

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

MATKAPLARDA TALAŞ KALDIRMA
ESNASINDA OLUŞAN SICAKLIK
DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

MEHMET EROĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

GEBZE

2007

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

MATKAPLARDA TALAŞ KALDIRMA
ESNASINDA OLUŞAN SICAKLIK
DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

MEHMET EROĞLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
TASARIM VE İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

DANIŞMANI
DOÇ. DR. BABÜR ÖZÇELİK

GEBZE

2007

 GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
--	--------------------------------------

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 08/10/2007 tarih ve 2007/35 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 30/10/2007 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mehmet Eroğlu'nun tez çalışması Tasarım ve İmalat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE : Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU

ÜYE : Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK
(TEZ DANIŞMANI)

ÜYE : Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: Matkaplarda Talaş Kaldırma Esnasında Oluşan Sıcaklık Değişiminin araştırılması

YAZAR ADI : MEHMET EROĞLU

Matkapla işleme talaşlı imalatın en önemli kısımlarından birini oluşturur. Söz konusu işlemede dikkat edilen en önemli etkenlerden biri de matkabın kullanım ömrüdür. Bu kullanım ömrüne etki eden en önemli faktörlerin başında ise matkapta oluşan sıcaklık gelmektedir.

Kesici takıma etki eden parametreler üretim kalitesi ve takım ömrü açısından önemli olduğundan kesme parametrelerinin dikkate alınması önemli bir durumdur.

Bu çalışmada, kuru kesme şartlarında matkap sıcaklığının matkap ucundan başlayarak kesici kısmın bitimine kadar olan bölgede nasıl bir değişime uğradığı deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel çalışma esnasında kesici takım olarak, çap 10 mm ve 14 mm HSS matkaplar kullanılmıştır. İş parçası olarak, AISI 1040 Çelik ve AL 6063 Alüminyum malzemeleri kullanılmıştır. İş parçası 36 mm yüksekliğinde, 40 mm çap ölçülerindedir. Bu iş parçasının, her iki tarafına 4'er delik olmak üzere toplam 8 delik delinmiş ve herbir delikten termokupllar yerleştirilmiştir.

SUMMARY

NAME OF THE THESIS: Investigating Of Temperature Changes During Chip Removing in Drilling

AUTOR NAME : Mehmet Eroğlu

Drilling is one of the most important phases of metal cutting. In the said process one of the most important and notable things is physical life.

The cutting parameters which affect the cutting tool are due to importance of the product quality and tool life, should be considered.

In this study, the temperature changes are investigated from the bit drill to the end of cutting edge in dry cutting conditions. During experimental study HSS 10 mm diameter and 14mm diameter cutting tools are used. AISI 1040 Steel and Al6063 materials are used. Workpieces height is 36mm, diameter is 40, and there are 8 holes on both sides of cylindrical material. Data is captured using standard thermocouples.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca benden yardım ve hoşgörüsünü eksik etmeyen başta tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK ile Yrd. Doç. Dr. İlyas KANDEMİR'e ve Prof. Dr. Zeki ÇİZMECİOĞLU'na, deneylerdeki yardımlarından dolayı Taner Kolaylı'ya, Sema Ovalı'ya, Tuncay Çakır'a ve Ahmet Köker'e teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Bütün çalışmam boyunca benden desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	IV
SUMMARY	V
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
TABLolar DİZİNİ	XII
BÖLÜM 1	1
1. 1. Giriş	1
1.2.Literatür Çalışması	2
1.3. Isı Oluşumu	6
1.3.1. Isı Transferi	6
1.3.2. İletim (Kondüksiyon)	8
1.3.3. Taşınım (Konveksiyon)	9
1.4 Talaş Kaldırma Mekanizması	9
1.4.1. Delik Delme ve Delik İşleme	10
1.4.2. Kesme Parametreleri	12
1.4.3. Talaş Oluşumu	12
1.4.3.1 Süreksiz Talaş	12
1.4.3.2 Sürekli Talaş	13
1.4.3.3 Sıvımalı Sürekli Talaş	13
1.4.4.Talaş Kaldırmada Sıcaklık ve Isı Dağılımı	14
1.4.5. Talaş Kaldırmada Isı Dağılımı	17
1.4.5.1. Metal Kesmede Isı Oluşumu	18
1.4.5.2. Metal Kesmede Isı Dağılımı	18
1.4.5.3. İlk Deformasyon Bölgesinde Oluşan Sıcaklıklar	19
1.4.5.4. İkinci Deformasyon Bölgesinde Sıcaklıklar	19
1.4.6. Kesme Hızının Sıcaklık Üzerine Etkisi	19
1.5. Kesme Sıcaklığının Kontrolü	21
1.5.1. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi	21

BÖLÜM 2	22
2.1. Sıcaklık Ölçüm Deneyleri	22
2.2. Termokupllar	24
2.2.1. Ürün Spesifikasyonları	24
2.2.2. Uygulama Alanları	24
2.3. Kesme Parametreleri	25
2.3.1. AISI 1040 Çelik Ø40 ve AL6063 Ø40 İçin Kesme Parametreleri	25
2.4. Deney Tasarımları	25
2.4.1. Deney Tasarımı 1	25
2.4.2. Deney Tasarımı 2	26
2.4.3. Deney Tasarımı 3	26
BÖLÜM3	27
3.1. Sıcaklık Ölçüm Deney Sonuçları	27
3.1.1. Deney Tasarımı 1 İçin Sonuçlar	27
3.1.2. Deney Tasarımı 2 İçin Sonuçlar	36
3.1.3. Deney Tasarımı 3 İçin Sonuçlar	45
3.2.Sonuç ve Öneriler	54
3.2.1.İlerleme ve Devir Sayısının Etkilerini Belirlemek İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar	54
3.2.2.Öneriler	56
KAYNAKLAR DİZİNİ	57
ÖZGEÇMİŞ	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
T_{∞}	Serbest Akışkan sıcaklığı
T_s	Yüzey Sıcaklığı
q''	Isı akış miktarı
Q_{top}	Oluşan toplam ısı miktarı
Q_c	Talaş tarafından taşınan toplam ısı miktarı
Q_w	İş parçası içine yayılan ısı miktarı
Q_t	Takıma geçen ısı miktarı
t	Sıcaklık
v	Hız
L	Uzunluk
k	Isıl İletkenlik katsayısı
A	Alan
P_s	İlk kesme bölgesinde oluşan ısı
a_c	Deforme olmamış talaş kalınlığı
Γ	İlk kesme bölgesinde oluşan ısı miktarı
C	Özgül ısı
r	Yoğunluk
a_w	Kesme derinliği
Q_s	İlk deformasyon bölgesinde sıcaklık yükseli
Q_o	İş parçasını başlangıç sıcaklığıdır.
Q_m	İkinci deformasyon bölgesinde sıcaklık yükselişi
$K.D.$	Kesme Derinliği
$O.S.$	Oda Sıcaklığı
$M.S.$	Maksimum Sıcaklık
S	Süre

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Kondüksiyonla İletim.	7
1.2. Konveksiyonla İletim	7
1.3. Radyasyonla İletim.	7
1.4. Bir Boyutlu Isı Transferi	8
1.5. Dik Kesme Modeli	9
1.6. Eğik Kesme Modeli	10
1.7. Matkapta Delik Delme İşlemi	10
1.8. Matkapta Delik Delme İşlemi	11
1.9. Matkap Tezgahı	11
1.10. İş Parçasını Görünüşü.	11
1.11. Süreksiz Talaş Şekli	12
1.12. Sürekli Talaş Şekli	13
1.13. Sıvımalı Sürekli Talaş Şekli	14
1.14. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısı	14
1.15. Talaş kaldırma işleminde takım, talaş ve iş parçasında meydana gelen ısı dağılımı	15
1.16 Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın bölgelere göre dağılımı	15
1.17. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısıнын bilançosu.	16
1.18. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın ömre etkisi.	17
1.19. Kuru ve soğutma sıvısıyla kesme işleminde karşılaştırma	17
1.20. Malzeme taşınması esnasında oluşan ısı transferi.	18
1.21. HSS matkap takımında dik kesme anı.	18
1.22. Sıcaklığın Bölgesel Olarak Dağılımı	19
1.23. Kesme Sıcaklığının Kesme Hızı Üzerine Etkisi	20
1.24. Bir orta karbon çeliğinin kesilmesinde oluşan sıcaklık	21
1.25. Düşük karbonlu bir çeliğin yüksek hızda işlendiğinde ortaya çıkan sıcaklık	21
2.26. İş parçası teknik resmi	22
3.27. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları	29
3.28. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları	31

3.29. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları	33
3.30. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (10,11,12) Sonuçları	35
3.31. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları	38
3.32. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları	40
3.33. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları	42
3.34. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (10, 11, 12) Sonuçları	44
3.35. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları	47
3.36. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları	49
3.37. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları	51
3.38. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (10, 11, 12) Sonuçları	53

TABLolar DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Malzemelerin Kimyasal Analizleri	23
1.2. Malzemelerin Mekanik Özellikleri	23
1.3. Matkabin Fiziksel Özellikleri	23
1.4. Ölçme İşleminde Kullanılan Termokuplların Özellikleri	24
1.5. Ürün Spesifikasyonları	24
1.6. Uygulama Alanları	24
1.7. Farklı Kesme Parametrelerinde Kuru Delme İçin Deney Şartları	25
1.8. Deney Tasarımı 1 İçin Kesme Parametreleri Değerleri	25
1.9. Deney Tasarımı 2 İçin Kesme Parametreleri Değerleri	25
1.10. Deney Tasarımı 3 İçin Kesme Parametreleri Değerleri	26
1.11. Deney Tasarımı 1 İçin Sonuçlar	27
1.12. Deney Tasarımı 2 İçin Sonuçlar	36
1.13. Deney Tasarımı 3 İçin Sonuçlar	45

BÖLÜM 1

1. 1. Giriş

Metal kesme, ürünlerin istenilen boyut ve şekilde elde edilmesinde kullanılan bir imalat şeklidir. Metal kesme ile ilgili yapılan araştırmaların temelinde uygun kesme şartlarının belirlenmesi olayı vardır. Bir kesicinin uygun şartlarda çalışması işletmenin ekonomik açıdan en önemli faydalarındandır. Talaşlı imalatta istenilen kalitede bir ürün elde etmek için kesme parametrelerinin çok iyi seçilmesi gerekiyor. İşlenen parçanın malzeme özelliği, kesici takımın cinsi ve malzeme özelliği, kesme derinliği, ilerleme oranı, devir sayısı gibi değerler birbirinden farklı olabilir. Bu değerlerin hangi şartlar altında kullanılması gerektiği bilinmelidir. Aksi takdirde yanlış değer seçimlerinde takıma gelen kuvvetler veya oluşan sıcaklık gibi faktörlerden hem iş parçası hem de takım zarar görür. Bu durumda parça işlenemez hale, takım da kullanılamaz hale gelir. Bu da istenmeyen bir durumdur [Akkurt, 2000]. Bu çalışmanın amacı, delme esnasında matkap ucunda oluşan sıcaklığın değişimini incelemektir. Bu çalışma; Bölüm 1, Bölüm 2, Bölüm 3 diye üç ana başlıktan oluşmaktadır. Bölüm 1’de literatür, ısı transferi ve metal kesme prensipleriyle ilgili bilgiler verilmiştir. Bölüm 2’de malzeme, termokupl özellikleriyle ilgili bilgiler verilmiştir; deney tabloları tanıtılmıştır. Bölüm 3’te deneysel sonuçlar gösterilmiş ve yorumlanmıştır; gerekli öneriler sunulmuştur.

Teknoloji geliştikçe dünya genelinde, sanayide işlenebilirliği zor malzemeler kullanılmakta ve bunlar içinde yüksek dayanıma sahip kesici takımlar üretilmektedir. Buna bağlı olarak da farklı malzemeler değişik kesme şartlarında işlenmektedir. Bu da kesme parametrelerinin malzeme ve takım üzerine ne gibi etkilerinin olduğunun araştırılması gerektiğini göstermektedir.

Metal kesme esnasında sürtünmeden dolayı oluşan yüksek sıcaklık malzemenin ve kesici takımın mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesine sebep olabilir. Bundan dolayı farklı geometride veya farklı kaplamalarda takım malzemeleri seçilmesi gerekmektedir [Akkurt, 2000; Şahin, 2000].

Sonuç olarak bir malzeme işlenirken ortaya çıkan ısı ve sürtünme, takıma ve iş parçasına gelen kuvvetler büyük deformasyonlara ve istenilmeyen kalitede ürün elde edilmesine neden olabilir. Yine takımın tamamen işlenemez hale gelmesine de neden olabilir. Bunun en önemli sebebi ise malzeme, takım, kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği, devir sayısı vs. gibi faktörlerin hatalı seçilmesidir [Akkurt, 2000].

1.2.Literatür Çalışması

Özçelik ve Bağcı'nın yaptığı bir çalışmada kesme derinliği, devir sayısı ve ilerleme miktarının matkap ucunda oluşan sıcaklığa etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda AISI 1040 çelik ve Al 7075-T651 gibi iki farklı iş parçası, takım olarak da TiN/TiAlN kaplamalı karbür matkaplar kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar basamak basamak ve sürekli kuru delme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sürekli kuru delme işleminde aynı ilerleme miktarı ve devir sayılarında derinlik arttıkça sıcaklığın yükseldiği gözlenmiştir. Ayrıca aynı devir sayısı ve derinlik değerlerinde ilerleme miktarı arttıkça sıcaklık değerlerinin azaldığı gözlenmiştir [Özçelik ve Bağcı, 2004].

Özçelik ve Bağcı'nın yaptığı başka bir çalışmada içten soğutma, dıştan soğutma ve kuru delme deneylerinin matkap ucunda oluşan sıcaklığa etkileri araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda Al 2014 alaşım malzemesi ve TiN/TiAlN kaplamalı karbür matkaplar kullanılmıştır. Sonuç olarak kesme parametrelerinin ve soğutma sıvılarının matkap ucunda oluşan sıcaklığı farklı etkiledikleri görülmüştür. Kuru kesmede ilerleme miktarı matkap ucunda oluşan sıcaklığa büyük etki yapmaktadır. Dıştan soğutmada devir sayısının, soğutma basıncının, ilerleme miktarının sıcaklığa büyük etkisinin olduğu gözlenmiştir [Özçelik ve Bağcı, 2006].

Özçelik ve Bağcı'nın yaptığı bir diğer çalışmada yine devir sayısı ve ilerleme miktarının matkap sıcaklığına olan etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda da yine AISI 1040 çelik ve Al 7075-T651 gibi iki farklı iş parçası, takım olarak da TiAlN kaplamalı karbür matkaplar kullanılmıştır. Deneysel çalışmada çıkan sıcaklık değerleri Third Wave Advantage analiz programında bulunan sıcaklık değerleriyle

karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, devir sayısı ve ilerleme miktarlarının düzgün olarak değiştiği gözlemlenirken sıcaklık değerlerinin parabolik olarak arttığı belirlenmiştir. Deneysel verilerle sonlu elemanlar metodunda elde edilen veriler karşılaştırıldığında sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu gözlenmiştir [Özçelik ve Bağcı, 2005].

Özçelik ve Bağcı'nın yaptığı başka bir çalışmada ardışık kuru delme operasyonlarının matkap ucunda oluşan sıcaklığa etkileri deneysel ve sonlu elemanlar yöntemiyle araştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda AISI 1040 çelik ve Al 7075-T651 gibi iki farklı iş parçası, takım olarak da TiN/TiAlN kaplamalı karbür matkaplar kullanılmıştır. Çıkan sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların birbiriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir [Özçelik ve Bağcı, 2005].

Zeilmann ve Weingaertner'in yaptığı çalışmada ise K10 sınıfı, TiAlN, CrCN veya TiCN kaplamalı ve kaplamasız karbür matkapla Ti6Al4V titanyum alaşımı delinmiş ve oluşan sıcaklıklar yorumlanmıştır. Bu çalışmada dikdörtgen bir plaka üzerine K tipi termokuplların girebilmesi için et kalınlığı 0,2 mm olacak şekilde delikler açılmıştır. Sıcaklıkların ölçüldüğü derinlik değerleri; 5mm, 10mm, 15mm'dir. İçten ve dıştan küçük miktarda soğutma sıvısı kullanılmıştır. Sonuç olarak parça çevresinde oluşan yüksek sıcaklıktan dolayı içten soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deneyde ölçülen değerler dıştan soğutma sıvısı kullanılarak yapılan deneyde ölçülen değerlerden %50 daha düşüktür. Buna ilaveten dıştan soğutma sıvısı kullanılarak kaplamasız matkapla yapılan deneyde en yüksek sıcaklık değerine ulaşılmıştır. Farklı kaplamalı matkaplarda sıcaklık değerlerinde fazla bir değişim gözlemlenmemiştir [Zeilmann ve Weingaertner, 2006].

Bai ve diğerlerinin çalışmasında kuru delmede kaplamanın termal stabilitesinin (kararlılığının) etkisi araştırılmıştır. Kuru delmeye ek olarak CrTiAlN ve TiN kaplamalı matkapların mukayesesi termal kararlılığın önemli bir faktör olduğunu göstermiştir. Matkap malzemesi olarak HSS kullanılmıştır. Sonuç olarak; CrTiAlN kaplama M2HSS matkabın kuru delme kabiliyetini artırmaktadır. Kuru delmede, takım ömrü ortalaması CrTiAlN kaplamalı matkapta TiN kaplamalı matkaba göre daha fazladır. CrTiAlN kaplamalı matkapta 600°C'de mikro yapı ve mekanik özelliklerde önemli bir değişiklik olmamaktadır [Bai ve diğerleri, 2006].

Arai ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada SUS304 (paslanmaz çelik) malzemesi düşük frekansta işlenerek matkap ucunda oluşan sıcaklıklarla ilgili değişimler gözlemlenmiştir. Klasik matkap işlemlerinde matkap aşınmasıyla ilgili birçok çalışma olmasına rağmen düşük frekansta seçilen malzeme türünde bugüne kadar bir çalışma yapılmadığından böyle bir çalışma seçilmiştir. Matkap malzemesi, yüksek hızlı çeliktir. Sıcaklıkları ölçmek için pirinçten kaplama termokupl kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar klasik matkap çalışmalarıyla karşılaştırılmıştır [Arai ve diğerleri, 1990].

Majumdar ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada metal kesme esnasında oluşan ısı dağılımını belirleyen bir sonlu elemanlar metodu araştırılmıştır. Birincil bölge, ikincil bölge ve takım-talaş ara yüzeyinde oluşan sıcaklıklar oluşturulan bu metotla karşılaştırılmıştır. Malzeme olarak yüksek hız karbon çeliği seçilmiştir. Sonuç olarak model göstermiştir ki; takım-talaş ara yüzeyinde oluşan maksimum sıcaklıkla takımda yüksek sıcaklık dağılımı olmuştur. Bu parametrik çalışma kesme hızının artmasıyla takımda oluşan yükselen sıcaklık seviyesinin miktarını belirlemiştir. Kesme hızı 29,6m/min' dan 155,4m/min'e artarken takımdaki sıcaklık 709,36K'den 1320K'e çıkmıştır. Model ayrıca takımdaki iletim ve konvansiyon olarak önemli bir ısı kaybı olduğunu ve takımda önemli bir sıcaklık yükselmesi olduğunu göstermiştir [Majumdar ve diğerleri, 2005].

Ueda ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada matkabın kesme kenarı boyunca oluşan sıcaklık ölçülmüş ve devir sayısı ile ilerleme miktarının takım sıcaklığı üzerine olan etkisi araştırılmıştır. İş parçası olarak karbon çeliği, dökme demir, alüminyum kalıp dökme alaşımı, takım olarak da karbür matkap kullanılmıştır. Sonuç olarak en yüksek takım sıcaklığı karbon çeliği işlenirken elde edilmiştir. Bir tür mineral soğutucu(oil mist) kullanılarak takım sıcaklığı araştırılmış ve çıkan sonuçlar tornalama ve frezelemede karşılaştırılmıştır [Ueda ve diğerleri, 2007].

Korkut ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada chip-back (talaş sırtı) sıcaklığı araştırılmıştır. İş parçası olarak AISI1117 çelik, sıcaklık ölçümü içinse K tipi termokupl kullanılmıştır. Kullanılan takım kaplamasız ve talaş kırma özelliği yoktur. Sonuç olarak kesme hızı ve derinliğine bağlı olarak sıcaklıklardaki değişimler yorumlandığında; kesme hızı ve ilerleme miktarındaki artış sıcaklıkta belli bir

yükselmeye neden oluyor. Sonuç olarak, kesme hızının sıcaklık yükselmesinde önemli bir parametre olduğu gözlemlenmiştir. Kesme parametreleri dikkate alındığında kesme hızı ve derinliğinin sıcaklık artışında ilerleme miktarından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle kesme hızının 2 kat artması durumunda sıcaklıktaki artış %40-%60 iken, kesme hızının %25-%50 artması durumunda sıcaklıktaki artış %8-%35 ve ilerleme miktarının %33-%50 artması durumunda sıcaklıktaki artış %1-%10 civarındadır. Ayrıca 50m/dak kesme hızı ve 0,2; 0,25; 0,3 mm/dev kesme derinliklerinde sıvamanın etkili olduğu görülmüştür. Bilindiği gibi sıvama, düşük kesme hızı ve yüksek kesme sıcaklıklarında sünek malzemeler işlenirken oluşur [Korkut ve diğerleri, 2006].

Bono ve Ni'nin yaptığı bir çalışmada matkabın kesme köşeleri boyunca oluşan sıcaklık analiz edilmiş ve kesici köşelerde oluşan sıcaklık değerlerinin birincil kesme köşelerinde oluşan sıcaklığı nasıl geçtiği belirtilmiştir. Maksimum sıcaklığın matkabın dış köşesinde meydana geldiği geleneksel inanışın aksine analizle ve deneysel olarak elde edilen sonuçlara göre maksimum sıcaklık kesici köşede oluşmaktadır [Bono ve Ni, 2006].

Sağlam ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada tornalama esnasında matkap ucunda oluşan sıcaklık değişimleri ve kesme kuvveti bileşenleri ölçülmüş ve hesaplanan değerlerle karşılaştırma yapılmıştır. İşleme esnasında farklı kesme parametreleri ve takımlar kullanılmıştır. İş parçası olarak HRc40 sertliğinde AISI 1040 çeliği kullanılmıştır. Sonuç olarak kesme parametrelerinin ve takım geometrisinin takım ucu sıcaklığı ve kesme kuvveti üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çıkan sonuçlar kısaca şöyle özetlenebilir: Kesme kuvvetlerinde hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ortalama sapma %0,37 iken; sıcaklık için ortalama sapma %42'dir. Sıcaklıktaki bu yüksek sapmanın kuvvetli talaş akmasından dolayı ölçüm aletinin yerinden oynadığı ve bundan dolayı da gerçek sıcaklık değerlerinin ölçülemediği düşünülmüştür. Fakat yine de sonuçlar kullanılmıştır [Sağlam ve diğerleri, 2006].

Sağlam ve diğerlerinin yaptığı bir diğer çalışmada eğim açısının, yaklaşma açısının ve kesme hızının matkap ucunda oluşan sıcaklık ve kesme kuvvetlerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneylerde kesme derinliği ve ilerleme miktarı sabit

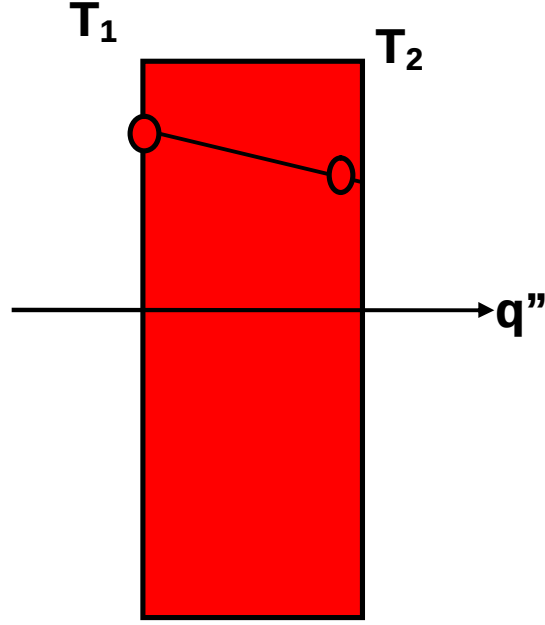
tutulmuştur. İş parçası olarak HRc40 sertliğinde AISI 1040 çeliği kullanılmıştır. Kesme kuvvetlerinde hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ortalama sapma %0,26 iken; sıcaklık için ortalama sapma %54'tür. Sıcaklıktaki bu yüksek sapmanın kuvvetli talaş akmasından dolayı ölçüm aletinin yerinden oynadığı ve bundan dolayı da gerçek sıcaklık değerlerinin ölçülemediği düşünülmüştür [Sağlam ve diğerleri, 2007].

Shen ve diğerlerinin yaptığı bir çalışmada keyfi seçilen matkap uç açılarına göre sonlu elemanlar metodu yöntemiyle geçici matkap sıcaklığı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca kesme hızı ve ilerleme oranlarının sıcaklığa etkileri incelenmiştir. Nokta açısı arttıkça matkapta oluşan sıcaklığın arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak sonlu elemanlar destekli geliştirilen üç boyutlu modelle delme esnasında oluşan termal alanlar incelenmiştir. Geliştirilen modelle geçici matkap sıcaklıkları hesaplanabilmiş ve adım adım hesaplamadan sonra dengeli sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan ve ölçülen değerler arasında bir uyum olduğu gözlenmiştir. Kesme hızının ilerleme oranı ve uç açısına göre sıcaklığı daha az etkilediği görülmüştür [Shen ve diğerleri, 1997].

1.3. Isı Oluşumu

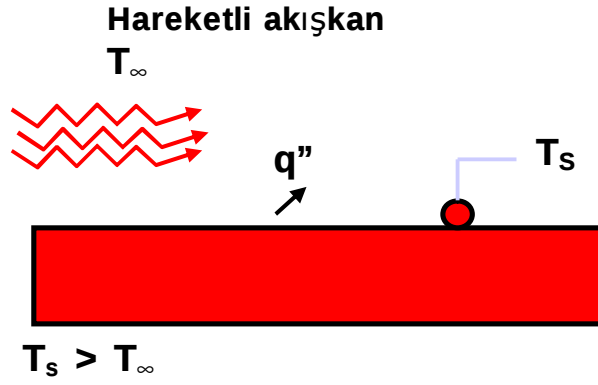
1.3.1. Isı Transferi

Isı, sıcaklık farkından dolayı hareket halinde olan enerjidir. Sıcaklık farkı olan her ortamda veya ortamlar arasında ısı transferi gerçekleşir [Incropera ve DeWitt, 2001]. Şekil 1.1' de kondüksiyonla iletim görülmektedir. Sonlu sıcaklığa sahip olan her yüzey bu sıcaklığı çevresine yayar [Incropera ve DeWitt, 2001]. İki yüzey arasında herhangi bir engel bulunmaması durumunda bir ısı transferi gerçekleşir. Bu ısı transferi şekline ışıyım (radyasyon) denir [Incropera ve DeWitt, 2001].



Şekil 1.1. Kondüksiyonla İletim

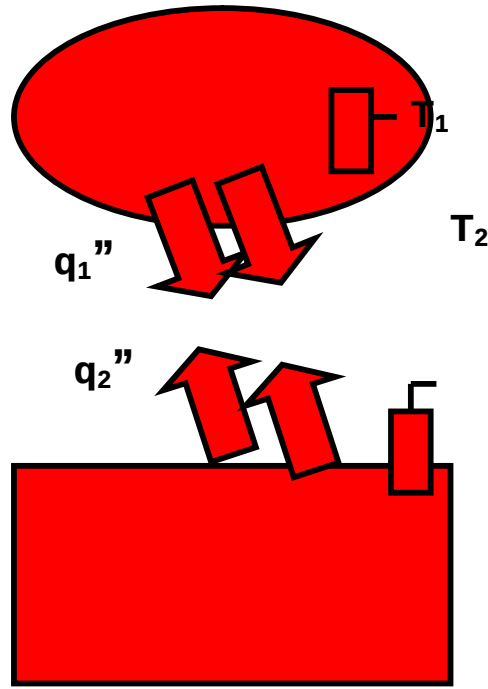
Şekil 1.2’de farklı sıcaklık değerlerine sahip bir yüzey ve durağan olmayan bir akışkan arasında olan ısı transferi olan konveksiyon görülmektedir. Şekil 1.3’te ışınlımla ısı geçişi görülmektedir.



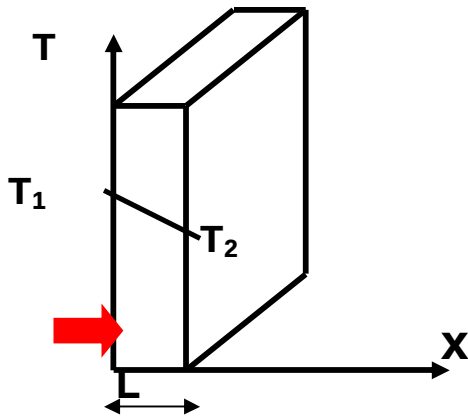
Şekil 1.2. Konveksiyonla İletim

İletim için zamana bağlı eşitlik **Fourier Kanunu** olarak bilinir. Şekil 1.4’te bir boyutlu ısı transferi görülmektedir.

$T(x)$ fonksiyonu ile gösterilen bir sıcaklık dağılımı olan bir duvardan bir boyutlu ısı transferi için $q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$ yazılır [Incropera ve DeWitt, 2001].



Şekil 1.3. Işınlımla Isı Transferi



Şekil 1.4. Bir Boyutlu Isı Transferi

1.3.2. İletim (Kondüksiyon)

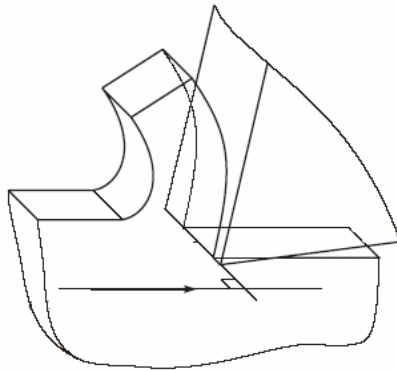
İletim, bir maddenin daha yüksek enerjili parçacıklarından daha düşük enerjili parçacıklarına, bu parçacıklar arasındaki etkileşimler sonucunda enerjinin aktarılması olarak düşünülebilir [Incropera ve DeWitt, 2001].

1.3.3. Taşınım (Konveksiyon)

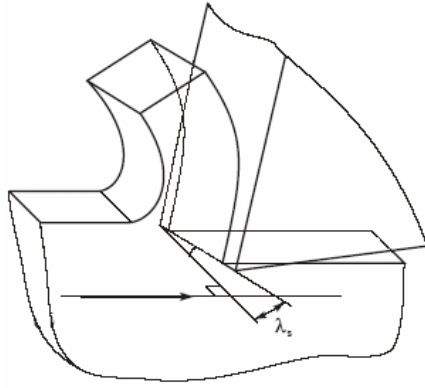
Taşınım ile ısı geçişi, iki mekanizmadan oluşmaktadır. Rastgele moleküler hareket sonucunda enerji aktarımının yanı sıra, akışkanın kitle veya makroskopik hareketi ile de enerji aktarımı olur. Bu akışkan hareketi herhangi bir anda, çok sayıda molekülün, topluca veya kümelenmiş olarak hareket etmesi ile ilgilidir. Bir sıcaklık gradyanı olması durumunda, böylesi hareket, ısı geçişine katkıda bulunur. Küme içindeki moleküller rastgele hareketlerini de korudukları için, toplam ısı geçişi, moleküllerin rastgele hareketi ile ve akışkanın kitle hareketi ile oluşan enerji aktarımlarının bir toplamıdır. Bu toplam aktarım söz konusu olduğunda taşınım terimi kullanılır [Incropera ve DeWitt, 2001].

1.4 Talaş Kaldırma Mekanikliği

Talaş; iş parçası üzerinden belirli boyut, yüzey kalitesi ve şekle sahip bir parça meydana getirmek için keskin bir takım ile güç kullanarak kaldırılan malzeme tabakasına denir. Kesme olayı iki biçimde meydana gelir [Akkurt, 2000]. Şekil 1.5'te dik kesme modeli görülmektedir. Şekil 1.6'da eğik kesme modeli görülmektedir.



Şekil 1.5. Dik Kesme Modeli [Marinov, 2007]



Şekil 1.6. Eğik Kesme Modeli [Marinov, 2007]

1.4.1. Delik Delme ve Delik İşleme

Matkap denilen bir takımın dönmesi ve ilerlemesiyle gerçekleştirilen harekete delme denir [Akkurt, 2000]. Şekil 1.7’de deney seti görülmektedir.

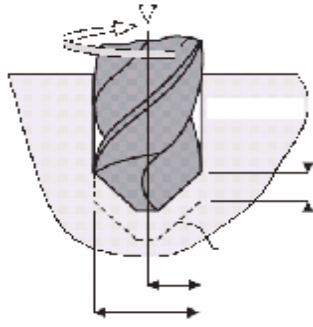


Şekil 1.7. Matkapta Delik Delme İşlemi

Delme, üç şekilde gerçekleşir:

- a) Delik Delme
- b) Delik Genişletme
- c) Raybalama. [Akkurt, 2000].

Şekil 1.8’de Matkapta delik delme işlemi şematik olarak gösterilmiştir. Şekil 1.9’da deney setinde kullandığımız matkap tezgahı görülmektedir. Şekil 1.10’da iş parçası görülmektedir.



Şekil 1.8. Matkapta Delik Delme İşlemi [Marinov, 2007]



Şekil 1.9. Matkap Tezgahı



Şekil 1.10. İş Parçasını Görünüşü.

1.4.2. Kesme Parametreleri

- Kesme Hızı
- İlerleme Miktarı
- Kesme Derinliği
- Devir Sayısı [Marinov, 2007].

1.4.3. Talaş Oluşumu

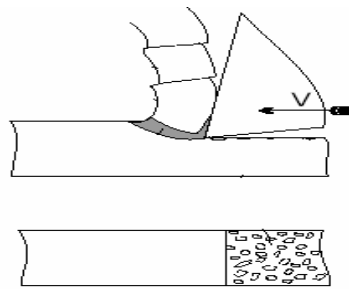
Kesme esnasında genel olarak oluşan 3 tip talaş vardır.

- Süreksiz Talaş
- Sürekli Talaş
- Sıvımalılı sürekli talaş [Web 1].

1.4.3.1 Süreksiz Talaş

Küçük yığın veya parçacıklardan meydana gelir. Bu tip talaşa, kırılmalı iş parçası, küçük rake (eğim) açıları, kaba(fazla talaş kaldırılması) ilerleme, düşük hız gibi durumlarda karşılaşılabılıriz [Web 1].

Şekil1.11’de görüldüğü gibi süreksiz talaş oluşumu görülmektedir. Bu talaş oluşumuyla beraber malzeme yapısının da nasıl bir hal aldığı görülmektedir.

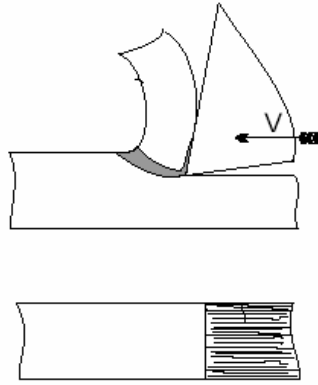


Şekil 1.11. Süreksiz Talaş Şekli
[Marinov, 2007]

1.4.3.2 Sürekli Talaş

Talaşın pürüzsüz kırılmadan oluştuğu durumdur. Bu talaşı; sünek iş parçası, geniş rake (eğim) açıları, iyi ilerleme, yüksek hız, soğutucu kullanımı ve iyi talaş akışı gibi durumlarda karşılarız [Web 1].

Şekil 1.12’de görüldüğü gibi sürekli talaş oluşumu görülmektedir. Bu talaş oluşumuyla beraber malzeme yapısının da nasıl bir hal aldığı görülmektedir.

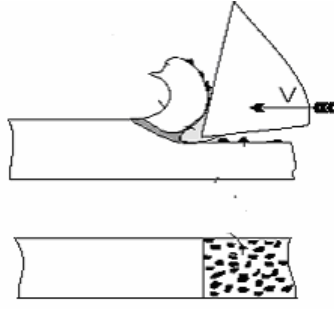


Şekil 1.12. Sürekli Talaş Şekli [Marinov, 2007]

1.4.3.3 Sıvımalı Sürekli Talaş

Bu durumda da talaş sürekli oluşur ama artık pürüzsüz ve parlak değildir. Parça ve takım arasındaki yüksek sürtünmeden dolayı oluşan sıcaklık ara sıra talaşın takıma kaynamasına neden olur [Web 1]. Bu talaş tipiyle deneyimizde sık sık karşılaştık. Bu talaş tipi özellikle bizim yaptığımız deneyde istenmeyen bir durumdur.

Şekil 1.13’te görüldüğü gibi sıvımalı süreksiz talaş oluşumu görülmektedir. Bu talaş oluşumuyla beraber malzeme yapısının da nasıl bir hal aldığı görülmektedir. Metal kesme işlemlerinde sürekli kesme ve akabinde sürekli kesme hareketi istenilen bir durumdur [Web 1]. Fakat bu bizim yaptığımız deney için geçerli değildir. Sebebi deney setinin çok hassas olması ve termokupların zarar görmesi.

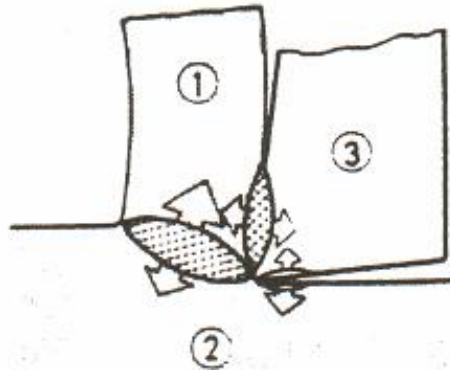


Şekil 1.13. Sıvımalı Sürekli Talaş Şekli [Marinov, 2007]

1.4.4.Talaş Kaldırmada Sıcaklık ve Isı Dağılımı

Talaş kaldırma sırasında meydana gelen ısı (şekil 1.14) kaldırılacak tabakanın şekil değiştirme ve ayrılması için gereken enerjiden takım ile talaş ve takım ile işlenmiş yüzey arasındaki sürtünmeden kaynaklanır. Oluşan ısı bir kısmı talaş ile tahliye edilir. Diğer bir kısmı parçaya ve geri kalanı da takıma geçer ve takımın ısınmasına neden olur [Akkurt, 2000].

Şekil 1.14'te talaş kaldırma esnasında oluşan ısı dağılımı görülmektedir. Şekil 1.15'te talaş kaldırma esnasında takımda, talaşta ve iş parçasında meydana gelen ısı dağılımı görülmektedir.

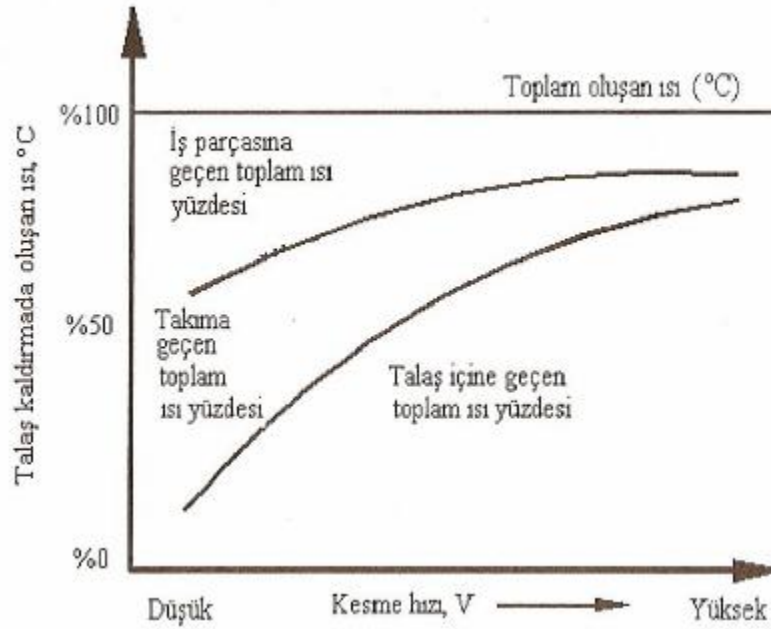


Şekil 1.14. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısı [Akkurt, 2000]

1) Birinci Bölge: Kayma işleminin kendisi, plastik deformasyon ile oluşan temel ısı kaynağı, bu ısı bir kısmı talaş içinde kalır [Şahin, 2000].

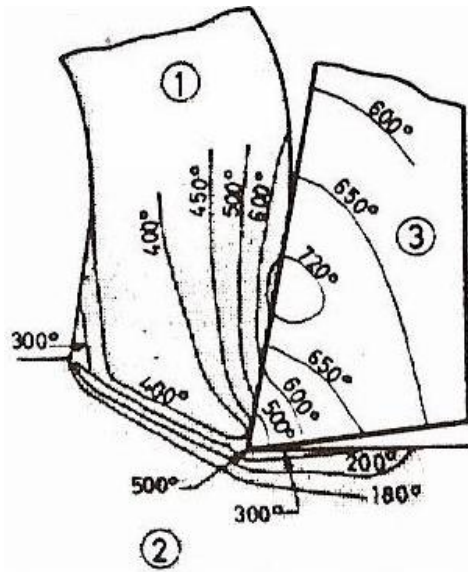
2) İkinci Bölge: Takım/talaş ara yüzeyi temas bölgesi, talaş içinde ekstra plastik deformasyonun olduğu ve kayma sürtünmesi nedeniyle meydana gelen fazla ısı [Şahin, 2000].

3) Üçüncü bölge: Takım yan kenarının yeni oluşan iş parçası yüzeyine sürtmesi ile oluşan ısıdır [Şahin, 2000].

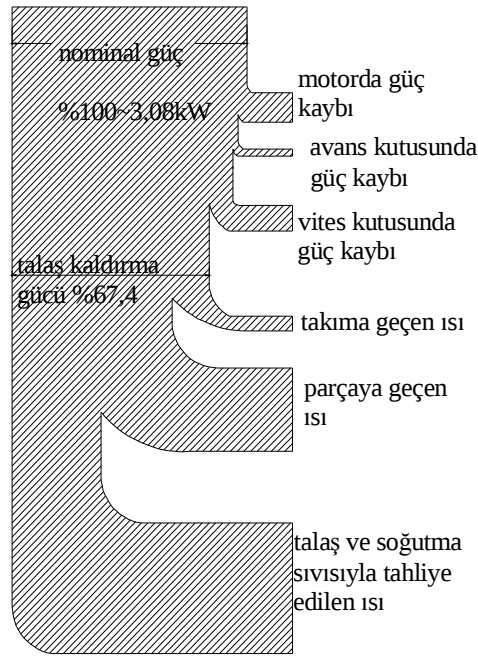


Şekil 1.15. Talaş kaldırma işleminde takım, talaş ve iş parçasında meydana gelen ısı dağılımı [Şahin, 2000]

Şekil 1.16'da talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın bölgelere göre dağılımı görülmektedir.



Şekil 1.16. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın bölgelere göre dağılımı [Akkurt, 2000]



Şekil 1.17. Talaş kaldırma esnasında oluşan ısının bilançosu [Akkurt, 2000]

Yapılan araştırmalara göre ısının en büyük miktarı talaşla beraber çevreye atılmaktadır. Şekil 1.17’de talaş kaldırma esnasında oluşan ısının bilançosu görülmektedir. Genel bir değerlendirme yaparsak; talaş ile tahliye edilen ısı miktarı yaklaşık %50~%85,takımdan geçen ısı miktarı yaklaşık %10~%40,parçadan geçen ısı miktarı %3~%9 ve radyasyonla yolu ile oluşan ısı miktarı %1 civarlarındadır. [Akkurt, 2000].

Yüksek sıcaklık;

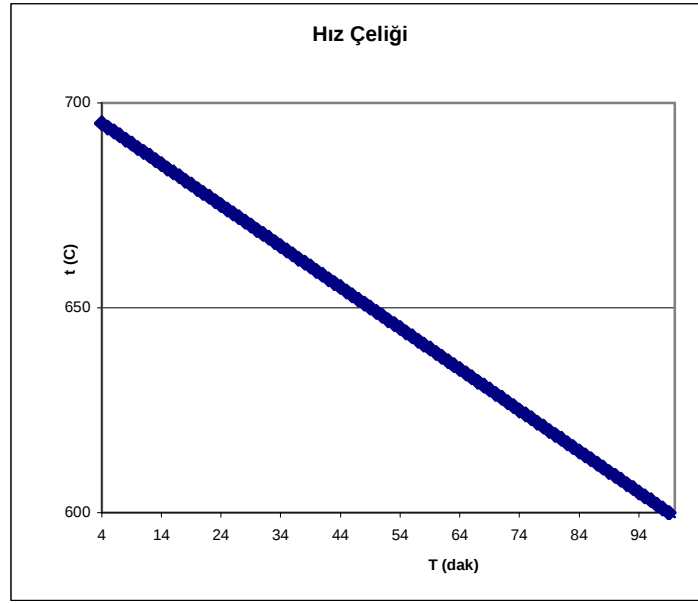
Takım ömrünü azaltır

Termal distorsiyona sebep olur

İş parçasında ölçü değişikliklerine sebep olur

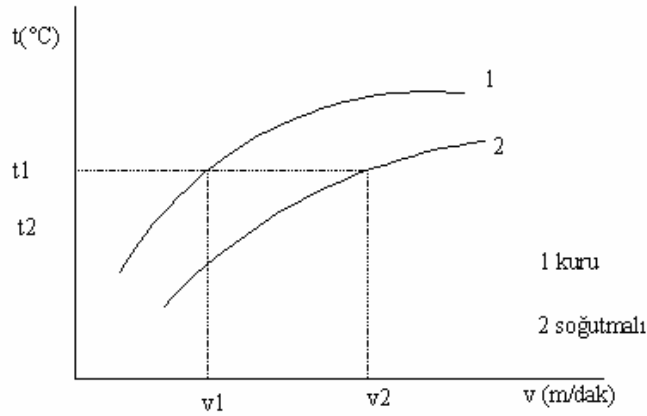
Ölçü kontrolünün kontrolünü zorlaştırır [Akkurt, 2000].

Kesme bölgesinin sıcaklığını düşürmek için soğutucu kullanmak etkili bir metottur [Anlağan, 2003].



Şekil 1.18. Talaş kaldırma esnasında oluşan sıcaklığın ömre etkisi [Akkurt, 2000]

Şekil 1.18’de görüldüğü gibi sıcaklık takım ömrünün azalmasına neden olur. Şekil 1.19’de görüldüğü gibi kesme hızının artması sıcaklığın önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır. Kuru kesmede bu daha fazla olmaktadır.



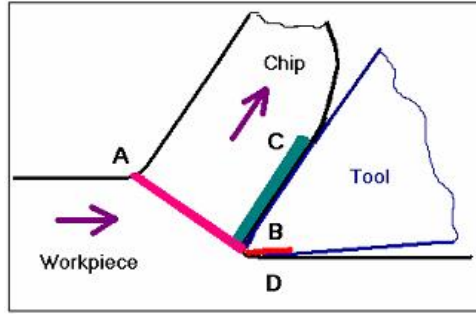
Şekil 1.19. Kuru ve soğutma sıvısıyla kesme işleminde karşılaştırma [Akkurt, 2000]

1.4.5. Talaş Kaldırmada Isı Dağılımı

Talaş kaldırmada oluşan toplam ısı miktarı şekilde hesaplanabilir.

$$Q_{top} = Q_c + Q_w + Q_t \text{ [Şahin, 2000].}$$

1.4.5.1. Metal Kesmede Isı Oluşumu

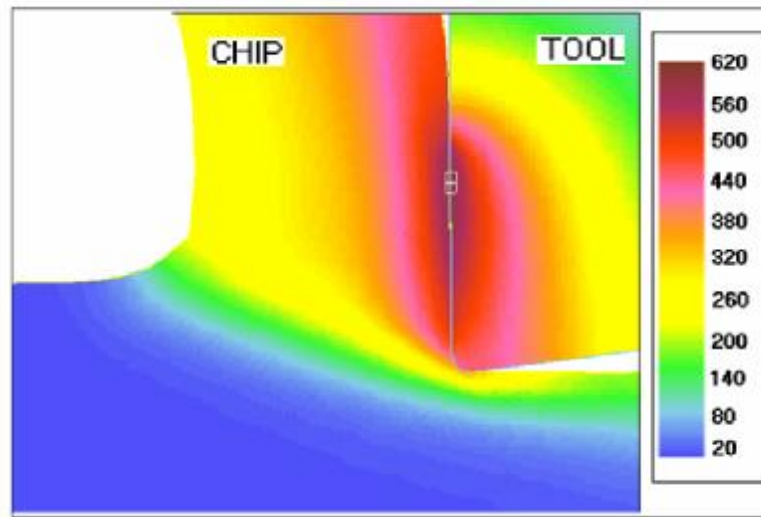


Şekil 1.20. Malzeme taşınması esnasında oluşan ısı transferi [Anlağan, 2003]

Şekil 1.20’de kesme esnasında talaşın akış yönü görülmekte.

1.4.5.2. Metal Kesmede Isı Dağılımı

Şekil 1.21’de; $V=25$ m/s hızda ve HSS matkap takımında dik kesme anındaki parçada ve takımda oluşan sıcaklık dağılımı görülmektedir. Şekil incelendiğinde ısıнын yoğun olduğu bölge görülmektedir. Temas bölgesinden uzaklaştıkça ısıнын etkisi de azalmaktadır [Anlağan, 2003].



Şekil 1.21. HSS matkap takımında dik kesme anı [Anlağan, 2003]

Kesme esnasında üretilen ısı, talaş, iş parçası ve takım arasında dağılır. Yine şekle dikkat edildiğinde ısıdan en az etkilenen bölge iş parçasıdır.

Takım talaşı ara yüzeyindeki en yüksek sıcaklık takım talaş temas uzunluğunun ortasında olur. Ayrıntılı sıcaklık dağılımı özgül ısı ve takım iş parçası

çifti malzemelerinin termal iletkenliğine, kesme hızı, ilerleme oranı, kesme derinliği gibi kesme şartlarına ve kullanılan soğutucuya göre değişir [Anlağan, 2003].

1.4.5.3. İlk Deformasyon Bölgesinde Oluşan Sıcaklıklar

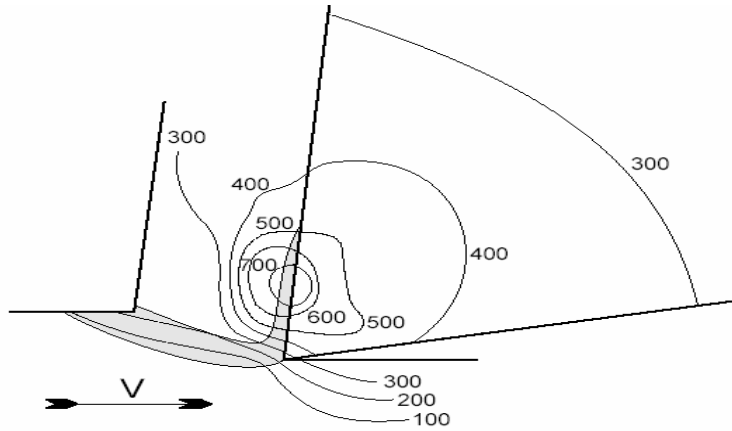
İlk deformasyon bölgesinde oluşan sıcaklık yükselmesi Q_s ,

$$(1 - \Gamma)P_s = q_s c r v a_c a_w \text{ şeklinde ifade edilir. [Anlağan, 2003].}$$

Weiner ve Rapier tarafından belirlenen kesme prosesinin modeli. [Anlağan, 2003].

1.4.5.4. İkinci Deformasyon Bölgesinde Sıcaklıklar

Talaşta maksimum sıcaklık, malzemenin ikinci deformasyon bölgesinden ayrıldığı yerde oluşmaktadır [Şahin, 2000]. Şekil 1.22’de sıcaklığın bölgesel olarak dağılımı görülmektedir. Talaş sıcaklıklarının analizinde takım ve talaş arasında sürtünmeden meydana gelen ısı kaynağının uniform (eşit) yapılı bir düzlem ısı kaynağı olduğu varsayılmıştır [Şahin, 2000].



Şekil 1.22. Sıcaklığın Bölgesel Olarak Dağılımı [Marinov, 2007]

Matematiksel model şu şekilde ifade edilir.

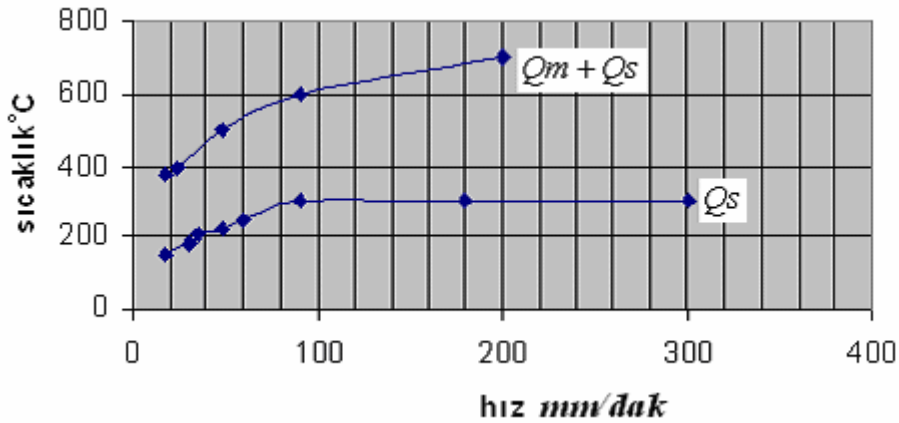
$$Q_{\max} = Q_m + Q_s + Q_0$$

1.4.6. Kesme Hızının Sıcaklık Üzerine Etkisi

Talaş kaldırma işlemine etki eden en önemli parametre kesme hızı olduğundan takım sıcaklığı üzerine kesme hızının etkisi incelenmeye değer bir faktördür.

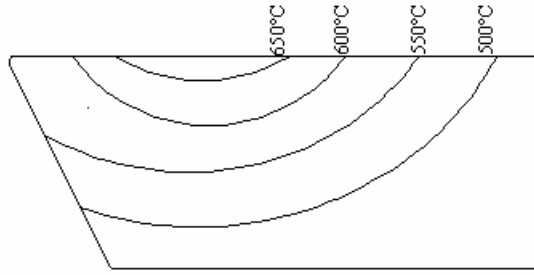
Şekil 1.23'ten de görüldüğü gibi ortalama kayma bölgesi sıcaklığı Q_s , kesme hızının artmasıyla az olarak artarken belli bir noktadan sonra sabitlenmektedir. Fakat kesme hızının artmasıyla maksimum takım yüzeyi sıcaklığı hızla artmaktadır. Sonuç olarak takım ucunda oluşan sıcaklık kullanılan kesici malzemenin sıcaklığını geçmemelidir. Aksi halde sertlik ve mukavemet değerleri düşerek malzemenin kesici özelliği kaybolmaktadır [Şahin, 2000].

Talaşların sıcaklığını gösteren en önemli özellikleri renkleridir. Bir çelik malzeme kuru ortamda ve yüksek bir hızda işlendiği zaman talaşın uzaklaştıktan birkaç saniye sonra kahverengi veya mavimsi bir renge doğru dönüştüğü görülür. Bu sıcaklık renkleri çeliğin yüzeyinde bulunan ince bir oksit tabakadan meydana gelir ve sıcaklık $250\sim 350^\circ C$ olur. Çok düşük hızlarda talaş renk değiştirmez ama bu durumda da talaşın takıma yapışma durumu ortaya çıkar. [Edward M., Trent Paul K., Wright, 2000].

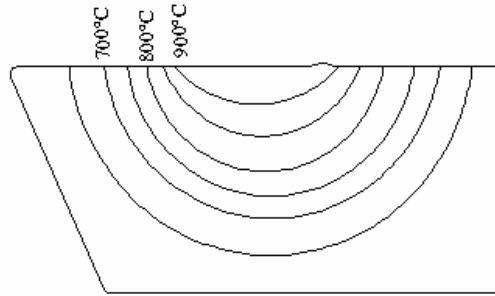


Şekil 1.23. Kesme Sıcaklığının Kesme Hızı Üzerine Etkisi

Birçok istisnai durumda, yüksek hızlarda tamamen sertleştirilmiş çelik ve nikel alaşımları işlendiğinde talaş takımı kırmızı olarak terk eder. (sıcaklık $650^\circ C$ nin üstündeyken). Ama bir çok durumda çelikler ilenirken talaşta oluşan sıcaklık $200\sim 350^\circ C$ arasında kalır [Edward M., Trent Paul K., Wright, 2000]. Şekil 1.24 ve 1.25 orta ve düşük karbonlu çeliklerin işlenmesinde ortaya çıkan sıcaklıklar gösteriliyor.



Şekil 1.24. Bir orta karbon çeliğinin kesilmesinde oluşan sıcaklıklar gösteriliyor
[Edward M., Trent Paul K., Wright, 2000]



Şekil 1.25. Düşük karbonlu bir çeliğin yüksek hızda işlendiğinde ortaya çıkan sıcaklıklar [Edward M., Trent Paul K., Wright, 2000]

1.5. Kesme Sıcaklığının Kontrolü

Metal kesme esnasında oluşan sıcaklığı bazı uygulamalarla azaltarak kontrol altına almak mümkündür. Bu uygulamalar şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Kesme sıvısı kullanarak
- 2) Kesme şartlarını değiştirilmesi (kesme hızı veya ilerleme oranının azaltılması)
- 3) Önerilen Kesici takım geometrisinin seçilmesi [Marinov, 2007].

1.5.1. Kesme Sıcaklığının Ölçülmesi

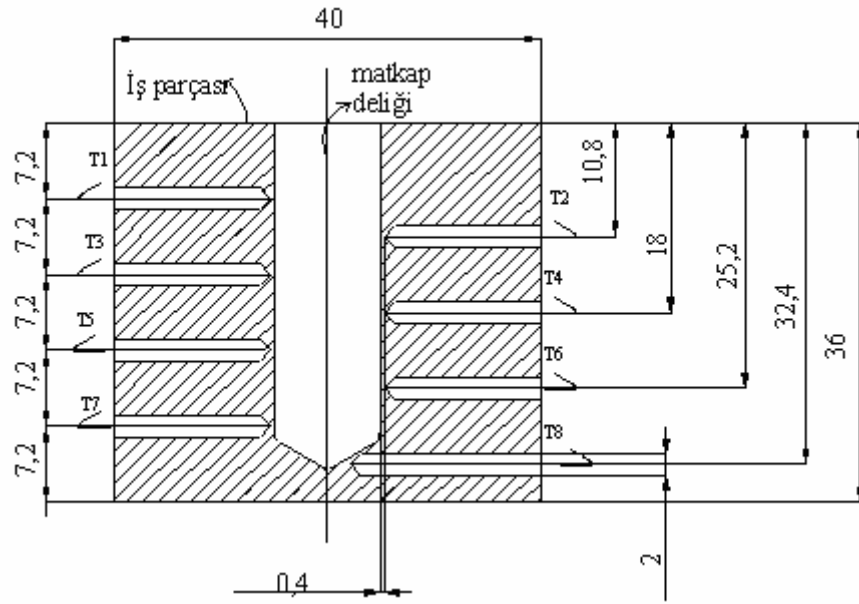
Deneysel çalışma esnasında termokupllardan alınan veri bilgisayar ortamına Pico TC08 veri toplayıcı ile aktarılmıştır. Bu veri toplayıcının teknik özellikleri şu şekilde sıralanabilir.

- 1) 8 kanallı termokupl veri toplayıcı vardır.
- 2) -270°C'den 1820°C' ye kadar ölçüm yapabilmekte.
- 3) Yüksek çözünürlük ve iletkenlik
- 4) Hızlı örnekleme oranı
- 5) USB girişi [web 2].

BÖLÜM 2

2.1. Sıcaklık Ölçüm Deneyleri

Al6063 ve Ç1040 malzemelerinin işlenmesi esnasında kesme parametrelerine bağlı olarak takımda oluşacak sıcaklık değişimlerini belirlemek amacıyla araştırmamızda deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Kesme işlemini gerçekleştirmek için kullandığımız takımlar, metrik 10 ve metrik 14 HSS matkap takımlarıdır. Belirlenen kesme parametrelerine göre 12 farklı deney 3 kez tekrarlanmak suretiyle gerçekleştirilmiştir. Deneyde kullandığımız iş parçalarının kimyasal analizleri ve mekanik özellikleri Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de gösterilmektedir.



Şekil 2.26. İş parçası teknik resmi

Şekil2.26 iş parçasının teknik resmini göstermektedir. İş parçasının sağına 4'er soluna 4'er olmak üzere toplam 8'er delik delinmiştir. Bu deliklerin çapları 2 mm'dir. Sağda tabana en yakın deliğin yerden yüksekliği 3,6 mm ve diğer delikle arasındaki uzaklık 7,2 mm olup hepsinin arasındaki uzaklık eşittir. Solda tabana en yakın deliğin yerden yüksekliği 7,2 mm ve diğer delikle arasındaki uzaklık 7.2 mm olup hepsinin arasındaki uzaklık eşittir. Sağda tabana en yakın olan delik dışında bütün deliklerin matkap deliğine uzaklığı 0,4 mm'dir. Tabana en yakın olan delikse merkeze kadar uzanmaktadır. İş Parçasının çapı 40 mm, yüksekliği 36 mm'dir.

Termokuplların harflerle gösterimi aşağıdaki gibidir. Malzemelerin Kimyasal Analizleri Tablo 1.1’de gösterilmiştir. Malzemelerin Mekanik Özellikleri Tablo 1.2’de gösterilmiştir. Matkabın fiziksel özellikleri Tablo 1.3’te gösterilmiştir.

T1=Termokupl 1, T2=Termokupl 2, T3=Termokupl 3, T4=Termokupl 4

T5=Termokupl 5, T6=Termokupl 6, T7=Termokupl 7, T8=Termokupl 8

Tablo 1.1. Malzemelerin Kimyasal Analizleri

AISI 1040 Çelik									
C	Mn	Fe	Si	Cr	S	P	Al	Cu	Ni
0.45	0.88	98.2	0.20	0.03	0.02	0.0053	0.0059	0.074	0.081
Al 6063									
Zn	Si	Fe	Mn	Mg	Cr	Ti	Al	Cu	
0.0010	0.53	0.22	0.014	0.49	0.013	0.0075	98.7	0.021	

Tablo 1.2. Malzemelerin Mekanik Özellikleri

AISI 1040 Çelik			
UTS(Mpa)	YS(Mpa)	Yoğunluk(kg/m3)	%Uzama
515	350	7845	25
Al 6063			
UTS(Mpa)	YS(Mpa)	Yoğunluk(kg/m3)	%Uzama
190	110	2710	11

Tablo 1.3. Matkabın Fiziksel Özellikleri

	M 10	M 14
Matkap Çapı	10mm	14mm
Tam Boy	133mm	160mm
Helis Boyu	87mm	108mm
Uç Açısı	° 118	° 118
Malzeme	HSS	HSS
Kaplama	yok	yok
Tip	Silindirik	Silindirik

2.2. Termokupllar

Tablo 1.4'te Ölçme işleminde kullanılan termokuplların özellikleri, Tablo 1.5'te bu termokuplların ürün spesifikasyonları, Tablo 1.6'da uygulama alanları gösterilmektedir.

Tablo 1.4. Ölçme İşleminde Kullanılan Termokuplların Özellikleri

Tip	Kablo Çapı(mm)	Yalıtım Kalınlığı(mm)	Kılıf kalınlığı(mm)	Dış Çap(mm)	Net Ağırlık(kg/km)
K	0.51	0.13	0.15	1.1*1.8	4.9
K	0.25	0.11	0.15	0.8*1.2	1.9

2.2.1. Ürün Spesifikasyonları

Tablo 1.5. Termokuplların Ürün Spesifikasyonları

	K Tipi 0.51 MM	K Tipi 0.25 MM
Kablolar	Katı veya Bükülmüş Termokupl Teli	Katı veya Bükülmüş Termokupl Teli
İzolasyon	Naylon Poliamid Reçine	Örgülü Fiberglas
Kılıf	Naylon Poliamid Reçine	Örgülü Fiberglas
Sıcaklık Ölçümü	-65 C° ' den 121 C° ' ye kadar	510 C°

2.2.2. Uygulama Alanları

Tablo 1.6. Uygulama Alanları

K Tipi 0.51 MM	K Tipi 0.25 MM
Sıcağa Tutma	Sıcaklık Sensörleri
Sıcaklık Sensörleri	Deneyisel Çalışmalar
Çelik ve Alüminyum Endüstrisi	Laboratuarlarda
Plastik İşlem Teçhizat	Isıtma ve Havalandırma
Ocak Ölçümleri(muayene)	Genel Endüstri
Deneyisel Çalışmalar	

2.3. Kesme Parametreleri

2.3.1. AISI 1040 Çelik Ø40 ve AL6063 Ø40 İçin Kesme Parametreleri

Deneyisel çalışmalarda kullandığımız klasik matkap tezgahının şartları ve literatür taraması sonucu kullanılan değerler dikkate alınarak kesme parametrelerini seçtik. Tablo 1.7’de farklı kesme parametrelerinde kuru delme için deney şartları görülmektedir.

Tablo 1.7. farklı kesme parametrelerinde kuru delme için deney şartları

Malzeme	Matkap Çapı(mm)	Deney No	Devir sayısı(dev/dak)	İlerleme Oranı(mm/dak)	Delme Derinliği(mm)
AISI 1040	10	1	475	0.18	33
AISI 1040	10	2	475	0.11	33
AISI 1040	10	3	750	0.18	33
AISI 1040	10	4	750	0.11	33
AISI 1040	14	1	475	0.18	33
AISI 1040	14	2	475	0.28	33
AISI 1040	14	3	750	0.18	33
AISI 1040	14	4	750	0.28	33
Al 6063	10	1	475	0.18	33
Al 6063	10	2	475	0.11	33
Al 6063	10	3	750	0.18	33
Al 6063	10	4	750	0.11	33

2.4. Deney Tasarımları

Delme deneyleri için 3 faktör ve 4 deneyden oluşan deney tablosu oluşturulmuştur. Tüm deneylerde derinlik sabit tutulmuştur.

2.4.1. Deney Tasarımı 1

Deney tasarımı1’ de gerçekleştirilen deneylerde iş parçası olarak AISI 1040 Çelik f^{40} kesici takım olarak da 10 mm (M10) çapında HSS matkap kullanılmıştır. Tablo 1.8’de Deney Tasarımı 1 için kesme parametreleri, Tablo 1.9’da Deney

Tasarımı 2 için kesme parametreleri, Tablo 1.10’da Deney Tasarımı 3 için kesme parametreleri değerleri görülmektedir.

Tablo 1.8. Deney Tasarımı 1 için kesme parametreleri

	İlerleme(mm/dev)	Devir Sayısı(dev/dak)	Kesme Derinliği(mm)
Deney No 1	0,18	750	33
Deney No 2	0,11	750	33
Deney No 3	0,18	475	33
Deney No 4	0,11	475	33

2.4.2. Deney Tasarımı 2

Deney tasarımı 2’de gerçekleştirilen deneylerde iş parçası olarak AISI 10 Çelik f^{40} kesici takım olarak da 14mm (M14) çap HSS matkap kullanılmıştır.

Tablo 1.9. Deney Tasarımı 2 için kesme parametreleri

	İlerleme(mm/dev)	Devir Sayısı(dev/dak)	Kesme Derinliği(mm)
Deney No 1	0,18	750	33
Deney No 2	0,18	475	33
Deney No 3	0,28	475	33
Deney No 4	0,28	750	33

2.4.3. Deney Tasarımı 3

Deney tasarımı 3’te gerçekleştirilen deneylerde iş parçası olarak Al 6063 f^{40} kesici takım olarak da 10mm (M10) çap HSS matkap kullanılmıştır.

Tablo 1.10. Deney Tasarımı 3 için kesme parametreleri

	İlerleme(mm/dev)	Devir Sayısı(dev/dak)	Kesme Derinliği(mm)
Deney No 1	0,18	750	33
Deney No 2	0,18	475	33
Deney No 3	0,11	750	33
Deney No 4	0,11	475	33

BÖLÜM3

3.1. Sıcaklık Ölçüm Deney Sonuçları

3.1.1. Deney Tasarımı 1 İçin Sonuçlar

KD=Kesme Derinliği, OS=Oda Sıcaklığı, MS=Maksimum Sıcaklık, S=Süre

Deney numaralarına göre çıkan sonuçlar aşağıda grafik olarak gösterilmektedir. Tablo 1.11’de Deney Tasarımı 1 için sonuçlar görülmektedir.

Tablo 1.11. Deney Tasarımı 1 İçin Sonuçlar

Deney no	Devir(dev/dak)	K.D.(mm)	İlerleme(mm/dev)	O.S. (°C)	M.S. (°C)	S.(sn)
1	750	33	0.18	26	59	15.5
2	750	33	0.18	27	75	14.6
3	750	33	0.18	27	83	15.0
4	750	33	0.11	27	94	23.3
5	750	33	0.11	28	110	23.9
6	750	33	0.11	29	125	24.8
7	475	33	0.18	28	76	23.3
8	475	33	0.18	28	79	22.7
9	475	33	0.18	28	96	23.1
10	475	33	0.11	28	96	38.2
11	475	33	0.11	29	128	38.0
12	475	33	0.11	27	130	38.7

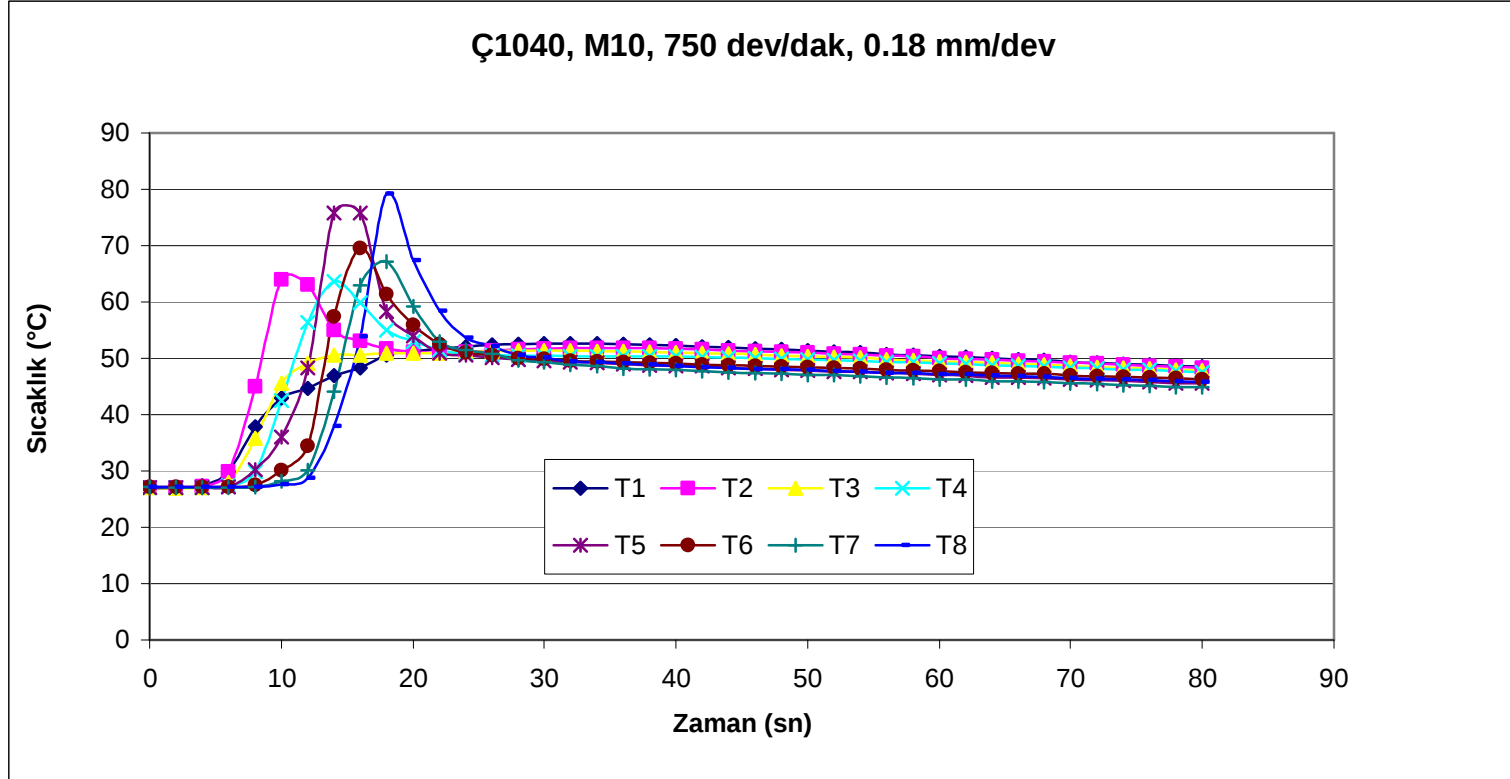
Deney Tasarım 1 Deney No 1’de T5, T6, T7, T8 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C’dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 59 °C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 26°C’dir. Delme süresi 15,5 sn’dir.

Deney Tasarım 1 Deney No 2’de bütün termokupl değerleri dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 38°C’dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 75 °C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 27°C’dir. Delme süresi 14,6 sn’dir.

Deney Tasarım 1 Deney No 1’de T1, T3, T5, T7 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C’dir. Burada

ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 83 °C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 27°C'dir. Delme süresi 15,0 sn'dir.

Şekil 3.27'de görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 1, 2, 3'te dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 79°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 39°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 15.0 sn'dir. Deneysel tasarım 1'de 750 dev/dak 0.18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %94, 2.delikteki sıcaklık artışı %92, 3.delikteki sıcaklık artışı%90, 4.delikteki sıcaklık artışı%137, 5. delikteki sıcaklık artışı%177, 6. delikteki sıcaklık artışı%157, 7.delikteki sıcaklık artışı%148, 8. delikteki sıcaklık artışı %192 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %52'dir.



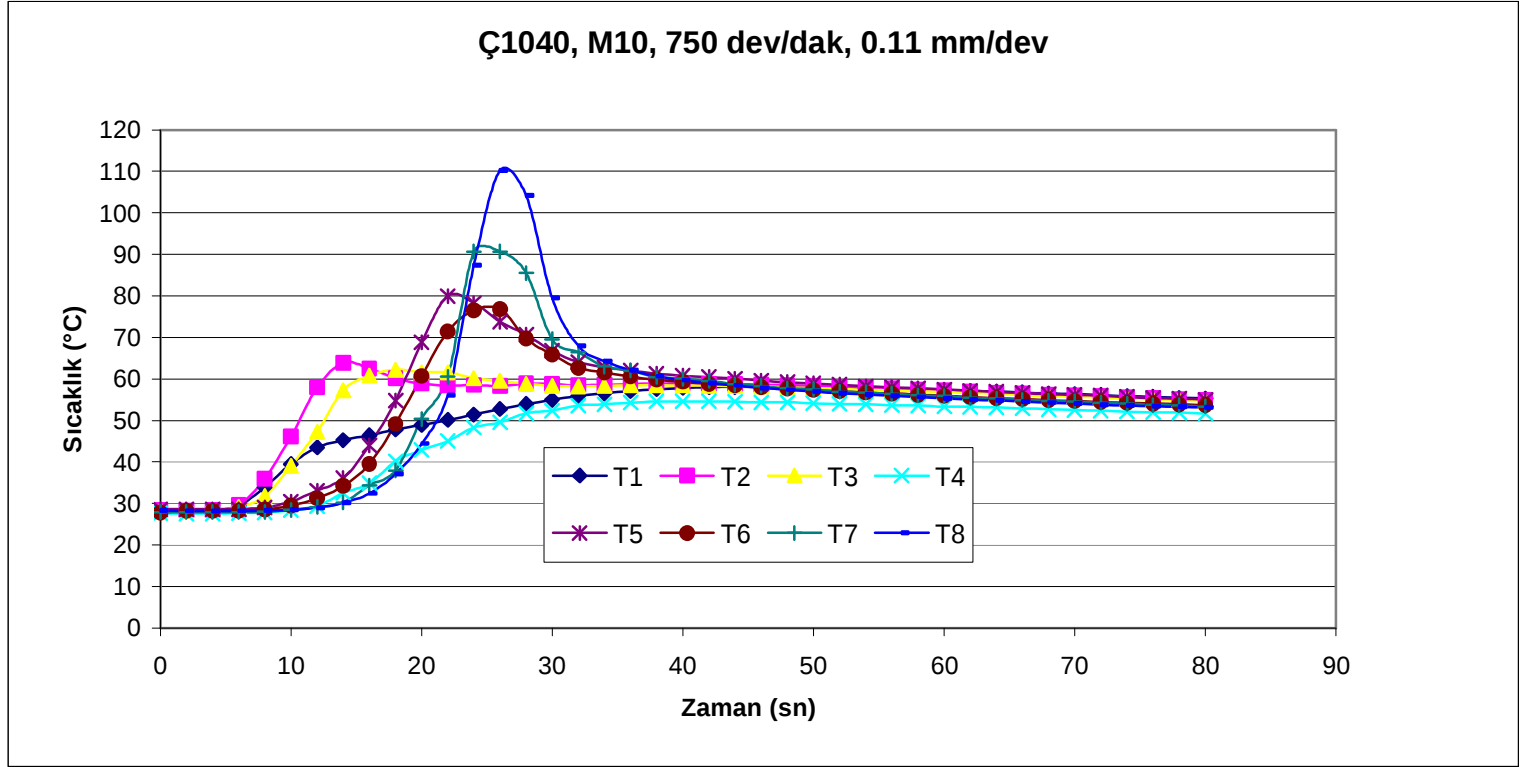
Şekil 3.27. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları

Deneysel Tasarım 1 Deney No 4'te T1, T5, T7 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 47°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 94°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 27°C'dir. Delme süresi 23,3 sn'dir.

Deneysel Tasarım 1 Deney No 5'te T1, T4 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 44°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 110 °C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C'dir. Delme süresi 23,9 sn'dir.

Deneysel Tasarım 1 Deney No 6'da T1, T4, T6, T7 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 45°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 125 °C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C' dir. Delme süresi 24,8 sn'dir.

Şekil 3.28'de görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 4, 5 ve 6'da dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 110°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 45°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 24.0 sn'dir. Deneysel tasarım 1'de 750 dev/dak 0,11mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %114, 2.delikteki sıcaklık artışı %128, 3.delikteki sıcaklık artışı %121, 4.delikteki sıcaklık artışı %103, 5. delikteki sıcaklık artışı %180, 6. delikteki sıcaklık artışı%177, 7.delikteki sıcaklık artışı %221, 8. delikteki sıcaklık artışı %292 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %89'dur.



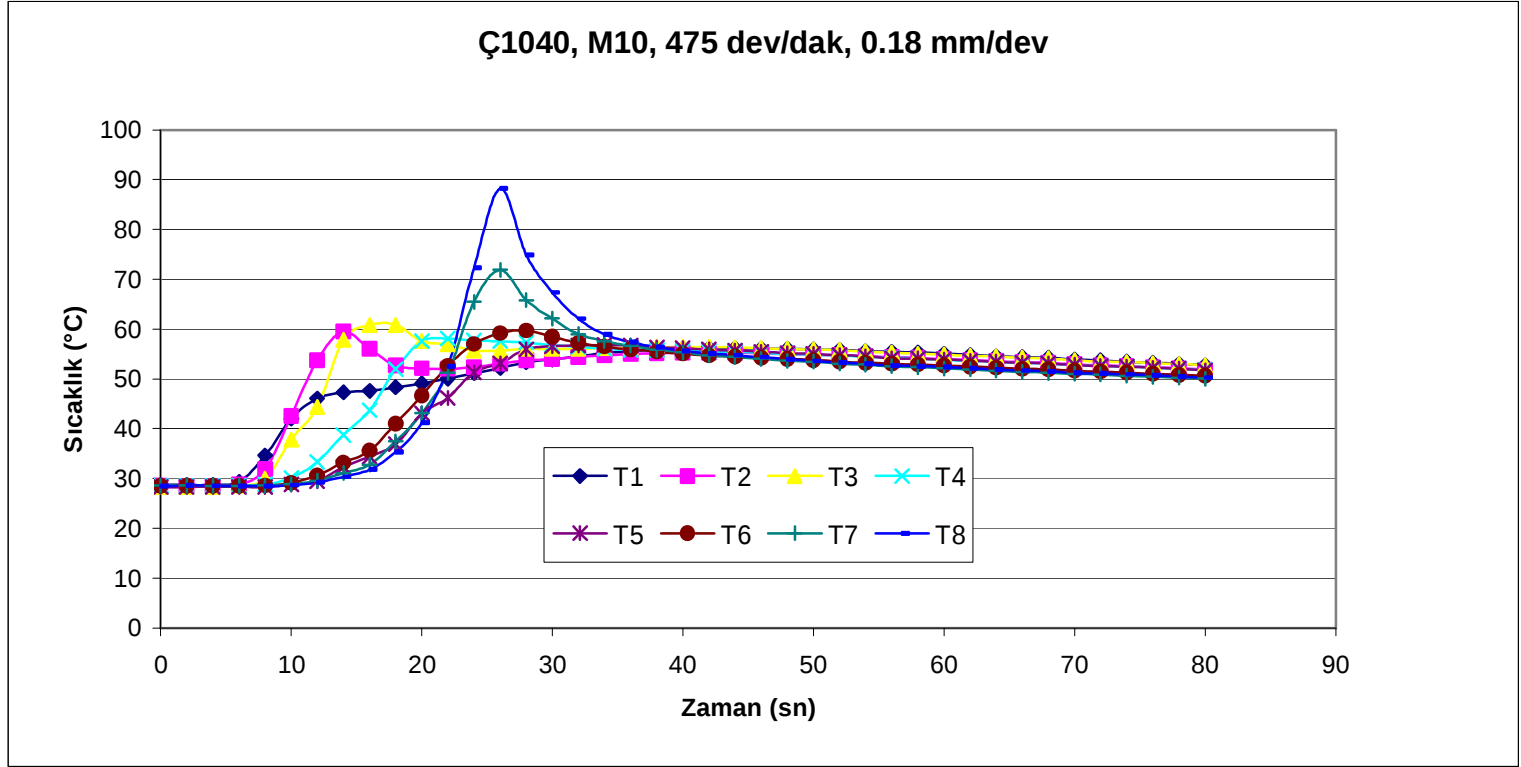
Şekil 3.28 Deney Tasarımı1, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları

Deneysel Tasarım 1 Deney No 7’de T1, T3, T4, T6, T8 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 41°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 76°C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 23,3 sn’dir.

Deneysel Tasarım 1 Deney No 8’de T3, T5, değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 79 °C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 22,7 sn’dir.

Deneysel Tasarım 1 Deney No 9’de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 42°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 96 °C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 23,1 sn’dir.

Şekil 3.29’da görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 7, 8, 9’da dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 88°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 42°C’dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 23.0 sn’dir. Deneysel tasarım 1’de 475 dev/dak 0,18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %100, 2.delikteki sıcaklık artışı %97, 3.delikteki sıcaklık artışı %101, 4.delikteki sıcaklık artışı %107, 5. delikteki sıcaklık artışı %102, 6. delikteki sıcaklık artışı %116, 7.delikteki sıcaklık artışı %153, 8. delikteki sıcaklık artışı %214 olduğu görülmektedir. Yine 1.delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %57’dir.



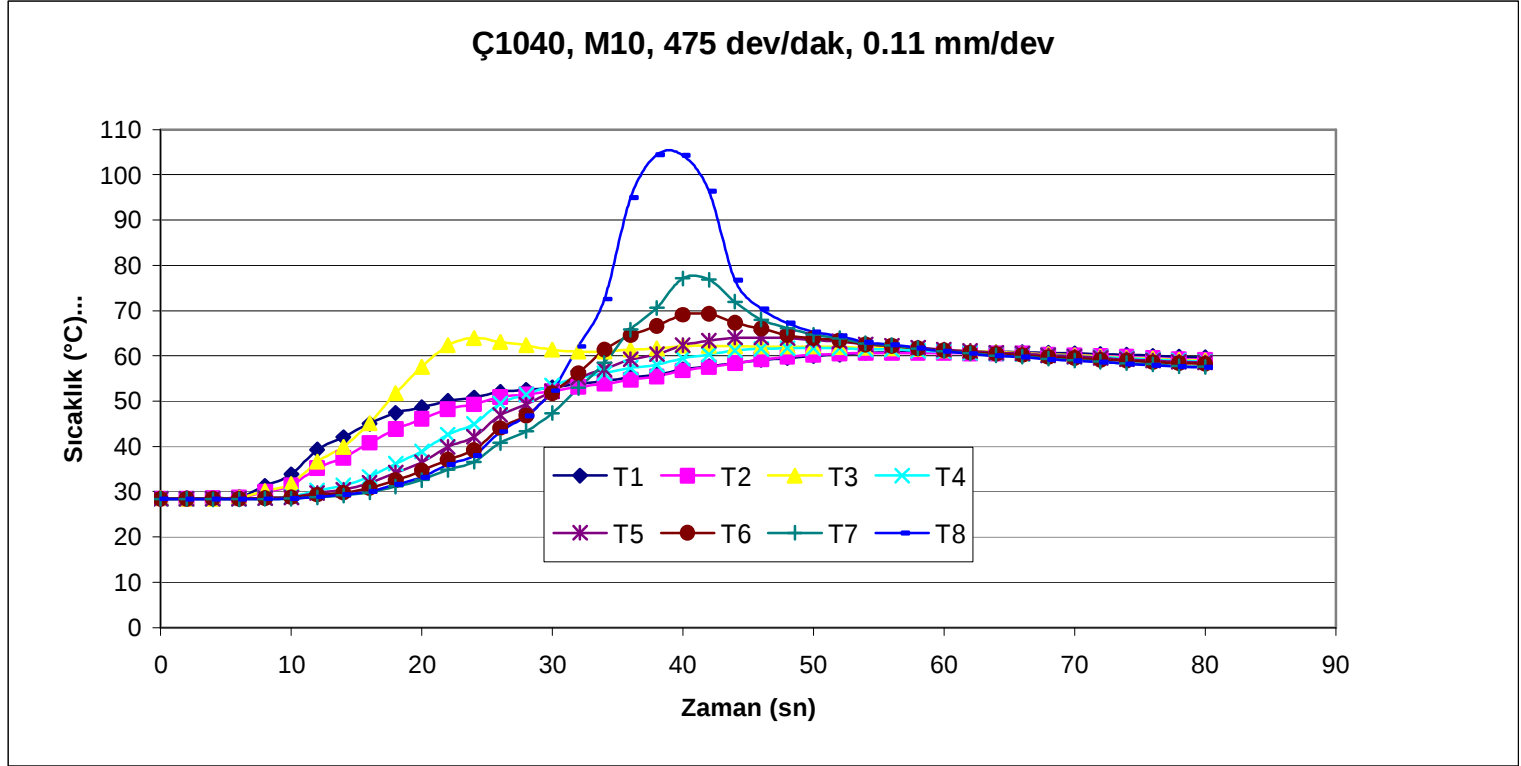
Şekil 3.29. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları

Deneyisel Tasarım 1 Deney No 10'da T6 değeri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 47°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 96 °C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C' dir. Delme süresi 38,2 sn'dir.

Deneyisel Tasarım 1 Deney No 11'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 47°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 128 °C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C' dir. Delme süresi 38,0 sn'dir.

Deneyisel Tasarım 1 Deney No 2'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 48°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 130 °C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 27°C'dir. Delme süresi 38,7 sn'dir.

Şekil 3.30'da görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 10, 11, 12'de dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 112°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 47°C' dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 38.3 sn'dir. Deneyisel tasarım 1'de 475 dev/dak 0,11mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %114, 2.delikteki sıcaklık artışı %114, 3.delikteki sıcaklık artışı %125, 4.delikteki sıcaklık artışı %117, 5. delikteki sıcaklık artışı %128, 6. delikteki sıcaklık artışı %146, 7.delikteki sıcaklık artışı %175, 8. delikteki sıcaklık artışı %300 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %86'dır.



Şekil 3.30. Deney Tasarımı 1, Ortalama Deney (10, 11, 12) Sonuçları

3.1.2. Deney Tasarımı 2 İçin Sonuçlar

Tablo 1. 12. Deney Tasarımı 2 İçin Sonuçlar

Deney no	Devir (dev/dak)	K.D.(mm)	İlerleme(mm/dev)	O.S. (°C)	M.S. (°C)	S.(sn)
1	750	33	0.18	26	108	15.2
2	750	33	0.18	29	75	14.3
3	750	33	0.18	28	81	14.9
4	475	33	0.18	28	146	26.8
5	475	33	0.18	30	84	24.1
6	475	33	0.18	31	79	23.6
7	475	33	0.28	28	60	15.2
8	475	33	0.28	30	91	15.4
9	475	33	0.28	30	71	15.5
10	750	33	0.28	30	61	10.5
11	750	33	0.28	31	89	10.0
12	750	33	0.28	29	65	10.5

Deney numaralarına göre çıkan sonuçlar aşağıda grafik olarak gösterilmektedir. Tablo 1. 12’de Deney Tasarımı 2 için sonuçlar görülmektedir.

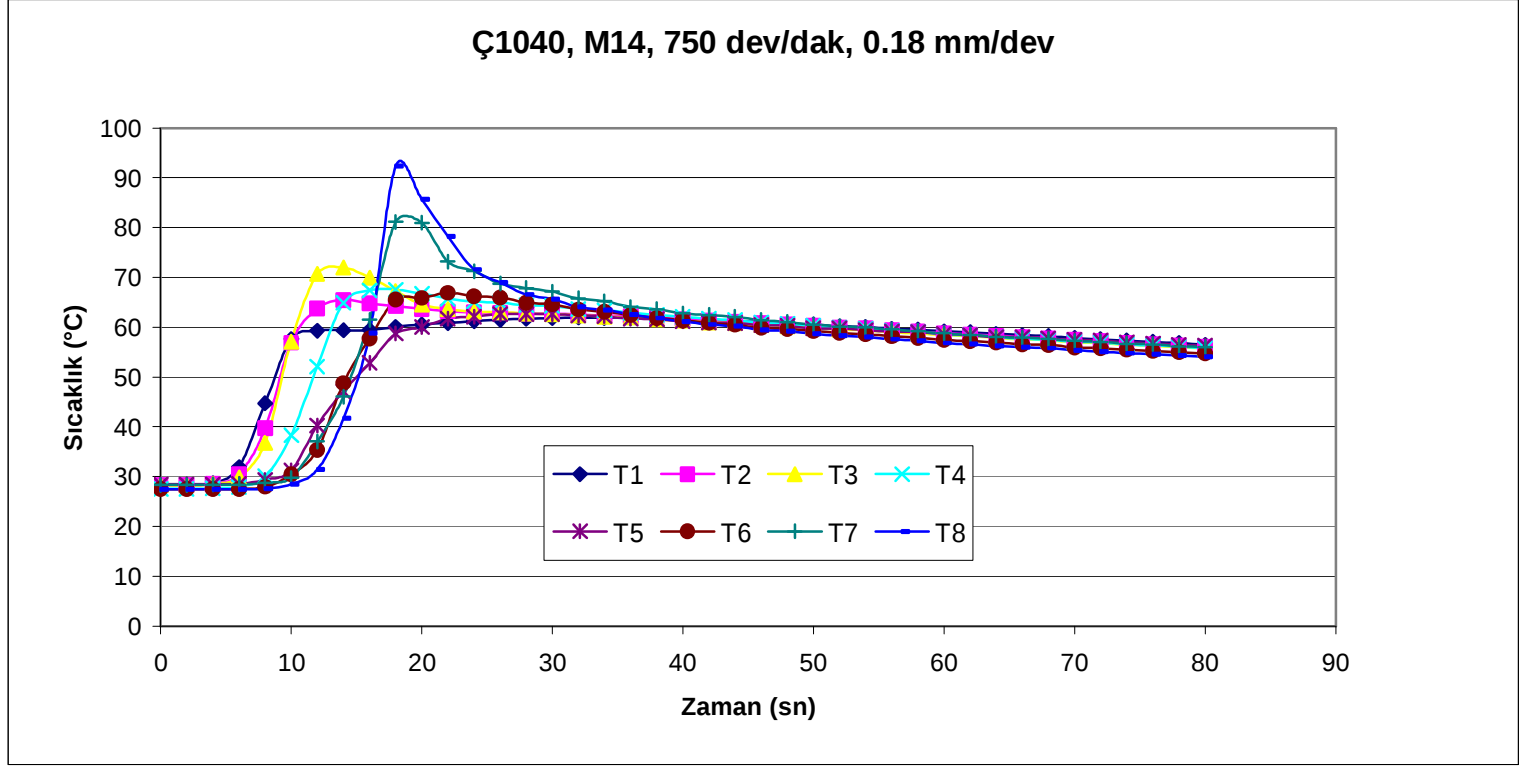
Deneysel Tasarım 2 Deney No 1’de T5, T7 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 42°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 108°C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 26°C’ dir. Delme süresi 15,2 sn’dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 2’de T4, T5, T6, T7, T8 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 43°C’dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 75 °C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C’dir. Delme süresi 14,3 sn’dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 3’te bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki

sıcaklık değeri ortalama 45°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 81°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C'dir. Delme süresi 14,9 sn'dir.

Şekil2.50'da görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 1, 2, 3'te dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 92°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 44°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 14.8 sn'dir. Deneysel tasarım 2'de 750 dev/dak 0,18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %117, 2.delikteki sıcaklık artışı %133, 3.delikteki sıcaklık artışı %160, 4.delikteki sıcaklık artışı %142, 5. delikteki sıcaklık artışı %125, 6. delikteki sıcaklık artışı %139, 7.delikteki sıcaklık artışı %189, 8. delikteki sıcaklık artışı %240 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %51'dir.



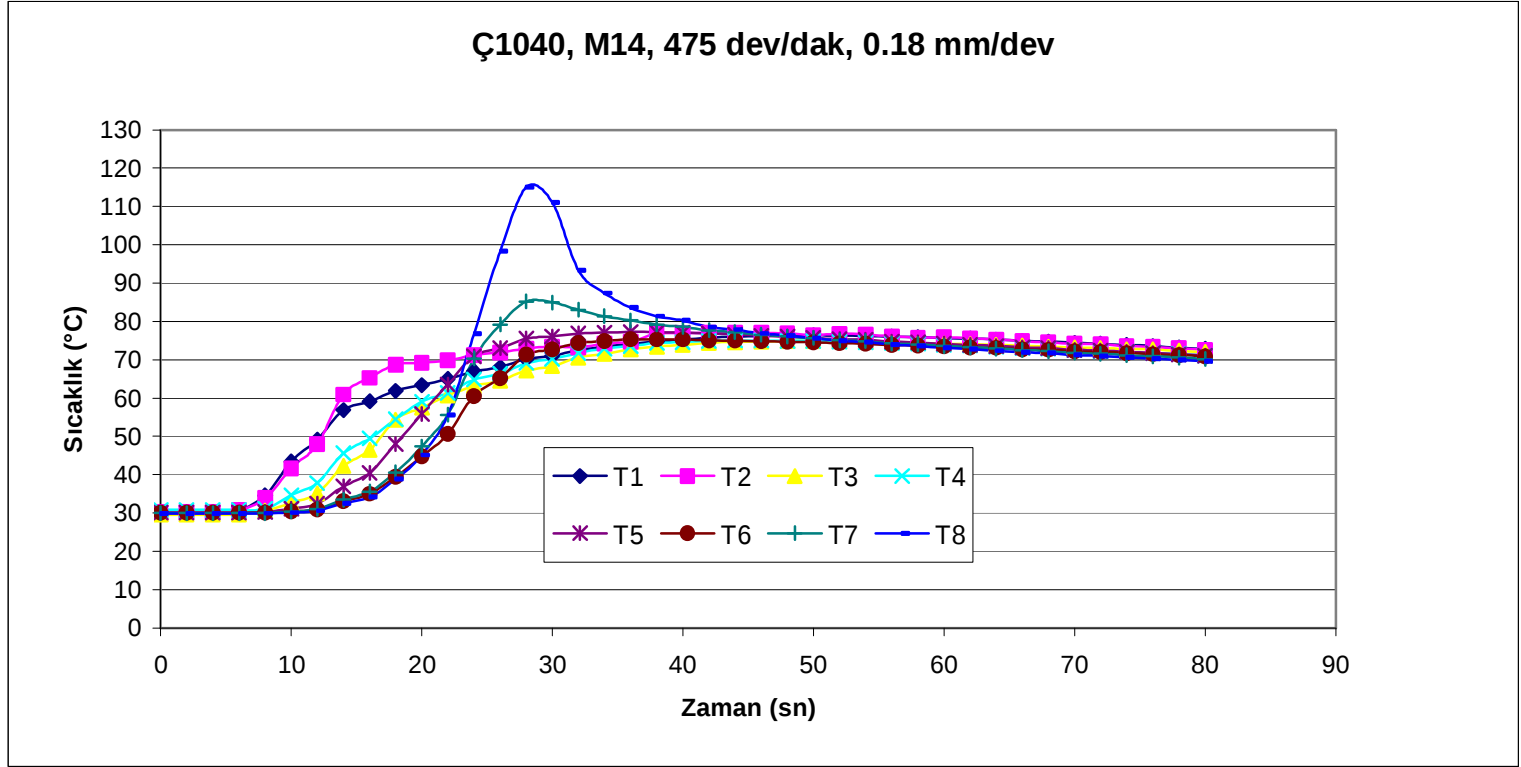
Şekil 3.31. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları

Deneysel Tasarım 2 Deney No 4 T4 değeri iyi sonuç vermediğinden ortalama katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 56°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 146°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C'dir. Delme süresi 26,8 sn'dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 5'te bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 55°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık 84 °C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 30°C'dir. Delme süresi 24,1 sn'dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 6'da T3 değeri iyi sonuç vermediğinden ortalama katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 55°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 79°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 31°C'dir. Delme süresi 23,6 sn'dir.

Şekil 3.32'de görüldüğü gibi yaptığımız Deney 4, 5, 6'te dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 115°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 55°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 25.4 sn'dir. Deneysel tasarım 2'de 475 dev/dak 0,18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %153, 2.delikteki sıcaklık artışı %156, 3.delikteki sıcaklık artışı %153, 4.delikteki sıcaklık artışı %143, 5. delikteki sıcaklık artışı %156, 6. delikteki sıcaklık artışı %150, 7.delikteki sıcaklık artışı %186, 8. delikteki sıcaklık artışı %283 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %51'dir.



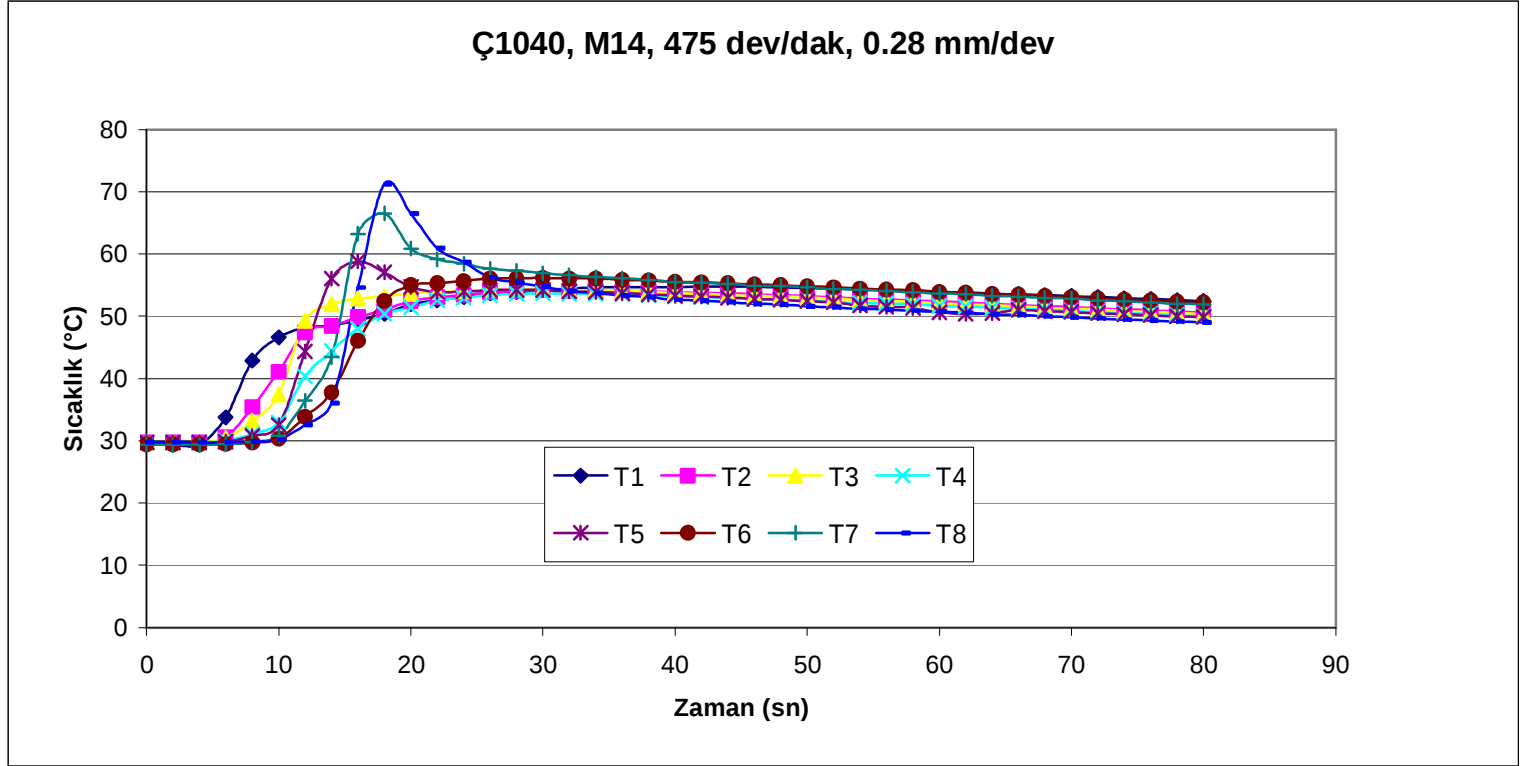
Şekil 3.32. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları

Deneyisel Tasarım 2 Deney No 7’de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 38°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 61°C’ dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 15,2 sn’dir.

Deneyisel Tasarım 2 Deney No 8’de T1, T6, T7 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalamaya katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 38°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 60°C’ dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 30°C’dir. Delme süresi 15,4 sn’dir.

Deneyisel Tasarım 2 Deney No 9’da bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 49°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 91°C’ dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 30°C’dir. Delme süresi 15,5 sn’dir.

Şekil 3.33’te görüldüğü gibi yaptığımız Deney 7, 8, 9’da dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 71°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 43°C’dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 15,4 sn’dir. Deneyisel tasarım 2’de 475 dev/dak 0,28mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %85, 2.delikteki sıcaklık artışı %82, 3.delikteki sıcaklık artışı %82, 4.delikteki sıcaklık artışı %80, 5. delikteki sıcaklık artışı %81, 6. delikteki sıcaklık artışı %90, 7.delikteki sıcaklık artışı %126, 8. delikteki sıcaklık artışı %134 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %26’dır.



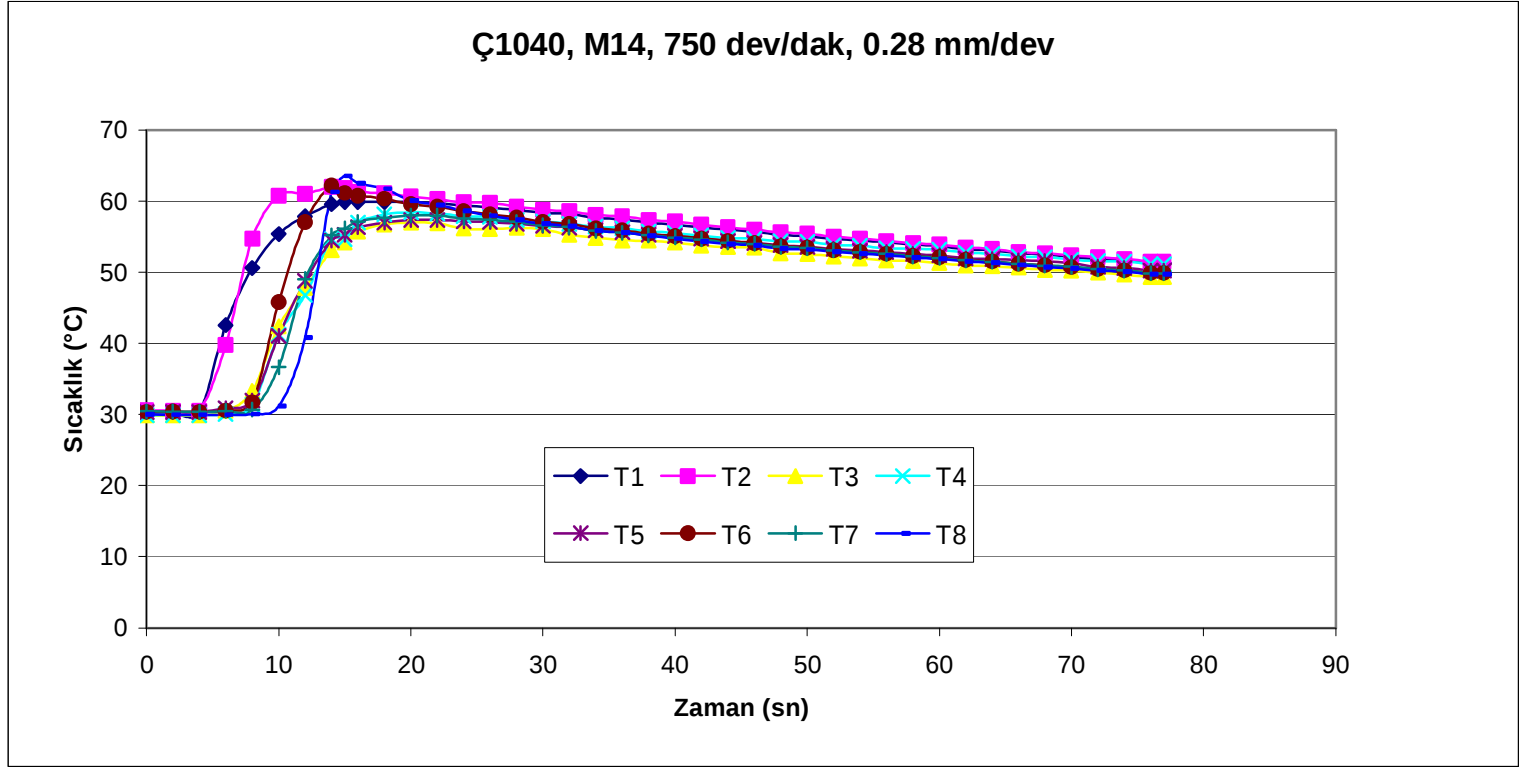
Şekil 3.33. Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları

Deneysel Tasarım 2 Deney No 10'da T2, T4 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalama katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 61°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 30°C' dir. Delme süresi 10,5 sn'dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 11'de T3, T4, T8 değerleri iyi sonuç vermediğinden ortalama katılmamıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 89°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 31°C'dir. Delme süresi 10,0 sn'dir.

Deneysel Tasarım 2 Deney No 12'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 40°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık yaklaşık 65°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C'dir. Delme süresi 10,5 sn'dir.

Şekil 3.34'te görüldüğü gibi yaptığımız Deneyler 10, 11, 12'de dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 63°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 40°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 10,3 sn'dir. Deneysel tasarım 2'de 750 dev/dak 0,28mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %98, 2.delikteki sıcaklık artışı %99, 3.delikteki sıcaklık artışı %91, 4.delikteki sıcaklık artışı %96, 5. delikteki sıcaklık artışı %90, 6. delikteki sıcaklık artışı %106, 7.delikteki sıcaklık artışı %93, 8. delikteki sıcaklık artışı %110 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %6'dır.



Şekil 3.34 Deney Tasarımı 2, Ortalama Deney (10, 11, 12) Sonuçları

3.1.3. Deney Tasarımı 3 İçin Sonuçlar

Tablo 1. 13. Deney Tasarımı 3 İçin Sonuçlar

Deney no	Devir(dev/dak)	K.D.(mm)	İlerleme(mm/dev)	O.S. (°C)	M.S. (°C)	S.(sn)
1	750	33	0.18	31	68	15.5
2	750	33	0.18	32	68	15.8
3	750	33	0.18	33	76	15.9
4	475	33	0.18	33	65	24.5
5	475	33	0.18	33	68	25.2
6	475	33	0.18	33	69	25.1
7	750	33	0.11	28	72	26.7
8	750	33	0.11	28	69	28.6
9	750	33	0.11	28	78	26.0
10	475	33	0.11	29	64	41.1
11	475	33	0.11	29	70	40.5
12	475	33	0.11	29	63	39.7

Deney numaralarına göre çıkan sonuçlar aşağıda grafik olarak gösterilmektedir.

Tablo 1. 13'te Deney Tasarımı 3 için sonuçlar görülmektedir.

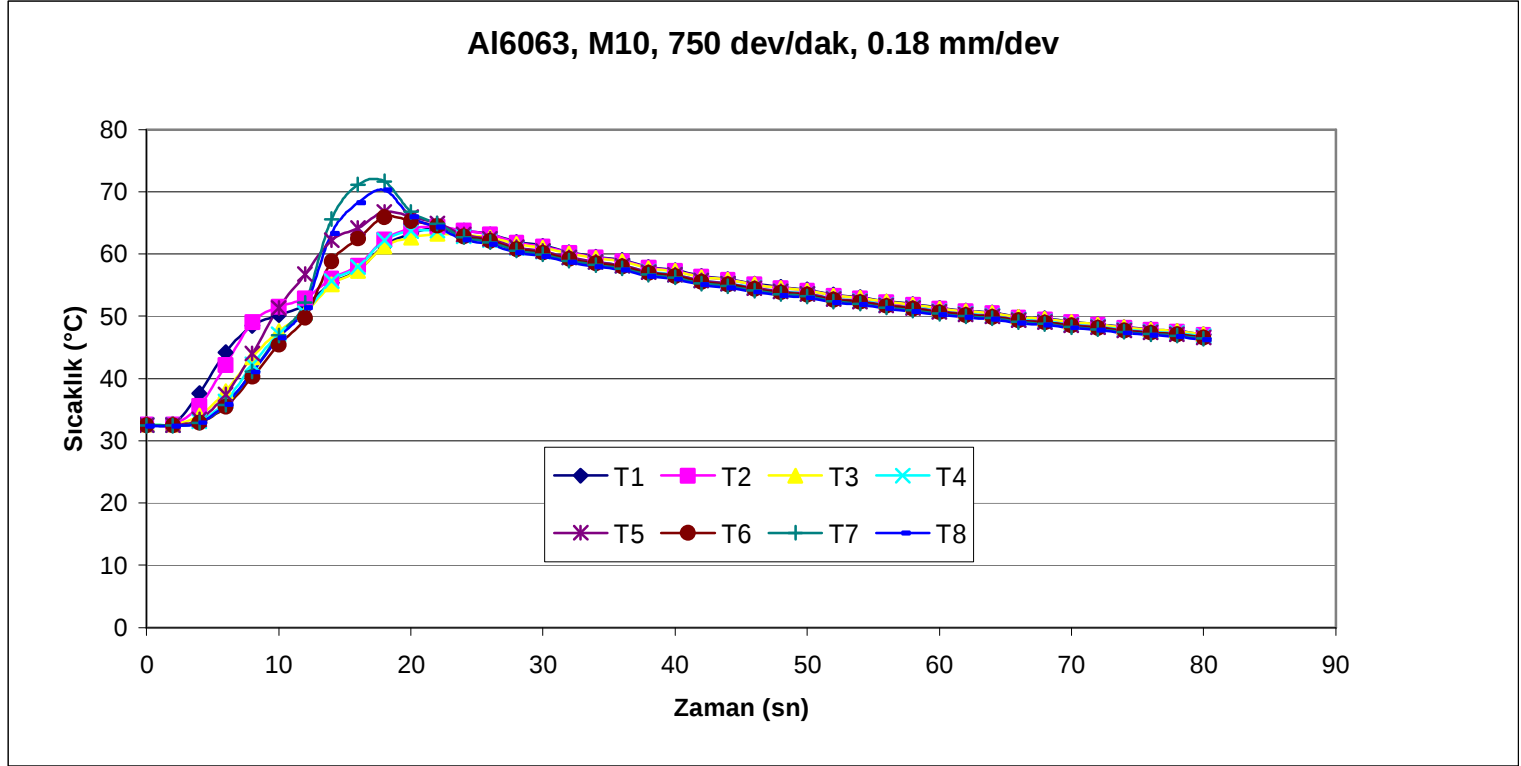
Deney Tasarım 3 Deney No 1'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 35°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık 68°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 31°C'dir. Delme süresi 15,5 sn'dir.

Deney Tasarım 3 Deney No 2'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 36°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık 68°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 32°C'dir. Delme süresi 15,8 sn'dir.

Deney Tasarım 3 Deney No 3'te bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 37°C'dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık 76°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 33°C'dir. Delme süresi 15,9 sn'dir.

Şekil 3.35'te görüldüğü gibi yaptığımız Deney Tasarımı 3 için yaptığımız Deney 1, 2, 3'te dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum

sıcaklık yaklaşık 70°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 36°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 15.7sn'dir. Deneysel tasarım 3'te 750 dev/dak 0,18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %96, 2.delikteki sıcaklık artışı %97, 3.delikteki sıcaklık artışı %94, 4.delikteki sıcaklık artışı %96, 5. delikteki sıcaklık artışı %105, 6. delikteki sıcaklık artışı %102, 7.delikteki sıcaklık artışı %120, 8. delikteki sıcaklık artışı %117 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %9'dur.



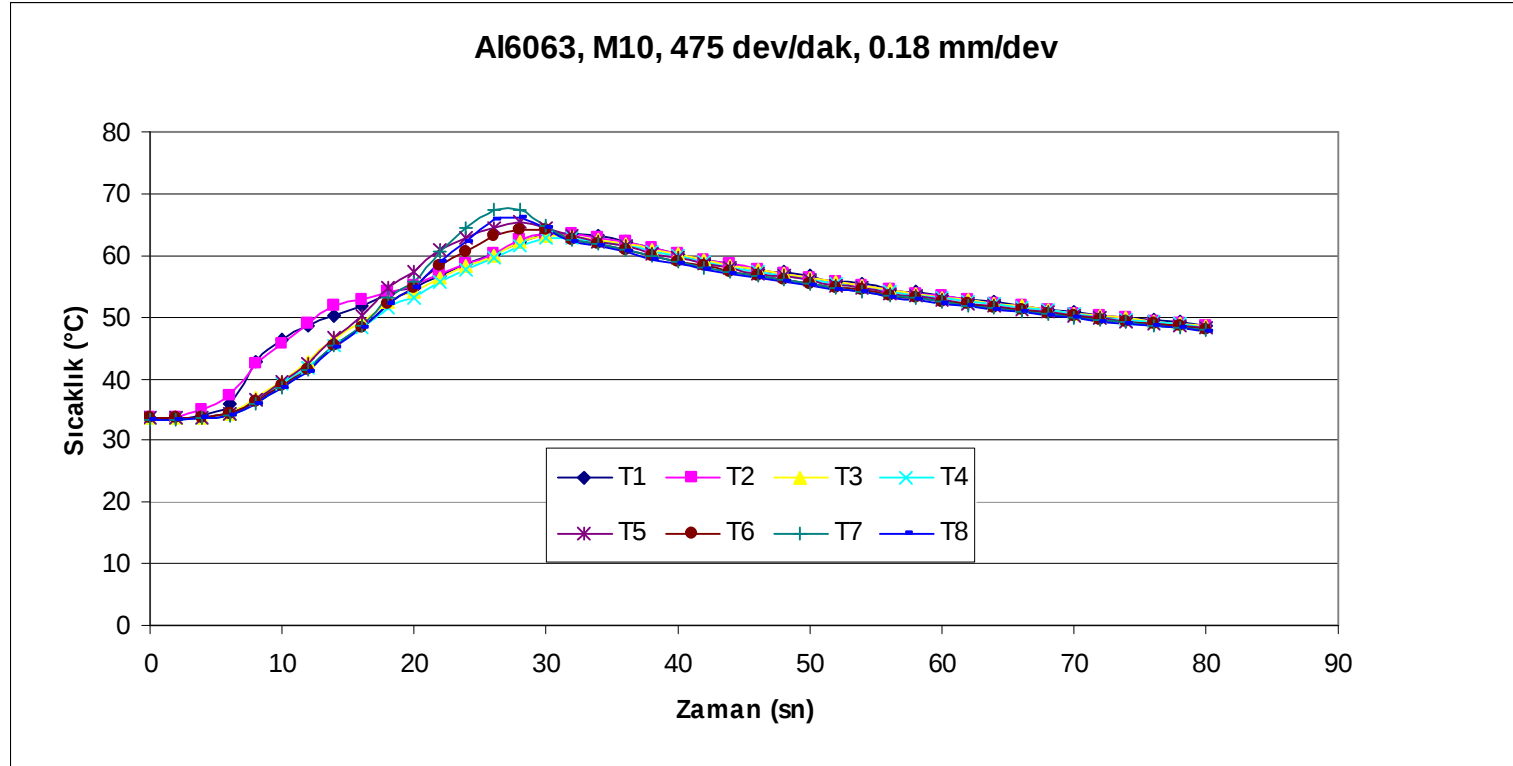
Şekil 3.35. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (1, 2, 3) Sonuçları

Deneysel Tasarım 3 Deney No 4'te bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 37°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 65°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 33°C'dir. Delme süresi 24,5 sn'dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 5'te bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 37°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 68°C'dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 33°C'dir. Delme süresi 25,2 sn'dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 6'da bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 37°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 69°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 33°C' dir. Delme süresi 25,1 sn'dir.

Şekil 3.36'da görüldüğü gibi yaptığımız Deney Tasarımı 3 için yaptığımız Deneyler 4, 5, 6'da dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 68°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 37°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 25,0sn'dir. Deneysel tasarım 3'te 475 dev/dak 0,18mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %88, 2.delikteki sıcaklık artışı %89, 3.delikteki sıcaklık artışı %88, 4.delikteki sıcaklık artışı %87, 5. delikteki sıcaklık artışı %94, 6. delikteki sıcaklık artışı %92, 7.delikteki sıcaklık artışı %103, 8. delikteki sıcaklık artışı %99 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %4'tür.



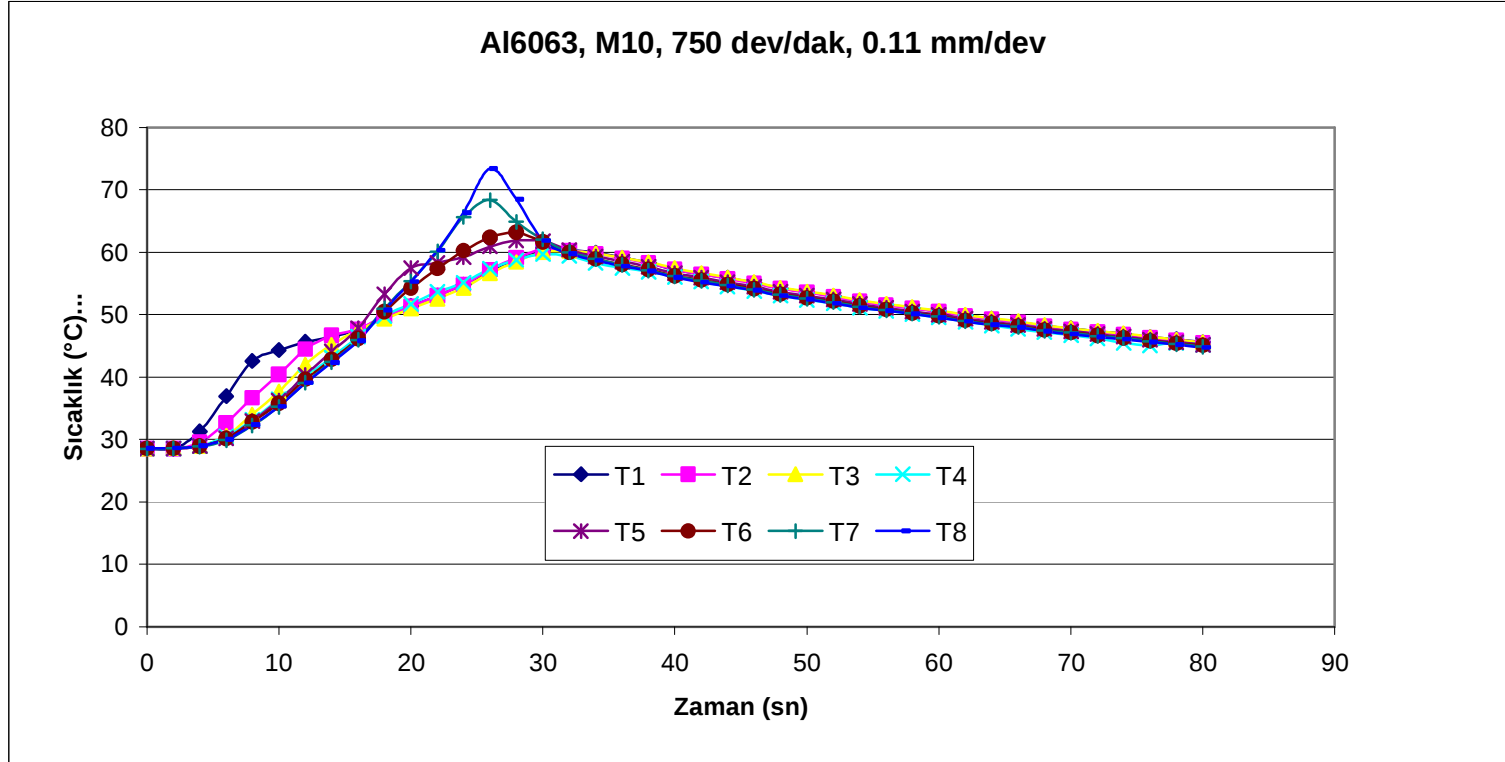
Şekil 3.36.Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (4, 5, 6) Sonuçları

Deneysel Tasarım 3 Deney No 7’de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 32°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 72°C’ dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 26,7 sn’dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 8’de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 33°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 69°C’ dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 28,6 sn’dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 12’de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 34°C’ dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 78°C’dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 28°C’ dir. Delme süresi 26,0 sn’dir.

Şekil 3.37’de görüldüğü gibi yaptığımız Deney Tasarımı 3 için yaptığımız Deneyler 7, 8, 9’da dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 73°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 33°C’dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 27,1sn’dir. Deneysel tasarım 3’te 750 dev/dak 0,11mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %115, 2.delikteki sıcaklık artışı %112, 3.delikteki sıcaklık artışı %111, 4.delikteki sıcaklık artışı %109, 5. delikteki sıcaklık artışı %105, 6. delikteki sıcaklık artışı %121, 7.delikteki sıcaklık artışı %141, 8. delikteki sıcaklık artışı %157 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %21’dir.



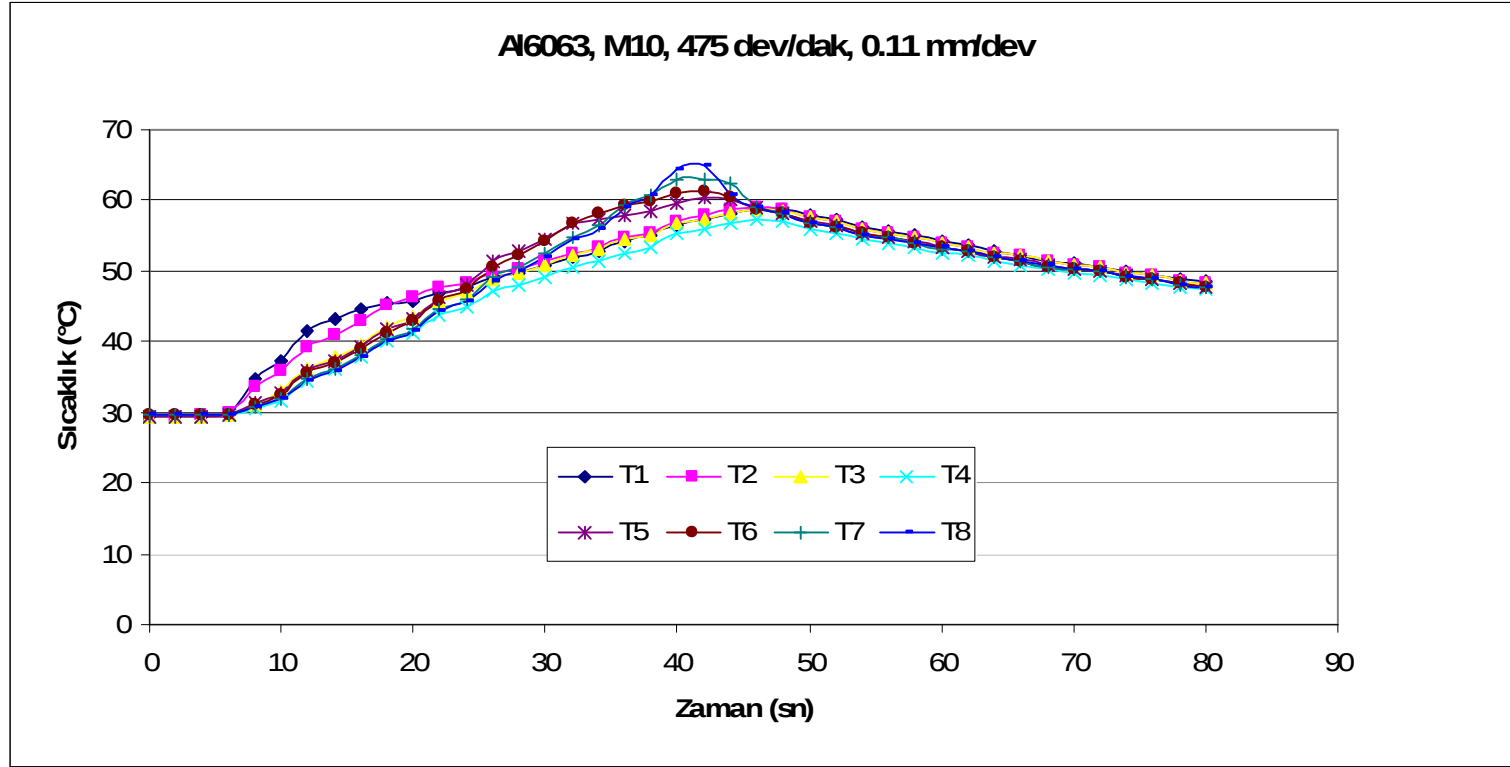
Şekil 3.37. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (7, 8, 9) Sonuçları

Deneysel Tasarım 3 Deney No 10'da bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 34°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 64°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C' dir. Delme süresi 41,1 sn'dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 11'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 34°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 70°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C' dir. Delme süresi 40,5 sn'dir.

Deneysel Tasarım 3 Deney No 12'de bütün değerler dikkate alınmıştır. Yaptığımız çalışmada 200 saniyeye kadar ölçüm alınmıştır. Bu süre sonundaki sıcaklık değeri ortalama 34°C' dir. Burada ölçülen maksimum sıcaklık değeri yaklaşık 63°C' dir. Ortam sıcaklığı yaklaşık 29°C' dir. Delme süresi 39,7 sn'dir.

Şekil 3.38'de görüldüğü gibi yaptığımız Deney Tasarımı 3 için yaptığımız Deneyler 10, 11, 12'de dikkate alınan değerlerin ortalaması alınmıştır. Burada maksimum sıcaklık yaklaşık 64°C iken 200 sn sonunda ortaya çıkan sıcaklık değeri ise yaklaşık 34°C'dir. Delme süresinin ortalaması yaklaşık 40,4 sn'dir. Deneysel tasarım 3'te 475 dev/dak 0,11mm/dev kesme şartlarında 1.delikteki sıcaklık artışı %99, 2.delikteki sıcaklık artışı %100, 3.delikteki sıcaklık artışı %99, 4.delikteki sıcaklık artışı %94, 5. delikteki sıcaklık artışı %105, 6. delikteki sıcaklık artışı %107, 7.delikteki sıcaklık artışı %113, 8. delikteki sıcaklık artışı %119 olduğu görülmektedir. Yine 1. delikten 8. deliğe kadar maksimum sıcaklık değerindeki artış %10'dir.



Şekil 3.38. Deney Tasarımı 3, Ortalama Deney (10, 11, 12) Sonuçları

3.2.Sonuç ve Öneriler

3.2.1.İlerleme ve Devir Sayısının Etkilerini Belirlemek İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

Delme işlemi esnasında matkapta oluşan sıcaklığı ölçmek için değişik bir deneysel yöntem kullanıldı ve bu deneyde AISI 1040 çelik ve AL 6063 malzemeleri kullanılmıştır. Toplam 12 deney 3 kez tekrarlanarak her deney şartı için sıcaklık ölçümü yapılmıştır. Deneysel Tasarım 1’de AISI 1040 çelik malzeme, 750 ve 475 dev/dak devir sayıları ve 0,18 ve 0,11 mm/dev ilerleme hızları ve 10mm matkap çapı için, Deneysel Tasarım 2’de AISI 1040 çelik malzeme, 750 ve 475 dev/dak devir sayıları ve 0,18 ve 0,28 mm/dev ilerleme hızları ve 14mm matkap çapı için, Deneysel Tasarım 3’te Al6063 alüminyum malzeme, 750 ve 475 dev/dak devir sayıları ve 0,18 ve 0,11 mm/dev ilerleme hızları ve 10mm matkap çapı için ölçümler gerçekleştirilmiştir. Veri alma süresi 200 sn olarak belirlenmiş fakat şekillerde 60 sn’ye kadar gösterilmiştir.

Deneysel Tasarım 1’in sonuçları incelendiğinde ilerleme oranları azaldıkça sıcaklık artmıştır. Devir sayılarına bakıldığında çok büyük değişim olmamak kaydıyla devir sayısı azaldığında sıcaklık artışı olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama Maksimum sıcaklıklar sırasıyla 750 dev/dak 0,18mm/dev için 79°C, 750 dev/dak 0,11mm/dev için 110°C, 475 dev/dak 0,18mm/dev için 88°C, 475 dev/dak 0,11mm/dev için 112°C ölçülmüştür.

Deneysel Tasarım 2’nin sonuçları incelendiğinde ilerleme oranları azaldıkça sıcaklık artmıştır. Devir sayılarına bakıldığında da devir sayısı azaldığında sıcaklık artışı olduğu gözlemlenmiştir. Ortalama Maksimum sıcaklıklar sırasıyla 750 dev/dak 0,18mm/dev için 92°C, 475 dev/dak 0,18mm/dev için 115°C, 475 dev/dak 0,28mm/dev için 71°C, 750 dev/dak 0,28mm/dev için 63°C ölçülmüştür.

Deneysel Tasarım 3’ün sonuçları incelendiğinde ilerleme oranları azaldıkça sıcaklıklarda büyük bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Yine devir sayılarına

bakıldığında devir sayısı azaldıkça sıcaklıklarda büyük bir değişimin olmadığı gözlemlenmiştir. Ortalama Maksimum sıcaklıklar sırasıyla 750 dev/dak 0,18mm/dev için 70°C, 475 dev/dak 0,18mm/dev için 68°C, 750 dev/dak 0,11mm/dev için 73°C, 750 dev/dak 0,11mm/dev için 64°C ölçülmüştür.

Alüminyumun ısı iletim katsayısı çeliğin ısı iletim katsayısından yaklaşık 5,4 kat daha fazladır. Yüksek ilerlemelere rağmen ısı transferinin az olması parçanın ısınmaya vakit bulamaması olarak değerlendirilebilir.

Deneysel sonuçlar dikkatli incelendiğinde deney tasarımı 1 ve 2'deki sonuçların birbiriyle örtüştüğü deney tasarımı 2'deki sonuçlarda ise çok büyük bir etkinin olmadığı gözlemlenmiştir. Bu farklılığın en büyük nedeni ise alüminyumun ısı iletim katsayısının çeliğin ısı iletim katsayısından daha büyük olmasıdır. Bir başka incelenmesi gereken en önemli olay ise T1, T2, T3, T4 değerlerinin Diğer termokupllardan daha önce pik yapmasıdır. Yani dalgalı bir ısı dağılımı görülmektedir. Isı 4. deliğe kadar birikmekte ve dağılmakta yine 5 ile 8. deliğe kadar tekrar ısı birikimi olmakta ve dağılmaktadır. Fakat bu ısı dalgalanmasını alüminyum malzemesinde göremiyoruz. Burada ısı dağılımı lineer olarak artmakta ve azalmaktadır. Çelikteki gibi parabolik bir eğri elde edilmemiştir.

Bu dalgalanmayı Ç1040 iş parçası daha uzun olsaydı da görecektik. Çünkü çeliğin ısı iletim katsayısı ilerleme miktarının hızına ulaşamadığından böyle bir dalgalanma görmemiz mümkün. Ama alüminyumda bunu görme imkanımız çok zor.

Deneysel çalışmalarımızdan anlaşılıyor ki; bu kesme 10mm matkap için bu kesme şartları çelik için uygun olabilir. Fakat 14mm matkap için bu kesme şartları Ç1040 malzemesi için uygun değildir. Daha yüksek devirlerde, ilerleme miktarlarında veya soğutmalı biçimde kesme işlemleri yapılabilir. Bunun en büyük nedeni ise; çeliğin çok sert, mukavemetli ve ısı iletim katsayısının düşük olması. Alüminyum malzemesi için bu kesme şartları çok uygundur. Bunun en büyük nedeni ise çeliğin yumuşak ve ısı iletim katsayısının yüksek olmasıdır.

3.2.2.Öneriler

Bu çalışma çelik ve alüminyum malzemelerinin değişik devir sayıları ve ilerleme oranlarında işlenmesi esnasında ortaya çıkan sıcaklığın ve ısı dağılımının parça üzerinde ve özellikle takım parçasında oluşan hasarın belirlenmesine faydalı olabilir.

Bu çalışma yine farklı malzemelerde ve kesme parametrelerinde optimum kesme şartlarının belirlenmesinde faydalı olabilir.

İleride yapılacak çalışmalarda daha farklı malzemeler ve kaplamalı matkaplar kullanılarak kesme parametrelerinin matkap ve malzemelerde nasıl bir sıcaklık ve ısı dağılımının oluştuğu ve bu oluşumun takım ve parçalar üzerindeki etkileri araştırılabilir.

İleride yapılacak çalışmalarda iş parçasının geometrisi aynı kalacak şekilde yüksekliği arttırılarak veri alma sayısı 8'den yukarı çıkarılabilir ve Pico (sıcaklık, basınç vs. ölçümü yapabilen) cihazı yerine başka bir veri elde etme cihazı kullanılabilir. İlerde yapılacak olan çalışmalarda CNC tezgâhı kullanılması durumunda istenilen kesme oranları ve devir sayılarında işlem yapılarak daha verimli sonuçlar elde edilebilir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- 1) Özçelik Babür, Bağcı Eyüp. Investigation of the effect of drilling conditions on the twist drill temperature during step-by-step and continuous dry drilling. *Materials and Design* 27 (2006) 446–454.
- 2) Özçelik Babür, Bağcı Eyüp. Effects of different cooling conditions on twist drill temperature. *Int J Adv Manuf Technol* DOI 10.1007/s00170-006-0668-2.
- 3) Özçelik Babür, Bağcı Eyüp. Experimental and numerical studies on the determination of twist drill temperature in dry drilling: A new approach. *Materials and Design* 27 (2006) 920–927.
- 4) Özçelik Babür, Bağcı Eyüp. Finite element and experimental investigation of temperature changes on a twist drill in sequential dry drilling. *International Journal Of Advanced Manufacturing Technology* 28 (7-8): 680-687 APR 2006.
- 5) Zeilmann Rodrigo Panosso, Weingaertner Walter Lindolfo. Analysis of temperature during drilling of Ti6Al4V with minimal quantity of lubricant. *Journal of Materials Processing Technology* 179 (2006) 124–127.
- 6) Bai Lijing, Zhu Xiaodong, Xiao Jiming, He Jiawen. Study on thermal stability of CrTiAlN coating for dry drilling *Surface & Coatings Technology* xx (2006) xxx–xxx.
- 7) Arai, Norihisa, Adachi, Katsushige, Nakamura, Mitsugu, Wakisaka, Shoichi, Ryudo, Makoto. Study on low frequency vibratory drilling of SUS304. (Cutting temperature of drill point) *Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu, C Hen/Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Part C*, v 56, n 527, Jul, 1990, p 1960-1964.
- 8) Majumdar Pradip, Jayaramachandran R. Ganesan S. Finite element analysis of temperature rise in metal cutting processes. *Applied Thermal Engineering* 25 (2) 104 2152–2168.
- 9) Ueda T., Nozaki R. and Ahoskova. Temperature measurement of cutting edge in drilling effect of oil mist. *CIRP Annals manufacturing technology* volume 105 issue1, 2007 pages 93-96.
- 10) Korkut Ihsan, Boy Mehmet, Karacan İsmail, Seker Ulvi. Investigation of chip-back temperature during machining depending on cutting parameters. *Materials and Design* xxx (2006) xxx–xxx.

- 11) Bono Matthew, Nib Jun. The location of the maximum temperature on the cutting edges of a drill. International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 901–907.
- 12) Saglam Haci, Unsacar Faruk, Yaldız Süleyman. Investigation of the effect of rake angle and approaching angle on main cutting force and tool tip temperature. International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 132–141.
- 13) Saglam Haci, Unsacar Faruk, Yaldız Süleyman. The effect of tool geometry and cutting speed on main cutting force and tool tip temperature. Materials and Design 28 (2007) 101–111.
- 14) Shen Q., Lee T.C., Lau W.S. Finite-element analysis of temperature spade drilling. Journal of Materials Processing Technology 66 (1997) 112- 122
- 15) Inopera Frank P., DeWitt David P. Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri. John Wiley & Sons, Inc. 1996
- 16) Web1: <http://www.eod.gvsu.edu/eod/manufact/manufact-15.html#pgfId-146547>, 2007
- 17) Akkurt Mustafa. Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları. Birsan Yayınevi, 2000.
- 18) Marinov Valery. Manufacturing Processes for Metal Products. Kendall/Hunt Publishing, Dubuque, IA, 2007
- 19) Şahin Yusuf. Talaş Kaldırma Prensipleri. 1. Nobel Yayın Dağıtım, 2000.
- 20) Anlağan Ömer. Me-535 Metal Cutting, 2003
- 21) Edward M., Trent Paul K., Wright. Metal Cutting Fourth Edition, 2000
- 22) Web2: <http://www.picotech.com/thermocouple.html>, 2007

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet EROĞLU 07.05.1981 tarihinde Gaziantep’te doğmuştur. Selçuk Üniversitesi Mühendislik–Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2004 yılında mezun olmuştur. 2005 yılının Şubat ayında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Tasarım ve İmalat Mühendisliği Bölümü’nde Yüksek Lisans eğitimine başlamıştır. İngilizce bilmektedir.