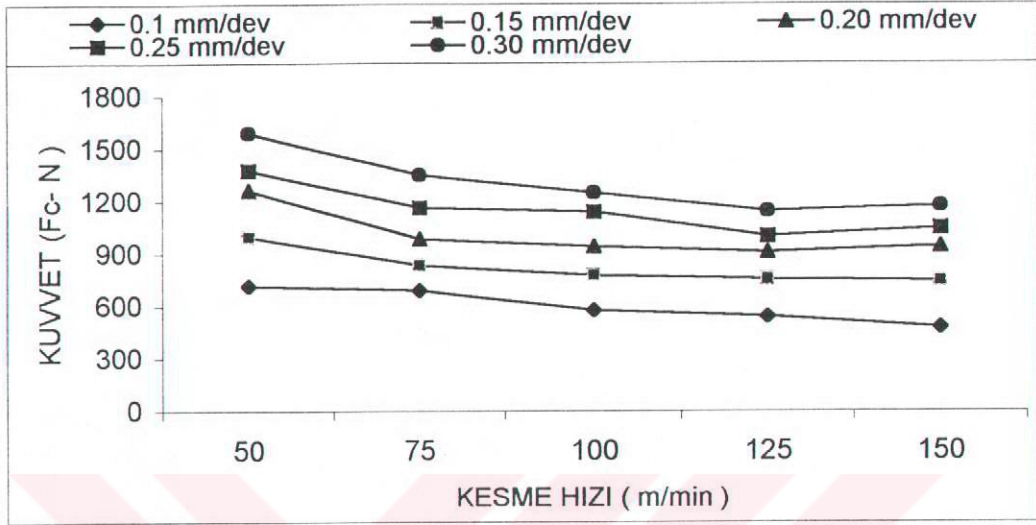
kesme kuvvetindeki artış değerlendirilecek olursa esas kesme kuvvetlerindeki artışın düzenli bir şekilde arttığı ve bu artışın farklı ilerleme miktarlarına göre kesme kuvvetlerinde ~%70-%85 arasında bir artışa sebep olduğu görülmüştür. Bu durum, talaş kaldırma sırasında oluşan kesici takımın oluşan kesme kuvvetleri üzerinde, ilerlemedeki artışın kesme hızına göre farklı bir etkiye sahip olduğunu ve ilerleme miktarının artmasıyla kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Bu durum, teorik yaklaşımlar, Kienzle teoremi, baz alındığında esas kesme kuvveti $F_c = A \cdot k_s$ gibi değerlendirilebilir (40). Burada, A'yı belirleyen unsur $f \cdot a$ olduğuna göre f 'deki artışla birlikte kesme kuvvetlerinin de artması normaldir.



Şekil 7.11. Kesici takımında, 1 mm kesme derinliğinde, oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi

Kesme derinliği 2 kat arttırıldığında kesici takımında, kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan esas kesme kuvvetleri (F_c) Çizelge 7.2'de verilmiştir. Bu kuvvetlerin kesme derinliğine bağlı olarak ve farklı kesme hızları dikkate alındığında, kesme hızının her kademedeki %25 ve %33'lük artışı ile beraber esas kesme kuvveti (F_c) değerlendirildiğinde, kesme kuvvetinde kesme derinliğine bağlı olarak %108 ila %228 arasında arttığı görülmüştür (Şekil 7.12). Özellikle 2 mm talaş derinliğinde ve 50 m/min'de kesme kuvvetlerindeki artışın en yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, düşük kesme hızında takım-talaş arasındaki sürtünmenin fazla olmasına ve

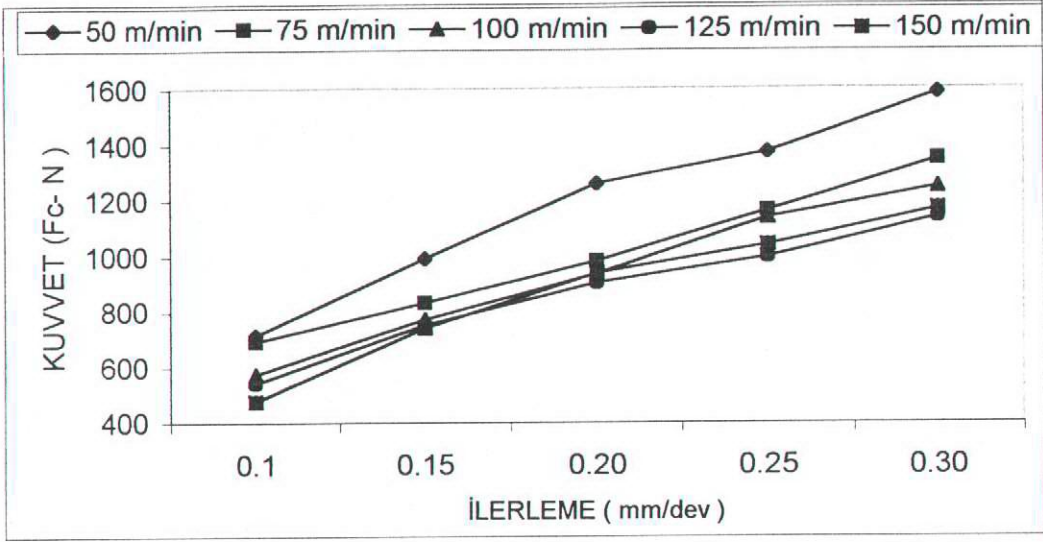
talaş miktarının artmasına ve dolayısı ile malzemenin plastik deformasyonu için ihtiyaç duyulan enerjinin daha fazla olmasına atfedilebilir.



Şekil 7.12. Kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde oluşan kesme kuvvetlerinin kesme hızına göre değişimi

2 mm kesme derinliğinde, kesme hızı her kademede %25 ve %33 artarken, hızdaki artışla beraber esas kesme kuvveti (F_c) değerlendirildiğinde, kesme kuvvetinde düzenli bir azalmanın olduğu ve bu değişimin ~%25-%56 arasında değiştiği görülmüştür. Bu durum, malzemenin plastik deformasyonu için ihtiyaç duyulan enerjinin yeterli bir düzeye ulaşmasına, kayma açısının azalmasına ve dolayısıyla takım-talaş arasındaki sürtünmenin azalmasına atfedilebilir. Teorik yaklaşımlar ele alındığında, kesme hızı faktörü (k_v)'nin kesme hızı arttıkça azalması esas kesme kuvvetinin hesaplanmasında esas kesme kuvvetini azaltmaktadır.

2 mm kesme derinliğinde, beş farklı ilerleme miktarı için, esas kesme kuvvetlerinin değişimi değerlendirilecek olursa, Şekil 7.13'de görüldüğü gibi, ilerleme miktarındaki % 33 ile %50 arasındaki değişim, kesme kuvvetlerinde %95 ile %126 arasında bir artışa sebep olmaktadır.



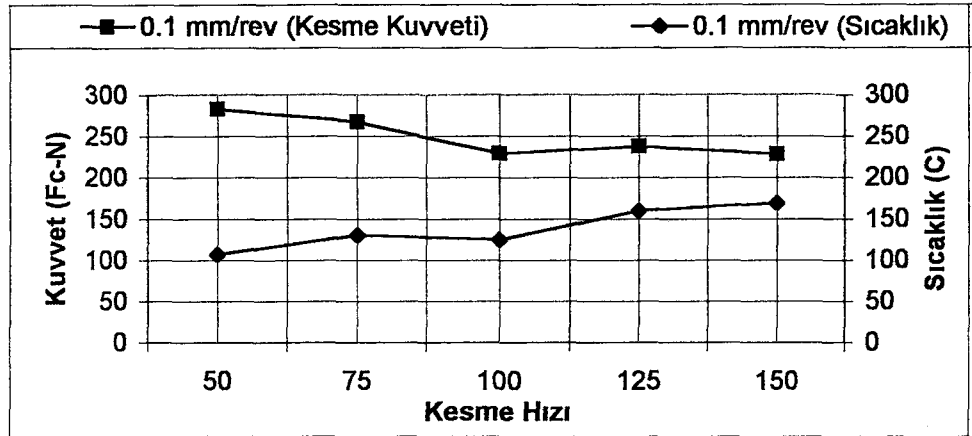
Şekil 7.13. Kesici takımında, 2 mm kesme derinliğinde oluşan kesme kuvvetlerinin ilerleme miktarına göre değişimi

7.4. Esas Kesme Kuvveti ile Talaş Arkası Yüzey Sıcaklığının Birlikte Değerlendirilmesi

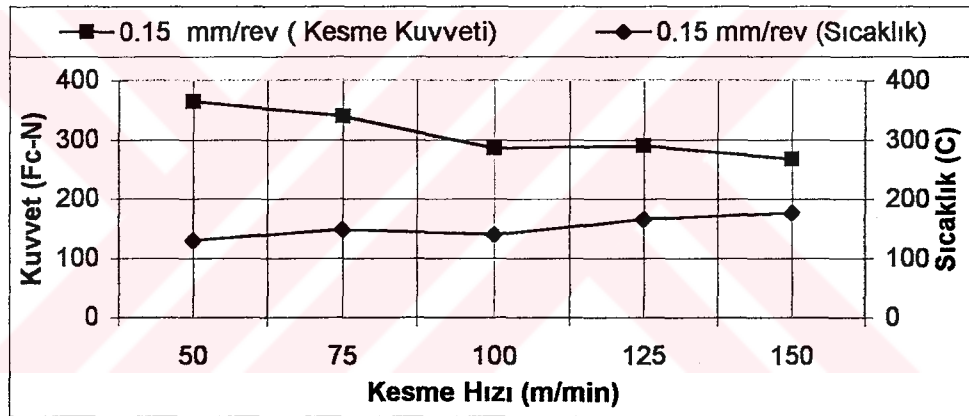
Kesme parametrelerindeki değişime bağlı olarak deney sırasında aynı anda ölçülen esas kesme kuvveti (F_c) ile sıcaklık arasındaki ilişki baz alındığında, Çizelge 7.1 ve Çizelge 7.2'deki deney sonuçlarına bağlı olarak elde edilen sonuçları gösteren grafikler 1 mm kesme derinliği için Şekil 7.14-Şekil 7.18'de 2 mm kesme derinliği için Şekil 7.19-Şekil 7.23'de gösterilmiştir.

Elde edilen grafikler karşılaştırıldığında, kesme hızına bağlı olarak esas kesme kuvveti- talaş arka yüzeyindeki sıcaklık grafiklerinin birbirleri ile paralellik arz ettiği görülmüştür. Talaş arka yüzey sıcaklığında lineer olarak bir artış gözlenirken, esas kesme kuvvetinde lineer bir azalma gözlenmiştir. Elde edilen grafikler literatürle paralellik arz etmektedir.

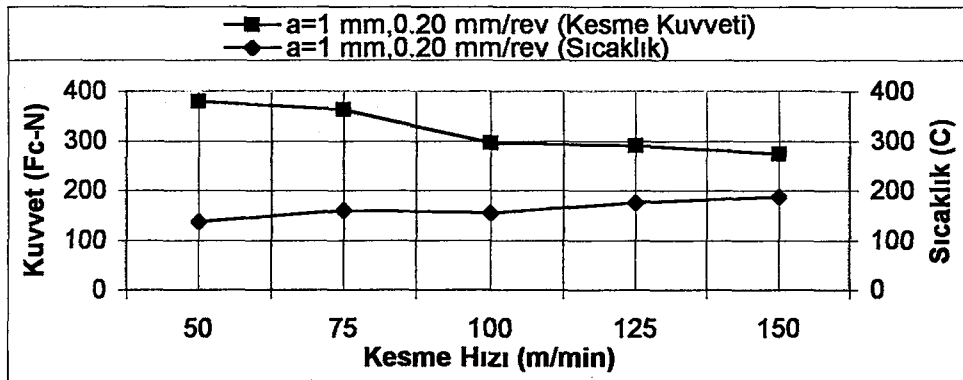
Kesme hızına bağlı olarak kesme kuvvetlerindeki azalma, plastik deformasyon için gerekli enerjinin ve takım-talaş temas uzunluğunun azalmasına atfedilebilir.



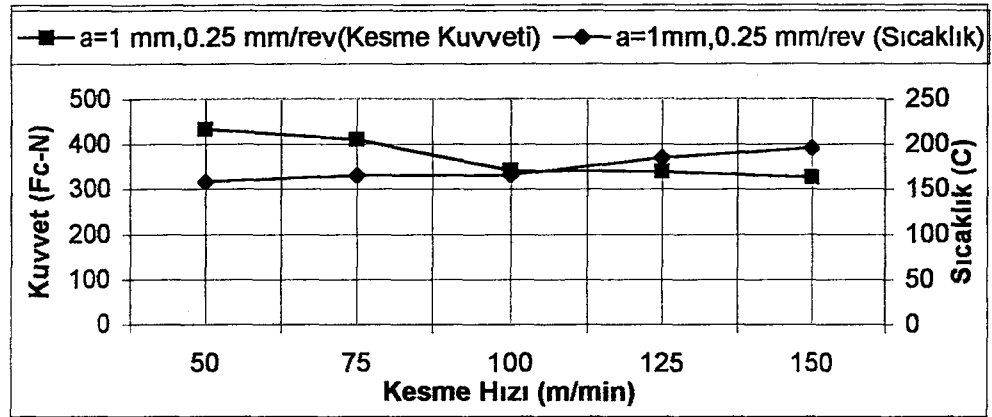
Şekil 7.14. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.1 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



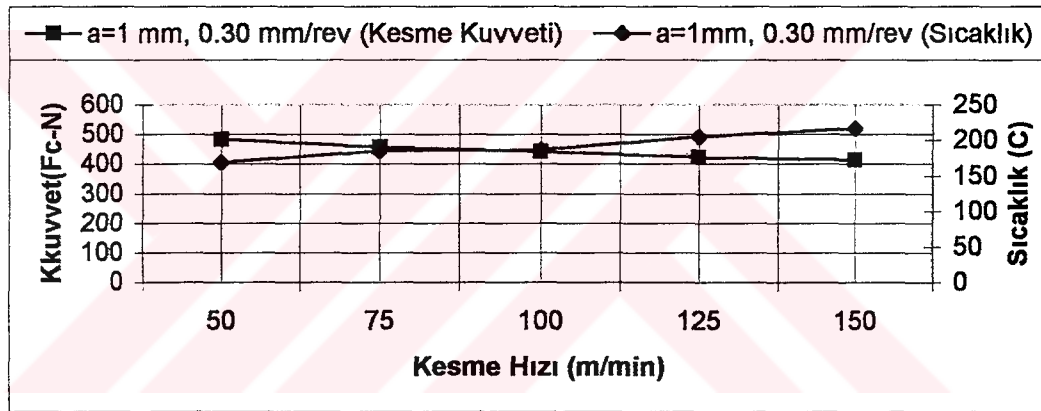
Şekil7.15. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.15 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.



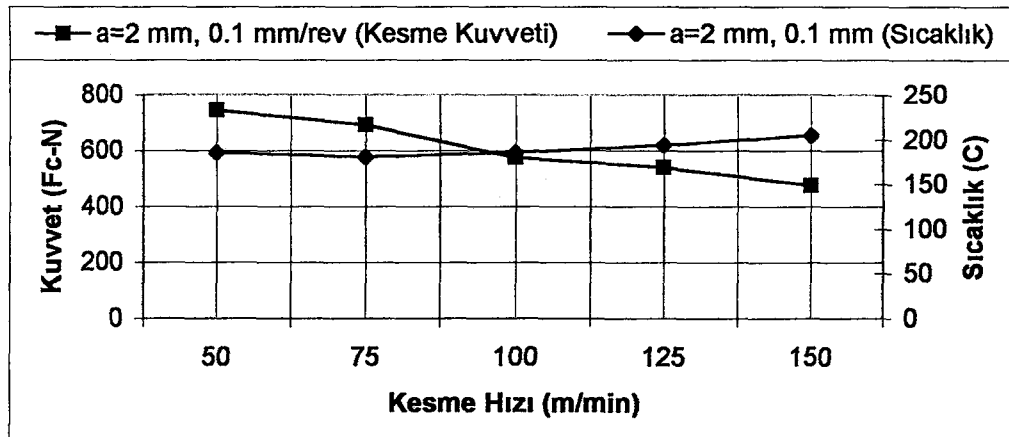
Şekil 7.16. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.20 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.



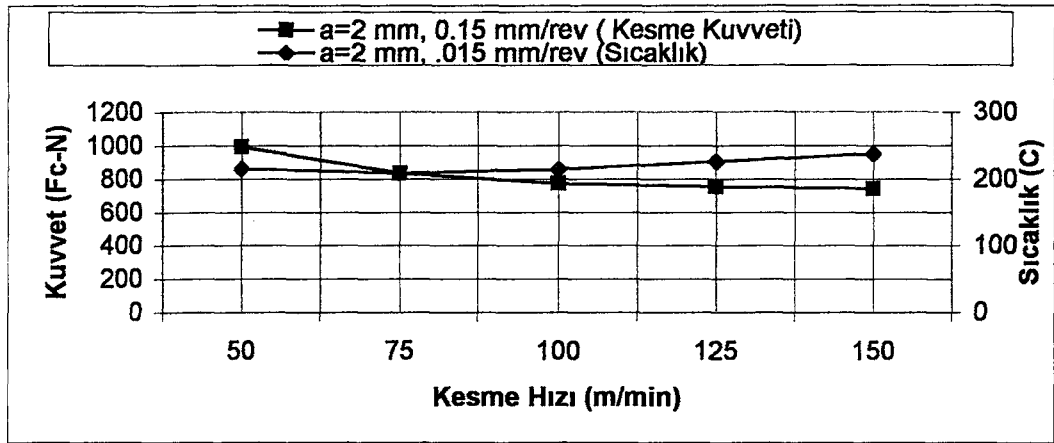
Şekil 7.17. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.25 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.



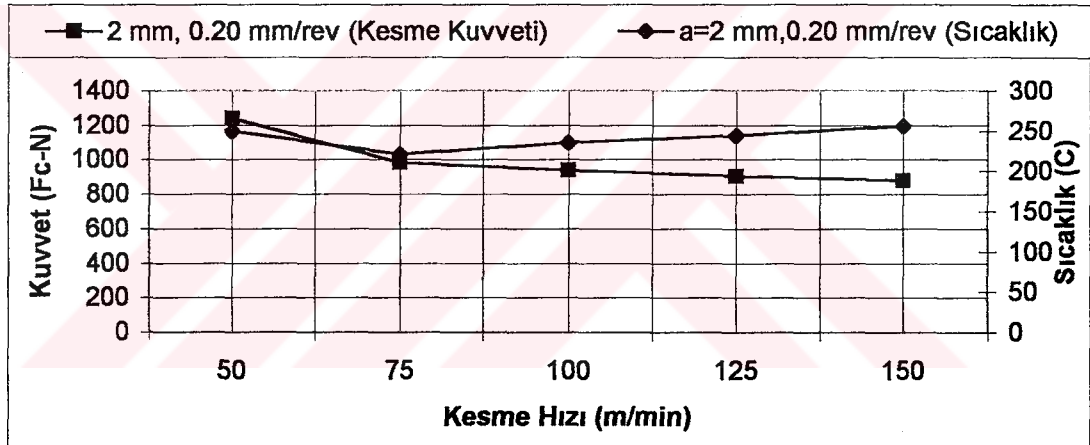
Şekil 7.18. 1 mm kesme derinliğinde ve 0.3 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki.



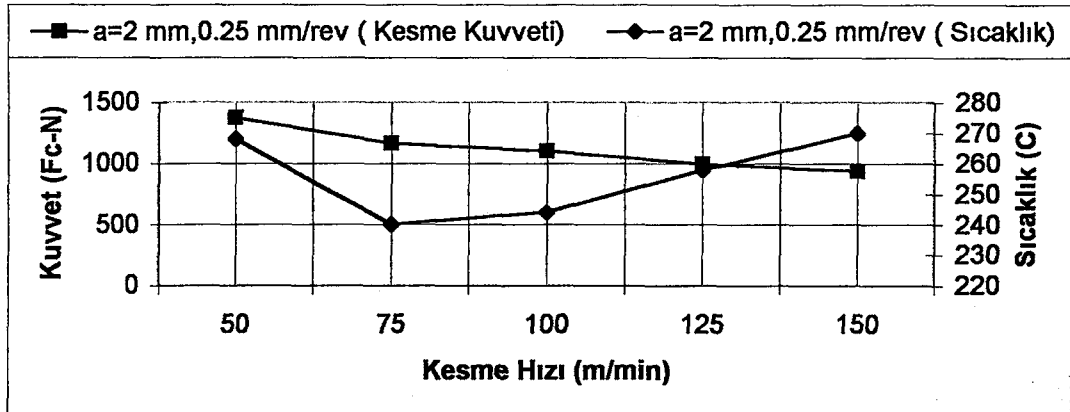
Şekil 7.19. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.1 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



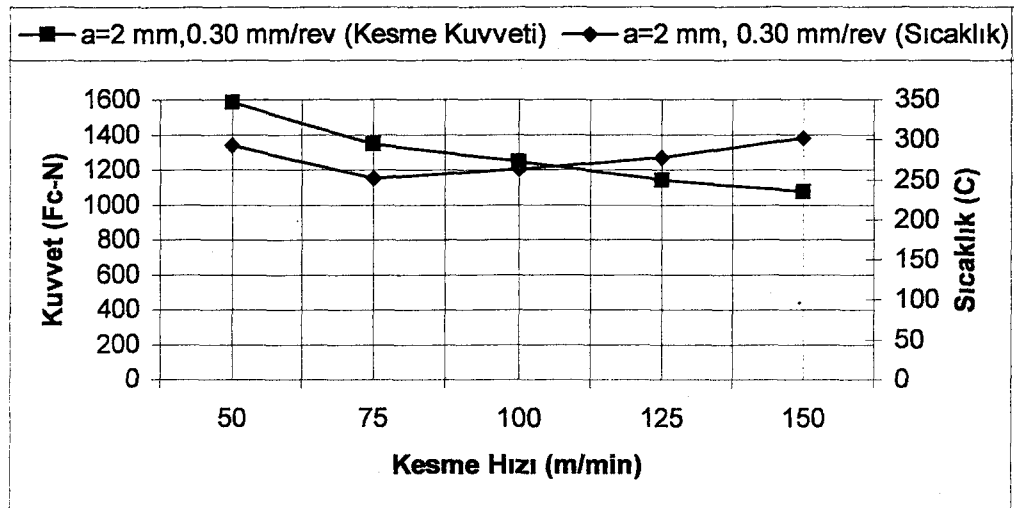
Şekil 7.20. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.15 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



Şekil 7.21. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.2 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



Şekil 7.22. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.25 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki



Şekil 7.23. 2 mm kesme derinliğinde ve 0.3 mm/rev'de oluşan kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki

Kesme hızının artması ile talaş kaldırma sırasında kullanılan enerjinin tamamına yakını ısı enerjisine dönüşmekte ve dolayısıyla talaş arka yüzeyinde sıcaklıkların artmasına neden olmaktadır.

Şekil 7.14-Şekil 7.18'deki grafikler değerlendirildiğinde, optimum kesme hızının 100 m/min civarında olduğu görülmüştür.

Kesme derinliğinin iki katına çıkması ile kesici takımında oluşan kesme kuvvetlerinde ve talaş yüzey sıcaklığında bir artış görülmüştür. Talaş derinliğinin artması ile takım-talaş arasındaki temas uzunluğu artmakta dolayısıyla sürtünmenin artmasına neden olmaktadır. Kienzle teoremi baz alındığında esas kesme kuvveti $F_c = A \cdot k_s$ gibi değerlendirilebilir (40). Burada, A'yı belirleyen unsur $f \cdot a$ olduğuna göre f ve a 'daki artışla birlikte kesme kuvvetlerinin de artması normaldir. Kesme derinliğinin ve ilerleme miktarının artması ile esas kesme kuvvetlerinin arttığı görülmüştür. Esas kesme kuvvetlerindeki artışla talaşın takım yüzeyindeki temas süresi artmakta ve doğal olarak talaş arka yüzey sıcaklığının artmasına neden olmaktadır.

Özellikle düşük kesme hızında (50 m/min) yüksek sıcaklıkların görülmesi kesici takımında talaş yığılmasının (BUE) oluşmasına atfedilebilir. Artan BUE eğilimi takım geometrisini değiştirerek sıcaklıkların artmasına neden olduğu düşünülmüştür.

Şekil 7.18-Şekil 7.23’de ki grafikler değerlendirildiğinde, 2 mm kesme derinliği için optimum kesme hızının 75 m/min civarında olduğu görülmüştür.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

8.1 Sonuçlar

Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takımında, kesme kenarına yakın bir bölgede etkili olarak sıcaklığın yükselmesine sebep olan ısı, takımında kabul edilebilir bir aşınma süreci ve önceden kestirilebilir takım ömrü için büyük önem arzeden faktörlerin başında yer almaktadır. Talaş kaldırma sırasında harcanan gücün hemen hemen tamamına yakın bir bölümünün ısı enerjisine dönüşmesi, kesici takımın performansını sınırlayan bir etkidir. Isı sonucu takım-talaş ara yüzeyinde çok yüksek değere ulaşan sıcaklıklar, özellikle takımın sıcak sertliğinde olumsuz etkiler yaparken aşınma mekanizmalarının (adhezyon, difüzyon, termal yorulma vb.) da aktif hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum kesici takımların talaş kaldırma sırasında oluşan ısı ve sıcaklık karşısında desteklenmesi ve oluşan ısısının kontrol tutulması anlamı taşımaktadır. Bu amaçla yapılan bu çalışmada kesme parametrelerinin talaş arkası yüzey sıcaklığında ve kesme kuvvetlerinde önemli bir rol oynadığı ve bunların birbiri ile ilişkili olduğu görülmüştür. Kesme parametrelerine bağlı olarak talaş arka yüzeyindeki sıcaklık değişimlerini incelemeyi amaçlayan bu deneysel çalışmada elde edilen önemli sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Sıcaklıktaki değişim; kesme hızı ve ilerlemedeki değişimlere bağlı olarak yorumlandığında, birbirine paralellik arz eden grafikler, literatürle benzer eğilimler sergilemektedir. Genel olarak kesme hızındaki ve ilerlemedeki artışla, sıcaklıkta da artış meydana geldiği, sıcaklık artışında, kesme hızının daha etkili bir parametre olduğu görülmektedir.
2. Deneylerde kullanılan parametreler (kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği) göz önüne alındığında kesme hızı ve talaş derinliğinin talaş arka yüzeyinde oluşan sıcaklıklarda ilerleme miktarından daha önemli olduğu görülmektedir. Özellikle kesme derinliğinin 2 kat arttırılması ile talaş yüzeyinde oluşan sıcaklıklarda yaklaşık %40 ila %60 arasında bir artış olduğu görülmektedir. Kesme hızındaki %25 ve %50'lik artış, kesici takımında oluşan sıcaklıklarda %8 ila %35 arasında bir

artışa sebep olduğu görülmüştür. İlerleme miktarındaki % 33 ve %50'lik artış, %1 ile %10 arasında bir artışa sebep olmuştur.

3. Yapılan deneylerde en düşük sıcaklıklar, kesici takımda sıcaklık artışına neden olan kesme kuvvetinin azalmasıyla elde edilmiştir. Bu durum takım/talaş temas uzunluğunun azalmasıyla kesme kuvvetlerinin de azalmasına ve dolayısıyla düşük sürtünme katsayısı oluşmasına atfedilebilir.
4. Kesme hızındaki %25 ve %50'lik artış, kesici takımda oluşan sıcaklıklarda % 8 ile %20 arasında bir artışa sebep olduğu görülmüştür.
5. Kesme derinliği 2 katına çıkarıldığında, kesici takımda oluşan sıcaklıkların %40 ile %60 arasında arttığı görülmüştür.
6. İş parçası malzemesi AISI 1117 için sıcaklık ve kesme kuvvetleri açısından en uygun kesme hızının 1 mm talaş derinliği için 100 m/min, 2 mm kesme derinliğindeki değerler için 75 m/min olduğu görülmüştür. Bunun sebebi, alaşımsız çeliklerde kaplamasız karbür uçlar için tavsiye edilen kritik hız olduğu düşünülmüştür.
7. En yüksek kesme kuvvetlerinin düşük kesme hızlarında oluştuğu, kesme hızı arttıkça kesme kuvvetlerinin azaldığı görülmüştür. Kesme kuvvetlerinin, ilerleme arttıkça arttığı görülmüştür.
8. Özellikle 50 m/min'de ve 0.2, 0.25, 0.3 mm/rev ilerlemelerde gözlenen daha yüksek sıcaklıkların nedeni, sünek malzemelerde düşük kesme hızlarının yarattığı yığılma probleminin (BUE) etkili olduğu görülmüştür. Sünek malzemelerde düşük kesme hızı ile çalışmanın sakıncası bir kez daha ortaya konulmuştur.
9. Esas kesme kuvveti ve talaş arka yüzey sıcaklığı arasındaki ilişki değerlendirildiğinde, kesme hızı arttıkça esas kesme kuvvetinin azaldığı, talaş

yüzey sıcaklığının arttığı görülmüş ve bu eğilimin, elde edilen tüm grafiklerde birbirleri ile paralellik arz ettiği görülmüştür.

8.2. Öneriler

Talaş kaldırma işlemlerinde, kesme bölgesindeki sıcaklık; kesme hızı, ilerleme, kesme derinliği, talaş açısı gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Aynı zamanda kesici takımın fiziksel özellikleri de, bu bölgedeki sıcaklık üzerinde etkili olmaktadır. Bütün bu etkili parametrelerden bazılarının bir arada değerlendirilmesini hedefleyen bu deneysel çalışmada, deneylerin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi aşamasında elde edilen veriler esas alınarak, bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından, aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir.

- Aynı deneyler, farklı sıcaklık ölçme yöntemleri (infrared, iş parçasına gömülmüş ısı çift yöntemi, PVD yöntemi) ile tekrarlanmak sureti ile, sonuçlar karşılaştırılarak yöntemlerin etkinliği araştırılabilir.
- Bu çalışmada, yaygın kullanılan ve özellikleri iyi bilinen AISI 1117 çeliği seçilmiştir. Çalışma, farklı iş parçası malzemeleri ile daha geniş ve kapsamlı hale getirilebilir. Böylece uygulamada kullanılabilecek faydalı veriler elde edilebilir.
- Bu çalışmada ISO'ya göre çelik için önerilen P20 kalitesinde kaplamasız uç değerlendirilmiştir. Benzer çalışmalar;
 - Farklı takım kaliteleri (grade) kullanılarak
 - Farklı kaplama uygulamaları kullanılarak da yapılmak suretiyle kapsam genişletilebilir.
- Deneysel çalışmalardan elde edilen veriler, teorik sonuçlarla mukayese edilerek, ısı aktarımındaki genel bilgiler ışığında, farklı parametrelerin sıcaklık üzerindeki

etkileri matematiksel olarak modellenabilir. Bu şekilde; talaş kaldırma sırasında oluşan ısı ile ilgili;

- i. Mevcut modeller, farklı parametreler baz alınarak genişletilebilir,
- ii. Yeni ampirik modeller oluşturulabilir.



KAYNAKLAR

1. Kıyak, M., "Tek kesen ağızlı kesici takımlarla ortogonal talaş kaldırmada sıcaklığın talaş kırılmasına etkisi ", Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-28, (2000).
2. Gökkaya, H., Şeker, U. ve İzçiler, M. "Takım-talaş arka yüzey sıcaklığının ölçülmesi için yapılmış deneysel çalışmalar üzerine bir değerlendirme ", *Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi*, Konya, 91-105 (2001).
3. Bever, M.B., Marshall, E.R. and Ticknor, L.B., "The energy stored in metal chips during ortogonal cutting", *J.Appl. Phys.*, 24 : 1176-1179, (1953).
4. Shaw, M.C., "Metal Cutting Principles", *Oxford University Press*, London, 251-292, (1984).
5. Da-Silva, M.B. and Wallbank, J., "Cutting temperature: Prediction and measurement methods a review", *Journal of Materials Processing Technology*, 88 : 195-202, (1999).
6. Günay, M., "Talaş kaldırma işlemlerinde kesici takım talaş açısının kesme kuvvetlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-110, (2003).
7. Komanduri, R. and Hou, Z.B., " A review of the experimental techniques for the measurement of heat and temperatures generated in some manufacturing processes and tribology", *Tribology International*, 34 : 653-683, (2001).
8. Grzesik, W., "Experimental investigation of the cutting temperature when turning with coated indexable inserts", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 39 : 355-369, (1999).
9. Milikic, D., Kovac, P., Gostrimirovic, M., " Some aspects of coated hard metal inserts" *Balkantrib'96, 2nd International Conference on Tribology, Proceedings*, Thessaloniki, Greece, 12-16, (5-7 June 1996).
10. Kolb, M.G., "Influence microemulsions on the uranium machining process" *Balkantrib'96, 2nd International Conference on Tribology, Proceedings*, Thessaloniki, Greece, 24-29, (5-7 June 1996).
11. Rall, D.L. and Giedt, W.H., "Heat transfer to, and temperature distribution in, a metal cutting tool", *Transactions of ASME* 78:1507-1515, (1956).
12. Kuster, K.J., "Das temperaturfeld in drehmeissel (The temperature field in the cutting edge of cutting tool)", *Verlag W. Girardet*, Essen, Germany, 67-71 (1954).

13. Qureshi, A.H., Koenigsberger, F., "An investigation into the problem of measuring the temperature distribution on the rake face of a cutting tool", *Annals of CIRP*, 14 : 189-199, (1966).
14. O'Sullivan, D. ve Cotterell, M., "Temperature measurement in single point turning" *Journal of Material Processing Technology*, 118: 301-308, (2001).
15. Kitigawa, T., Kubo, A., Maekawa, K., "Temperature and wear cutting tools in high speed machining of Inconel 718 of difficult materials", *Wear*, 202: 142-148, (1996).
16. Stephenson, D.A., "Tool-work thermocouple temperature measurement" *Transactions of ASME, Journal of Engineering Industry*, 115 : 432-437, (1993).
17. Trigger, K.J., "Progress report No:1 on chip-tool interface temperature", *Transactions of ASME*, 70 : 91-98, (1948).
18. Trigger, K.J., "Progress report No:2 on chip-tool interface temperature", *Transactions of ASME*, 71 : 163-174, (1949).
19. Hirao, M., "Determining temperature distribution on flank face of a cutting tool" *J. Mater. Sharp. Technol.*, 6 : 143-148, (1989).
20. Habalı, K., "Kesici takım kaplama malzemesinin takım-talaş ara yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisinin deneysel olarak araştırılması", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 1-110, Ankara, (2003).
21. Boothroyd, G., "Fundamentals of metal machining and machine tools", *McGraw-Hill*, New York, 92-102 (1981).
22. Young, H.T., "Cutting temperatures responses to flank wear", *Wear*, 201: 117-120, (1996).
23. Jaspers, S.P.F.C., Dautzenberg, J.H., "Material behaviour in metal cutting: Strains, strain rates and temperature in chip formation", *Journal of Metal. Pro. Tech.*, 121 (1) : 123-135, (2002).
24. Okushima, K. and Shimodo, R. " The cutting temperature", *BJSME*, 23: 73-77, (1957).
25. Chao, B.T., Li, H.L. and Trigger, K.J. "An experimental investigation of temperature distribution at tool-flank surface", *Journal of Engineering Industry*, 496-503, (1961).

26. Kato, S., Yamaguchi, K., Watanabe, Y., Hiraiwa, Y., "Measurement of temperature distributions within tool using powders of constant melting point", *Journal of Engineering Industry*, 607-613, (1976).
27. Smart, E.F. and Trent, E.M., "Temperature distributions in tools used for cutting iron, titanium and nickel", *Int.J. Prod. Res.*, 13: 265-290, (1975).
28. Wright, P.K., Trent, E.M., "Metallographic methods of determining temperature gradients in cutting tools", *Journal of Iron and Steel Institute*, 211: 364-368, (1973).
29. Kato, T. and Fuji, H., "PVD film method for measuring the temperature distribution in cutting tools", *Journal of Engineering for Industry*, 118: 117-122, (1996).
30. Loewen, E.G., Shaw, M.C., "On the analysis of cutting tool temperature", *Transactions ASME*, 76: 217-221, (1954).
31. Tay, A.O., Stevenson, M.G. and Davis, G., "Using the finite element method to determine temperature distribution in orthogonal machining" *Proc. Inst. Mech. Eng.*, 188 : 627-638, (1974).
32. When-Chou Chen and Chung-Chen Tsao, "Determinations of temperature distribution on the rake face of cutting tools using a remote control", *Comm. Heat Mass Transfer*, 24 : 161-170, (1997).
33. Chow, J.G. and Wright, P.K., "On-Line estimation of tool chip interface temperature for a turning operations", *Transactions ASME. J.Eng. Ind.*, 110 : 56-64, (1998).
34. Korkut, İ., "Tornalama esnasında oluşan kuvvetlerin, gerilmelerin bilgisayar yardımıyla ölçülebilmesi amacıyla gerinim ölçer esasına dayalı bir dinamometre tasarımı ve imalatı", Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-5, (1996).
35. Strafford, K.N., Audy, J., "Indirect monitoring of machinability in carbon steels by measurement of cutting forces", *Journal of Material Processing Technology*, 67 (1-3) : 150-156, (1997).
36. Huang, L., Chen Joseph C., and Chang, T., "Effect of Tool/Chip Contact Length on Orthogonal Turning Performance", *Journal of Industrial Technology*, 15 (2): 1-5, (1999).
37. Sikdar, S.K. and Chen, M., "Relationship between tool flank wear area and component forces in single point turning", *Journal of Material Processing Technology*, 128: 210-215, (2002).

38. Vince, J.N., "Modelling chip formation in ortogonal metal cutting using finite element analysis", Degree of Master Science, *Mississippi State Unirversity*, Mississiphi, 11-15, (2002).
39. Mendi, F., "Tornalama teorisi ve hesapları", Takım Tezgahları Teori Ve Hesapları, *ISBN 975-06008-0-3*, Ankara, 1-100, (1996).
40. Şeker, U., "Talaşlı İmalatta Takım Tasarımı", *G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Ders Notları*, Ankara, (2000).
41. Şahin Y., "Kesici takım geometrisi ve seçimi", Talaş Kaldırma Prensipleri Cilt-I, *Nobel Yayınevi*, Ankara, 190-332, (2000).
42. Çakır, M.C., "Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri", *Vipaş*, Bursa, 31-99, (2000).
43. Pispanem, V., " Theory of formation of metal chips" *J. Appl. Phys.*, 19: 876-881, (1984).
44. Trent, E.M., "Metal Cutting 2nd ed.", *Butterworths*, London, 55-86, (1984).
45. Merchant, M.E. and Field, M., " Mechanics of formation of the discontinuous chip in metal cutting", *Transactions of ASME*, 71: 4-21, (1949).
46. Altan, E., Kıyak, M., " Talaş kaldırma işleminde oluşan sıcaklığın ölçülmesinde kullanılan yöntemler", *Metal Makine Dergisi*, 12-18, (1995).
47. Javahir, I.S. and van Luttervelt, C.A., " Recent develeopments in chip control research and applications" *Annals of CIRP*, 42 (2) : 659-693, (1993).
48. Zorev, N.N., Sawiaskin, K. A., " Carbide tool life at interrupt cut with continous cycles", *Russ. Eng. J.*, 43 (2) : 43-47, (1963).
49. Şeker, U., Korkut, İ., Turgut, Y. and Boy, M., "The measurement of Temperature During Machining", *International Conference "Power Transmissions 03"*, Varna-Bulgaria, 86-89, (2003).
50. "Termokopular ile ilgili genel bilgiler", <http://katalog.elimko.com.tr/tidbt.htm> (08-12-2003).
51. TS 10329 (ISO 3685), Torna Kalemleri-Ömür Deneyi, *Türk Standartları Enstitüsü*, 1992.
52. Young, H.T. and Chou, T.L., "Investigation of edge effect from the chip-back temperature using IR thermographic techniques", *Journal of Material Processing Technology*, 52 : 213-224 (1995).

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet BOY, Sakarya Akyazı ilçesinde 10-06-1978’de doğdu. İlkokul öğrenimini Sakarya Akyazı ilçesi Çataalköprü Köyü İlkokulu’nda tamamladı. Ortaokul öğrenimini Sakarya Atatürk Ortaokulunda bitirdi. Lise öğrenimini Sakarya Anadolu Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi Makine Bölümü’nde 1996 yılında tamamlayarak mezun oldu. 1997 yılında girmiş olduğu üniversite sınavında, Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Talaşlı Üretim Öğretmenliği’ni kazanarak üniversite eğitime başladı. 2001 yılı bahar döneminde lisans eğitimini bitirdi. 2001 yılı Eylül ayında Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Bölümü’nde Yüksek Lisans eğitime başladı. 2003 yılında özel sektörde İmalat Müdürü olarak göreve başladı. Halen bu görevine devam etmektedir.