



**DELİK DELMEDE FARKLI DELME UYGULAMALARININ TAKIM
PERFORMANSI VE İŞLEME EKONOMİSİ AÇISINDAN
KARŞILAŞTIRILMASI**

Tugay ÜSTÜN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İMALAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2019

Tugay ÜSTÜN tarafından hazırlanan “DELİK DELMEDE FARKLI DELME UYGULAMALARININ TAKIM PERFORMANSI VE İŞLEME EKONOMİSİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi İMALAT MÜHENDİSLİĞİ Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Fizik Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi)

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Başkan: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Üye: Unvanı Adı SOYADI

Ana Bilim Dalı, Üniversite Adı

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 16/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Tugay ÜSTÜN
16/07/2019

DELİK DELMEDE FARKLI DELME UYGULAMALARININ TAKIM PERFORMANSI VE İŞLEME EKONOMİSİ AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Tugay ÜSTÜN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

İmalat süreçlerinin önde gelen işlemlerinden biri de delik delme işlemidir. Özellikle makine imalat sektöründe delik delme işlemleri, imalat süreçlerindeki zamanın üçte birini oluşturmaktadır. Günümüzde endüstriyel uygulamalarda üç delik delme yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemler, doğrudan delik delme yöntemi (G81), talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73) ve talaş boşaltmalı delik delme (G83) yöntemleridir. Yapılan bu çalışmada, 24 mm kalınlığındaki AISI 1050 plaka 8 mm çaplı kaplamasız HSS matkaplar ile üç farklı yöntemle delinmiştir. Delik delme süresi, yüzey pürüzlülüğü, kesme kuvvetleri, delme momenti, aksel kaçıklık ve çaptan sapma toleransı değerlendirme kriterleri olarak belirlenmiştir. Ayrıca Microsoft Visual Studio 2017 C# paket programı ile bir maliyet programı hazırlanmış ve yöntemlerin delme maliyetleri kıyaslanmıştır. Çalışmada öncelikle her bir yöntemle üçer delik delinmiş delme süreleri, ilerleme kuvvetleri ve momentler değerleri ölçülmüştür. Daha sonrada bu üç delik delme yönteminin her biri ile 129 adet delik delinmiştir. Deneyler esnasında üç delikte bir matkap ucu görüntüleri alınmış ve yüzey pürüzlülükleri ölçülmüştür. Ayrıca tüm deliklerin ölçü tamlığı ve aksel kaçıklık değerleri ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda; en yüksek kesme kuvvetleri talaş kırmalı delik delme yönteminde ve en düşük kesme kuvvetleri doğrudan delik delme yönteminde gözlenmiştir. Delik kalitesi değerlerine göre en iyi yöntem doğrudan delik delme yöntemi olmuştur. Talaş boşaltmalı delik delme yönteminde yüzey pürüzlülüğü ve çaptan sapma diğer yöntemlere göre yüksektir. Delik delme süreleri ve maliyetleri hesaplandığında ise en ekonomik yöntem doğrudan delik delme yöntemi daha sonra talaş kırmalı delik delme yöntemidir. En çok zaman alan ve en pahalı yöntem talaş boşaltmalı yöntem olmuştur. HSS matkap ile AISI 1050 çeliği delinmesinde maliyet ve özellikle ölçü tamlığı açısından tavsiye edilen yöntem doğrudan delik delme yöntemidir.

Bilim Kodu : 91438
Anahtar Kelimeler : Delik delme yöntemleri, maliyet, delik toleransı, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü
Sayfa Adedi : 100
Danışman : Doç. Dr. Yakup TURGUT

COMPARISON OF DIFFERENT DRILLING APPLICATIONS IN DRILLING IN
TERMS OF TOOL PERFORMANCE AND ECONOMICS OF MACHINING

(M. Sc. Thesis)

Tugay ÜSTÜN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

One of the most frequently used operations of the manufacturing processes is the hole drilling operation. Particularly, in the machinery manufacturing sector, drilling processes take one third of the total production time in manufacturing processes. Nowadays, three hole drilling methods are used in industrial operations. These methods are direct drilling method (G81), chip breaking drilling method (G73) and peck drilling method (G83). In this study, 24 mm-thick AISI 1050 steel material was drilled with uncoated 8 mm diameter HSS drill by using three hole drilling methods. In addition, drilling times, surface roughness, cutting forces, cylindricity errors and deviation from diameter were investigated in terms of tolerance values. Moreover, the costs of the drilling methods were compared via a cost calculation program, which was designed with the Microsoft Visual Studio 2017 C # package program. First of all, the holes were drilled with each method, and their drilling times, cutting forces and torque values were measured. After that, 129 holes were drilled with each of these three drilling methods. During the experiments, images of drills were taken and surface roughness values were measured for one of each three holes. Also, cylindricity errors and deviation from diameter were measured for whole holes. After these measurements, the highest cutting forces were observed in the chip breaking drilling method whilst the lowest cutting forces were observed in the direct drilling method. Direct drilling is determined as the best method according to the hole quality values. In the peck drilling method, the surface roughness values are higher and the deviation from diameter are higher than the other methods. When drilling times and costs are calculated, the best economical method is direct drilling method; the second one is the chip breaking drilling method. The peck drilling method becomes the most time-consuming and expensive method. The recommended method for drilling AISI 1050 steel with HSS drill is the direct drilling method in terms of cost and especially diameter accuracy.

Science Code : 91438

Key Words : Methods of drilling, cost, hole tolerance, cutting force, surface roughness

Page Number : 100

Supervisor : Assoc. Prof. Yakup TURGUT

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren değerli danışmanım Doç. Dr. Yakup TURGUT'a, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Arş. Gör. Dr. Gültekin UZUN'a, deneysel çalışmalarımda katkı sağlayan değerli Arş. Gör. Saltuk Alper YAŞAR'a, Arş. Gör. Bahattin YILMAZ'a, Arş. Gör. Duygu GÜRKAN'a, abim Tarık Vural ÜSTÜN'e ve maddi, manevi her zaman beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1. Delik Delme ile İlgili Çalışmalar	5
2.2. Maliyet Hesaplamayla İlgili Çalışmalar	13
2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirmesi	16
3. KURAMSAL ESASLAR.....	17
3.1. Delik Delme İşlemi	17
3.2. Delik Delme İşlemini Etkileyen Faktörler	19
3.3. Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Güç	26
3.4. Delik Delme Takımları (Matkaplar)	31
3.4.1. Matkap malzemeleri	32
3.4.2. Matkapların sınıflandırılması.....	34
3.5. Delik Delme Yöntemleri.....	35
3.5.1. Doğrudan delik delme yöntemi (G81).....	36
3.5.2. Talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73).....	36
3.5.3 Talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83).....	37
3.6. Delik Delme İşlemlerinde Talaş Oluşumu.....	38
3.7. Delik Delme İşlemlerinde Delik Kalitesi.....	40

	Sayfa
3.7.1. Delik yüzeylerinin kalitesi	40
3.7.2. Geometrik toleranslardan sapmalar	44
4. MATERYAL VE METOD	47
4.1. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı	47
4.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme	48
4.3. Deneyde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri	49
4.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi	50
4.5. Yüzey Pürüzlülüğü, Eksenel Kaçıklık ve Çaptan Sapma Ölçümleri	51
4.5.1. Yüzey pürüzlülük ölçümleri	52
4.5.2. Eksenel kaçıklık ve çaptan sapma ölçümleri	53
4.6. Delik Delme Maliyeti Hesaplamak İçin Geliştirilen Program	53
4.7. Sonuçların Analizi İçin Kullanılan Program ve Yöntemler	62
5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA	63
5.1. Deneysel Çalışma Değerlendirme Esasları	63
5.2. Delik Delmede Oluşan Kesme Kuvvetlerinin (Fz, Mz) Uygulanan Delme Yöntemlerine Göre Değerlendirilmesi	64
5.3. Delik Delme Sürelerinin Delme Yöntemlerine Göre Karşılaştırılması	69
5.4. Delik Delme Yöntemlerine Göre Ra Ortalama Yüzey Pürüzlülüklerinin (μm) Değerlendirilmesi	71
5.5. Delik Çaplarındaki Sapmanın Değerlendirilmesi	74
5.6. Silindiriklikten Sapmanın (Eksenel Kaçıklığın) Değerlendirilmesi	80
5.7. Delme Yöntemlerinde Oluşan Maliyetlerin Değerlendirilmesi	82
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR	89
EKLER	93
EK-1. Yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri	94
EK-2. CMM çap ölçüm değerleri	95

	Sayfa
EK-3. CMM eksenel kaçıklık ölçüm değerleri	98
ÖZGEÇMİŞ	100

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Helis adımlarına göre matkap çeşitleri ve kullanıldığı yerler.....	35
Çizelge 3.2. Yüzey pürüzlülük ölçme yöntemleri ve özellikleri	43
Çizelge 4.1. Deney tablosu	47
Çizelge 4.2. Johnford VMC–850 CNC dik işleme merkezi özellikleri	47
Çizelge 4.3. AISI 1050 çelik malzemesinin kimyasal bileşimi	48
Çizelge 4.4. Delme işlemlerinde kullanılan takım özellikleri ve kesme parametreleri ..	50
Çizelge 4.5. Maliyet hesabında programın çalıştırılması için alınan sabit değerler	57
Çizelge 4.6. ANOVA ile alınan sonuçlardan bir örnek	62
Çizelge 4.7. En küçük ortalama karelerin farklarının Tukey HSD yöntemi ile sınıflandırma	62
Çizelge 5.1. Delik delme yöntemlerinin İlerleme kuvveti ve moment değerleri.....	66
Çizelge 5.2. Delik delme yöntemlerine göre gerçek işleme süreleri ve hesaplanan süreler	70
Çizelge 5.3. Delik delme yöntemleri için yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri ile ANOVA sonuçları.....	74
Çizelge 5.4. Delik delme yöntemlerinin Ra yüzey pürüzlülük değerlerine etki seviyeleri	74
Çizelge 5.5. Delik delme yöntemleri için delik girişi çap değerlerine ait ANOVA sonuçları	79
Çizelge 5.6. Delik delme yöntemlerinin delik girişindeki çapa etki seviyeleri	79
Çizelge 5.7. Delik delme yöntemleri için delik çıkışı çap değerlerine ait ANOVA sonuçları	80
Çizelge 5.8. Delik delme yöntemlerinin delik çıkışındaki çapa etki seviyeleri.....	80
Çizelge 5.9. Delik delme yöntemleri için eksenel kaçıklık değerlerine ait ANOVA sonuçları.....	82
Çizelge 5.10. Delik delme yöntemlerinin eksenel kaçıklığa etki seviyeleri	82
Çizelge 5.11. DMP’de maliyet hesaplamak için alınan sabit değer ve giderler	83

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.12. Delik delme yöntemlerine göre 129 adet delik maliyetinin DMP’de hesaplatılması sonucu alınan değerler.....	84
Çizelge 5.13. DMP’de hesaplanan 129 adet deliğin delik delme yöntemlerine göre toplam ve bir deliğe düşen delik maliyetleri	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Delme işlemi.....	17
Şekil 3.2. Talaş kaldırma işlemlerinin a) işlem sayısına göre ve b) talaş kaldırma sürelerine göre yüzdelik dağılımları.....	18
Şekil 3.3. ISO (IT) delik tolerans tablosu	19
Şekil 3.4. Kesme hızı – ilerleme hızı	20
Şekil 3.5. Helisel matkapla delik delme (a,b) ve delik büyütme (c).....	21
Şekil 3.6. Talaş derinliği ap	23
Şekil 3.7. Matkabın kesme açısı	24
Şekil 3.8. İlerleme uzunluğu	25
Şekil 3.9. Delik delme işleminin temel faktörleri.....	25
Şekil 3.10. Matkap kesme kuvvetlerinin gösterimi	26
Şekil 3.11. Delme kurs boyu.....	31
Şekil 3.12. Matkap yapısı a) Matkapların genel kısımları b) Matkapların kesici kısımları	32
Şekil 3.13. G81 yöntemi	36
Şekil 3.14. G73 yöntemi	37
Şekil 3.15. G83 yöntemi	38
Şekil 3.16. Talaş oluşumuna etki eden faktörler.....	39
Şekil 3.17. Kesici kenarın talaş kaldırması.....	40
Şekil 3.18. (Ra, Rq) Ortalama yüzey pürüzlülük çizgi sistemi.....	41
Şekil 3.19. Dairesellik ölçümü a) Dairesellikten sapma b) LSC (Least square circle)...	45
Şekil 4.1. Numune üzerindeki delik planı.....	48
Şekil 4.2. Makine Takım Endüstrisi DIN 338 HSS N 118° haddelenmiş matkap.....	49
Şekil 4.3. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesindeki deney düzeneği	51
Şekil 4.4. Mitutoyo SJ 410 ile pürüzlülük ölçümü	52
Şekil 4.5. Hexagon Metrology SpA model CMM cihazı ile ölçümler	53

Şekil	Sayfa
Şekil 4.6. Geliştirilen delik maliyet programı.....	54
Şekil 4.7. Programın akış şeması	55
Şekil 4.8. Bir delik için doğrudan delik delme yönteminde programın hesaplatılması..	57
Şekil 4.9. Bir delik için talaş kırmalı delik delme yönteminde programın hesaplatılması	59
Şekil 4.10. Bir delik için talaş boşaltmalı delik delme yönteminde programın hesaplatılması.....	60
Şekil 5.1. Dynoware programından alınan kuvvet grafik örnekleri.....	65
Şekil 5.2. Delik delme yöntemlerine göre üçer delik için a) İlerleme kuvvetleri b) Moment grafikleri.....	67
Şekil 5.3. Delme yöntemlerine göre kesme kuvvetleri a) İlerleme kuvvetleri b) Moment	68
Şekil 5.4. Delik delme yöntemlerine göre delik maliyet programından alınan işleme süresi sonuçlarının program görüntüleri.....	69
Şekil 5.5. Delik delme yöntemlerine göre gerçek işleme süreleri (sn) ve hesaplanan süreler (sn).....	70
Şekil 5.6. Delme yöntemlerine göre ra yüzey pürüzlülük (μm) dağılımları.....	72
Şekil 5.7. a) Doğrudan delik delme yöntemiyle (G81) , b) Talaş kırmalı delik delme yöntemiyle (G73) ve c) Talaş boşaltmalı delik delme yöntemiyle delinen 126. delik sonrasında oluşan aşınma/sıvanma resimleri.....	73
Şekil 5.8. Deliklerde a) Delik girişi ve b) Delik çıkışı çaplarının dağılımı	76
Şekil 5.9. Delik delme yöntemlerine göre delik giriş çaplarının dağılımı	77
Şekil 5.10. Delik çaplarının karşılık geldiği a) Üst çap, b) Alt çap IT değerleri	78
Şekil 5.11. Eksenel kaçıklık değerlerinin delik delme yöntemlerine göre dağılımı	81
Şekil 5.12. Delik delme maliyet programı (DMP) arayüzü	83

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklamalar
A_{sz}	Bir ağıza karşılık gelen talaş kesiti
A_s	Toplam talaş kesiti
b	Matkap kesme kenar uzunluğu
Ç1050	% 0,5 Karbonlu imalat çeliği
d	Matkap çapı (mm)
f	Devir başına ilerleme (mm/dev)
F_a	Eksenel kuvvet (N)
f_z	Ağız başına ilerleme değeri
F_{sz}	Kesme ağzındaki kesme kuvveti (N)
F_{vz}	Kesme ağzındaki ilerleme kuvveti (N)
F_{rz}	Kesme ağzındaki radyal kuvvet (N)
F_s	Toplam kesme kuvveti (N)
F_v	Toplam ilerleme kuvveti (N)
h	Talaş kalınlığı (mm)
h_1	Teorik talaş kalınlığı (mm)
h_2	Deformasyona uğramış talaş kalınlığı (mm)
i	Delik sayısı
k_s	Özgül kesme kuvveti (N/mm ²)
L	Kesici takımın ilerlediği miktar (mm)
l_a	Matkabın konik kısmının yüksekliği (mm)
M_{sz}	Bir ağızdaki kesme momenti (Nm)
M_s	Toplam kesme momenti (Nm)
M_s	Tezgâh gücü (Nm)
n	Dönme hızı (dev / dak)
P_s	Kesme gücü (kW)
P_v	İlerleme gücü (kW)
P_{top}	Toplam güç (kW)

Simgeler**Açıklamalar**

Ra	Ortalama yüzey pürüzlülüğü (μm)
s	İlerleme (mm / dev)
s_z	Matkap ağız başına ilerleme (mm / dev)
T	Etkili işleme zamanı (dak)
t_h	Esas işleme süresi (dak)
u	İlerleme hızı (mm / dak)
V	Talaş debisi (mm^3 / dak)
V_c	Kesme hızı (m / dak)
V_f	İlerleme hızı (mm / dak)
z	Matkap ağız (kesici kenar) sayısı
α	Matkap yarıçapı (mm)
α_p	Talaş derinliği (mm)
η_m	Verim
ω	Açısal hız (mm / dev)

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AISI	Amerikan demir ve çelik enstitüsü
ANOVA	Tek yönlü varyans analizi
BDT	Bilgisayar destekli tasarım
BDİP	Bilgisayar destekli işlem planlaması
CBN	Kübik bor nitrür
CMM	Koordinat ölçme cihazı
CNC	Bilgisayar destekli sayısal denetim
DIN	Alman standartları
DMP	Delik maliyet programı
FTM	Faaliyet tabanlı maliyet
GİA	Gri ilişki analizi
GGG	Küresel grafitli dökme demir
HSS	Yüksek hız çeliği
ISO	Uluslararası standartlar teşkilatı

Kısaltmalar**Açıklamalar**

IT	Uluslararası tolerans
KGDD	Küresel grafitli dökme demir
MMY	Minimum miktarda yağlama
Mİ	İşçilik maliyeti
MH	Hazırlık maliyeti
MT	Tezgâh maliyeti
MA	Amortisman maliyeti
ME	Enerji maliyeti
MB	Tezgâh bakım maliyeti
MK	Kesici takım maliyeti
MTD	Takım değiştirme maliyeti
PVD	Fiziksel buhar biriktirme
S/N	Sinyal gürültü
TiAlN	Titanyum alüminyum nitrür
TiCN	Titanyum karbon nitrür
TiN	Titanyum nitrür

1. GİRİŞ

Talaş kaldırmak, elastik ve plastik şekil değiştirmeye dayanma, sürtünme, ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaşın kırılması, iş malzemesinin sertleşmesi, sonuç olarak da kesici takımın aşınması ve kırılması gibi olayların gerçekleştiği fiziksel bir uygulamadır (Yalçın ve Özsoy, 2002). Bu uygulamalarda, kesme şartları optimize edilerek kesici takım performansı ve iş parçasının kalitesinin artırılması istenir. Bunu gerçekleştirmek amacıyla, kesici takıma işleme esnasında etki edebilecek etkenler ile iş parçasının işlenebilirlik özellikleri bilim adamları tarafından araştırılmaktadır (Kaynak, 2006). Ayrıca talaşlı imalat yapan işletmelerin amacı, maliyeti minimum hale getirerek kâr seviyesini kabul edilebilir kılmaktır (Bıçakçı ve Tekin, 2006).

İmalat endüstrisinde en yaygın kullanılan talaşlı imalat yöntemleri tornalama, frezeleme ve delik delme işlemleridir. Delik delme işlemi tüm imalat işlemleri arasında %33'lük uygulama oranına sahiptir. Süreler esas alındığında ise bu oran %25'dir (Tonshoff, Spintig, Neises, ve Konig, 1994).

İmal edilmiş birçok parça incelendiğinde, hemen hemen hepsinde en az bir delik delme işleminin uygulandığı görülmektedir. Örneğin, bir uçak kanadındaki veya gövdesindeki perçinler. Motor bloklarında ve silindir kapaklarındaki cıvatalar veya akla gelen pek çok tüketici ürünündeki bağlantı elemanları oldukça yoğun bir şekilde delik delme işleminin kullanıldığını göstermektedir (Kalpakjian ve Schmid, 2009). Çünkü bağlantı elemanları olarak kullanılan cıvata, perçin gibi parçalar için malzemeler delinir. Ayrıca maliyet açısından da otomotiv sektöründe motor üretimini en çok etkileyen işlemlerden biri yine delik delmedir. Delik delme işlemlerinden en yaygın olarak kullanılanı ise matkap kullanılarak yapılan delik delme işlemleridir (Çiftçi ve Gökçe, 2018).

Delik delme işlemi birçok açıdan tornalama ve frezeleme ile kıyas edilebilir, ancak delik delme işleminde talaşın kırılması ve boşaltılması diğer yöntemlere göre daha çok öneme sahiptir. Deliğin boyu arttıkça delme işleminin kontrolü ve talaş boşaltmanın zorlaştığı görülür (Kaynak, 2006). Delme işlemi sürecinde oluşan talaş, kesme kuvvetlerini ve kesme bölgesindeki sıcaklığı etkiler (Modern Metal Cutting Handbook, 1994). Delik delme işlemleri esnasında oluşan bu ısı malzemenin ve takımın ısıl iletkenliğine bağlı olarak ve

sıcak talaşın kesme bölgesinden ayrılmasıyla uzaklaştırılır (Yagmur, Acir, Seker, ve Gunay, 2013). Ancak bu derin deliklerde biraz zordur. Bunun sebeplerinden biri de talaşın istenildiği gibi delikten uzaklaştırılamaması, takımın uzun süre işleme maruz kalması ve ısınan bölgelerin soğumaya zaman bulamamasından kaynaklanır (Bıçakçı, 2015). Bu tür problemler takımın çabuk aşınmasına ve delik kalitesinde azalmaya sebep olmaktadır. Bu da maliyetlerde ciddi yükselmeye yol açar (Sharif ve Rahim, 2007). Buna çözüm olarak yapılan çalışmalar sonucunda, özellikle derin delik delme işlemlerinde yaygın olarak kullanılan, üç tip delik delme yöntemi ortaya konmuştur. Bunlar; doğrudan, talaş kırmalı ve talaş boşaltmalı delik delme yöntemleridir (Smid, 2008).

Diğer bir bakış açısı ise, son yıllarda rekabet şartlarına uyum sağlayabilmek için işletmeler yeni nesil maliyet sistemlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden de günümüzde toplanan veriler, işletmelerde karar vermek için oldukça önemlidir. Buna istinaden toplam ürün maliyetini dolaylı olarak meydana getiren unsurların veya genel üretim maliyetlerinin mamullere yüklenmesi sistemi ortaya çıkarılmıştır (Bıçakçı ve Tekin, 2006). Bunun yanında, günümüzdeki rekabet koşullarını üç temelde ele alabiliriz. İlk olarak, günümüz müşterilerinin talebi giderek çeşitlilik kazanmaktadır ve sipariş hacimleri oldukça küçülme eğilimindedir. Bu durumda işletmeler, çok çeşitli ürünlerini çok az miktarlarda üretebilecek esnekliğe sahip olmaya zorlanmaktadır. Ek olarak, tüm pazarlarda çok sayıda rakip bulunması, odak noktasını müşterinin düşük fiyat, yüksek kalite ve hızlı teslimat talebini karşılamaya çekmiştir. Sonuncusu ise, bunların sonucuyla ilişkili olarak gittikçe zorlaşan üretim yönetimi, daha hızlı ve daha doğru maliyet bilgisi üretebilecek sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Baysan ve Durmuşoğlu, 2008). Bu konuda örnek olarak standart maliyet sistemi ve sapma analiz tekniklerini göstermek mümkündür. Ancak gelişmiş ülkelerde işletme yönetimine planlama, kontrol ve karar verme aracı olarak geliştirilmiş en önemli maliyet sistemi değişken maliyet sistemi ve bu sistemin maliyetlere yaklaşımının sonucu geliştirilen katkı payı analizidir (Bilen, 1997). Ayrıca endüstride kullanılan ürünler üzerinde yer alan üretim işlemlerinin seçilen üretim yöntemine ve kesicilere göre işlem zamanlarının ve maliyetlerinin hesaplanmasına yönelik, bilgisayarların yaygınlaşmasıyla Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve Bilgisayar Destekli İşlem Planlaması (BDİP) geliştirilmiştir. Özellikle prizmatik iş parçaları üzerinde bulunan unsurların imalatı için işleme yöntemlerinin seçimini otomatikleştiren sistemler üzerinde durulmaktadır. Örnek olarak Pamukoğlu ve Göloğlu çalışmalarında, mamullerde bulunacak delik tiplerinin işlenmeleri

sürecinde üretim yöntemi ve seçilen kesiciye göre işlem sırasını, süresini ve maliyetini oluşturup en uygun maliyetli olanı seçerek öneren bir sistem geliştirmişlerdir (Pamukoğlu ve Göloğlu, 2004).

Yapılan bu çalışmada, üç delik delme yöntemi ile AISI 1050 çeliğini 8 mm HSS matkap ile delinerek, delme süreleri, yüzey pürüzlülükleri, kesme kuvvetleri, ölçü tamlığı, eksenel kaçıklık, tolerans değeri gibi çıktılar açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca C# paket programı ile bir maliyet programı hazırlanmış ve yöntemlerin delme maliyetleri kıyaslanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürde, talaş kaldırma yöntemleri (tornalama, frezeleme, delik delme vb.) üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve hala yapılmaya devam etmektedir. Yapılan çalışmalar genellikle maliyetleri en aza indirmek ya da takım performansını ve ürün kalitesini artırmak için yapılmaktadır. Buna bağlı olarak kesme parametreleri ve kesme yöntemleri araştırılmıştır. Birçok deneysel çalışmada bunların kesme kuvvetleri ve sıcaklık, dolayısıyla takım performansına etkileri incelenmiştir. Maliyet açısından ise, işletmelerin imal ettikleri ürünlerin maliyetini belirlemelerinde daha doğru ve değişen şartlarda uygulanabilen maliyet sistemleri üzerinde çalışılmıştır. Bu sistemlerin geliştirilmesiyle ve bilgisayarların yaygınlaşmasıyla işletmelerde daha etkin ve doğru sonuçlar veren bilgisayar programları üzerinde durulmaya başlanmıştır. Literatür araştırması, delik delme ile ilgili çalışmalar ve üretim maliyetleri ile ilgili çalışmalar olmak üzere iki başlık altında sunulmuştur.

2.1. Delik Delme ile İlgili Çalışmalar

Meral yaptığı çalışmada, deliğin yüzey kalitesi, kesme kuvvetleri, dairesellikten sapması, delik çapındaki değişimi ve silindiriklikten sapmasını deneysel olarak araştırmıştır. Deneylerde, AISI 1050 çeliği ve 6, 8, 10 mm çaplarında kaplamasız ve PVD metodu ile TiAlN kaplanmış kaplamalı HSS matkaplar kullanılmıştır. Bu deneyler, üç farklı kesme hızı (20, 30, 40 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,05, 0,1, 0,15 mm/dev) değerleri ile kuru delme şartlarında CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Delik uygulama biçimi olarak boydan boya 17 mm uzunlukta delikler delinmiştir. Deneyler sonucunda, kaplamalı matkaplar, kaplamasız matkaplara göre; tüm değerlendirme kriterleri için olumlu sonuçlar sergilemiştir. İlerleme kuvveti üzerinde ilerleme hızının kesme hızına göre daha etkili bir parametre olduğu belirtilmiştir. Yüzey pürüzlülük değerlerinin, kesme hızı ile ters orantılı olduğu belirtilirken, ilerleme hızıyla doğru orantılı olduğu belirtilmiştir (Meral, 2010).

Çiftçi ve Gökçe yaptıkları çalışmada, karbür matkapla Ti6Al4V malzemenin farklı delik delme yöntemleriyle delinmesi sonucunda matkaplarda gerçekleşen aşınmaları incelemişlerdir. Delme işlemleri sabit kesme hızı ve ilerleme değerinde üç farklı delme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Doğrudan delme, 1 mm dalma ve 2 mm geri çıkma ve 1 mm dalma tam geri çıkma şeklinde üç farklı delme yöntemi kullanılmıştır. Doğrudan

delik delme yöntemiyle (1. Yöntem) yapılan işlemde, yalnızca 10 delik delinebilmiştir. 11. deliğin delinmesi esnasında matkap kırılmıştır. 1 mm dalma ve akabinde 2 mm geri çıkma yöntemi (2. Yöntem) ile yapılan delme işlemlerinde 30 adet delik delinmiştir. 1 mm dalma ve tam geri çıkma yöntemi (3. Yöntem) ile yapılan delme işlemlerinde ise 150 adet delik delinmiştir. 1. yöntemde, matkap kırıldığı için, matkapta gerçekleşen aşınma incelenememiştir. 2. yöntemde kullanılan matkapta, düzenli bir yan yüzey aşınması görülmüştür. 3. yöntemde kullanılan matkapta, bir miktar aşınma görülmesine rağmen 2. yöntemdekine göre oldukça düşük seviyede kalmıştır. Gerçekleşen aşınmalar matkabın kesici ağzının merkeze yakın olan kısımlarında, yan yüzey aşınması şeklinde ve matkabın dış kısmına yakın olan kısımlarda da ağız kırılması şeklinde olduğu belirtilmiştir. Farklı delme yöntemlerinin matkap aşınmasını büyük ölçüde etkilediği ortaya konmuştur. En düşük matkap aşınması 1 mm dalma ve tam geri çıkma yönteminde olduğu tespit edilmiştir (Çiftçi ve Gökçe, 2018).

Soylu çalışmasında, 100° , 118° , 130° uç açılı ve 20° , 25° , 30° helis açılı matkaplarla, 18, 22, 28 m/dak kesme hızı ve 0,1-0,2-0,3 mm/dev ilerleme oranları kullanarak delikler delmiştir. Deneylerde, çapı 10 mm TS 95/1, HSSE %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliğinden özel olarak imal edilmiş matkaplar kullanılmış, deney malzemesi olarak gerilim giderme işlemi yapılmış Ç1040 çeliği kullanılmıştır. Deneyler sonunda matkap geometrisi ve kesme parametrelerinin kuvvet ve tork değerleri üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Bu analizler sonucunda Ç1040 imalat çeliğinin delinmesinde optimum takım ve kesme parametreleri, helis açısı 30 derece, uç açısı 118 derece, kesme hızı 28 m/dak ve ilerleme 0,2 mm/dev olarak tespit edilmiştir (Soylu, 2007).

Gökçe ve arkadaşları çalışmalarında, AISI 1045 malzemesi ile matkap uç açısı (γ) 118° , matkap çapı 8,8 mm, helis açısı 35° ve kesme hızları 90, 120, 150 m/dak, ilerleme hızları 0,1, 0,2, 0,3 mm/devir, delme derinliği ise 23,5 mm olan delik delme deneyleri yapmışlardır. Tüm kesme hızlarında, ilerleme hızının artması ile eksenel kuvvetlerde artış olduğu tespit edilmiştir. En düşük ilerleme kuvvetleri, 0,1 mm/devir ilerleme hızında, en yüksek kuvvetler ise 0,3 mm/devir ilerleme hızında gerçekleştiği belirtilmiştir. Ayrıca, düşük ilerleme hızında kesici takımlar arasındaki kuvvet farklarının az olduğu, ilerleme hızları arttıkça kuvvetler arasındaki farkların da arttığı belirtilmiştir. Aynı şekilde, 90 m/dak kesme hızında oluşan kuvvetler, birbirlerine çok yakın iken kesme hızlarındaki artış ile kuvvetlerdeki farkların da

artmış olduğu tespit edilmiştir. Düşük kesme hızlarında eksenel kuvvet değerlerinin birbirine yakın çıkması, delme sırasında iyi bir talaş akışı için yeterli ısının oluşmamasına ve kaplama özelliğinin belirginleşmemesine bağlı olduğu vurgulanmıştır. Yüksek hızda yapılan delme işlemlerinde, kısa talaş olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, yapılan deneyler sonucunda, düşük kesme hızı ve ilerleme değerlerinde daha uzun ve sarımsı renkte talaşlar çıkarken, kesme hızı ve ilerleme değerleri arttıkça, talaş boyunun küçüldüğü ve renginin koyu mavi veya mora dönüştüğü belirtilmiştir. Talaş renginin koyu mavi renkte oluşması aşırı ısınma anlamına geldiği vurgulanmaktadır. Bunun yanı sıra, kesme hızı ve ilerleme değerlerinin artmasıyla daha kıvrımlı, konik yapıda bir talaş yapısının meydana geldiği belirtilmiştir (Gökçe, Yavuz, Gökçe, ve Şeker, 2017).

Kayır ve Suzgunol çalışmalarında, AISI P20 kalıp çeliğinin kaplamasız HSS matkaplarla gagalama yöntemi uygulayarak delikler delinmesinde kullanılacak optimum parametreleri tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmada taguchi analizleri ile ilerleme oranının etkisinin; moment, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve delik çapı üzerindeki etkisinin kesme hızından fazla olduğu belirtilmiştir. İlerleme değerinin artması momentin, kesme kuvvetinin, yüzey pürüzlülüğünün ve delik çap değerlerinin hızlı bir şekilde artırdığı belirtilmiştir. Kesme hızındaki artış, moment, kesme kuvveti, yüzey pürüzlülüğü ve delik çap değerlerinde ani bir artışa sebep olmadığı söylenmiştir (Kayır ve Suzgunol, 2018).

Kayır ve arkadaşlarının yaptıkları iki farklı çalışmada, AZ91 magnezyum alaşım malzeme delinerek dairesellik, yüzey pürüzlülüğü, delik ölçü tamlığı ve farklı işleme parametrelerinin itme kuvveti üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Kesici takım malzemesinin yüzey pürüzlülüğünde büyük etkiye sahip olduğu buna karşın delik çapındaki sapma ve daireselliğe etkisinin az olduğu belirtilmiştir. Yüzey pürüzlülüğü ve dairesellikte en iyi sonuçlar HSS matkaplarla elde edilirken delik çapındaki en iyi sonuçlar kaplamasız karbür takımlarla elde edildiği belirtilmiştir. İlerleme oranı ve devir yükseldikçe yüzey pürüzlülüğünde ve dairesellikten sapmada artışların olduğu, düşük devir sayısı ve yüksek ilerleme ise çap hatalarını artırdığı vurgulanmıştır. İlerleme oranı artırıldığında itme kuvveti artmış ancak bu durum devir sayısında aynı olmadığı belirtilmiştir (Kayır, 2014), (Aldaş, Özkul, Taşkesen, ve Kayır, 2014).

Fernandes ve Cook deneysel çalışmalarında, karbon kompozit malzemeyi delme esnasında kuvvet ve torkun delik kalitesi ve aşınmaya tesirini incelemişlerdir. Ayrıca, takım aşınması ve iş parçası kalınlığının kesme süresi boyunca kesme kuvveti ve torka tesiri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, aynı matkap ucuyla delinen delik sayısı artıkça ilerleme kuvvetinin arttığı, fakat torkun ciddi anlamda etkilenmediği belirtilmiştir. İş parçası kalınlığının kesici takım aşınmasında önemli rol oynadığını da belirten yazar, küçük bir iş parçası kalınlığının dahi büyük oranlarda ilerleme kuvvetine neden olarak aşınmaya sebep olduğu ifade edilmektedir (Fernandes ve Cook, 2006).

Çakır yaptığı çalışmada, kesici takım türü, iş parçası malzemesi ve kesme parametrelerinin matkapta oluşan kuvvet ve momentlere etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Al 7075 ve Al 6013 malzemeler HSS ve karbür matkaplarla, kesme şartlarından sadece kesme hızı ve ilerleme değerleri değiştirilerek deneyler yapılmıştır. Kurulan deney düzeneği; sıcaklık, titreşim, kesme kuvvetleri ve momentleri inceleyecek biçimde oluşturulmuştur. Yapılan deney ve araştırmalar sonucunda, maliyeti HSS matkaplardan daha fazla olan karbür takımlarla bazı kesme parametrelerinde daha olumsuz sonuçlar ortaya konulmuştur. Alüminyum gibi sünek bir malzemenin bu parametrelerde karbür takımla işlenmesinde daha fazla talaş sıkışması ve takım kırılması görülmektedir. Buna karşılık olarak HSS matkaplarda yüksek ilerleme ve kesme hızlarında takım sıvanmasından kaynaklanan kesme zorluğu, buna bağlı olarak titreşimin ve kuvvetlerin artışı; ölçü tamlığı ve yüzey pürüzlülüğünü etkilemektedir. Buna bağlı olarak, düşük kesme hızlarında HSS takımın kullanılması önerilmektedir (A. Çakır, 2009).

Kuzu çalışmasında, magnezyum, titanyum ve krom gibi alaşım elementleri ile yüksek çekme, aşınma ve korozyon dayanımlı motor bileşenleri olarak kullanılan kompakt grafitli dökme demirler (KGDD) kullanmıştır. Derin delik delme işlemi sırasında, iş parçası sıcaklıklarının modellenmesinde ısı yükler hem analitik hem de ters ısı transferi yöntemi kullanılarak hesaplanmış ve sıcaklık modelinde uygulanmıştır. Takımın içindeki kanallarında ve serbest yüzeydeki basınçlı havanın ısı taşınım katsayısı akışkanlar mekaniği prensibi kullanılarak hesaplanmış ve sonlu elemanlar modelinde sınır şartı olarak uygulanmıştır. Sonuç olarak, KGDD delik delme işlemi sırasında, matkap ömrünün talaş oluşumuna ve talaşın uzaklaştırılmasına bağlı olduğu gösterilmiştir ve üretim sistemlerinde kullanılan sulu kesme yerine sadece basınçlı hava kullanmanın işlem sırasında mümkün

olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, talaşın uzaklaştırma probleminden dolayı sadece hava kullanımının diğer yöntemlerden daha verimli olduğu belirtilmiştir (Kuzu, 2016).

Çakır yaptığı çalışmada, AA7075 ve AA2024 alüminyum alaşımları dört farklı soğutma yönteminde (içten minimum miktarda yağlama (MMY), dıştan MMY, geleneksel soğutma ve basınçlı havayla soğutma) kesme sıvısının olumsuz etkilerini yok etmeyi, üretim maliyetini düşürmeyi ve ürün kalitesini artırmayı amaçlamıştır. Çalışmada, dört farklı kesme hızı (100, 125, 150, 175 m/dk) ve dört farklı ilerleme (0,10, 0,15, 0,20, 0,25 mm/dev) kullanılmıştır. Dört soğutma yöntemi iki ayrı tezgâhta uygulanabildiği için, tezgâh faktörünün belirlenebilmesi adına kuru kesme şartlarında ek deneyler yapılmıştır. Yapılan ek deneylerde üç farklı takım tezgâhı (EcoSpeed-ES, DS Droop Rein-PMM ve Mori Seiki-MS), üç farklı kesme hızı (100, 125, 150 m/dk) ve üç farklı ilerleme (0,10, 0,15, 0,20 mm/dev) kullanılmıştır. Soğutma şartlarının karşılaştırıldığı ana deneyler ve tezgâh faktörünün karşılaştırıldığı ek deneyler Taguchi deney tasarımına göre yapılmıştır. Deneyler sonunda deliklerin yüzey pürüzlülüğü, çaptan sapma, dairesellikten sapma ve silindiriklikten sapma olmak üzere delik kalitesinin yanında, kesici takımlara etki eden ilerleme kuvvetleri ve momentler incelenmiştir. Elde edilen veriler ANOVA ve Sinyal/Gürültü (S/N) testleri ile değerlendirilmiştir. Deneyler sonunda çıktı parametrelerini en çok soğutma yöntemlerinin etkilediği ortaya konmuştur. En düşük değerler, geleneksel soğutma uygulamasında olduğu verilirken, içten MMY uygulamasında elde edilen sonuçların geleneksel soğutma yöntemine çok yakın olduğu belirtilmiştir. İlerlemelerdeki artış, tüm çıktı parametrelerinde, genelde artışa neden olduğu belirtilmiş ve kesme hızının çıktı parametreleri üzerindeki etkisinin daha belirsiz olduğu tespit edilmiştir. AA7075 alaşımından elde edilen sonuçların; kuvvet, moment ve yüzey pürüzlülüğü açısından daha belirgin olmakla birlikte, genel olarak çıktı parametrelerinde, AA2024 alaşımından daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yapılan tekrar deneylerinde, tüm çıktı parametreleri için 1. delikten 30. deliğe artış miktarı geleneksel soğutma ve içten MMY uygulamalarında düşük olduğu belirtilirken, dıştan MMY ve basınçlı havayla soğutmada daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Tezgâh kıyasının yapıldığı ek deneylerde ise kuru kesme şartlarında elde edilen tüm çıktı parametreleri tüm soğutma yöntemlerinin kullanıldığı uygulamalardan daha yüksek olduğu belirtilmiştir. ES tezgâhında yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar PMM tezgâhından elde edilen sonuçlara yakın olduğu ortaya konmuştur ve PMM tezgâhında elde edilen sonuçların % 1-6 daha düşük olduğu belirlenmiştir (A. Çakır, 2015).

Yavuz çalışmasında, delme işleminde kesme kuvveti, moment yüzey pürüzlülüğü ve geometrik toleranslar için en ideal takım geometrisi ve kesme parametrelerini, Taguchi S/N analizi ve GİA yöntemi kullanarak belirlemiştir. Farklı ilerleme miktarı ve kesme hızı kullanarak 4 farklı matkap geometrisinin, delme işlemindeki işleme kaliteleri incelenmek için GGG 50 malzemesi kullanılmıştır. İlerleme miktarı arttıkça ilerleme kuvveti ve momentin de arttığı belirtilmiştir. İlerleme miktarına bağlı olarak, moment ve ilerleme kuvvetindeki değişim göz önüne alındığında, dört matkap içinde en düşük ilerleme kuvveti ve moment deneylerde kullanılan en düşük ilerleme miktarı olan 0,15 mm/dev ilerleme miktarında olduğu belirtilmiştir. En yüksek ilerleme kuvveti ve moment ise en yüksek ilerleme miktarı olarak seçilen 0,30 mm/dev’de olduğu belirtilmiştir. Kesme hızının artması ile yüzey pürüzlülüklerinin azaldığı tespit edilmiştir. İlerleme kuvveti, moment, yüzey pürüzlülüğü ve geometrik toleranstan sapmaların oluşmasında en etkili faktörler, GİA yöntemine göre sırası ile ilerleme miktarı, takım geometrisi ve kesme hızı olarak sunulmuştur. Kesme kuvveti, moment ve yüzey pürüzlülüğünün oluşumunda en etkili faktör, ilerleme miktarı iken, en az etkisi olan kesme hızı olarak tespit edilmiştir. Takım aşınması incelendiğinde; bütün takımlarda radyal ağız aşınması ve dış köşe aşınması olduğu belirtilirken, ilerleme miktarının artmasıyla genellikle radyal ağız aşınmasının da arttığı tespit edilmiştir. BUE’nin ilerleme miktarının artışına bağlı olarak arttığı vurgulanmıştır. Ayrıca, bütün kesme şartlarında, matkabın deliğe ilk girişinde uzun talaşlar elde edildiği belirtilmiştir (Yavuz, 2017).

Şekerci çalışmasında, AISI 316L paslanmaz çelik malzeme üzerinde yapılan delme deneyleri ile kaplamasız ve TiN/TiAlN/TiCN çok katmanlı kaplamalı HSS ile kesme hızı ve ilerlemenin kesme bölgesinde oluşan sıcaklık, kesme kuvvetleri ve yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, kesme bölgesinde oluşan sıcaklık değerlerinin, ilerleme arttıkça azaldığı belirtilmiştir. Kaplamalı kesici takımlarla yapılan deneylerde, kesme bölgesi sıcaklıklarında kayda değer bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Bu duruma, kaplama malzemesinin düşük sürtünme ve ısı iletim katsayısına sahip olmasının sebep olduğu belirtilmiştir. Sabit kesme hızında, ilerleme miktarı arttıkça, ilerleme kuvvetlerinin de arttığı belirtilmiştir. Düşük ilerleme miktarlarında, düşük ilerleme kuvveti değerleri tespit edilmiştir. Kaplamalı takımlarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri, kaplamasız takımlarla elde edilenlere göre ortalama % 2 - % 15 oranlarında daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Artan ilerleme miktarları ve kesme hızlarıyla birlikte,

moment ve kesme kuvveti değerlerinin de arttığı belirtilmiştir. Bu durum, kesme şartlarının daha fazla zorlaşmasına ve bu nedenle daha yüksek bir kuvvete ihtiyaç duyulmasına atfedildiği belirtilmiştir. Tüm deney sonuçlarında, kaplamalı takım kullanımının moment değerlerinde de kayda değer bir düşüşe sebep olduğu belirtilmiştir. Düşük sürtünme katsayısı sebebiyle ilerleme kuvvetleri düşmüş, dolayısıyla bu durum moment değerlerine de yansımıştır. İlerleme miktarlarının azalması ve kesme hızlarının artması sonucunda ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinde % 70'lere varan oranlarda iyileşme belirtilmiştir. Kaplamalı takımlar kaplamasız takımlarla kıyaslandığında, kaplamalı takımlarla daha iyi yüzey kaliteleri elde edilmiştir (Şekerci, 2012).

Yağmur çalışmasında, AISI 1050 malzemesi üzerinde yaptığı delme deneyleri ile kesici takım kaplaması, kesme hızı ve ilerlemenin kesme bölgesinde oluşan sıcaklık, kesme kuvvetleri ve delik kalitesi (yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı, dairesellik) üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Kesme bölgesinde oluşan sıcaklık değerlerinin ilerleme arttıkça azalma gösterdiği, ilerlemenin artması sonucunda ise talaş tahliye hızının arttığı ayrıca da matkabın malzeme ile temasta olacağı sürenin azalması ile sürtünmeden doğacak sıcaklığın azaldığı belirtilmektedir. Kesici takıma kaplama uygulaması, hemen hemen bütün deneylerde, kesme bölgesi sıcaklıklarını kayda değer bir şekilde düşürdüğü vurgulanmıştır. Talaş hacminin önceden % 50 oranında boşaltılmasıyla kesme bölgesindeki sıcaklıkların düşmesi sağlanmıştır. Bu durum; numunelerin ön delikli olması sebebiyle, kaldıran talaş hacminin az olmasına bağlanmıştır. Kaplamasız ve kaplamalı takımlarla yapılan deneylerin tamamında, sabit kesme hızında, ilerleme hızı arttıkça ilerleme kuvvetlerinde de bir artış olduğu belirtilmiştir. İlerleme miktarının, ilerleme kuvvetleri üzerindeki etkisinin, kesme hızına göre daha yüksek olmasından dolayı, düşük ilerleme miktarlarında düşük ilerleme kuvveti değerleri elde edildiği belirtilmiştir. Kaplamalı takımlarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri, kaplamasız takımlarla elde edilenlere göre ortalama %20-%88 daha düşük olarak sunulmuştur. Talaş hacminin önceden % 50 oranda boşaltılmış olması, ilerleme kuvvetlerinin ve moment değerlerinin, dolu numunelerde yapılan deneylerdeki değerlere oranla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, artan ilerleme miktarları ve kesme hızlarıyla birlikte moment değerlerinin de arttığı belirtilmiştir. Numunelerin dolu ya da talaş hacminin önceden % 50 boşaltılmış olmasının, yüzey kalitesi bakımından çok önemli olmadığı vurgulanmıştır. Ölçüden sapma değerlerine bakıldığında, bütün şartlarda delik çapının anma çapından büyük elde edildiği ve anma çapından sapmanın genel anlamda;

kesme hızı arttıkça ve ilerleme miktarı arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Anma çapı açısından, ölçü tamlığının sağlanmasında kaplamalı takım kullanılması tavsiye edilmiştir. Artan ilerleme miktarı ve kesme hızı, istisnai durumlar hariç, çaptan sapma miktarının artmasına sebep olduğu belirtilmiştir. Elde edilen delik çaplarında anma çapına bağlı ölçü tamlığı için, önerilen sınırlar içinde, daha düşük kesme hızları, orta ilerleme değerleri ve kaplamalı takım kullanılması tavsiye edilmiştir. Matkapla delik delmede dairesellikten sapma üzerinde en etkili parametrenin kesme hızı olduğu tespit edilmiştir (Yağmur, 2011).

Abu Mahfouz çalışmasında, helisel matkaplarda kesici takım aşınmasını izlemek için titreşim sinyallerini ve yapay sinir ağlarını kullanmış ve titreşim verilerini yapay sinir ağları yöntemiyle analiz etmiştir. Matkaplardaki 5 farklı takım aşınmasının (uç aşınması, krater aşınması, yanak aşınması, dış kenar aşınması, kesici kenar aşınması) önceden tahmin edilmesi ve belirlenmesi sağlanmıştır. Deneyleri Ç1040 iş parçası malzemesiyle 12,7 mm (0,5 inç) çapında HSS matkap kullanılarak 300 dev/dak, 400 dev/dak, 600 dev/dak, 900 dev/dak devir ve 150 mm/dak, 200 mm/dak, 300 mm/dak, 400 mm/dak ilerlemelerle gerçekleştirilmiştir. Sonuçta, sinir ağı düzgün bir şekilde eğitildiğinde, sınıflandırma ve örüntü tanıma ve sorunlarını çözmede güçlü ve güvenilir bir araç haline gelebildiği ortaya koyulmuştur. Ayrıca, titreşim sinyallerinin, takım durumunun izlenmesi ve üretim süreci teşhisi için muazzam bir veri kaynağı olduğu şiddetle belirtiliyor (Abu-Mahfouz, 2003).

Armerego ve arkadaşları, geleneksel açıları ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplara etki eden kuvvet ve momentleri daha önceki çalışmalarda teorik olarak incelemiş ve geometrik benzerlik ile kuvvet ve moment tahminini bu çalışmada yaptığı deneylerde doğrulamışlardır. Deneyde üç farklı çaptaki (1, 1,25 ve 0,75”) matkap ile 65S-T6 alüminyum alaşımı olan deney numunesini üç farklı ilerlemeyle delerek bir dinamometre ile tepki kuvvetleri ölçülmüştür. Geleneksel matkaplar ile açıları ve ölçüleri değiştirilmiş matkaplar için kuvvetlerin bir kıyaslaması yapılmış ve elde edilen veriler istatistiksel metotlar kullanılarak yorumlanmıştır. Buna göre değiştirilmiş matkaplarda %40-42 oranında kuvvet; %15 oranında momentte azalma tespit edilmiştir. Sonuç olarak, bilinen basit eğik kesme parametrelerinden faydalanarak matkap asıl kesici kenarlarındaki kuvvet ve momentlerin hesaplanabileceği ortaya konulmuştur (Armarego ve Cheng, 1972).

Nouari ve arkadaşları çalışmalarında, alüminyum alaşımının kuru delinmesinde kesici takım aşınmasının deneysel olarak analizini ve optimizasyonunu yapmışlardır. Kesme parametrelerinin delik kalitesine tesiri incelenerek, alüminyum malzeme için optimal kesme hızının 65 m/dak olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca deliğin ortalama yüzey pürüzlülüğü, çapak boyu ve sapmaları da kesme parametrelerine bağlı olarak incelenmiştir. Ayrıca, değişik kaplama türlerinin delik kalitesine tesiri de incelenmiştir ve kaplamaların işleme kalitesini ciddi mahiyette etkilemediği ortaya koyulmuştur. Kesici takım yüzeyindeki sıcaklık dağılımının analizinde ise yazılım olarak Third Wave Advant Edge kullanılmıştır. Aşınmada ve sıcaklığı belirlemede ise sürtünme kanunu olarak Columb'un Kanunu referans alınıp modele uygulanmıştır (Nouari, List, Girot, ve Coupard, 2003).

2.2. Maliyet Hesaplamayla İlgili Çalışmalar

Pamukoğlu ve Göloğlu çalışmalarında, imalatı yapılacak ürünler üzerinde bulunan deliklerin işlenmesi için çözümler üreten bir bilgi tabanlı sistem geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistemde, üniversal matkap tezgâhlarında işlenebilen 19 adet delik çeşidi için üretim kuralları oluşturulmuştur. Girilen biçimsel parametrelerin ışığında, sistemde tanımlı bulunan üretim kuralları ile maliyet merkezli çözümler üretilmiş, en uygun maliyetli işleme yöntemi ve süreleri hakkında çözümler sunulmuştur. İşleme yönteminin seçimine ek olarak işleme sıraları, bu işlemleri gerçekleştirecek kesici takım çapının tespiti ve uygun takımın belirlenmesiyle esas işleme süresinin hesabı yapılarak, işlenen delikler için maliyet hesaplaması yapılmıştır (Pamukoğlu ve Göloğlu, 2004).

Bıçakçı ve Tekin çalışmalarında, niteliklerin ayrıntılı biçimde ortaya dökülmesi açısından önce geleneksel maliyet sistemleri sonra da faaliyet tabanlı maliyet sistemi sunulmuştur. Ayrıca, geleneksel maliyet sistemleri ile faaliyet tabanlı maliyet sistemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Geleneksel maliyet sistemleri ile mamul maliyetinin hatalı hesaplandığı, üretilen raporların sadece mali bilgiler içerdiği, bilgilerin zamanında hazırlanamadığı ve şirketlerde gerekli kararların zamanında ve tam olarak verilemediği belirtilmiştir. Geleneksel maliyet sistemlerinin uzun ömürlü hayat eğrileri, yüksek işçilik girdisi, düşük oranlı genel üretim giderleri ve düşük üretim teknolojisi için tasarlanmış sistemler olduğu belirtilmiştir. Şirketlerin maliyetleri içerisinde direkt işçiliğin payı azalırken, endirekt maliyetlerin payının arttığı belirtilmiştir. Bu yüzden, faaliyet tabanlı

maliyet sisteminde, maliyete etkisi olan tüm faktörlerin ortaya çıkarıldığı ve bunların şirket performansına olan etkilerinin belirlendiği belirtilmiştir. Böylece, üst yönetimin, maliyeti oluşturan tüm etkenleri, zamanında görebilecek ve bu maliyetlerin azaltılması konusunda gerekli stratejileri zamanında saptayabilecekleri ortaya konmuştur. Sonuç olarak, faaliyet tabanlı maliyet sisteminin ürün maliyeti konusunda daha doğru ve daha güvenilir bilgi vererek satış fiyatının daha doğru hesaplanmasını sağlanabileceği belirtilmiştir (Bıçakçı ve Tekin, 2006).

Kolahan ve Liang ise çalışmalarında, delik delme işlemlerinde toplam süreç maliyetini minimize edecek ‘tabu-search’ yaklaşımını önermişlerdir. Bu çalışmada belirtilen problemin formüle edilmesinde dikkate alınan hedeflerin literatürdekinden farklı olduğu ve sunulan modelin delik delme planlaması problemlerini daha gerçekçi ele aldığı belirtilmiştir. Bu yaklaşımdaki dört önemli konunun; takım hareket planlaması, takım değiştirme zamanlaması, takım seçimi, işleme hızı olduğu belirtilmiştir. Bunlar eş zamanlı olarak ele alınmıştır. Toplam süreç maliyeti, takım maliyeti, işleme maliyeti, takımın boştaki süreç maliyeti ve takım değiştirme maliyetlerini içerdiği ortaya konmuştur. Ayrıca, önerilen ‘tabu-search’ yaklaşımının oldukça basit ve uygulanması kolay olduğu belirtilmiştir. Hesaplamalar için bir PC ve bir C derleyicisinin yeterli olacağı belirtilmiştir. Girdi verilerinin üretim veri tabanından da alınabildiği belirtilmiştir. Toplam üretim maliyetinin hesaplanma sürelerinin önemli ölçüde azaltılabileceği belirtilmiştir (Kolahan ve Liang, 2000).

Loung ve Spedding çalışmalarında; süreç planlama ve işleme parametrelerinin seçimi için süreç planlayan ve delik delme maliyeti tahmin eden, tamamen entegre bir bilgisayar destekli sistem geliştirme ve uygulamasını anlatmışlardır. Sistem bilgiye dayalı olduğu için, grup teknolojisinin kullanımıyla, sınıflandırma kodlarının kullanıcılar tarafından yorumlanması gibi, genellikle ilgili süreç planlamada görülen birçok pratik sorunun üstesinden gelmeye yardımcı olacağı vurgulanmıştır. Bu sistem aynı zamanda esnektir ve şirket kullanıcılarının bireysel gereksinimlerini karşılamak için bilgi tabanlarında depolanan bilgileri değiştirebilmelerini sağladığı belirtilmiştir. Bu sistemin bir başka özelliğinin de, endüstride yaygın olarak kullanılan çeşitli işlenebilirlik veri formatlarını desteklemesi yeteneğinin olduğu belirtilmiştir (Luong ve Spedding, 1995).

Baysan ve Durmuşoğlu çalışmalarında, yalın maliyet muhasebesi sisteminin tasarlanması, bu sistemin ilke ve araçlarının belirlenmesi, sistemin işleyiş biçiminin ve sonuçlarının tartışılmasını amaçlamışlardır. Bu sebeple, yalın üretim konusundaki akademik çalışmaları yönlendirecek ve sanayi uygulamalarında kullanılabilecek bir yol haritası çizilmesi için gerekli bilgi birikimi sunulmuştur. Geleneksel maliyet muhasebesinin kitle üretimi mantığıyla çalışması sebebiyle müşteri beklentilerini karşılayamadığı belirtilmiştir. Yalın maliyet muhasebesinin ise doğruya yakın maliyet bilgisi verdiği ve yalın ilkeleri desteklediği ortaya konmuştur (Baysan ve Durmuşoğlu, 2008).

Ülker ve İskender çalışmalarında, işletme yönetimlerinin alacakları kararlarda yol gösterecek bilgilerin kaynağı olarak, maliyet bilgi sistemlerinin en önemli kaynak olduğunu vurgulamışlardır. Yönetimin ihtiyaç duyduğu maliyet bilgilerini, mal ve hizmet maliyetlerinin belirlenmesinde faaliyetleri esas alarak oluşturan FTM sistemi daha doğru ürün maliyetleri yanında sunduğu doğru ve güvenilir bilgilerle işletmenin rekabet gücünü yükselteceği belirtilmiştir. FTM'nin en önemli sonucu; verimsiz alanları tespit etmeye ve doğru ürün maliyetlerinin sağlanmasına ve doğru maliyet bilgilerinin üretilmesine yardımcı olacak bir sistem olması olarak belirtilmiştir. FTM sisteminin, işletme faaliyetlerinin tüketimi ve bu faaliyetlerin tükettiği kaynaklar ile ilgili detaylı bilgileri, yöneticilerin alacakları kararlarda kullanmaları için daha doğru bir şekilde sunan bir sistem olduğu belirtilmiştir (Ülker ve İskender, 2005).

Demirci ve Çaldaş ise çalışmalarında, değişken maliyet yöntemi, üretilen mamullerin gerçek maliyetinin o mamuller için yapılan değişken üretim giderlerinden oluştuğunu kabul etmişlerdir. Sabit genel üretim giderlerini, üretim maliyetleri dışında tutulması gerektiğini kabul eden yöntem, sabit genel üretim giderlerini dönem giderleri olarak değerlendirdiği belirtilmiştir. Bu bakımdan, değişken maliyet yönteminde faaliyet hacmine göre değişiklik gösteren giderlerin tespitinin büyük önem taşıdığı belirtilmiştir. En küçük kareler yöntemi toplam maliyet fonksiyonunun tespitinde kullanılmıştır. Elde edilen maliyet fonksiyonunun, determinasyon katsayısı, korelasyon katsayısı ve t-testi aracılığıyla gerçeğe yakınlığı ölçülmüştür. Yapılan hesaplamalar (determinasyon katsayısı ve korelasyon katsayısı) sonucu elde edilen verilere göre, elde edilen fonksiyon % 94 oranında faaliyet hacmindeki değişikliklerden etkilenen değişken maliyetleri temsil edebilmektedir. Yine yapılan t-testi ile elde edilen maliyet fonksiyonunun gerçek bir maliyet-hacim ilişkisini yansıttığı ortaya

konmuştur. Sonuç olarak, değişken maliyet yöntemi, yönetim kararlarında sabit giderler yöntemine oranla, değişken giderleri fazla olan işletmelerde daha isabetli sonuçlar verebildiği belirtilmiştir (Demirci, 2009).

2.3. Literatür Araştırmasının Değerlendirmesi

Yapılan çalışmalarda, daha çok farklı malzemelerde değişken parametrelerle delik delme işlemleri, delik kalitesi, delik delmedeki talaş kontrolü ve ısı gibi problemlerin araştırıldığı görülmüştür. Bu problemlere karşı geliştirilmiş delme yöntemleri ve bu yöntemlerin uygulama alanları araştırılmıştır. Bu yöntemlerden doğrudan delme, talaş kırmalı delme ve talaş boşaltmalı delme yöntemleri konularının araştırıldığı görülmüştür. Ayrıca bu yöntemlerde karşılaşılan yüzey pürüzlülüğü, dairesellik gibi delik kalitesini etkileyen faktörler araştırılmıştır. Diğer taraftan da delme yöntemlerinin maliyete olan etkilerini hesaplamak için kullanılabilecek yöntemler ve formüller ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ise, üç delik delme yöntemi ile AISI 1050 çeliğini 8 mm HSS matkap ile delinerek, delme süreleri, yüzey pürüzlülükleri, kesme kuvvetleri, eksenel kaçıklık ve ölçü tamlığı IT tolerans değerleri açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca C# paket programı ile bir maliyet programı hazırlanmış ve yöntemlerin delme maliyetleri kıyaslanmıştır.

3. KURAMSAL ESASLAR

3.1. Delik Delme İşlemi

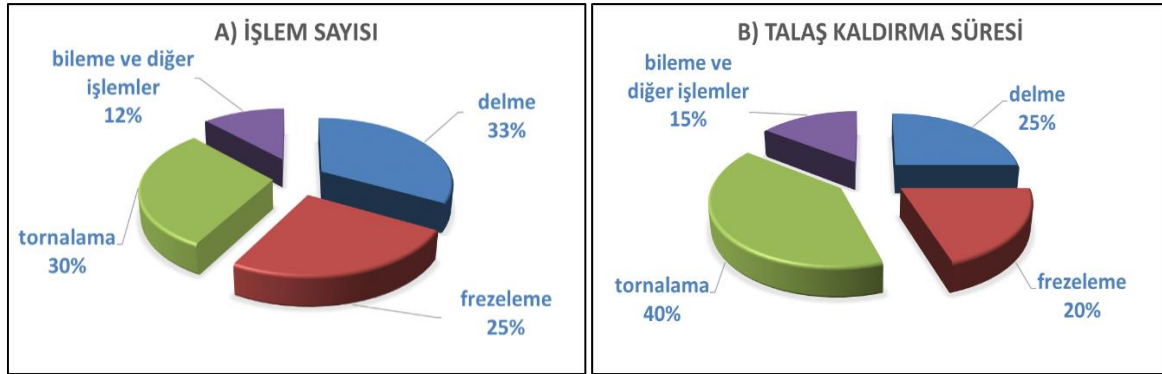
Delik delme işlemi, kesici bir takım ile işlenen malzeme üzerinde silindirik boşluk oluşturma uygulamalarının genel adıdır. Delme işlemlerinde aksel ve dairesel hareketle Şekil 3.1'deki gibi kesici takımın parça üzerinde silindirik delik oluşturmaya esastır (Talaşlı İmalat İşlemleri ve Makineleri Tesviyecilik, 2006).



Şekil 3.1. Delme işlemi

Delik delme adı altında kısa ve derin delik delme tabirleri haricinde broşlama, raybalama, havşa açma ve ovalama (parlatma) gibi uygulamaları da barındırır (M. C. Çakır, 2000). Bu uygulamalardaki ortak nokta, kesici takımın veya parçanın kendi ekseni etrafında dönmesi ve takımın bu ekseninde ilerlemesi ile talaş kaldırmasıdır (Avuncan, 1998). Derin delik delme işlemi, delik çapına kıyasla delik boyunun çok fazla olan ve bu yüzden de kendine has uzmanlık gerektiren uygulamalardır. Delik derinliği, delik çapının 150 katı olabilir (Sandvik Coromant, 1994). Derin delik delme ve kısa delik delme uygulamaları arasında talaş boşaltmayı, delik kalitesini ve talaş debisini etkileyen parametreler farklılık göstermektedir (Kıvak, 2007).

Tornalama, frezeleme ve delik delme işlemleri talaşlı imalat işlemlerinin en çok kullanılan yöntemleridir. Delik delme işlemleri talaşlı imalat uygulamalarının % 33'ünü oluşturmaktadır (Şekil 3.2). Ayrıca süreler baz alındığında bu değer %25'dir (Şekil 3.2) (Tonshoff ve diğerleri, 1994).



Şekil 3.2. Talaş kaldırma işlemlerinin a) işlem sayısına göre ve b) talaş kaldırma sürelerine göre yüzdelik dağılımları (Tonshoff ve diğerleri, 1994)

Delik delme işlemleri genellikle talaşlı imalat işlemlerinin en son uygulamalarındandır. Delme işlemleri, tornalama ve frezeleme işlemleri ile kıyas edildiğinde, kinematik ve dinamik yapılarının benzer olup, talaş akışı ve kesme sıcaklığı dağılımının aynı şekilde olduğu bilinir. Buna ek olarak delme işlemlerinde bazı dezavantajlar vardır. Bunlardan biri ise, talaşın kapalı ortamda oluşmasıdır. Talaş tahliyesini zorlaştıran matkapta biriken talaşın kalınlığı kesici takım ve iş parçası arasında sürtünmeye ve ısının artmasına sebep olur. Bir diğer dezavantaj ise, dönme ekseninde kesici ağzının kesme hızının sıfır olmasıdır. Bu sebeple delme işlemlerinde tezgâh ve iş parçasının özelliklerine göre kesici takımın uygun olması gerekmektedir. Bu da imalat endüstrisinde birçok takım geometrisi ve takım malzemesi geliştirilmesini sağlamıştır (Tonshoff ve diğerleri, 1994).

Delik delme işlemleri çok çeşitli iş parçasına ve malzemeye uygulanır. Cıvata, vida gibi delik toleranslarının yüksek olduğu delikler olabildiği gibi kama yuvası veya kalıp pimleri gibi oldukça hassas deliklerde ölçü tamlığı büyük önem arz etmektedir (Krar, Rapisardo, ve Check, 1997). Kullanım alanlarına göre değişen delik hassasiyetleri ISO delik tolerans sistemine göre belirlenmektedir (Şekil 3.3). Burada, ilk kolonda delik çap grupları verilmiştir. Bu grup aralıklarında kalan delik çaplarına göre 20 tane tolerans mikrometre cinsinden verilmiştir. IT değerleri arttıkça tolerans değerleri artar ve hassasiyet azalır. Delik

çaplarının mikrometre hassasiyetinde ölçülmesiyle alınan sonuçların nominal delik çapından farkı bu tablo yardımı ile IT değerlerine dönüştürülür. Böylelikle delinen deliğin ölçü tamlığı IT cinsinden belirlenmiş olur.

ISO tolerans sisteminde IT01, IT00, IT1,..IT 18 olmak üzere 20 tolerans kalitesi bulunmaktadır.

ISO kaliteleri için temel toleranslar

Çap Grupları mm	ISO Toleransı (IT), Tolerans değerleri (µm)																			
Hatı-Dahil	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1-3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	-	-
3-6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	-	-
6-10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	-
10-18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18-30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30-50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50-80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80-120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120-180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
180-250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250-315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315-400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

Şekil 3.3. ISO (IT) delik tolerans tablosu (docplayer.biz.tr)

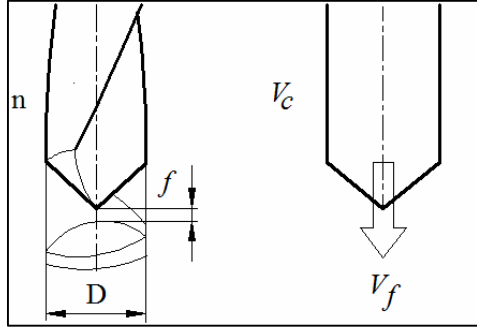
Tolerans kalitesi tolerans alanının büyüklüğünü göstermektedir. Şekil 3.3’de tolerans kalite numarası arttıkça tolerans aralığı genişler, üretim kolaylaşıp maliyet azalırken kalite düşer (docplayer.biz.tr).

3.2. Delik Delme İşlemini Etkileyen Faktörler

Matkapla delme işlemlerinde esas olan kesici takımın ya da iş parçasının dönmesidir. Bu hareketin kaynağı tezgâhtaki fener milinin kendi ekseni etrafında dakikadaki dönüş sayısı n devir sayısı olarak adlandırılır.

Delik delmede kesme hızı V_c olarak gösterilir. Matkabın çapıyla alakalı olarak hesaplanır. Kesici takımın çapı d olarak gösterildiğinde, her dönüşte çevresi $\pi \cdot d$ olan bir daire çizmiş olur.

İlerleme hızı (V_f – mm/dak) birim zamanda alınan yoldur. Takımın iş parçasına veya iş parçasının takıma doğru hareketidir. Bu ilerleme değeri, tablanın veya kesici takımın ilerleme hızı olarak da kullanılır. Devir başına ilerleme (f – mm/dev) ise ilerleme hızını hesaplamak amacıyla kullanılan değerdir (Şekil 3.4) (Avuncan, 1998).



Şekil 3.4. Kesme hızı – ilerleme hızı

Kesme hızı

Matkap ile delik delme işlemlerinde fener milinin dönmesi esasına bağlı olarak kesme hızı Eşitlik 3.1'deki gibi hesaplanır.

$$V_c = (\pi \cdot d \cdot n) / 1000 \quad m/dak \quad (3.1)$$

Burada; d matkap çapı (mm), n dönme hızıdır (dev/dak).

Matkap ile delik delme işlemlerinde kesme ağzının bölgelerine göre kesme hızı değişmektedir. Matkabın merkezinde sıfır olan kesme hızı değeri kenarlara doğru artar ve matkap çapında maksimum değere ulaşır. Bu değişkenliğe rağmen hesaplamalarda 'd' matkap çapındaki kesme hızı esas alınır. Kesme hızını kesici takım üreticilerin ya da yapılan deneyler sonucunda oluşturulmuş cetveller ile belirlenir. Daha sonrasında fener milinin dönme hızı Eşitlik 3.2'deki bağıntı ile hesaplanır ve tezgah bu değere göre ayarlanır.

$$N = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot d) \quad dev/dak \quad (3.2)$$

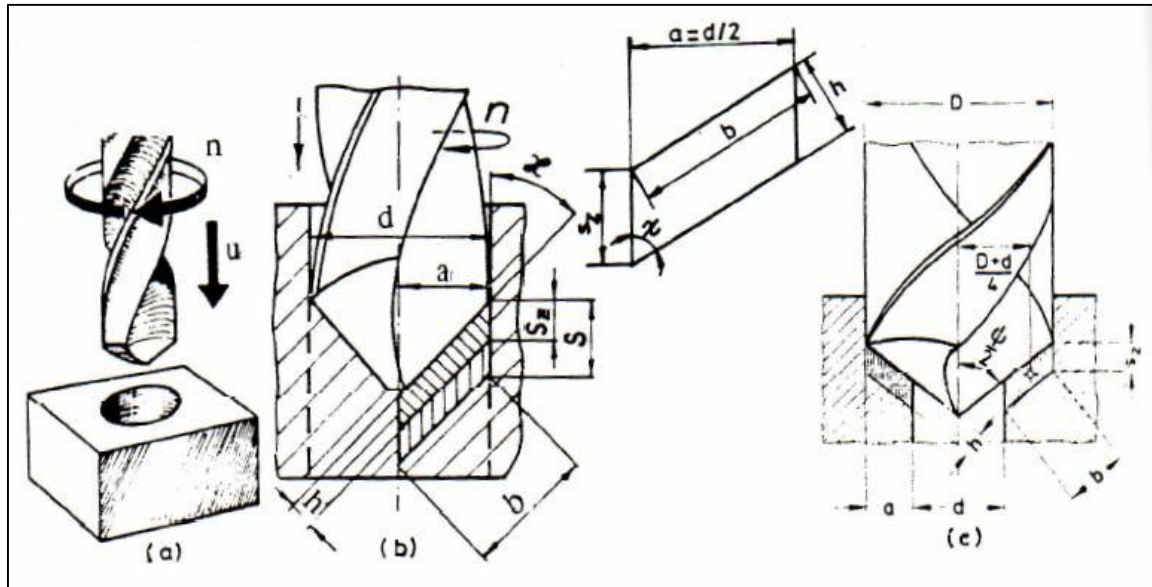
Kesme hızının etkileri

Güç tüketimi üzerinde etkilidir ve takım ömrünü belirlemede etkili faktördür. Yüksek kesme hızı;

- Serbest yüzey aşınma hızını artırır,
- Kesme kenarlarında plastik deformasyona sebep olur,
- Delik kalitesini düşürür,
- Delik ölçülerinde tolerans dışına çıkılmasına sebep olur.

Çok düşük kesme hızı ise;

- Matkapta talaş yığılmasına,
- Talaş tahliyesinin zorlaşmasına,
- Verimliliğin düşmesine,
- Delik başına maliyetin artmasına sebep olur (Meral, 2010).



Şekil 3.5. Helisel matkapla delik delme (a,b) ve delik büyütme (c) (M. Akkurt, 2004)

İlerleme

İlerleme ($s = z \cdot s_z$) eşitliği ile hesaplanır. Kesici takımın bir devirde aldığı yol kadardır. Matkap iki ağızlı kesici takımlardır, bu yüzden z ağız sayısı olduğuna göre bir ağızdaki ilerleme

$$s_z = S / z = s / 2 \quad (mm/dev) \quad (3.3)$$

ve ilerleme hızı

$$u = s \cdot n = z \cdot s_z \cdot n = 2 \cdot s_z \cdot n \quad (mm/dak) \quad (3.4)$$

$$h = s_z \cdot \sin(x) = (s/2) \cdot \sin(x) \quad (3.5)$$

ve $a = d/2$ olduğuna göre

$$b = a / \sin(x) = d / 2 \cdot \sin(x) \quad (3.6)$$

Bir ağıza karşılık gelen talaş kesiti ise,

$s_z = s/2$ değeri ile

$$A_{sz} = b \cdot h = s_z \cdot \sin(x) \cdot \frac{a}{\sin(x)} = s_z \cdot a = \frac{s_z d}{2} = \frac{s d}{4} \quad (3.7)$$

ve toplam talaş kesiti,

$$A_s = 2 \cdot A_{sz} = 2 \cdot S_z \cdot a = s \cdot a = \frac{s d}{2} \quad (3.8)$$

olarak bulunur (Mendi, 2000).

İlerleme hızının etkileri

İlerleme hızı güç tüketiminde etkilidir, talaş oluşumunda etkili faktördür, mekanik ve termal gerilmeler sağlar. Yüksek ilerleme miktarları;

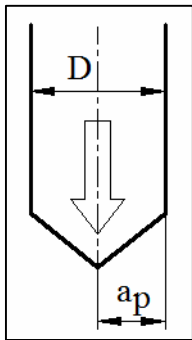
- Talaş kontrolü iyi olur,
- Kesme süresi azalır,
- Takım aşınması azalır,
- Matkap kırılma riski artar,
- Delik kalitesi kötüleşir.

Düşük ilerleme hızında ise;

- Talaş boyu uzar,
- Delik kalitesi iyileşir,
- Takım aşınma hızı artar,
- Kesme süresi artar,
- Delik başına maliyet artar (Meral, 2010).

Talaş derinliği

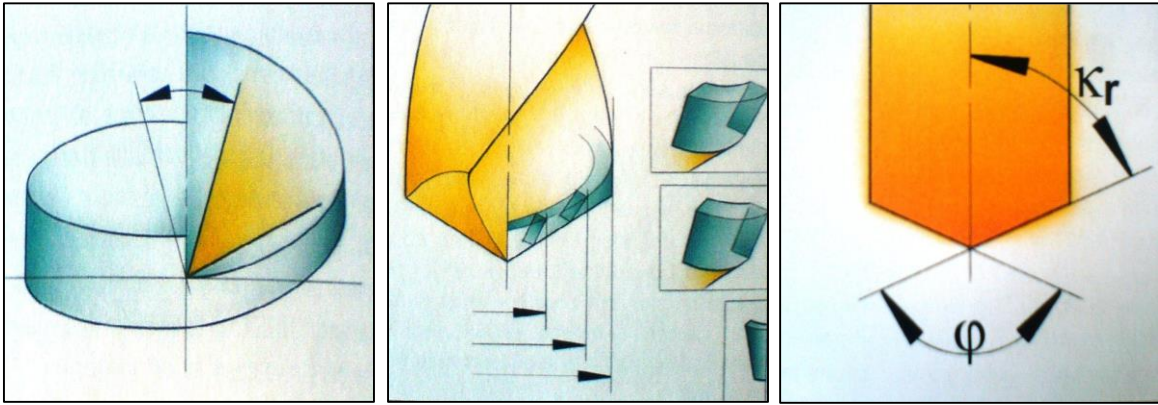
Talaş derinliği ($a_p - mm$), takımın temas ettiği iş parçasındaki yüzeydir. Tornalamadaki gibi yarıçap cinsinden Şekil 3.6'daki gibi gösterilir.



Şekil 3.6. Talaş derinliği a_p (Avuncan, 1998)

Kesici takımlarda birden fazla kesici kenar olabildiğinden z kesici kenar sayısı ($A \text{ mm}^2$) talaş kesit alanını tanımlarken ($f_z \frac{\text{mm}}{z}$) kenar başına ilerleme değeri kullanılır. Bu her kenarda kaldırılan talaşın alanıdır. Talaş derinliği ve her bir kesici kenardaki ilerlemenin çarpımına eşittir. Talaş debisi olarak ($V - \text{mm}^3/\text{dak}$) birim zamanda kaldırılan talaş hacmi bulunabilir.

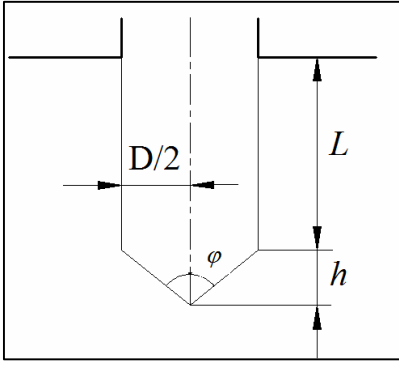
Ayrıca talaş yapısı, işlenen malzeme, kesici takım geometrisi, kesme hızı, ilerleme ve kesme sıvısı gibi etkenler tarafından etkilenir. Çıkan talaş güvenli şekilde uzaklaştırılırsa, talaş uzunluğu ve şekli kabul edilebilirdir. Kabul edilebilir kısa talaş için genellikle ilerleme artırılır ve kesme hızı azaltılır. Matkabın eğim açısı Şekil 3.7'deki kesme kenarında çevreden merkeze doğru azalır (Avuncan, 1998).



Şekil 3.7. Matkabın kesme açısı (Sandvik Coromant, 1994)

Matkabın ucunda kesme hızı ve kesme açısı olmadığından burası etkin olarak kesme işlemi yapamaz. Matkabın uç kısmı malzemeyi kesemediği için parçaya basınç uygular ve batma şeklinde plastik deformasyon gerçekleştirir. Eğer kullanılan tezgâhın gücü, delik için gereken kuvveti karşılayamazsa tezgâhın fener mili ekseninden sapabilir. Sonuçta oval delikler oluşur. Matkap çapı çok küçük olduğunda, burkulma sebebiyle, kırılabilir.

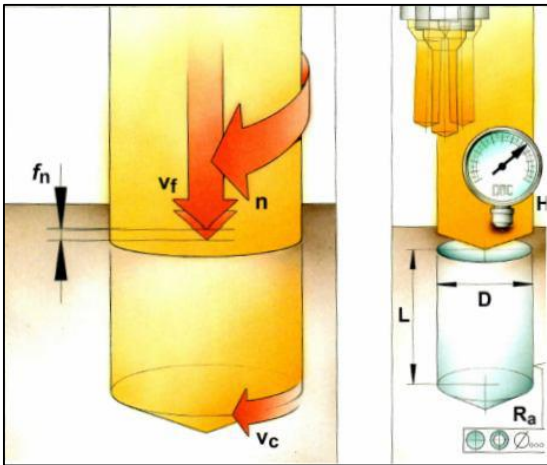
Etkili işleme zamanı ($T - \text{dak}$) hesaplarken, ilerleme uzunluğunu ($L + h - \text{mm}$) (Şekil 3.8) ilerleme hızına ($V_f - \text{mm}/\text{dak}$) bölünmesi sonucu elde edilir. Matkap uç yüksekliği ($h - \text{mm}$) ve kesici takımın ilerlediği miktar ($L - \text{mm}$)'dir.



Şekil 3.8. İlerleme uzunluğu (Avuncan, 1998)

Sonuç olarak bir delik delme işlemini tanımlayan temel faktörler;

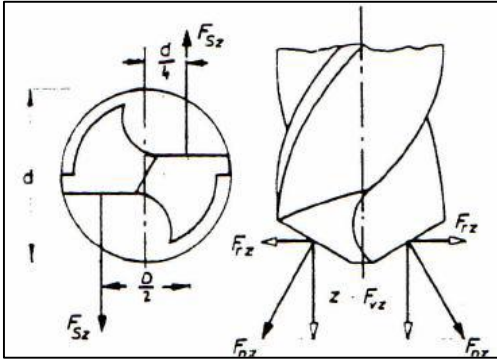
- Çap,
- Derinlik,
- Kalite,
- Malzeme,
- İşleme şartları,
- Güvenilirlik,
- Verimlilik (Avuncan, 1998).



Şekil 3.9. Delik delme işleminin temel faktörleri (Sandvik Coromant, 1994)

3.3. Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Güç

Matkapla delik delme esnasında kesme ağzında oluşan kesme kuvvetleri Şekil 3.10'daki gibidir. Burada kesme kuvveti (F_{sz}), ilerleme kuvveti (F_{vz}) ve radyal kuvvet (F_{rz}) olarak gösterilmiştir. Her ağızdaki radyal kuvvetler konumları sayesinde birbirlerini dengelemektedir. Böylece delme işlemi esnasında yalnızca F_s ve F_v kuvvetleri etki etmektedir.



Şekil 3.10. Matkap kesme kuvvetlerinin gösterimi (Mendi, 2000)

Bir ağızdaki kesme kuvveti

$$F_{sz} = A_{sz} k_s = \frac{dS_z}{2} k_s = \frac{ds}{4} k_s \quad (3.9)$$

ve toplam kesme kuvveti

$$F_s = zF_{sz} = 2F_{sz} = ds_z k_s = \frac{ds}{2} k_s \quad (3.10)$$

şeklinde ifade edilir. Buradan özgül kesme kuvveti

$$k_s = 1,2k_{s11}h^{-z} \quad (3.11)$$

$$k_{sh} = k_{s11}h^{-z} \text{ değeri ile} \quad (3.12)$$

$$k_s = 1,2k_{sh} \quad (3.13)$$

eşitliği ile hesaplanır. "1,2" değeri matkapla delik delme işleminin özelliğinden gelen bir düzeltme unsurudur (Mendi, 2000).

Kesme kuvvetinin etkisiyle oluşan bir ağızdaki kesme momenti

$$M_{sz} = F_{sz} \frac{d}{4} \quad (3.14)$$

ve dolayısıyla iki ağıza karşılık gelen kesme momenti

$$F_s = 2F_{sz} \text{ ile} \quad (3.15)$$

$$M_s = zF_{sz} \frac{d}{4} = 2F_{sz} \frac{d}{4} = F_s \frac{d}{4} \quad (3.16)$$

$$M_s = \frac{d^2 s k_s}{8 \cdot 10^3} [N \cdot m] \quad (3.17)$$

olarak yazılır. Burada d (mm), s (mm/dev), k (N/mm²) ile M_s (Nm) değeri bulunur. Bu M_s değerine göre delinebilecek delik çapı

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^3 \cdot M_s}{s \cdot k_s}} [mm] \quad (3.18)$$

ile bulunur. İlerleme $s = z s_s$ bağıntısı ile bulunur. Toplam ilerleme kuvveti

$$F_v = 2 \cdot F_{vz} = 2 \cdot F_{sz} \cdot \sin x = F_s \cdot \sin x \quad (3.19)$$

eşitliği ile hesaplanır. İlerleme kuvveti F_v eksenel kuvvettir. Delik delinirken ana kesme ağızlarındaki bu kuvvetin yanında, radyal kesme ağızında da eksenel F_1 ilerleme kuvveti oluşur. Böylece, bir delik işleminde matkaba etki eden ve aşılması gereken eksenel kuvvet Eşitlik 3.20'deki gibi olur.

$$F_a = 2 \cdot F_{vz} + F_1 = F_v + F_1 \quad (3.20)$$

Yapılan deneysel çalışmaların sonucunda eksenel kuvvetin oranları, %40'ı F_v , %57'si F_1 ve %3'ü sürtünme kuvvetidir. İşleme esnasında eksenel kuvvet F_a ilerlemeyi sağlayan makine bileşenlerini ve özellikle rulmanları (yatakları) zorlar. Bu yüzden tezgâhın oluşturulması maksimum eksenel kuvvet ($F_{a\max}$)'a göre tasarlanır. İşleme esnasında $F_a > F_{a\max}$ olacak olursa, ilerleme görevi yapan elemanlar ve rulmanlar çabuk bozulacaktır. Bununla beraber F_a kuvveti kesici takımı burkulmaya zorlar. $F_{a\max}$ değeri makinelerin kataloglarında yer alır.

Kesme gücü ve tezgâh gücü

Delik delme işlemi esnasında harcanan güç, takımın kesmesi ve ilerleyebilmesi için ihtiyaç duyduğu güçtür. Kesme gücü $\overline{\omega} = \pi \cdot n/30$ ve $M = p/\omega$ eşitliklerine göre

$$P_s = M_s \cdot \omega = \frac{\pi}{30} \cdot M_s \cdot n = \frac{M_s \cdot n}{9550} \quad [kW] \quad (3.21)$$

olarak yazılır. İlerleme gücü

$$P_v = F_v \cdot u = \frac{F_v \cdot s \cdot n}{60 \cdot 1000 \cdot 1000} \quad [kW] \quad (3.22)$$

olur. Toplam güç ise

$$P_{top} = P_s + P_v \quad (3.23)$$

olur. Yapılan araştırmalar doğrultusunda, ilerleme gücü toplam gücün %0,5 ila %1,5'i kadardır. Yani ilerleme gücü ihmal edilebilir. Böylece delme işlemi için gereken güç kesme gücüne eşit alınabilir.

Tezgah gücü ($M_s - N \cdot m$)

$$P_m = \frac{P_s}{\eta_m} = \frac{M_s \cdot n}{9550 \cdot \eta_m} \quad [kW] \quad (3.24)$$

$$(M_s - daN.m) \quad (3.25)$$

$$P_s = \frac{M_s.n}{9550.\eta_m} [kW] \quad (3.26)$$

eşitliği ile bulunur. Burada η_m tezgâhın verimini gösterir.

$$P_m = \frac{d^2.s.k_s.n}{8.10^3.9550.\eta_m} = \frac{d^2.s.k_s.n}{764.10^5.\eta_m} [kW] \quad (3.27)$$

olarak yazılabilir. P_m değerine göre delinebilecek maksimum delik çapı

$$d = \sqrt{\frac{764.10^5.P_m.\eta_m}{s.k_s.n}} [mm] \quad (3.28)$$

denklemleriyle hesaplanır (Mendi, 2000). Burada P_m (Kw), s (mm/dev), k_s (N/mm²) ve n (dev/dak) olarak alınır.

Kesme parametrelerinin belirlenmesi

Parametre olarak kesme hızı ve ilerleme değerleri doğrudan tablolardan alınabilir veya optimizasyon kuralları ve rasyonel olarak belirlenebilir. Yalnız bu değerler kısa delik delme işlemleri içindir yani $l < 3d$ için uygundur. Delik derinliği $l \geq 3d$ olduğunda

$$v = v_{cet} \left(1 - \frac{1}{50.d}\right) ; u = u_{cet} \left(1 - \frac{1}{40.d}\right) \quad (3.29)$$

eşitliği ile belirlenir. Burada v_{cet} kesme hızını, u_{cet} ilerlemeyi gösterir.

Rasyonel yöntemle göre kesme hızı ve ilerleme değerleri, Taylor ya da genişletilmiş Taylor denklemlerine göre belirlenir. Taylor denklemi;

$$v = \frac{C_t}{T^n} \text{ veya } \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^k \quad (3.30)$$

Burada yüksek hız çeliği (HSS) takımları için iş parçası malzemesine göre;

- Çelik için $n = 0,2 - (k = 5)$,
- Dökme demir için $n = 0,125 - (k = 8)$,
- Sert metal takımlar için $n = 0,2 - (k = 5)$ değerleri kullanılabilir (Mendi, 2000).

Delmede uygulanacak paso kalınlığı $a = d/2$ olduğu varsayılırsa, rasyonel yöntemde d değeri hesaplanarak belirli bir ömür için kesme hızı V bulunur. Optimizasyon kurallarına göre T_{opt} ve V_{opt} değerleri hesaplanır.

Esas işleme zamanı

Matkapla delik açmada esas işleme zamanı

$$t_h = L/(s \cdot n) \quad (3.31)$$

bağıntısı ile bulunur. Bu denklemdeki $L - (mm)$ işleme stroku, $s - (mm/dev)$ ilerleme, $n - (dev/dak)$ dönme hızıdır. Kesici takımın parçaya girişi ve çıkışına göre L stroku (Şekil 3.11).

$$L = l_a + l + l_u \quad (3.32)$$

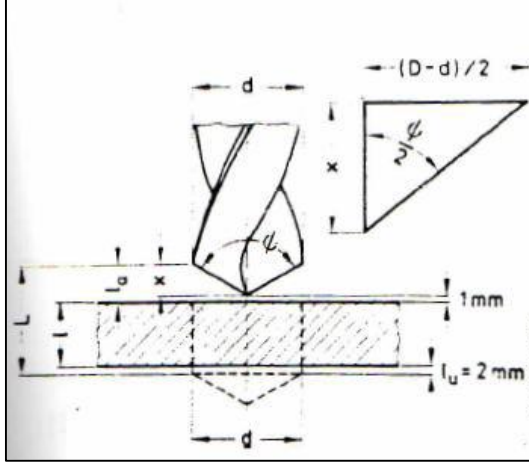
olur. Parçaya giriş stroku l_a değeri matkabın konik kısmının yükseklik değeri olan x ile bulunur. Ayrıca emniyet payı olarak 1mm de dâhil edilir (Şekil 3.11).

$$l_a = x + 1 = \frac{d}{2 \cdot \tan(\psi/2)} + 1 \quad (3.33)$$

eşitliği ile bulunur. Çıkış kurs boyu l_u için bilinen kesin değer olmasa da $l_u = 2 \text{ mm}$ olarak hesaplanması önerilir. Uç açısı $\psi = 118^\circ$ olan helisel matkaplara uygun toplam kurs boyu

$$L = (d/3) + 3 + 1 \quad (3.34)$$

olur. Kör deliklerde ise $l_u = 0$ 'dır.

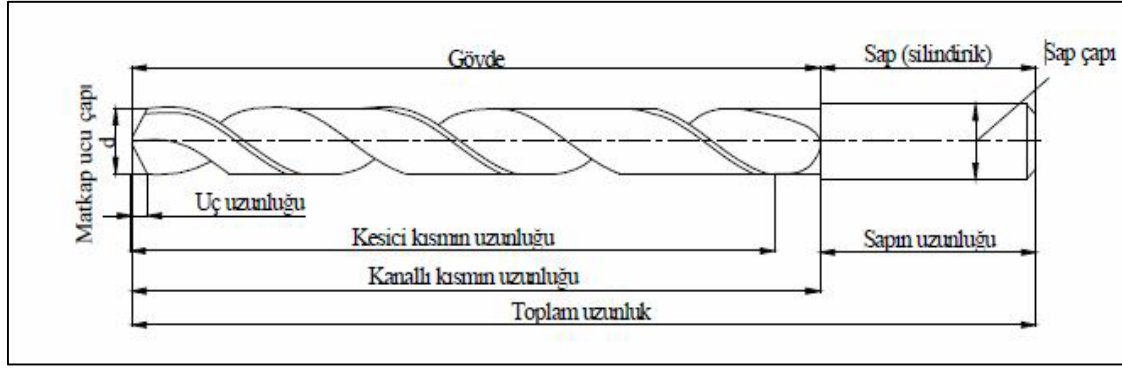


Şekil 3.11. Delme kurs boyu (M. Akkurt, 2004)

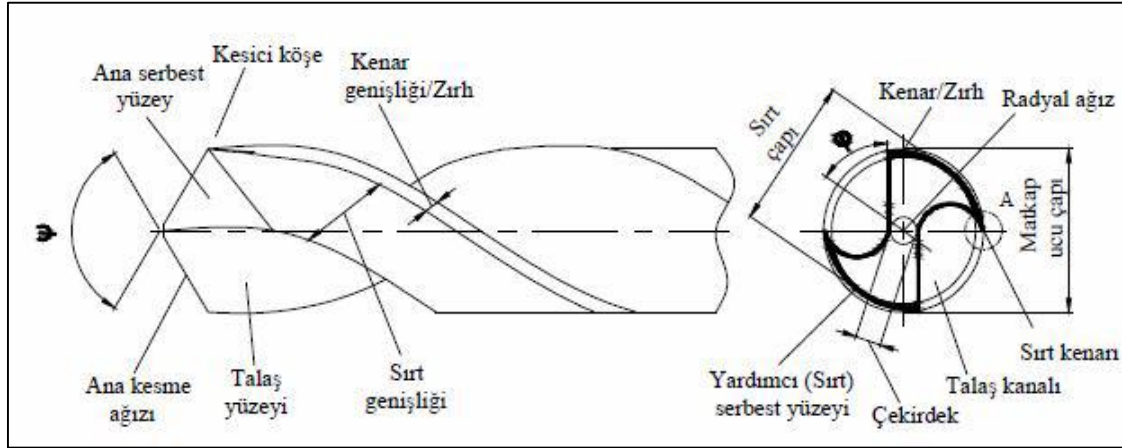
3.4. Delik Delme Takımları (Matkaplar)

Talaşlı imalatta delik delmeye yarayan takıma matkap adı verilir. Talaşlı işlemlerde en çok kullanılan kesici takımlardan biridir. Metalleri işlerken kullanılabilen çeşitli matkaplar geliştirilmiştir. Her matkap çeşidi bir ihtiyaç sonucu oluşturulmuştur (Şahin, 1999).

Matkaplar sap ve gövde olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır (Şekil 3.12). Sap kısmı matkabın tutucuya bağlanma yeridir. Konik veya silindirik olabilir. Talaş kanallarının olduğu kısım sap kısmıyla kaynaklı ya da tek parça üretilmektedir. Bazı matkaplarda sap ile gövde arasında boyun adı verilen kısım vardır (M. Akkurt, 2004).



a



b

Şekil 3.12. Matkap yapısı a) Matkapların genel kısımları b) Matkapların kesici kısımları

Delme işlemlerinde kesme işlemi matkap ucunda olur. Bu bölgede iki veya üç kesici ağız bulunabilir. Her ağız kendine ait talaş yüzeyi ve serbest yüzey bulundundur. Bu ağızların oluşturmuş oldukları konik kısım tam sivri değildir. Arada çekirdek olarak adlandırılan yassı kısım vardır. Çekirdeğin uç genişliği enlemesine kesici kenarı oluşturur. Uç kısmındaki konik alan ise *serbest yüzey*dir. İki kanal arasında kalan yüzeyler ise *sırt* olarak adlandırılır. Sırt bölgesinde kanallar boyunca bulunan helisel yüzeye *zırh* denir. Zırhın kanal tarafı *yardımcı kesici kenar*dır (Şekil 3.12) (M. Akkurt, 2004).

3.4.1. Matkap malzemeleri

Kesici takımlar, malzemelere şekil vermek için geliştirilen boyut hassasiyeti olan, kaliteli ve genelde yüksek teknoloji ürünü olan malzemelerden oluşan yapılardır. İşlenecek malzemenin özelliklerine göre kesici takımlar sınıflanır bu yüzden kesici takımın kullanım koşulları, takım malzemesinin belirlenmesini etkiler. Kesici takımlarda olması istenen ortak özellikler; sertlik, sıcak sertlik, aşınma direnci, tokluk ve ekonomik olmasıdır.

Uygun kesici takım ve iş parçasının belirlenmesi ile yapılan uygulamalarda sürtünme sonucu oluşan yüksek sıcaklıktaki aşınma mekanizmalarının (difüzyon, oksidasyon vb.) ortadan kaldırılması ile yüksek kesme hızlarına ulaşılabilir.

Kesici takım malzemeleri genel itibari ile üç ana başlıkta toplanır:

- Metal esaslı,
- Karbür esaslı,
- Seramik esaslı takım malzemeleridir.

Günümüzde ise matkap malzemesi olarak en yaygın kullanılanları:

- Yüksek hız çelikleri,
- Kobaltlı yüksek hız çelikleri,
- Sement karbürlerdir.

Yüzey kalitesi ve takım ömründeki iyileştirme çalışmaları sonucunda, günümüzde kübik bor Nitrür (CBN) ve elmas kaplı takımlar da kullanılmaya başlanmıştır (Özdemir, İpek, ve Zeytin, 1999).

Metal şekillendirme büyük ölçüde kesme ile gerçekleştirilmektedir. Buna istinaden yapılan çalışmalara, işlenecek malzemenin cinsine ve istenen hassasiyete göre farklı kesici takımlar kullanılır. Günümüzde imalat yöntemlerinin gelişmesi ile kesme hızı ve ilerleme değerleri de artmaktadır. Ayrıca üretimde değişik malzemelerin de kullanılabilmesi ve talaşlı üretimdeki tezgâhların gelişimi, kesici takımların da gelişmesine sebep olmuştur.

Kesici takımlardan istenen özellikler;

- Uzun ömür,
- İşleme ve ölçü kalitesi,
- Uygun maliyet,
- Kolay temin edilebilirliktir.

Farklı kesme kuvvet ve zorlamalarla karşı karşıya gelecek olan kesici takımların aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekir;

- Yüksek sertlik ve basınç mukavemeti,
- Eğilme mukavemeti sürekliliği,
- Kenar mukavemeti,
- İç yapısal mukavemet,
- Isı mukavemeti,
- Oksitlenmeye karşı direnç,
- Difüzyon yayılma eğiliminin az olması,
- Sürtünmeye karşı dayanıklı olması.

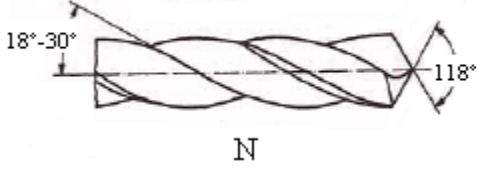
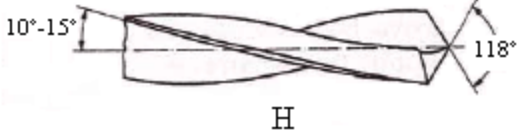
Ek olarak, kesici takımların ısı iletim katsayısı ve genleşme özelliği kullanma alanlarına göre uygun olmalıdır (Avuncan, 1998).

3.4.2. Matkapların sınıflandırılması

DIN 1414 standardına göre N, H ve W harfleriyle simgelenen üç tip matkap çeşidi vardır. N tipi matkaplar çelik ve dökme demir için, H tipi matkaplar pirinç alaşımları için ve W tipi matkaplar ise alüminyum alaşımları gibi yumuşak malzemeler için üretilir. Ayrıca, plastikler için değiştirilmiş H tipi matkaplar da kullanılmaktadır. Bu matkap tiplerinde çapa ve tipe bağlı olarak kesme açısı değişmektedir.

Uç açlarına göre, 118° 'den az olan matkaplar sivri, daha büyük olan matkaplara ise düz denir (Burghardt, 1969). İş malzemesinin sertliği arttıkça uç açıları artar yani düzleşir. Eğer malzemenin sertliği azalırsa, o zaman da uç açıları azalır ve sivrileşir. Çizelge 3.1'de işlenecek malzeme türüne göre matkapların helisel ve uç açıları sunulmuştur (Burghardt, 1969).

Çizelge 3.1. Helis adımlarına göre matkap çeşitleri ve kullanıldığı yerler

Malzeme Cinsi	Uç Açısı	Matkap Tipi (DIN 1414)
Çelik, çelik döküm, dökme Demir, temper döküm, sert bakır ve çinko alaşımı malzemeler	118 °	 N
700 N/mm ² çekme dayanımı üzerindeki çelikler ve çelik döküm malzemeler	113 °	
Saç parçaları ve paket halindeki sac demetleri	124 ° – 130 °	
Paslanmaz çelikler, bakıra 30 mm çap üzerinde delik delerken, kısa talaş veren Al alaşımlarında	130 °	
Preslenmiş malzemeler, sert bakalit, sert kauçuk, mermer, arduvaz (taş) kömür vs	80 °	 H
Pirinç (sarı malzemeler), bronz ve çeşitleri	130 °	
Magnezyum alaşımları	140 °	
Çinko alaşımları, kalay ve kurşun alaşımları (beyaz metal)	118 °	 W
Bakır malzemeler	120 ° – 125 °	
Alüminyum alaşımları	140 °	
Bakıra 30 mm üzerindeki delik delerken ve uzun talaş veren Al	140 °	

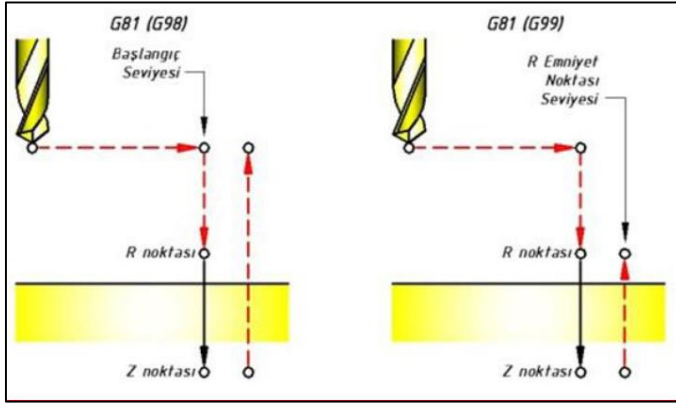
3.5. Delik Delme Yöntemleri

CNC dik işleme merkezi makinelerinde, delik delme yöntemlerine göre kodlarını kolaylıkla yazabilmek amacıyla bazı çevrim kodları geliştirilmiştir. Bu kodlar delik boyu ve kesici takımın çapına göre kullanıcı tarafından tercih edilebilmektedir. Delik delme yöntemleri ve ISO kodları :

- Doğrudan delik delme yöntemi (G81),
- Talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73),
- Talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83) (Islam, Rafi, ve Charoon, 2009).

3.5.1. Doğrudan delik delme yöntemi (G81)

Delme işlemini gagalama yapmadan yani tek seferde gerçekleştiren yöntemdir. Başlangıç seviyesinden Şekil 3.13'deki gibi R noktasına hızlı gelen takım, z noktasına kadar delme işlemini F kesme ilerlemesiyle devam ettirir ve hızlı bir şekilde yeniden delikten çıkar (Islam ve diğerleri., 2009).



Şekil 3.13. G81 yöntemi (www.cnctezgahtamiri.com)

G81 X ... Y ... Z ... R ... F ... ;

X: Delik merkez koordinatı

Y: Delik merkez koordinatı

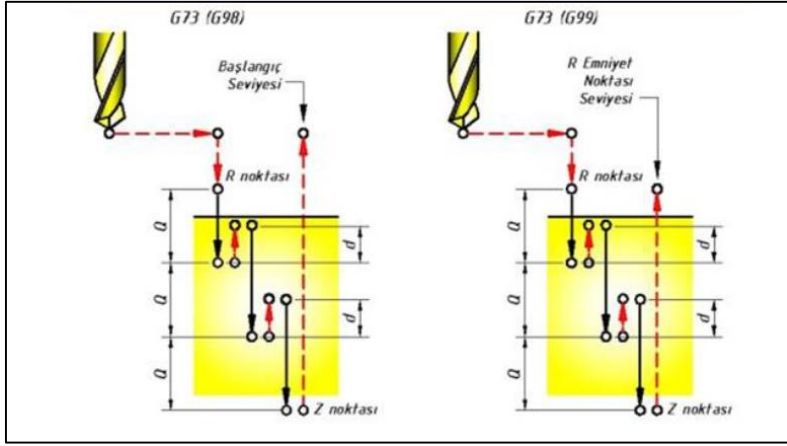
Z: Delik derinliği

R: Emniyet mesafesi

F: İlerleme (mm/dak.) (cnckonya.wordpress.com ; Gülesin, Güllü, Avcı, ve Akdoğan, 2010).

3.5.2. Talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73)

Delme işlemini talaş kırarak yapan yöntemdir (Şekil 3.15). Q ile belirtilen miktar kadar F ilerlemesi ile delme işlemi yapar ve takım D mesafesi kadar hızlı çıkarak talaş kırma işlemini yapar. Daha sonra Q kadar tekrar delmeye başlar. Bu tekrarlama işlemi girilen Z değerine kadar devam eder. Z değerine geldiğinde hızlıca delikten çıkarak işlemi bitirir (Islam et al., 2009).



Şekil 3.14. G73 yöntemi (www.cnctezgahtamiri.com)

$G73 X \dots Y \dots Z \dots R \dots Q \dots F \dots;$

X: Delik merkez koordinatı

Y: Delik merkez koordinatı

Z: Delik derinliği

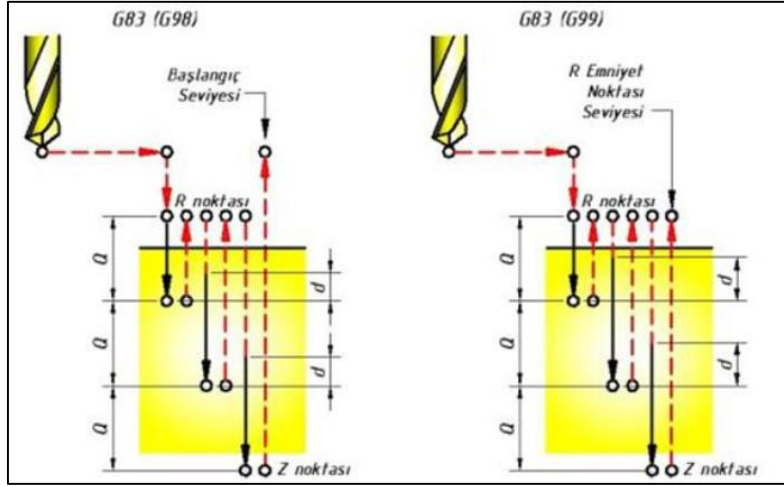
R: Emniyet mesafesi

Q: Dalma miktarı

F: İlerleme (mm/dak.) (cnckonya.wordpress.com ; Gülesin ve diğerleri, 2010).

3.5.3 Talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83)

Delme işlemini gagalama yaparak gerçekleştiren yöntemdir (Şekil 3.15). R noktasına hızlı gelerek çevrim başlar. Q ile belirtilen miktar kadar F ilerlemesi ile delme işlemi yapar ve takım R noktasına hızlı çıkarak talaş boşaltma işlemini yapar. Daha sonra hızlı bir şekilde delmeyi bıraktığı noktanın d mesafesi kadar üzerine iner ve Q kadar tekrar delmeye başlar. Bu tekrarlama işlemi girilen Z değerine kadar devam eder. Z değerine geldiğinde hızlıca delikten çıkarak işlemi bitirir (Islam ve diğerleri, 2009).



Şekil 3.15. G83 yöntemi (www.cnctezgahtamiri.com)

G83 X ... Y ... Z ... R ... Q ... F ... ;

X: Delik merkez koordinatı

Y: Delik merkez koordinatı

Z: Delik derinliği

R: Emniyet mesafesi

Q: Dalma miktarı

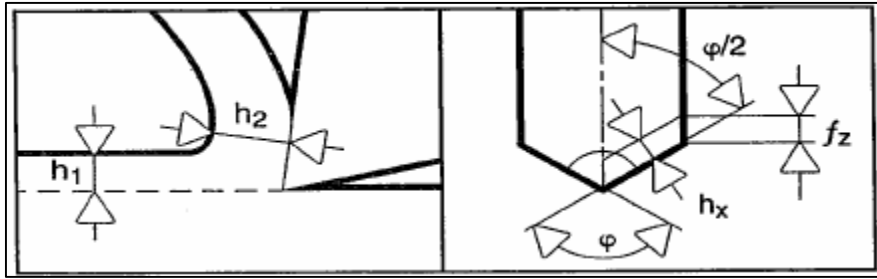
F: İlerleme (mm/dak.) (cnckonya.wordpress.com ; Gülesin ve diğerleri., 2010).

3.6. Delik Delme İşlemlerinde Talaş Oluşumu

Delik delme işlemlerinde kullanılan matkap uçlarının çoğunda iki tane kesici kenar ve iki tane de talaş kanalı vardır. Oluşan talaş, delik içerisinden bu helisel kanallar vasıtasıyla uzaklaştırılır. Son yıllardaki kesici takım tasarımlarında kullanılan soğutma sıvısı matkabın içerisinden verilerek talaşın içeriden dışarı çıkması sağlanabilmektedir. Talaş yapısı, işlenen malzeme, takım geometrisi, kesme parametreleri ve kesme sıvısına göre değişir. Genellikle kısa talaş oluşumu için ilerleme artırılır ve/veya kesme hızı azaltılır. Oluşan talaşın kesme bölgesinden sorunsuz uzaklaştırılması, o talaş boyunun kabul edilebilir olduğunu göstermektedir (M. C. Çakır, 2000).

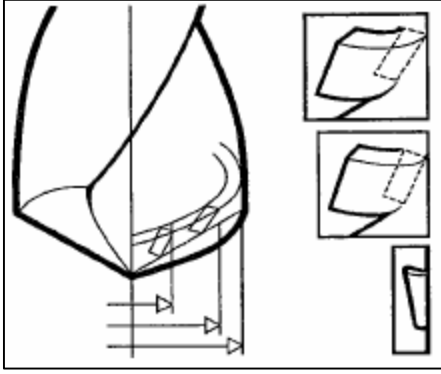
Kesme hızı, matkabın merkezine doğru sifıra yaklaşır. Bunun sonucunda yığma kenar oluşma riski artar. Matkap ucuna yakın oluşabilecek bir miktar yığma kenar, birçok durumda kabul edilebilir. Fakat kesme hızı dūřurūlrse, yığma kenarın çevreye daha yakın oluşmasına sebep olur.

Delik delme işlemi sırasında talaş plastik deformasyona uğradığı için, deformasyona uğrayan talaşın kalınlığı (h_2) teorik talaş kalınlığından (h_1) farklı olur. Teorik talaş kalınlığı, uç açısı (ϕ) ve ilerleme ile artar (şekil 3.16) (M. C. akır, 2000).



şekil 3.16. Talaş oluşumuna etki eden faktörler (M. C. akır, 2000)

İlerleme değerinin artırılması ile talaşın helis açısı artar ve boşluk açısı azalır. Bu azalma miktarı merkeze doğru artar. Bu yūzden, kesici takımdaki boşluk açısı çevreden merkeze doğru artırılır. Talař açısı, kesici kenar boyunca değişir ve matkabın çevresinden merkeze doğru azalır. Matkabın kesme hızı ve talaş açısının çevreden merkeze doğru azalması sebebiyle kesme hızının sıfır olduğu merkez noktasında matkabın ucu kesme işlemi yapamayacaktır. Matkap, merkezine karşılık gelen malzemeyi kesmekten ziyade bastırıp ezerken, talaş açısının negatif ve kesme hızının sifıra yaklaştığı noktada plastik deformasyon oluşur (şekil 3.16). Bu basınçla beraber yūksek bir eksenel kuvvet meydana gelir. Tezgāhın gūcū yeterli değilse, ilerleme kuvvetinin būyūk olmasından dolayı tezgāhın ana mili esneyebilir. Bunun sonucunda da deliklerde ovallik meydana gelir. Radyal ağızların sebep olduğu olumsuz şartların ortadan kaldırılması için takımlarda önemli iyileştirmeler olmuştur. Bunlar, radyal ağızı inceltmek veya tamamen ortadan kaldırmak ve kesici kenara matkap merkezine doğru bir yarıçap vermektir (M. C. akır, 2000).



Şekil 3.17. Kesici kenarın talaş kaldırması (M. C. Çakır, 2000)

3.7. Delik Delme İşlemlerinde Delik Kalitesi

Son yüzyıldaki teknolojik gelişmelerin sonucunda üretim alanındaki hassasiyet beklentileri çok yükselmiştir. Bu yüksek hassasiyet delik içeren ürünlerden de beklenmektedir. Delik kalitesini belirleyen özellikler ise;

- Delik yüzeylerinin kalitesi ve
- Geometrik toleranslardan sapmalar olarak gruplanabilir.

3.7.1. Delik yüzeylerinin kalitesi

Üretilen metal yapılarda, özellikle kendi aralarında çalışan mekanizmalarda, delik yüzey pürüzlülük kalitesi çok önemlidir. Bu, mekanizmaların çalışma performansını etkiler. Üretimde, delik iç yüzeylerinin ölçümü ve bitirme işlemlerinde pek çok sorunla karşılaşıldığından dolayı oldukça zaman almaktadır. Bu yüzden, yüzey pürüzlülüğünün ölçülmesi, delik delme işlemlerinde çok önemlidir. Üretimde kullanılan malzemelerdeki işlenebilirlik özelliklerini ortaya çıkarmak için işlenen yüzeylerden yüzey pürüzlülük değerleri elde edilir. Yüzey pürüzlülüğündeki iyileşmeler nihai ürünlerde tribolojik özellikleri, yorulma dayanımı, korozyon direnci ve elastik görünümünde olumlu sonuçlar oluşturmaktadır (A. Akkurt, 2009).

Dalga ve yüzey pürüzlülüğü talaş kaldırma işlemlerinden sonra meydana gelen yüzey sapmalarıdır. Dalga, geometrik bir sapma terimi olduğundan dolayı, yüzey kalitesi asıl olarak yüzey pürüzlülük değerleri ile belirlir (M. Akkurt, 2004). Yüzey pürüzlülüğü, belirli

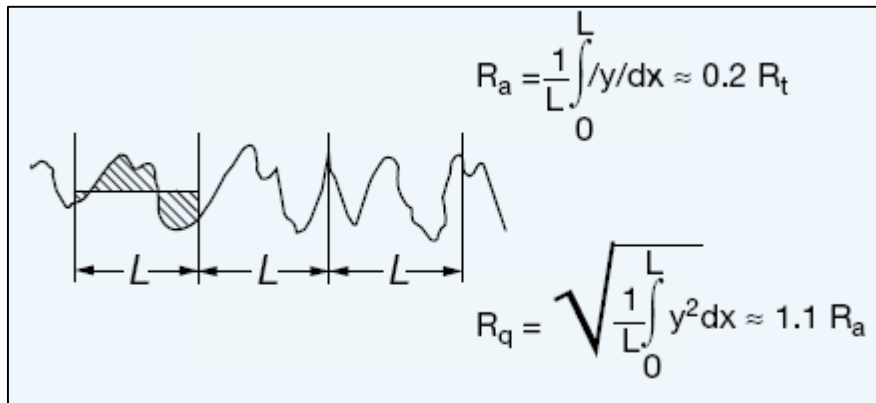
bir alanda ölçülmek istenen yüzeyin, şekil ve dalgalanma hataları göz ardı edilmiş, bozukluklarıdır. Takım hataları ve işleme esnasındaki titreşim, parçanın işlenen yüzeyindeki yüzey kalitesine etki eden faktörlerdir. Takım hataları olarak kesicinin radyal ve aksel yanlışı yerleştirilmesi, kesici takımındaki aşınmalar ve kesici takımın kesme bölgesinde meydana gelen plastik deformasyonlardır (A. Çakır, 2015).

Yüzey pürüzlülüğü

Yüzey pürüzlülüğü iş parçasının işlenebilirliği, kesici kenar kalitesi ve kesme parametreleriyle ilişkilendirilir (M. Akkurt, 2004). Aynı zamanda pürüzlülük işlenen yüzeyin mikro yapısını gösterir. Gerçek yüzey kalitesi, dalgalanmanın üzerindeki yüzey pürüzlülüğü olarak ifade edilir. $W + R_{max}$ grafiği ile gösterilir (Sandvik Coromant, 2008).

R_a, R_q (Ortalama çizgi sistemi)

R_a ortalama pürüzlülük parametresi hesaplanırken, profildeki orta çizgi merkez alınır ve çizgiden ayrılma miktarlarının aritmetik ortalaması bulunur. Şekil 3.18’de verilen L örnekleme uzunluğunda tepe ve çukurlar oluşmuştur. Bu tepe ve çukurların oluşturduğu alanların aritmetik ortalaması R_a ’yı verir. Burada R_a değeri sadece ortalama sapmayı vermektedir yani dalga değerini içermez. R_t ise ölçülen L uzunluğu boyunca en yüksek tepe ve çukur değerleridir (Sandvik Coromant, 2008).



Şekil 3.18. (R_a , R_q) Ortalama yüzey pürüzlülük çizgi sistemi (Sandvik Coromant, 2008)

Ortalama çizgisi grafikteki tepe ve çukurları matematiksel alanlar olarak alt ve üst iki parçaya ayırır (Kutlu, 2008). R_q bilimsel ölçüm ve istatistiklerde kullanılan ortalama alanı hesaplamanın diğer bir yoludur. Ortalama alanların kareleri toplamının karekökünü alarak hesaplanır.

$$R_a = \frac{a+b+c+d}{4} \quad \text{ve} \quad R_q = \sqrt{\frac{a^2+b^2+c^2+d^2}{4}} \quad (3.35)$$

Yüzey pürüzlülüğü ölçümü sayesinde talaşlı imalatla hem zaman hem de maliyet açısından tasarruf edilebilmiştir. Bu işlemle ikinci bir işlem ortadan kaldırıldığı için büyük öneme sahiptir (Bayrak, 2002). Bunun için farklı farklı yüzey pürüzlülüğü ölçme metodları geliştirilmiştir. Bu metodlardan bir tanesi aşağıda tanımlanan izleyici uçlu cihazlar metodudur.

İzleyici uçlu cihazlar: Sivri bir uç ile parça yüzeyinde istenilen değerlendirme çizgisi boyunca sürüklenmesi ve bu esnada oluşan titreşimleri cihaz vasıtası ile büyütür bir şerit üzerine veya elektronik ortama aktarılması ve yorumlanması esasına dayanır. İzleyici ucun uç yarıçapı yani inceliği ölçüm için doğruluk açısından önem arz ettiğinden, uçları 0,00004 mm çapında iğneler kullanılmaktadır. Kullanımı oldukça kolay olması ve istenen kalitede olmasından dolayı tercih edilir (Kaplan, 2010).

Ayrıca, yüzey pürüzlülüğü ölçme yöntemleri, ölçme hassasiyeti ve uygulama şekillerine göre Çizelge 3.2’de sunulmuştur (Çoğun ve Özses, 2002).

Çizelge 3.2. Yüzey pürüzlülük ölçme yöntemleri ve özellikleri

Ölçme Yöntemi		Uygulama Şekli				Ölçme Hassasiyeti		
		Tahribatlı	Tahribatsız	Temaslı	Temassız	Kaba	Orta	Hassas
1.	Dokuma Yöntemi		•	•		•		
2.	Mekanik Çalışma Yöntemi	•		•		•		
3.	Hidrolik Yöntem		•	•		•		
4.	Pnömatik Yöntem		•		•			•
5.	Yüzey Dinamometresi	•		•		•		
6.	Kapasitans Yöntemi		•		•		•	
7.	X Işını Yöntemi		•		•			•
8.	Elektron Mikroskobu Yöntemi		•	•				•
9.	Optik Mikroskop Yöntemi		•		•	•		
10.	Kesit Alma Yöntemi	•		•		•		•
11.	Karşılaştırma Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
12.	Optik Yansıma Yöntemi		•		•			•
13.	Optik Parazit Alarm Yöntemi		•	•			•	
14.	Işık Yansıması Yöntemi (İnterferometri)		•		•			•
15.	Replika Yöntemi (Mask)		•	•		•		
16.	Standart Örnek Yüzeyler Yöntemi		•		•	•		
17.	Işık Bantlı Mikönte Mikroskop Yöntemi		•		•			•
18.	Elektro-Fiber Optik Sistem Yöntemi		•	•				•
19.	İnterferans Mikroskop Yöntemi		•		•			•
20.	Kisilev Profilometresi Yöntemi		•	•				•
21.	Yaylı Tip Profilometreler Yöntemi		•	•				•
22.	Elektrikli Profilometreler Yöntemi		•	•				•
23.	Levin Profilografi Yöntemi		•		•		•	
24.	Linnik İkili Mikroskobu Yöntemi		•		•	•		
25.	Hava Mastarı Yöntemi		•		•	•		
26.	Fotoğraf Yöntemi		•		•		•	
27.	Görsel Komperatörler Yöntemi		•		•	•		
28.	Masterla Yükseklik Okuma Yöntemi		•		•	•		
29.	Kaydedici İndikatör Yöntemi		•	•			•	
30.	İzleyici Uçlu Cihazlar Yöntemi		•	•				•

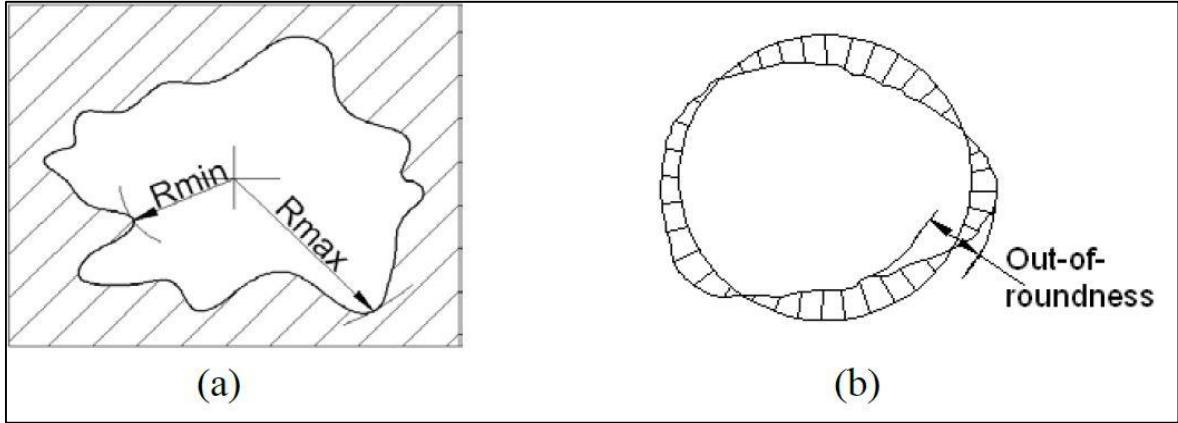
3.7.2. Geometrik toleranslardan sapmalar

Çaptan sapma (ölçü tamlığı)

Delik kalitesinde yüzey kalitesi kadar geometrik toleranslara uygunluk da önem arz etmektedir. Savunma sanayi, uzay sanayi veya otomotiv sanayi gibi alanlarda kullanılan hassas parçaların deliklerinde ölçü tamlığı çok önemlidir. Delik çaplarının anma çapına en yakın olduğu tolerans dâhilindeki değerler kabul edilebilir değerlerdir. Matkabın merkezden sapması sonucu genellikle deliklerin büyüdüğü, buna ek olarak son teknoloji matkap türlerinde (u drill) merkezden sapma sonucu deliklerin daha küçük çapta olabildiği de görülmektedir. Diğer taraftan; tezgâhın fener milinde olan problem, aşırı yüksek ilerleme değerleri ve parça-takım bağlantılarındaki rijitliğin yetersizliği de ölçü tamlığında toleranstan sapmaya sebep olabilir (M. C. Çakır, 2000).

Dairesellikten sapma (ovalite)

Dairesellikten sapma, belirlenen merkez noktaya göre en büyük ve en küçük yarıçap arasındaki farktır (Şekil 3.19.a). Fakat delik merkezi çeşitli yollarla belirlenebilmektedir. MRS (minimum radyal sapma) veya LSC (en küçük merkez daire) metodu gibi sıklıkla kullanılan en küçük radyal sapmanın elde edildiği noktayı merkez alan metotlar vardır. LSC metodunda merkez nokta olarak radyal koordinatlarının kareleri toplamı en küçük olan dairenin merkezi alınır (Şekil 3.19.b) (A. Çakır, 2015).



Şekil 3.19. Dairesellik ölçümü a) Dairesellikten sapma b) LSC (Least square circle) (M. C. Çakır, 2000)

Silindiriklikten sapma (eksenel kaçıklık)

Eksenel kaçıklık, delinen deliğin çeşitli etkenler neticesinde düşey eksenenden sapması olarak ifade edilebilir. Özellikle delik derinliğinin matkap çapına oranının (L/D) büyük olduğu derin delik uygulamalarında bu tür sapmalar görülmektedir. Tezgâh ana mili üzerinde bir basınç oluşturan eksenel kuvvetin büyümesi ana mildeki sehimin artmasına neden olmakta, bu da eksenel kaçıklığın büyümesine sebep olmaktadır. Delme işlemlerinde deliğin kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan olan talaş tahliyesi kesme sıvısıyla kolaylaştırılarak delik kalitesinin artması amaçlanır. Ayrıca termal bozulmalar da deliğin silindirikliğini olumsuz yönde etkileyen faktörlerdendir (Bono ve Ni, 2001). Dolayısıyla kesme sıvısı uygulaması hem talaş tahliyesi hem de kesme bölgesindeki sıcaklığın kontrolü açısından silindiriklikten sapmaların azalması konusunda olumlu etkiye sahiptir.

4. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada, üç delik delme yönteminde; direk delme, talaş kırarak delme, talaş boşaltarak delme yöntemi ile AISI 1050 çeliği 8 mm çapta kaplamasız HSS matkap ile delinerek, delme süreleri, yüzey pürüzlülükleri, kesme kuvvetleri, eksenel kaçıklık ve ölçü tamlığı IT tolerans değerleri açısından değerlendirilmiştir. Her bir yöntemde 129’şar adet delik delinmiştir. Ayrıca C# paket programı ile bir maliyet programı hazırlanmış ve bu delik delme yöntemlerinin delme maliyetleri hesaplanarak kıyaslanmıştır.

Çizelge 4.1. Deney tablosu

Tezgâh	Johnford VMC 850 Fanuc	
Matkaplar	Her yöntemde daha önce kullanılmamış 1 adet Ø8 mm, uç açısı 118°, helis açısı 30°, iki ağızlı kaplamasız HSS	
İşlenen malzeme	AISI 1050 imalat çeliği	
Kesme parametreleri	Kesme hızı	20 m/dak
	İlerleme	0,1 mm/dev
Delik sayısı	Her yöntem için 129 adet	
Delme yöntemleri	Doğrudan delik delme yöntemi (G81) Talaş kırma delik delme yöntemi (G73) Talaş boşaltma delik delme yöntemi (G83)	

4.1. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Deneylerde Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İmalat Mühendisliği Bölümündeki JOHNFORD VMC–850 CNC dik işleme merkezi kullanılmıştır. CNC tezgâhı; üç eksenle lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi bir dik işleme merkezidir. Bu tezgahın teknik özellikleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Johnford VMC–850 CNC dik işleme merkezi özellikleri

Tezgâh gücü	7,5 kW
Maksimum devir sayısı	6000 dev/dak
Sırasıyla x, y, z eksenleri	800, 500, 500 mm
Ölçü hassasiyeti	0,0001 mm
Kontrol ünitesi	Fanuc OM serisi

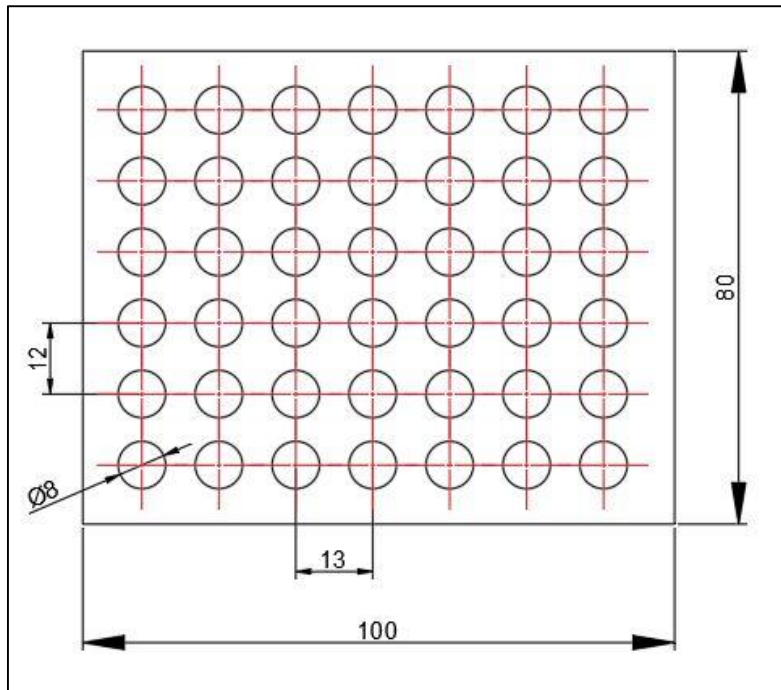
4.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme

Deneylerde, talaşlı imalatta en çok kullanılan çeliklerden AISI 1050 imalat çeliği kullanılmıştır. Malzeme ölçüleri 80 x 100 x 24 mm olarak belirlenmiştir. Delik boyu için 24 mm tercih edilmesinin sebebi, 8 mm'lik kesici takım için $L > 3D$ kuralına göre hem derin delik hem de kısa delik arasındaki sınır değer olmasıdır. Bu sayede hem derin delik için uygun olan hem de kısa delik için uygun olan delik delme yöntemlerinin uygulanması, yöntemler arasındaki maliyet ve takım performansı araştırmasını gerçeğe daha uygun hale getirmiştir. AISI 1050 çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 4.3'deki gibidir.

Çizelge 4.3. AISI 1050 çelik malzemesinin kimyasal bileşimi

SAE/AISI	C	Mn	Si	P	S	Fe
1050	0,45-0,54	0,60-0,90	0,10-0,30	En çok 0,04	En çok 0,5	Diğer

Deney numunesinin delik delme planı ise Şekil 4.1'deki gibidir. Burada delikler arası en yakın mesafe 4 mm olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi deney malzemesini verimli kullanmak ve delme esnasında deliklerin ısı, çapak vb. ile matkap performansını etkilemesinin engellenmesidir.



Şekil 4.1. Numune üzerindeki delik planı

Numuneler, deneylerden önce 25 mm kalınlıktaki plaka malzeme 100 x 80 mm boyutlarda kesilmiş ve daha sonrasında da delinecek yüzeyler üniversal freze ile 24 mm ölçüsüne getirilmiştir. Bu sayede parça CNC tablasındaki mengeneyle bağlanırken düzgünlüğü sağlanabilmiştir. Bunun için ayrıca komparatör saati kullanılmıştır. Her parça değişiminde bu yöntem uygulanarak, delik delmeyi etkileyecek kaçıklıklar engellenmiştir.

4.3. Deneyde Kullanılan Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Literatürdeki çalışmaların ışığında, AISI 1050 çelik malzemesi delinirken matkabın uç açısı 118° ve helis açısının 30° olması önerilmektedir. Literatüre göre delme işlemi esnasında olması gereken rijitliğin sağlanması için DIN 338 standardına uygun sağ kesme yönlü 118° uç açılı ve 30° helis açılı kaplamasız HSS matkap kullanılmalıdır.

Bu araştırmada Makina Takım Endüstri A.Ş. tarafından imal edilmiş (DIN 338) haddelenmiş 8 mm çapında kaplamasız HSS matkaplar kullanılmıştır (Şekil 4.2). Delme işlemlerinde kullanılan kesme parametreleri ve takım özellikleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Kesme hızı ve ilerleme değerleri daha önce yapılan çalışmalardan ve kesici takım üreticilerin katalog verilerine göre uygun değerler arasından seçilmiştir.



Şekil 4.2. Makine Takım Endüstrisi DIN 338 HSS N 118° haddelenmiş matkap

Çizelge 4.4. Delme işlemlerinde kullanılan takım özellikleri ve kesme parametreleri

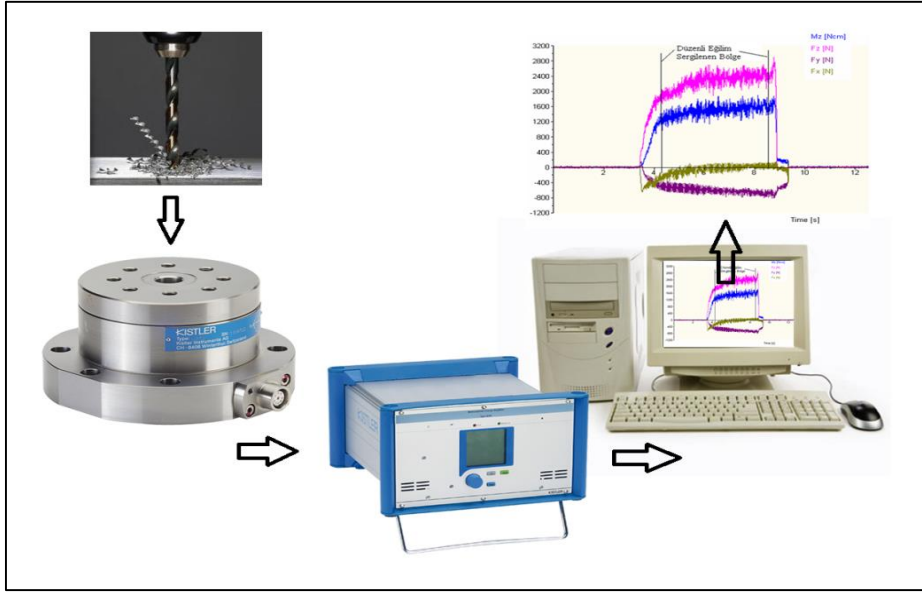
Kesicinin cinsi	HSS yüksek hız çeliği, N, uç açısı 118°, çap toleransı h8, sağ kesme yönlü
Standart	DIN 338
Kesici geometrisi	Ø8 mm, uç açısı 118°, helis açısı 30°
Kesme hızı	20 m/dak
İlerleme miktarı	0,1 mm/dev

4.4. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Enerji sarfıyatı üretim maliyetini en çok etkileyen faktörlerden biridir. Enerji sarfıyatı, talaş kaldırma esnasında harcanan güç ile belirlenir. Delik delmek için gereken güç (Pc), kW cinsindedir ve malzeme, çap, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlıdır. Malzemedeki özgül kesme direncine bağlı olguların da devreye girmesiyle talaş kaldırmak için gereken gerçek kesme kuvveti (Fc), talaş kaldırmak için harcanacak gücü ve enerji maliyetini belirleyen en önemli parametredir.

Delme işlemlerinde, ilerleme kuvveti (Ft), de performans açısından önemli bir diğer parametredir. Bu kuvvet, delik delme esnasında matkabın parçaya uyguladığı eksenel kuvvettir. Düşük ilerleme kuvveti verimi olumsuz etkilerken, yüksek ilerleme kuvvetleri ise delik kalitesini ve takım güvenilirliğini olumsuz etkiler. İlerleme kuvveti de çap, ilerleme miktarı ve delinen malzemeye bağlıdır. Dolayısıyla girilen ilerleme miktarının doğruluğu kesici takımın işleme performansı açısından büyük önem taşır (Meral, 2010).

Kesme kuvvetlerinin belirlenmesi için yine İmalat Mühendisliği bölümünde bulunan ve Şekil 4.3'te gösterilen dinamometreli kuvvet ölçüm sistemi kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Kesme kuvvetlerinin ölçülmesindeki deney düzeneği

Kesme kuvvetlerinin ve momentin deneysel olarak belirlenmesi için üç kesme kuvveti bileşenini (F_x , F_y , F_z) ve momentini (M_z) aynı anda ölçebilen, kuartz kristal esasıyla çalışan *Kistler 9272* tipi dinamometre ve *Kistler Type 5070 amplifier* kullanılmıştır (Şekil 4.3). Dinamometre, tezgâh tablasına bağlanmış ve mengeneyi bağlamak için özel tasarlanan bağlama aparatı da dinamometreye bağlanmıştır. Ölçülen değerler *DynoWare* programı yardımı ile sayısal değerlere dönüştürülmüştür. *DynoWare* programında elde edilen, ilerleme kuvveti ve moment ölçümü Şekil 4.3'deki gibidir. Bu grafiklerin düzenli eğilim sergilediği bölgelerden alınan ortalamalar 5.Bölüm'de sonuçların değerlendirilmesi için oluşturulan grafiklerle ve EK 1'deki çizelgede verilmiştir.

4.5. Yüzey Pürüzlülüğü, Eksenel Kaçıklık ve Çaptan Sapma Ölçümleri

Günümüzde imalat endüstrisinde kalite her alanda önemlidir. Yapılan işlemlerin çok hassas toleransları sağlaması beklenir. Delik kalitesinin belirlenmesinde dikkate alınan en önemli unsurlar;

- Delik içi yüzey kalitesi (yüzey pürüzlülüğü),
- Eksenel kaçıklık (silindiriklik),
- Çaptan sapma (ölçü tamlığı).

Uygulanan delik işlemlerinde istenen kalite özelliklerini sağlayabilmek için ayrıca raybalama işlemi uygulanmaktadır. Buna karşın son zamanlarda yaygınlaşan teknolojik tezgâh ve modern kesici takımlarla ve delme yöntemlerinin geliştirilmesiyle raybalama işlemine gerek kalmamaktadır.

Bu çalışmada, delme yöntemlerinin delik kalitesi üzerindeki etkileri uygun parametreler ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu nedenle, delme yöntemlerine bağlı olarak yapılan deneyler sonucunda oluşan deliklerin delik kalitesini belirlemek için;

- Yüzey pürüzlülük ölçümleri,
- Ölçü tamlığı (çaptan sapma) ve
- Eksenel kaçıklık ölçümleri yapılmıştır.

4.5.1. Yüzey pürüzlülük ölçümleri

Yüzey kalitesini belirlerken, delik içerisindeki ortalama yüzey pürüzlülük (R_a) değerlerini ölçmek için Mitutoyo SJ 410 model cihaz (Şekil 4.4) kullanılmıştır. Ölçümlerde her üç delikten birinde ölçüm yapılmıştır ve parça 90° döndürülerek deliklerin dört tarafından alınan ölçümlerin ortalaması alınmıştır (EK 1). Yüzey pürüzlülüğü ölçüm mesafesi olarak örnekleme uzunluğu 0,8 mm ve değerlendirme ölçüm uzunluğu 5,6 mm'dir. R_a pürüzlülük değerleri μm cinsindendir.



Şekil 4.4. Mitutoyo SJ 410 ile pürüzlülük ölçümü

4.5.2. Eksenel kaçıklık ve çaptan sapma ölçümleri

Delik kalitesini etkileyen eksenel kaçıklık ve çaptan sapma özellikleri Hexagon Metrology SpA model CMM cihazı (Şekil 4.5) ile ölçülmüştür. Deliklerin çap ölçümleri üst ve alt bölgelerinden olmak üzere iki kademede ölçülmüştür. Üst olarak yüzeyden 2 mm derinlikte ölçülürken, alt olarak 16 mm derinlikte ölçüm yapılmıştır. Çap ölçümü ve Eksenel kaçıklık sonuçları EK 2 ve EK 3'deki çizelgelerde sunulmuştur.



Şekil 4.5. Hexagon Metrology SpA model CMM cihazı ile ölçümler

4.6. Delik Delme Maliyeti Hesaplamak İçin Geliştirilen Program

Delik delme maliyeti hesaplamak için kullanılan formülasyon grubunu *Visual Studio C# 2017* paket programı ile yazılımı ve ara yüzü oluşturularak deney süreleri, işçilik maliyetleri, tezgâh ve kesici takım maliyeti, hazırlık ve takım değiştirme maliyeti hesaplatılarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen delik maliyeti hesaplama programının ara yüzü Şekil 4.6'teki gibidir.

DELİK MALİYET PROGRAMI

DELİK DELME YÖNTEMLERİ

☐ Doğrudan Delik Delme Yöntemi

☐ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi

☒ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi

KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ

ilerleme (mm/dev)

matkap çapı (mm)

matkap uç açısı

kesme hızı (m/dak)

takım ömrü (dak)

İŞLEME SÜRESİ

delik sayısı

delik derinliği (mm)

dalma miktarı (mm)

R güvenli nokta (mm)

patlatma miktarı (mm)

işleme süresi (sn)

İŞÇİLİK MALİYETİ

aylık işçi maliyeti (tl)

işçilik maliyeti (tl)

HESAPLA
(Takım Ömrü, İşleme Süresi, İşçilik Maliyeti)

AMORTİSMAN MALİYETİ

tezgah alım fiyatı (tl)

tezgah hurda fiyatı (tl)

amortisman süresi (yıl)

amortisman maliyeti (tl)

ENERJİ MALİYETİ

tezgah gücü (kw)

enerji fiyatı (tl/kwh)

enerji maliyeti (tl)

BAKIM-ONARIM MALİYETİ

aylık bakım ücreti (tl)

bakım maliyeti (tl)

TEZGAH MALİYETİ

tezgah maliyeti (tl)

HAZIRLIK MALİYETİ

hazırlık süresi (dak)

hazırlık maliyeti (tl)

HESAPLA
(Amortisman, Enerji, Bakım-Onarım, Tezgah Maliyeti)

Matkap Türü Seçimi

HSS DIN 338 Silindirik Saplı Kısa Matkap Ucu - HADDELI

KESİCİ TAKIM MALİYETİ

kesici takım fiyatı (tl)

kesici takım maliyeti (tl)

TAKİM DEĞİŞTİRME MALİYETİ

takım değiştirme süresi (dak)

takım değiştirme maliyeti (tl)

DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA

Toplam Delme Maliyeti = 23,11 TL'dir.

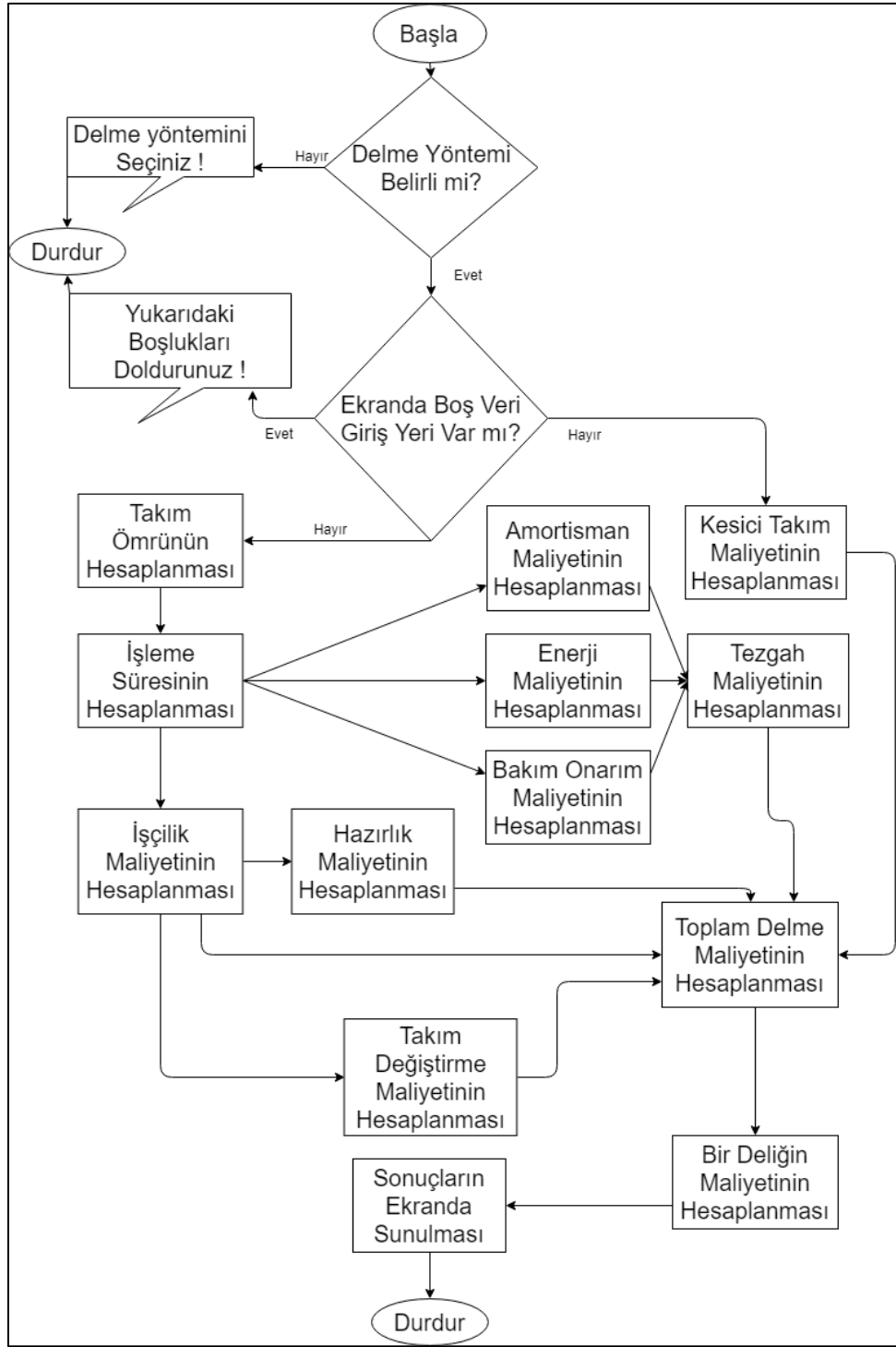
Bir Delğin Maliyeti = 23,11 TL'dir.

\\ÇIKIŞ

tuğayüstün

Şekil 4.6. Geliştirilen delik maliyet programı

Bu programda genel manada, girilen delme parametreleri, matkap uç açısı, matkap çapı, R güvenli noktanın parça yüzeyine olan mesafesi, patlatma miktarı ve seçilen delme yöntemi bilgilerine göre belirlenen dalma miktarı ile işleme süresi belirlenir. Buna bağlı olarak günümüz şartlarındaki aylık işçilik, tezgâh, kullanılan kesici takım maliyetleri delme maliyetine eklenmektedir. Ayrıca çalışmaya bağlı olarak değişen hazırlık maliyeti ve takım değiştirme maliyeti de dinamik olarak hesaba katılabilmektedir. Programda seçilen delik delme yönteminin izleyeceği yol ve seçilen kesici takım resimler ile kullanıcıya sunulmuştur. Programın akış diyagramı Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Programın akış şeması

Programda kullanılan formülasyon;

$$T = \left[\left(\frac{8 \cdot d^{0.4}}{v \cdot f^{0.7}} \right) \right]^5 \quad (4.1)$$

Burada; T takım ömrü (dak), d takım çapı (mm), V kesme hızı (m/dak), f ilerleme (mm/dev)'dir. İşleme maliyetinin hesaplanmasında esas olarak kullanılan işleme süresinin her işlem için ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Daha önce her işlem için hesaplanan delme derinlikleri Eşitlik 4.2'de yerine koyulursa esas işleme süreleri bulunur (M. Akkurt, 2004). Esas işleme süresi;

$$th = 1,1 \cdot i \cdot L / n \cdot f \quad (dak) \quad (4.2)$$

Burada; i aynı çapta ve derinlikte olan delik sayısı; L delme derinliği (mm); n devir sayısı (dev/dak); f ilerleme (mm/dev)'dir. İşçilik maliyeti (M_i): İşçilik saat ücreti hazırlık zamanı maliyeti (M_H): Her çözüm için sadece birinci işlemde hesaplanır. Tezgâh maliyeti (M_T): Bu maliyet hesaplanırken, tezgâh alım fiyatı, tezgâh hurda fiyatı, tezgâhın kullanıldığı süre 10 yıl, tezgâhın gücü, tezgâhın tamir bakım ücreti, 1kWh enerji fiyatı ile amortisman maliyeti (M_A), harcanan enerji maliyeti (M_E), tezgâh bakım onarım maliyeti (M_B) hesaplanır ve tezgâh maliyeti (M_T) bulunur.

$$M_T = M_A + M_E + M_B \quad (4.3)$$

Kesici takım maliyeti (M_K), hazırlık maliyeti (M_H), takım değiştirme maliyeti (M_{TD}) ve tüm bu hesaplardan sonra delme işleminin toplam maliyeti (M) bulunur (Çiftçi ve Gökçe, 2018).

$$M = M_i + M_H + M_T + M_K + M_{TD} \quad (4.4)$$

Doğrudan delik delme yönteminde bir delik için programdan alınan sonuçların hesaplaması aşağıdaki adımlarla gerçekleşir.

$$h = d / (2 * \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right)) = \frac{8}{2 * \tan\left(\frac{118}{2}\right)} = 2,403 \text{ mm} \quad (4.5)$$

$$L = R + h + \text{delik boyu} + \text{patlatma miktarı} = 1 + 2,403 + 24 + 1 = 28,403 \quad (4.6)$$

$$n = 1000 * \frac{v}{\pi * d} = 1000 * 20 / (\pi * 8) = 796 \quad (4.7)$$

$$T = \left(\frac{8 * d^{0,4}}{v * f^{0,7}}\right)^5 = \left(\frac{8 * 8^{0,4}}{20 * 0,1^{0,7}}\right)^5 = 2072,43 \quad (4.8)$$

$$th = \frac{1,1 \cdot i \cdot L}{n \cdot f} * 60 = \frac{1,1 \cdot 1 \cdot 28,403}{796 \cdot 0,1} * 60 = 23,56 \text{ sn} \quad (4.9)$$

$$Mi = th * \frac{\text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = 23,56 * \frac{4000}{30 * 8 * 60} = 0,11 \text{ tl} \quad (4.10)$$

$$Ma = \frac{th * (\text{tezgah alım fiyatı} - \text{hurda fiyatı})}{(\text{amortisman yılı} * 260 * 8 * 60 * 60)} = \frac{23,56 * ((100\ 000) - 10\ 000)}{10 * 260 * 8 * 60 * 60} = 0,03 \text{ tl} \quad (4.11)$$

$$Me = \frac{th * \text{tezgah gücü} * \text{enerji fiyatı}}{60 * 60} = \frac{23,56 * 7,5 * 0,45}{60 * 60} = 0,02 \text{ tl} \quad (4.12)$$

$$Mb = \frac{\text{aylık bakım fiyatı} * th}{30 * 8 * 60 * 60} = \frac{100 * 23,56}{30 * 8 * 60 * 60} = 0,003 \text{ tl} \quad (4.13)$$

$$Mt = Ma + Me + Mb = 0,03 + 0,02 + 0,003 = 0,05 \text{ tl} \quad (4.14)$$

$$Mk = \text{kesici takım fiyatı} = 14 \text{ tl} \quad (4.15)$$

$$Mh = \frac{\text{hazırlık süresi} * \text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = \frac{30 * 4000}{30 * 8 * 60} = 8,33 \text{ tl} \quad (4.16)$$

$$Mtd = \frac{\text{takım değiştirme süresi} * \text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = \frac{2 * 4000}{30 * 8 * 60} = 0,56 \text{ tl} \quad (4.17)$$

$$M = Mi + Mt + Mk + Mh + Mtd = 0,11 + 0,05 + 14 + 8,33 + 0,56 = 23,05 \text{ tl} \quad (4.18)$$

$$\text{Bir deliğin maliyeti} = \frac{M}{i} = \frac{23,05}{1} = 23,05 \text{ tl} \quad (4.19)$$

Sonuçta, doğrudan delik delme yönteminde bir deliğin maliyeti delik maliyet programında 23,05 tl olarak hesaplanmıştır. Delik maliyet programında bir delik için talaş kırmalı delik delme yöntemi uygulandığında Şekil 4.9'daki sonuçlar elde edilmiştir.

DELİK MALİYET PROGRAMI

DELİK DELME YÖNTEMLERİ

- ☐ Doğrudan Delik Delme Yöntemi
- ☒ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi
- ☐ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi

KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ

ilerleme (mm/dev)

matkap çapı (mm)

matkap uç açısı

kesme hızı (m/dak)

takım ömrü (dak)

İŞLEME SÜRESİ

delik sayısı

delik derinliği (mm)

dalma miktarı (mm)

R güvenli nokta (mm)

patlatma miktarı (mm)

işleme süresi (sn)

İŞÇİLİK MALİYETİ

aylık işçi maliyeti (tl)

işçilik maliyeti (tl)

HESAPLA
(Takım Ömrü, İşleme Süresi, İşçilik Maliyeti)

AMORTİSMAN MALİYETİ

tezgah alım fiyatı (tl)

tezgah hurda fiyatı (tl)

amortisman süresi (yıl)

amortisman maliyeti (tl)

ENERJİ MALİYETİ

tezgah gücü (kw)

enerji fiyatı (tl/kwh)

enerji maliyeti (tl)

BAKIM-ONARIM MALİYETİ

aylık bakım ücreti (tl)

bakım maliyeti (tl)

TEZGAH MALİYETİ

tezgah maliyeti (tl)

HAZIRLIK MALİYETİ

hazırlık süresi (dak)

hazırlık maliyeti (tl)

HESAPLA
(Amortisman, Enerji, Bakım-Onarım, Tezgah Maliyeti)

Matkap Türü Seçimi

HSS DIN 338 Silindirik Saplı Kısa Matkap Ucu - HADDELI

KESİCİ TAKIM MALİYETİ

kesici takım fiyatı (tl)

kesici takım maliyeti (tl)

TAKIM DEĞİŞTİRME MALİYETİ

takım değiştirme süresi (dak)

takım değiştirme maliyeti (tl)

DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA

Toplam Delme Maliyeti = 23,09 TL'dir.

Bir Deliğin Maliyeti = 23,09 TL'dir.

\\ÇIKIŞ\\

Şekil 4.9. Bir delik için talaş kırmalı delik delme yönteminde programın hesaplatılması

Talaş kırmalı delik delme yönteminde bir delik için programdan alınan sonuçların hesaplaması aşağıdaki adımlarla gerçekleşir.

$$h = d / (2 * \tan(\frac{\varphi}{2})) = \frac{8}{2 * \tan(\frac{118}{2})} = 2,403 \quad (4.20)$$

$$L = R + h + \text{delik boyu} + \text{patlatma miktarı} = 1 + 2,403 + 24 + 1 = 28,403 \quad (4.21)$$

$$n = 1000 * \frac{v}{\pi * d} = 1000 * \frac{20}{(\pi * 8)} = 796 \quad (4.22)$$

$$T = (\frac{8 * d^{0,4}}{v * f^{0,7}})^5 = (\frac{8 * 8^{0,4}}{20 * 0,1^{0,7}})^5 = 2072,43 \quad (4.23)$$

$$\text{Dalma süresi} = i * \frac{L}{\text{Dalma miktarı} * 60} = 1 * \frac{28,403}{5 * 60} = 0,1 \text{ dak} \quad (4.24)$$

$$th = (\frac{1,1 * i * L}{n * f} + \text{dalma süresi}) * 60 = (\frac{1,1 * 1 * 28,403}{796 * 0,1} + 0,1) * 60 = 29,56 \quad (4.25)$$

$$Mi = th * \frac{\text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = 29,56 * \frac{4000}{30 * 8 * 60} = 0,14 \text{ tl} \quad (4.26)$$

$$Ma = \frac{th * (\text{tezgah alım fiyatı} - \text{hurda fiyatı})}{(\text{amortisman yılı} * 260 * 8 * 60 * 60)} = \frac{29,56 * ((100\ 000) - 10\ 000)}{10 * 260 * 8 * 60 * 60} = 0,04 \text{ tl} \quad (4.27)$$

$$Me = \frac{th * \text{tezgah gücü} * \text{enerji fiyatı}}{60 * 60} = \frac{29,56 * 7,5 * 0,45}{60 * 60} = 0,03 \text{ tl} \quad (4.28)$$

$$Mb = \frac{\text{aylık bakım fiyatı} \cdot th}{30 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{100 \cdot 29,56}{30 \cdot 8 \cdot 60 \cdot 60} = 0,003 \text{ tl} \quad (4.29)$$

$$Mt = Ma + Me + Mb = 0,03 + 0,02 + 0,003 = 0,07 \text{ tl} \quad (4.30)$$

$$Mk = \text{kesici takım fiyatı} = 14 \text{ tl} \quad (4.31)$$

$$Mh = \frac{\text{hazırlık süresi} \cdot \text{aylık işçi maliyeti}}{30 \cdot 8 \cdot 60} = \frac{30 \cdot 4000}{30 \cdot 8 \cdot 60} = 8,33 \text{ tl} \quad (4.32)$$

$$Mtd = \frac{\text{takım değiştirme süresi} \cdot \text{aylık işçi maliyeti}}{30 \cdot 8 \cdot 60} = \frac{2 \cdot 4000}{30 \cdot 8 \cdot 60} = 0,56 \text{ tl} \quad (4.33)$$

$$M = Mi + Mt + Mk + Mh + Mtd = 0,14 + 0,07 + 14 + 8,33 + 0,56 = 23,09 \text{ tl} \quad (4.34)$$

$$\text{Bir deliğin maliyeti} = \frac{M}{i} = \frac{23,09}{1} = 23,09 \text{ tl} \quad (4.35)$$

Sonuçta, talaş kırmalı delik delme yönteminde bir deliğin maliyeti delik maliyet programında 23,09 tl olarak hesaplanmıştır.

Delik maliyet programında bir delik için talaş boşaltmalı delik delme yöntemi uygulandığında ise Şekil 4.10'deki sonuçlar elde edilmiştir.

DELİK MALİYET PROGRAMI

DELİK DELME YÖNTEMLERİ

- ☐ Doğrudan Delik Delme Yöntemi
- ☐ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi
- ☒ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi

KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ

ilerleme (mm/dev) 0,1
matkap çapı (mm) 8
matkap uç açısı 118
kesme hızı (m/dak) 20
takım ömrü (dak) 2072,43

İŞLEME SÜRESİ

delik sayısı 1
delik derinliği (mm) 24
dalma miktarı (mm) 5
R güvenli nokta (mm) 1
patlatma miktarı (mm) 1
işleme süresi (sn) 31,56

İŞÇİLİK MALİYETİ

aylık işçi maliyeti (tl) 4000
işçilik maliyeti (tl) 0,15

HESAPLA
(Takım Ömrü, İşleme Süresi, İşçilik Maliyeti)

AMORTİSMAN MALİYETİ

tezgah alım fiyatı (tl) 100000
tezgah hurda fiyatı (tl) 10000
amortisman süresi (yıl) 10
amortisman maliyeti (tl) 0,04

ENERJİ MALİYETİ

tezgah gücü (kw) 7,5
enerji fiyatı (tl/kwh) 0,45
enerji maliyeti (tl) 0,03

BAKIM-ONARIM MALİYETİ

aylık bakım ücreti (tl) 100
bakım maliyeti (tl) 0

TEZGAH MALİYETİ

tezgah maliyeti (tl) 0,07

HAZIRLIK MALİYETİ

hazırlık süresi (dak) 30
hazırlık maliyeti (tl) 8,33

KESİCİ TAKIM MALİYETİ

kesici takım fiyatı (tl) 14
kesici takım maliyeti (tl) 14

TAKIM DEĞİŞTİRME MALİYETİ

takım değiştirme süresi (dak) 2
takım değiştirme maliyeti (tl) 0,56

Matkap Türü Seçimi

HSS DIN 338 Silindirik Saplı Kısa Matkap Ucu - HADDELI

HESAPLA
(Amortisman, Enerji, Bakım-Onarım, Tezgah Maliyeti)

DELİK DELME MALİYETİ HESAPLA

Toplam Delme Maliyeti = 23,11 TL'dir.

Bir Deliğin Maliyeti = 23,11 TL'dir.

\\\\ÇIKIŞ\\生

tugayustun

Şekil 4.10. Bir delik için talaş boşaltmalı delik delme yönteminde programın hesaplatılması

Talaş boşaltmalı delik delme yönteminde bir delik için programdan alınan sonuçların hesaplaması aşağıdaki adımlarla gerçekleşir.

$$h = d / (2 * \tan\left(\frac{\varphi}{2}\right)) = \frac{8}{2 * \tan\left(\frac{118}{2}\right)} = 2,403 \quad (4.36)$$

$$L = R + h + \text{delik boyu} + \text{patlatma miktarı} = 1 + 2,403 + 24 + 1 = 28,403 \quad (4.37)$$

$$n = 1000 * \frac{v}{\pi * d} = 1000 * 20 / (\pi * 8) = 796 \quad (4.38)$$

$$T = \left(\frac{8 * d^{0,4}}{v * f^{0,7}}\right)^5 = \left(\frac{8 * 8^{0,4}}{20 * 0,1^{0,7}}\right)^5 = 2072,43 \quad (4.39)$$

$$\text{Dalma süresi} = i * \frac{L}{\text{Dalma miktarı} * 45} = 1 * \frac{28,403}{5 * 45} = 0,13 \text{ dak} \quad (4.40)$$

$$th = \left(\frac{1,1 * i * L}{n * f} + \text{dalma süresi}\right) * 60 = \left(\frac{1,1 * 1 * 28,403}{796 * 0,1} + 0,13\right) * 60 = 31,56 \text{ sn} \quad (4.41)$$

$$Mi = th * \frac{\text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = 31,56 * \frac{4000}{30 * 8 * 60} = 0,15 \text{ tl} \quad (4.42)$$

$$Ma = \frac{th * (\text{tezgah alım fiyatı} - \text{hurda fiyatı})}{(\text{amortisman yılı} * 260 * 8 * 60 * 60)} = \frac{31,56 * ((100\ 000) - 10\ 000)}{10 * 260 * 8 * 60 * 60} = 0,04 \text{ tl} \quad (4.43)$$

$$Me = \frac{th * \text{tezgah gücü} * \text{enerji fiyatı}}{60 * 60} = \frac{31,56 * 7,5 * 0,45}{60 * 60} = 0,03 \text{ tl} \quad (4.44)$$

$$Mb = \frac{\text{aylık bakım fiyatı} * th}{30 * 8 * 60 * 60} = \frac{100 * 29,56}{30 * 8 * 60 * 60} = 0,003 \text{ tl} \quad (4.45)$$

$$Mt = Ma + Me + Mb = 0,03 + 0,02 + 0,003 = 0,07 \text{ tl} \quad (4.46)$$

$$Mk = \text{kesici takım fiyatı} = 14 \text{ tl} \quad (4.47)$$

$$Mh = \frac{\text{hazırlık süresi} * \text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = \frac{30 * 4000}{30 * 8 * 60} = 8,33 \text{ tl} \quad (4.48)$$

$$Mtd = \frac{\text{takım değiştirme süresi} * \text{aylık işçi maliyeti}}{30 * 8 * 60} = \frac{2 * 4000}{30 * 8 * 60} = 0,56 \text{ tl} \quad (4.49)$$

$$M = Mi + Mt + Mk + Mh + Mtd = 0,15 + 0,07 + 14 + 8,33 + 0,56 = 23,11 \text{ tl} \quad (4.50)$$

$$\text{Bir deliğin maliyeti} = \frac{M}{i} = \frac{23,11}{1} = 23,11 \text{ tl} \quad (4.51)$$

Sonuçta, talaş boşaltmalı delik delme yönteminde bir deliğin maliyeti delik maliyet programında 23,11 tl olarak hesaplanmıştır.

4.7. Sonuçların Analizi İçin Kullanılan Program ve Yöntemler

Delik delme yöntemlerinin, yapılan kuvvet ölçümleri, yüzey pürüzlülük ölçümleri, eksenel kaçıklık ölçümleri, çaptan sapma ölçümleri, delik delme süreleri ve delik maliyet sonuçları üzerindeki etkilerini analiz etmek için ANOVA (varyans analizi) kullanılmıştır. Bunun için Minitab paket programından yararlanılmıştır.

Çizelge 4.6. ANOVA ile alınan sonuçlardan bir örnek

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Delik Delme Yöntemi	2	5,021744	2,51087	13,5104	<,0001
Hata	127	23,602598	0,18585		
Toplam	129	28,624342			
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği, P: Anlamlılık değeri					

Delik delme yöntemlerinin Ra yüzey pürüzlülük değerlerine etkisi araştırılırken alınan sonuçların varyans analizi yapılmıştır (Çizelge 4.6). H_0 hipotezi olarak yöntemlerin pürüzlülük üzerinde etkisi yoktur. % 95 güven aralığında ($\alpha < 0,05$), $p < 0,0001$ değeri almıştır. Bu durumda H_0 hipotezi reddedilir ve delik delme yöntemleri Ra değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir denir.

Ayrıca alınan sonuçlarda yapılan en küçük ortalama kareler farklarının Tukey HSD yöntemi ile analizi sonucu yöntemlerin etki dereceleri harflerle belirtilmiştir. Çizelge 4.7’de verilen örnekte delik delme yöntemlerinin ilgili özelliğe etki seviyeleri harflerle belirtilmiştir. Burada en yüksek etki “A” harfi alan G83 talaş boşaltmalı delik delme yöntemi olmuştur. Daha sonra “B” harfi alan G73 talaş kırılmalı delik delme yöntemi ve en düşük etki “C” harfi alan G81 doğrudan delik delme yöntemi olduğu belirtilir.

Çizelge 4.7. En küçük ortalama karelerin farklarının Tukey HSD yöntemi ile sınıflandırma

Delik Delme Yöntemi	Seviye	En Düşük Ortalama Kareler
3.Yöntem G83	A	8,21
2.Yöntem G73	B	8,1507698
1.Yöntem G81	C	8,0636270

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. DeneySEL Çalışma Değerlendirme Esasları

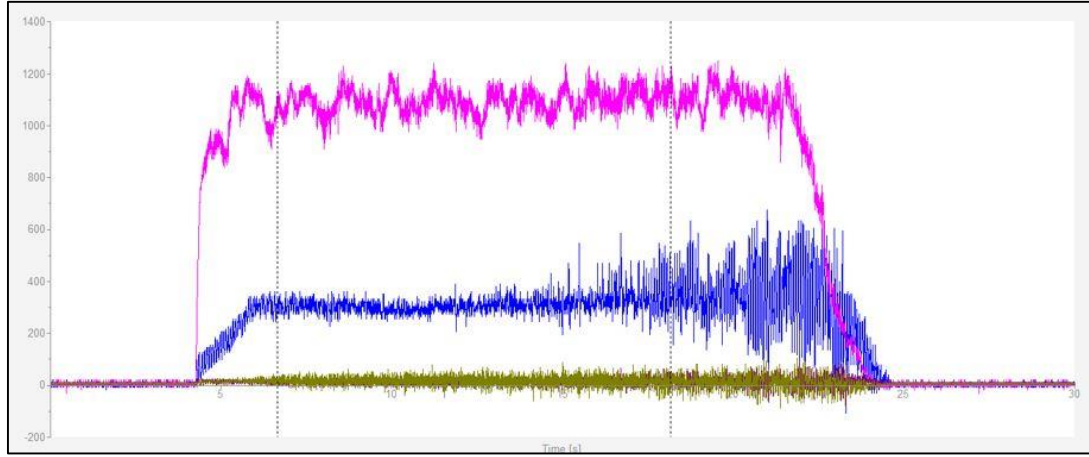
CNC dik işleme merkezinde, delik delme işlemlerinde delinecek deliğin derinliğine göre tercih edilen delik delme yöntemleri bulunmaktadır. Bu yöntemlerin, takım performansı ve delik delme maliyetleri üzerindeki etkilerini tespit etmek için bu çalışmada AISI 1050 imalat çeliği ve kaplamasız HSS matkaplar kullanılmıştır. Kesme parametresi olarak, kesici takım firmasının tavsiye ettiği 20 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme değeri alınmıştır. Üç farklı delik delme yöntemi; doğrudan delik delme, talaş kırmalı delik delme, talaş boşaltmalı delik delme yöntemleri ile uç açısı 118° olan 8 mm çapında kaplamasız HSS matkaplarla 24 mm kalınlığında AISI 1050 imalat çeliği delinmiştir.

Girdi olarak, üç delme yöntemi, kesme parametreleri, kesici takım ve iş parçası alınmıştır. Çıktı olarak ise, kesme kuvvetleri (ilerleme kuvveti ve moment), delik delme süreleri ve delik kalitesi alınmıştır. Deneylerde, her üç yöntem için üçer adet 42 delik delinebilen plaka malzeme ve bir de her yöntem için üçer delik ile kuvvetlerin ölçüldüğü plaka delinmiştir. Toplamda her üç yöntemle de 129 adet delik delinmiştir. Her yöntemde ayrı bir matkap kullanılmıştır.

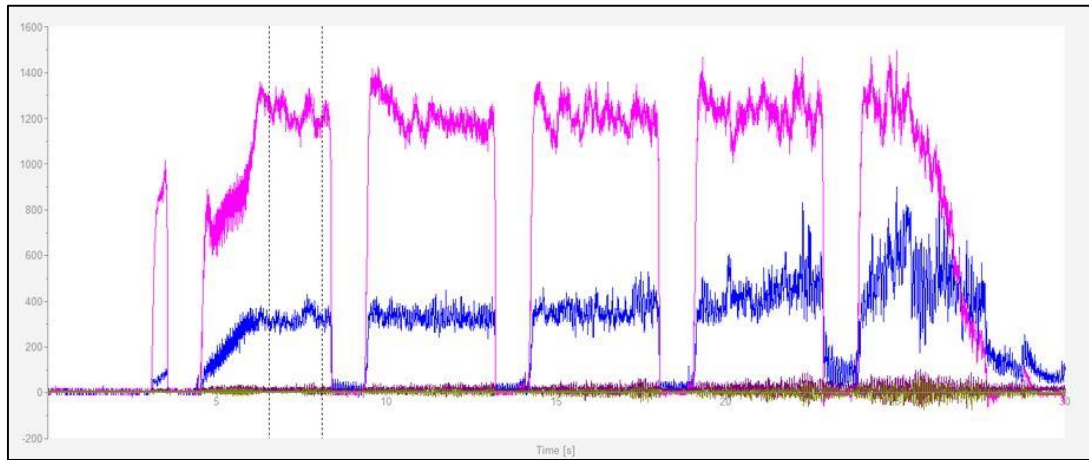
EK-1’de delik delme yöntemlerine göre ölçülen delik içi ortalama pürüzlülük değerleri (R_a) sunulmuştur. Her üç delikten biri, 90° açı ile dört tarafından Mitutoyo SJ 410 ile ölçülmüş ve bu dört değer aritmetik ortalaması ile EK-1’deki çizelge oluşturulmuştur. EK-2’de delik giriş ve çıkış bölgelerinden alınan CMM ölçülerinin delme yöntemlerine göre listesi verilmiştir. Burada üst olarak yüzeyden 2 mm derinlikten alınan ölçümler ve alt olarak ise 16 mm derinlikten alınan ölçümler sonucu oluşan delik çapı bilgileri sunulmuştur. Delik çap ölçümleri tolerans aralığı olarak ISO (IT) toleranslarına göre değerlendirilmiştir. Deliklerin yöntemlere göre silindiriklikten sapma veya eksenel kaçıklık değerleri ise EK-3’de verilmiştir. Burada, delik delme yöntemleri olarak, doğrudan delik delme, talaş kırmalı delik delme ve talaş boşaltmalı delik delme yöntemleri, aynı zamanda ISO kodları olan, sırasıyla G81, G73 ve G83 ile ifade edilmiştir.

5.2. Delik Delmede Oluşan Kesme Kuvvetlerinin (F_z , M_z) Uygulanan Delme Yöntemlerine Göre Değerlendirilmesi

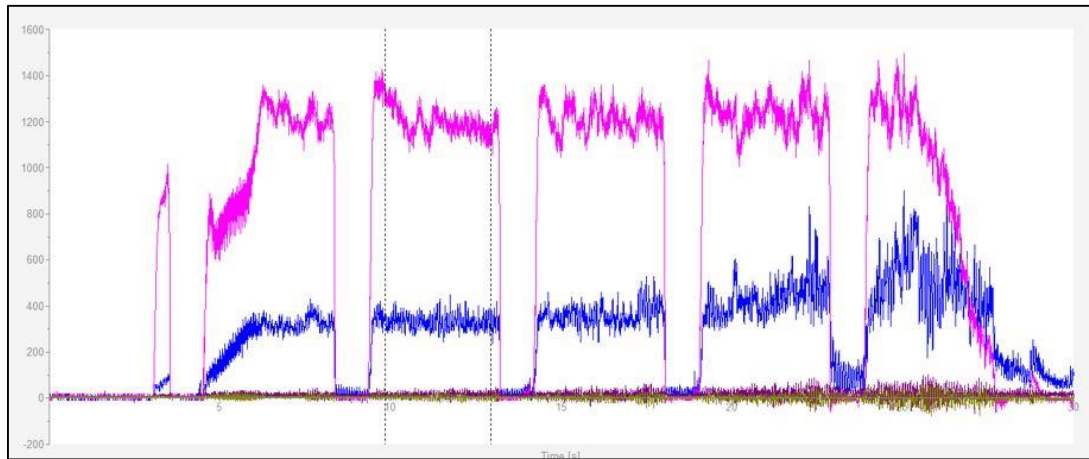
Kaplamasız üç adet HSS matkap, 20 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme ile bir deney tasarımı oluşturulmuştur. Oluşturulan deney tasarımı 24 mm kalınlığındaki plaka AISI 1050 imalat çeliğinde her üç delik delme yöntemi için üçer delik ile uygulanmıştır. Deneyler sonucunda oluşan ilerleme kuvvetleri (F_z) ve moment (M_z) değerleri Şekil 5.1'deki grafiklerdeki gibi çıkmıştır.



a



b



c

Şekil 5.1. Dynoware programından alınan kuvvet grafik örnekleri

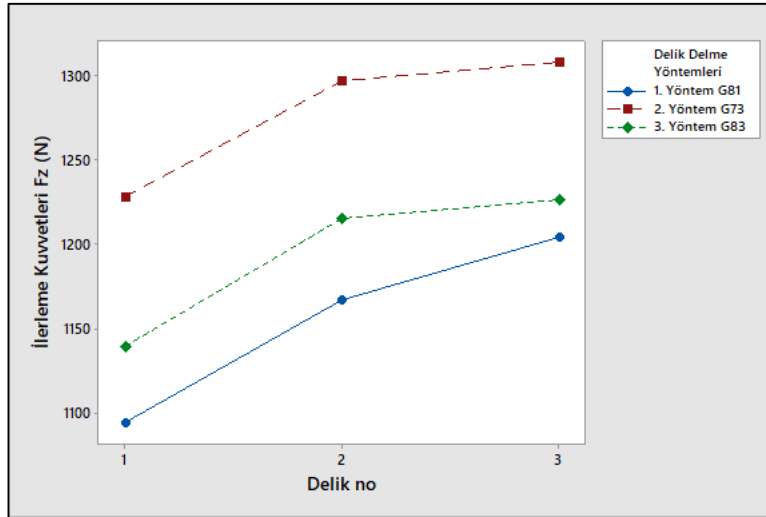
Şekil 5.1’de örnekleri verilen grafiklerin sonuçları alınırken Dynoware programında aralıklar belirlenmiş ve bu aralıktaki değerlerin ortalamaları programdan alınmıştır. Şekil 5.1.a’da doğrudan delik delme yöntemindeki verilere örnek verilmiştir. Şekil 5.1.b ve Şekil 5.1.c’de ise talaş kırmalı ve talaş boşaltmalı delik delme yöntemlerine örnek kuvvet

grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerden ilkinde esas delme kuvvetleri alınabilmek için grafiğin orta kısmı alınmıştır. Delik giriş ve çıkışındaki sapmalar alınmamıştır. Diğer grafiklerde ise sapmalar ve delme işleminin olmadığı takımın geri çıkma aşamaları alınmamıştır. Bunun için her dalgalanmanın ortalaması ayrı ayrı alınıp, onların aritmetik ortalaması hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler her üç yöntem için üçer deliğe uygulanmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.1’de verilmiştir..

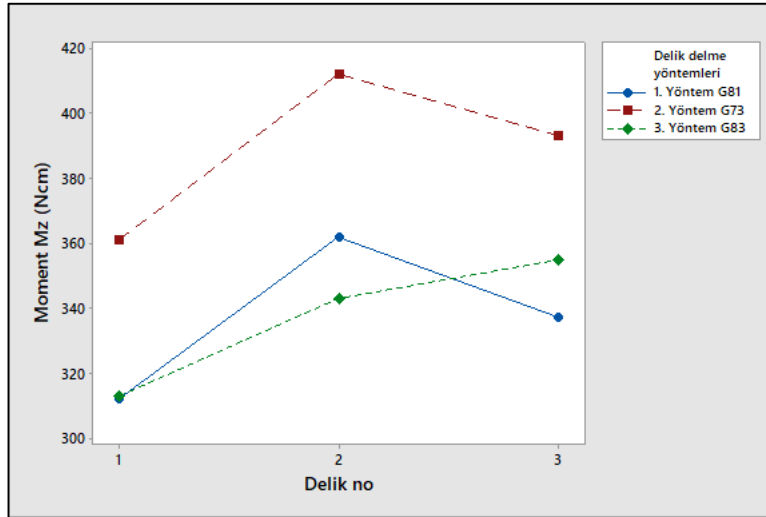
Çizelge 5.1. Delik delme yöntemlerinin İlerleme kuvveti ve moment değerleri

Delik delme yöntemleri	İlerleme kuvvetleri Fz			Moment Mz		
	1.delik	2.delik	3.delik	1.delik	2.delik	3.delik
1. Yöntem G81	1093	1170	1208	312	362	337
2. Yöntem G73	1211	1274	1286	361	412	393
3. Yöntem G83	1160	1214	1222	313	343	355

Çizelge 5.1’deki her üç yöntem için üçer delik delme işleminden alınmış sonuçlara göre Şekil 5.2’deki grafikler oluşturulmuştur.



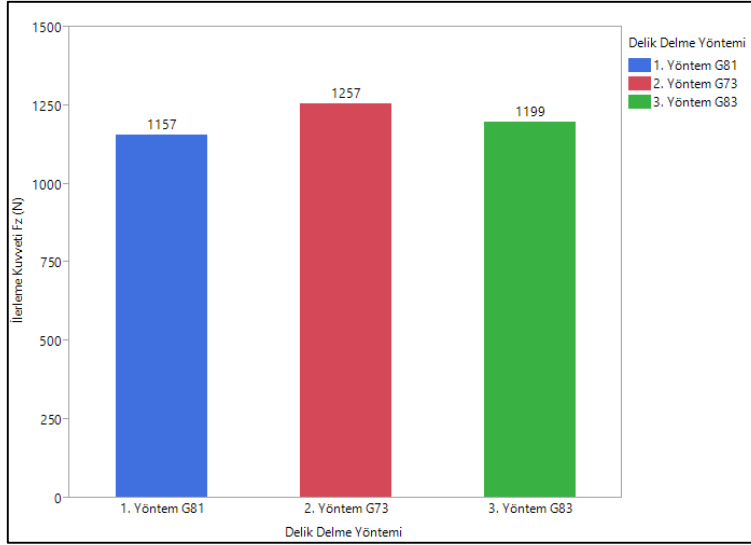
a



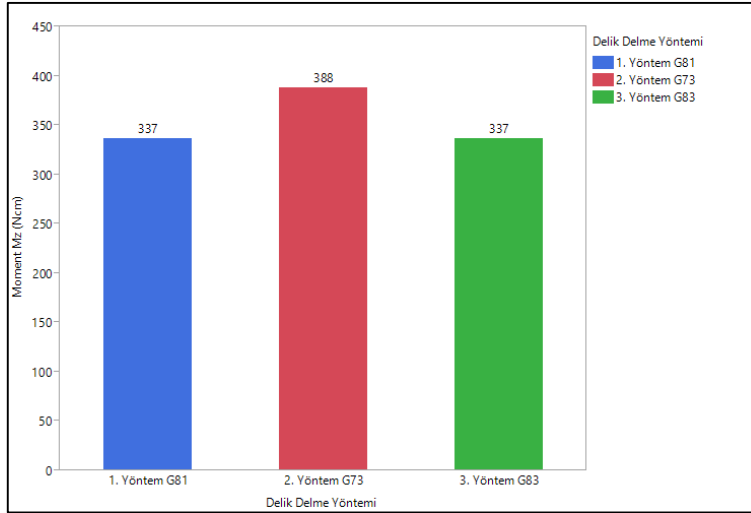
b

Şekil 5.2. Delik delme yöntemlerine göre üçer delik için a) İlerleme kuvvetleri b) Moment grafikleri

Şekil 5.3 oluşturulurken Çizelge 5.1’de verilen, her delik delme yöntemi için üç delmeden alınan ilerleme kuvvetleri ve moment değerlerinin her yöntem için ayrı ayrı aritmetik ortalaması alınmıştır.



a



b

Şekil 5.3. Delme yöntemlerine göre kesme kuvvetleri a) İlerleme kuvvetleri b) Moment

İlerleme kuvvetlerine (Şekil 5.3.a) göre en yüksek değer 1257 N ile talaş kırma delik delme yönteminde (G73), daha sonra 1199 N ile talaş boşaltma delik delme yönteminde (G83) ve en düşük değer ise 1157 N ile doğrudan delik delme yönteminde (G81) görülmüştür. Moment değerlerine bakıldığında (Şekil 5.3.b) ise, en yüksek değer 388 Ncm ile talaş kırma delik delme yönteminde (G73), ikinci olarak 337 Ncm ile doğrudan delik delme yönteminde (G81) ve talaş boşaltma delik delme yönteminde (G83) aynı değerler elde edilmiştir. Bu üç delik delme yönteminde moment değerleri birbirlerine çok yakın çıkmışken, ilerleme kuvvetleri arasında bir miktar farklılıklar olduğu görülmüştür.

Bu sonuçlara göre AISI 1050 imalat çeliğinin çapı 8mm olan kaplamasız HSS matkap ile delinmesinde her iki kesme kuvvetine göre de talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73) en çok güç harcayan yöntem ve doğrudan delik delme yöntemi (G81) en az güç harcayan yöntem olduğu görülmüştür.

5.3. Delik Delme Sürelerinin Delme Yöntemlerine Göre Karşılaştırılması

Deneyisel uygulamada üç delik delme yönteminde de kaplamasız HSS matkaplar kullanılarak 20 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme ile delikler delinmiştir. Esas işleme sürelerinin tespiti için her bir yöntemde ayrı ayrı delik delme süreleri tutulmuştur. Ayrıca geliştirilen maliyet hesaplama programı ile de bir delik delme süresi her yöntem için ayrı ayrı hesaplatılmıştır (Şekil 5.4). Elde edilen süreler saniye bazında Çizelge 5.2’de verilmiştir.

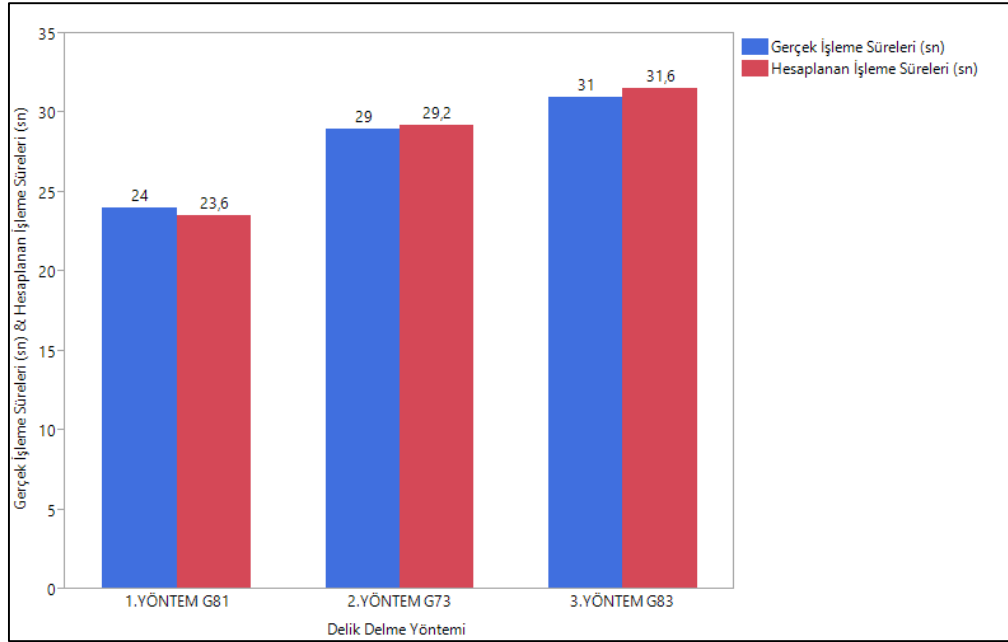
DELİK MALİYET PROGRAMI		DELİK MALİYET PROGRAMI		DELİK MALİYET PROGRAMI	
DELİK DELME YÖNTEMLERİ		DELİK DELME YÖNTEMLERİ		DELİK DELME YÖNTEMLERİ	
☒ Doğrudan Delik Delme Yöntemi ☐ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi ☐ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi		☐ Doğrudan Delik Delme Yöntemi ☒ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi ☐ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi		☐ Doğrudan Delik Delme Yöntemi ☐ Talaş Kırmalı Delik Delme Yöntemi ☒ Talaş Boşaltmalı Delik Delme Yöntemi	
KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ		KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ		KESME HIZI VE TAKIM ÖMRÜ	
ilerleme (mm/dev)	0,1	ilerleme (mm/dev)	0,1	ilerleme (mm/dev)	0,1
matkap çapı (mm)	8	matkap çapı (mm)	8	matkap çapı (mm)	8
matkap uç açısı	118	matkap uç açısı	118	matkap uç açısı	118
kesme hızı (m/dak)	20	kesme hızı (m/dak)	20	kesme hızı (m/dak)	20
takım ömrü (dak)	2072,43	takım ömrü (dak)	2072,43	takım ömrü (dak)	2072,43
İŞLEME SÜRESİ		İŞLEME SÜRESİ		İŞLEME SÜRESİ	
delik sayısı	1	delik sayısı	1	delik sayısı	1
delik derinliği (mm)	24	delik derinliği (mm)	24	delik derinliği (mm)	24
dalma miktarı (mm)		dalma miktarı (mm)	5	dalma miktarı (mm)	5
R güvenli nokta (mm)	1	R güvenli nokta (mm)	1	R güvenli nokta (mm)	1
patlatma miktarı (mm)	1	patlatma miktarı (mm)	1	patlatma miktarı (mm)	1
işleme süresi (sn)	23,56	işleme süresi (sn)	29,24	işleme süresi (sn)	31,56

a
b
c

Şekil 5.4. Delik delme yöntemlerine göre delik maliyet programından alınan işleme süresi sonuçlarının program görüntüleri

Çizelge5.2. Delik delme yöntemlerine göre gerçek işleme süreleri ve hesaplanan süreler

Delik Delme Yöntemi	Gerçek İşleme Süreleri (sn)	Hesaplanan İşleme Süreleri (sn)
1.YÖNTEM G81	24	23,56
2.YÖNTEM G73	29	29,24
3.YÖNTEM G83	31	31,56



Şekil 5.5. Delik delme yöntemlerine göre gerçek işleme süreleri (sn) ve hesaplanan süreler (sn)

Şekil 5.5’de geliştirilen maliyet programından her yöntem için alınan süreler ile gerçek delme süreleri birlikte verilmiştir. Programdan alınan sonuçların gerçek sürelerle oldukça yakın olduğu görülmektedir. Programda işleme süreleri saniyenin %1 hassasiyetinde olmasından dolayı sonuçlar gerçek verilere göre farklılık göstermiştir.

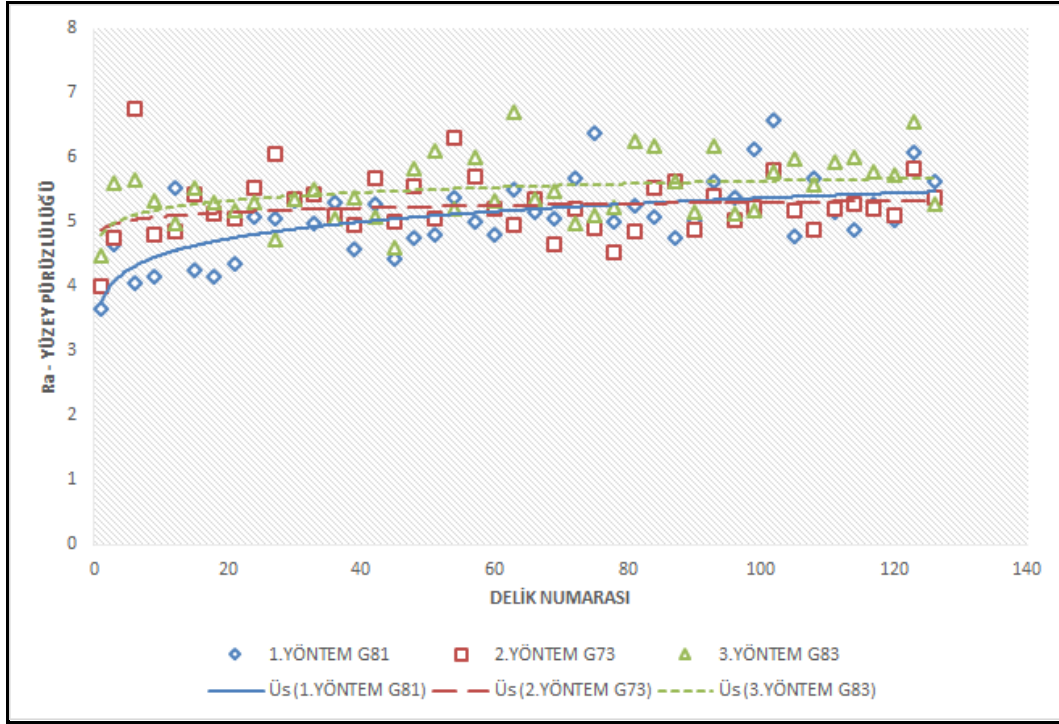
Alınan sonuçlara göre, en uzun sürede delik delmeyi tamamlayan yöntem talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83) olmuştur, ardından talaş kırmalı delik delme yöntemi (G73) ve en kısa sürede işlemi tamamlayan yöntem ise doğrudan delme yöntemi (G81) olarak kaydedilmiştir. Delik delme yöntemlerinden doğrudan delik delme yönteminde (G81) delik delinirken talaş kırmak veya talaş boşaltmak için duraksama olmadığından dolayı delik delme süresi en kısa olan yöntem olmuştur. Diğer bir delik delme yöntemi olan talaş kırarak delik delme yönteminde (G73) ise doğrudan delme yönteminden farklı olarak delik delme esnasında istenen dalma miktarından sonra küçük bir miktar geri çekilerek talaşın kırılması

sağlanır. Kırılan talaşın uzaklaştırılması daha kolaydır ancak bu esnada oluşan zaman kaybından dolayı talaş kırılmalı delik delme yönteminde (G73) yaklaşık 5 sn'lik bir artış gözlenmiştir. En fazla süre alan yöntem ise talaş boşaltmalı delik delme yöntemi (G83) olmuştur. Bu yöntemde ise talaşı boşaltmak için matkabın parça yüzeyinden belirli bir miktar dışarı çıkması gerektiği için her gagalama adımında zaman kayıpları olmaktadır. Bu gagalama adımlarının oluşturduğu zaman kayıpları talaş boşaltmalı delik delme yönteminin (G83) en uzun delme süresine sahip olmasına sebep olmuştur.

5.4. Delik Delme Yöntemlerine Göre Ra Ortalama Yüzey Pürüzlülüklerinin (μm) Değerlendirilmesi

Çalışmada, belirtilen üç delik delme yönteminin her birinde 129 adet delik delinmiştir. Deneyler sonunda elde edilen delikler üç delikte bir olmak üzere parça 90° döndürülerek deliğin dört tarafından izleyici uçlu yöntemle yüzey pürüzlülük ölçümü yapılmış ve Ra değerleri kaydedilmiştir. Ek 1'deki çizelgede ölçümü yapılan deliklere ait bu dört Ra değerlerinin aritmetik ortalamaları sunulmuştur.

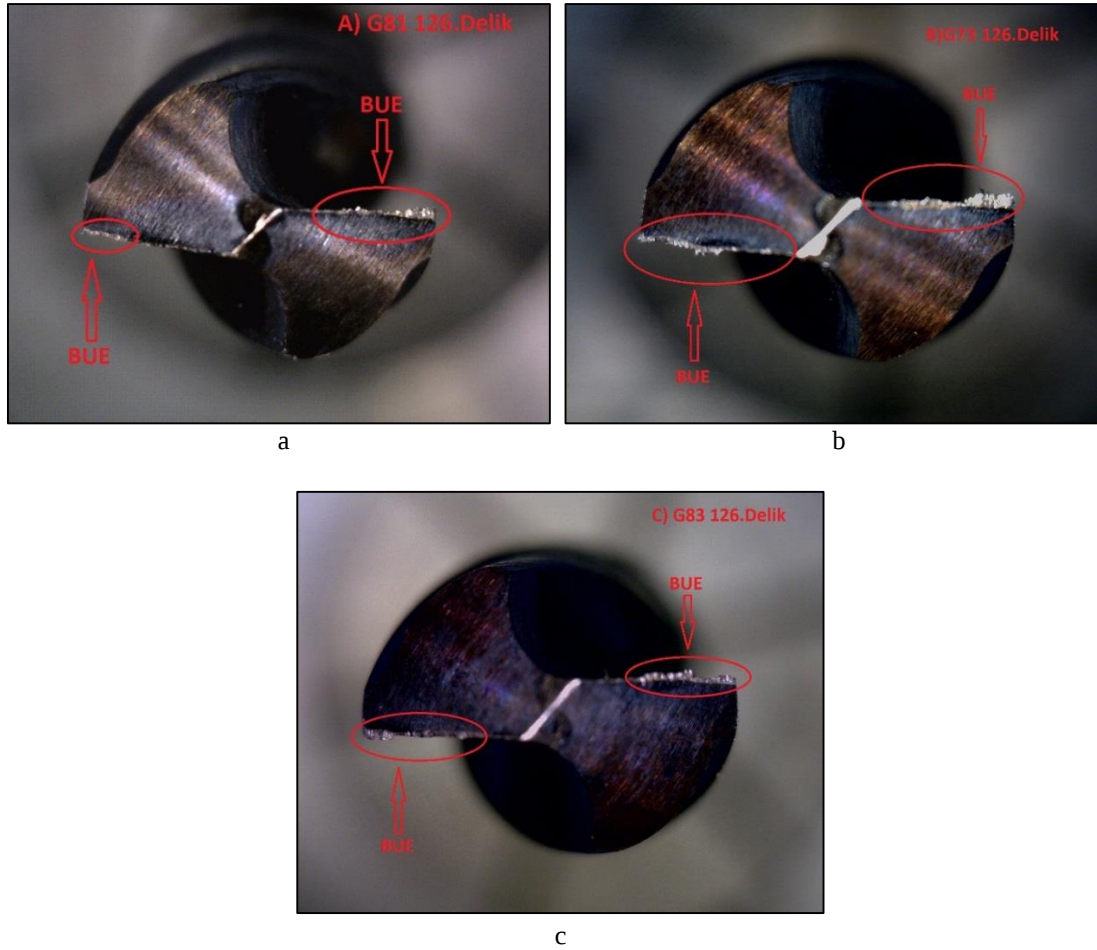
Delik delme yöntemlerine göre Ra pürüzlülük değerlerinin delik sayısına göre uygulanan delik delme yöntemleriyle nasıl değiştiği Şekil 5.6'de verilmiştir. Üç yöntemde de üçer delik ara ile deliklerin Ra değerleri alınmış ve grafik oluşturulmuştur.



Şekil 5.6. Delme yöntemlerine göre Ra yüzey pürüzlülük (µm) dağılımları

Şekil 5.6'deki grafikte görüldüğü gibi en iyi yüzey pürüzlülük değerleri direk delik delme yönteminde (G81) daha sonra talaş kırmalı delik delme yönteminde (G73) en büyük yüzey pürüzlülük değerleri talaş boşaltmalı (G83) yöntemde olmuştur. En iyi yüzeylerin direk delik delme yönteminde olması, matkabın delik içinde bir ileri ve bir hızlı geri hareketi ile deliği delmesi, diğer yöntemlerde delik yüzeylerinin kötüleşmesi ise matkabın delik içinde birçok kez ileri ve geri hareketi ile deliği delmesinin sebep olduğu düşünülmektedir. Delinen delik sayısı arttıkça yüzey pürüzlülük değerlerinde artış olduğu görülmektedir. İlk delikten son deliğe kadar yüzey pürüzlülüklerindeki bu artış; doğrudan delik delme yönteminde % 22, talaş kırmalı delik delme yönteminde % 14 ve talaş boşaltmalı delik delme yönteminde % 9 olduğu gözlenmiştir. Doğrudan delik delme ve talaş kırmalı delik delme yönteminde daha fazla olan yüzey pürüzlülüğündeki artışın sebebi olarak, delinen delik sayısı arttıkça kesici takım ve iş parçası arasındaki sıcaklığın artması ile takımların kesici kenarlarındaki sıvanma miktarı ve yapışan talaş miktarı ve/veya aşınmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir (A. Çakır, 2009). Şekil 5.7'de doğrudan delik delme yöntemi, talaş kırmalı delik delme yöntemi ve talaş boşaltmalı delik delme yönteminde 126. delik sonrası optik mikroskopla çekilen makro fotoğrafları verilmiştir.

Şekil 5.7’de verilen resimlerde sıvanmayla birlikte kesici kenardaki yığıntı talaş (Built Up Edge-BUE) oluştuğu ve radyal kesici kenarda bir miktar aşınmalar görülmektedir. Uygulanan üç yöntemde de oluşan bu durum yüzey pürüzlülüğü değerlerindeki artışlara sebep olduğu düşünülmektedir (A. Çakır, 2009).



Şekil 5.7. a) Doğrudan delik delme yöntemiyle (G81) , b) Talaş kırırmalı delik delme yöntemiyle (G73) ve c) Talaş boşaltmalı delik delme yöntemiyle delinen 126. delik sonrasında oluşan aşınma/sıvanma resimleri

Ortalama yüzey pürüzlülüğü (R_a) için varyans analizi

Uygulanan delik delme yöntemlerinin kalite karakteristiği olarak belirlenen yüzey pürüzlüğüne (R_a) olan etkisini görebilmek için, ilgili verilere ait ANOVA sonuçları Çizelge 5.1.’de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Delik delme yöntemleri için yüzey pürüzlülüğü (Ra) değerleri ile ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Delik Delme Yöntemi	2	5,021744	2,51087	13,5104	<,0001
Hata	127	23,602598	0,18585		
Toplam	129	28,624342			
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği, P: Anlamlılık değeri					

Delik delme yöntemlerinin Ra yüzey pürüzlülük değerlerine etkisi araştırılırken alınan sonuçların varyans analizi yapıldığında (Çizelge 5.3), $\alpha < 0,05$ güven aralığında, $p < 0,0001$ değeri almıştır. Bu durumda delik delme yöntemlerine göre Ra değerleri homojen değildir.

Çizelge 5.4’de delik delme yöntemlerinin yüzey pürüzlülüğüne etki sıralaması çoklu karşılaştırma testi olarak Tukey testi sonucu sunulmuştur. Burada, uygulanan üç delik delme yönteminin yüzey pürüzlülüğüne olan etkileri birbirlerine göre değerlendirilmiş ve harf ile sıralanmıştır. Bu sonuçlara göre, yüzey pürüzlülüğünün en yüksek ortalama değere sahip olduğu delikler G83 talaş boşaltmalı delik delme yöntemi ile daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yöntemi ile ve en düşük yüzey pürüzlülük değerlerine sahip olan delikler ise G81 doğrudan delik delme yöntemi ile delinen delikler olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 5.4. Delik delme yöntemlerinin Ra yüzey pürüzlülük değerlerine etki seviyeleri

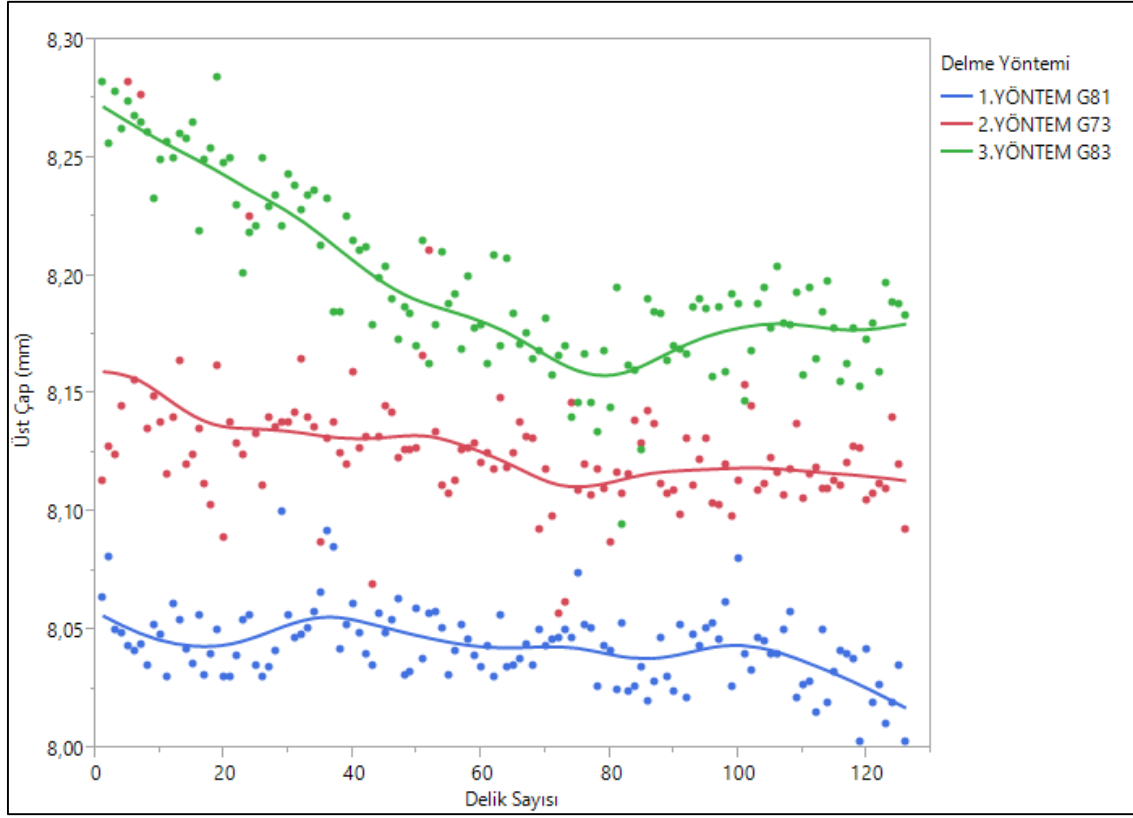
Delik Delme Yöntemi	Seviye	En Düşük Ortalama Kareler
3.Yöntem G83	A	5,3793198
2.Yöntem G73	B	5,2022035
1.Yöntem G81	C	5,0102339

5.5. Delik Çaplarındaki Sapmanın Değerlendirilmesi

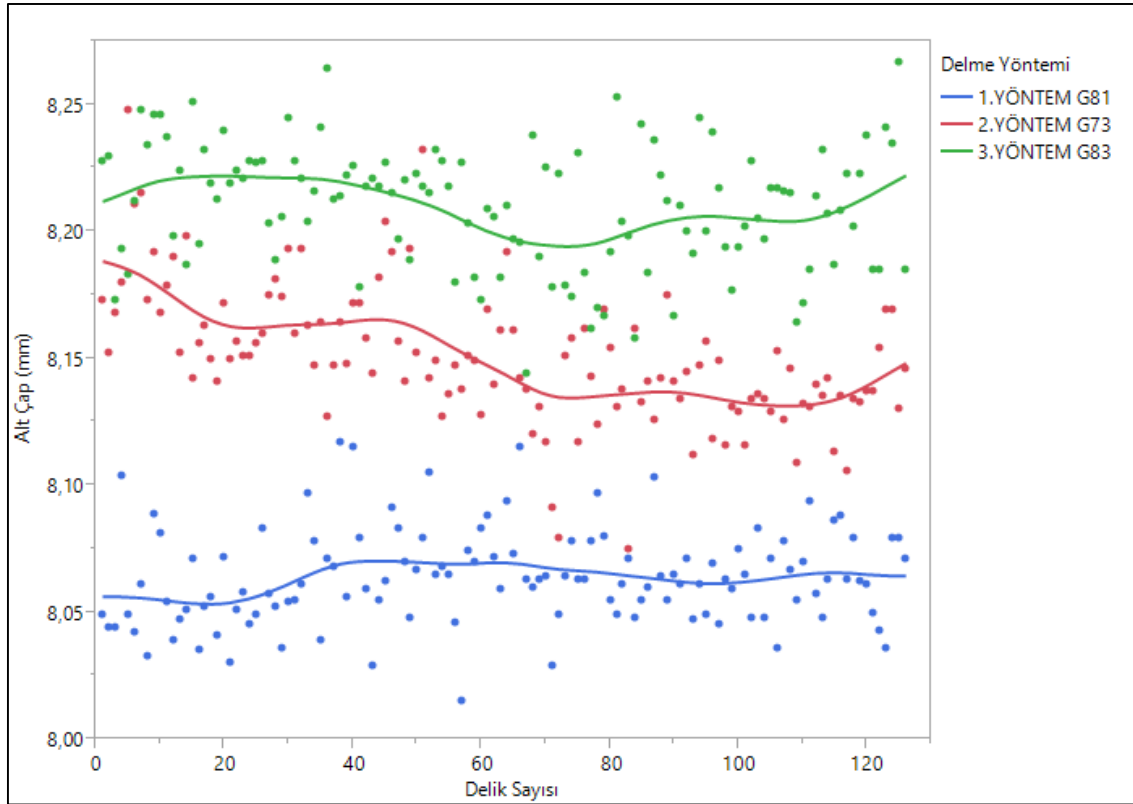
Delik delme işlemleri talaş kaldırma işlemlerinde ölçüsü en önemli ve hassas olan unsurlardandır. Bu sebeple ikinci bir işleme ihtiyaç olmadan istenen toleranslarda deliklerin delinebilmesi amaçlanmaktadır. *Çaptan sapmayı*, kesme hızı ve ilerleme miktarı dışında delme yöntemi, parçanın tablaya bağlanma durumu, rijitlik, tezgâhtaki titreşim miktarı ve

kesici takım ağızlarının yapısı da etkilemektedir (Yağmur, 2011). Burada, delik delme yöntemlerinin ölçü tamlığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Uygulanan üç delik delme yöntemi sonucu elde edilen deliklerin, delik çaplarındaki farklılıkları görmek için deliklerin alt ve üst kısımlarından CMM tezgâhında çap ölçümleri yapılmıştır. Her delik delme yöntemi için 126 delik girişindeki çap ve delik çıkışındaki çap değerleri Şekil 5.8’de a) delik girişi ve b) delik çıkışı olarak verilmiştir. Giriş çapı parçanın üst yüzeyinden 2 mm derinlikte ölçülen delik çapıdır, çıkış çapı ise parçanın üst yüzeyinden 16 mm derinlikte ölçülen delik çapıdır. Bu ölçümler her delik için yapılmıştır. Takım çapı 8 mm olan, h8 hassasiyetine sahip takımlarla yapılan delik delme testlerinde tüm değerler anma çapından (8 mm) büyük çıkmıştır.

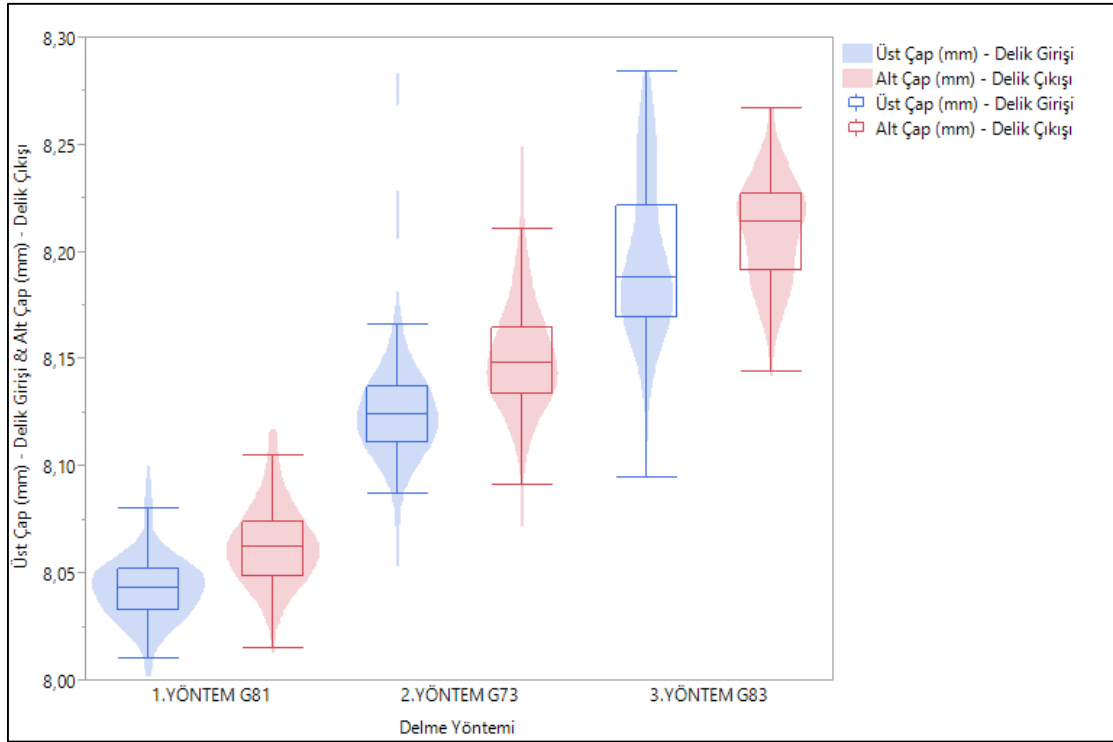


a



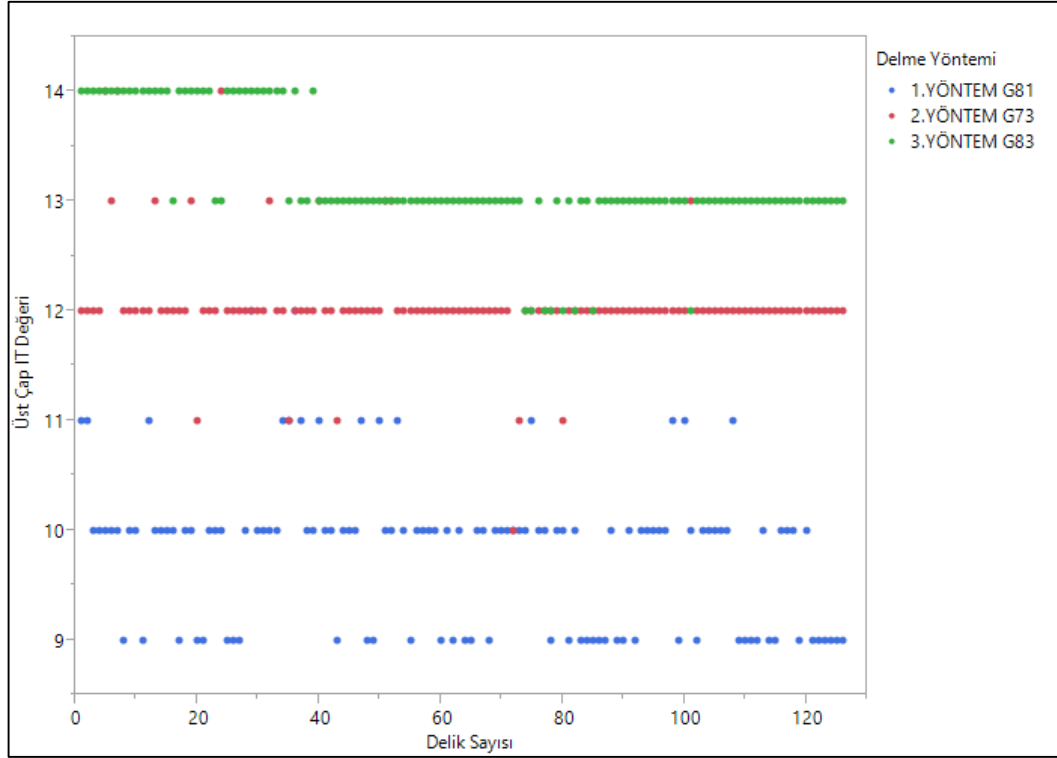
b

Şekil 5.8. Deliklerde a) Delik girişi ve b) Delik çıkışı çaplarının dağılımı

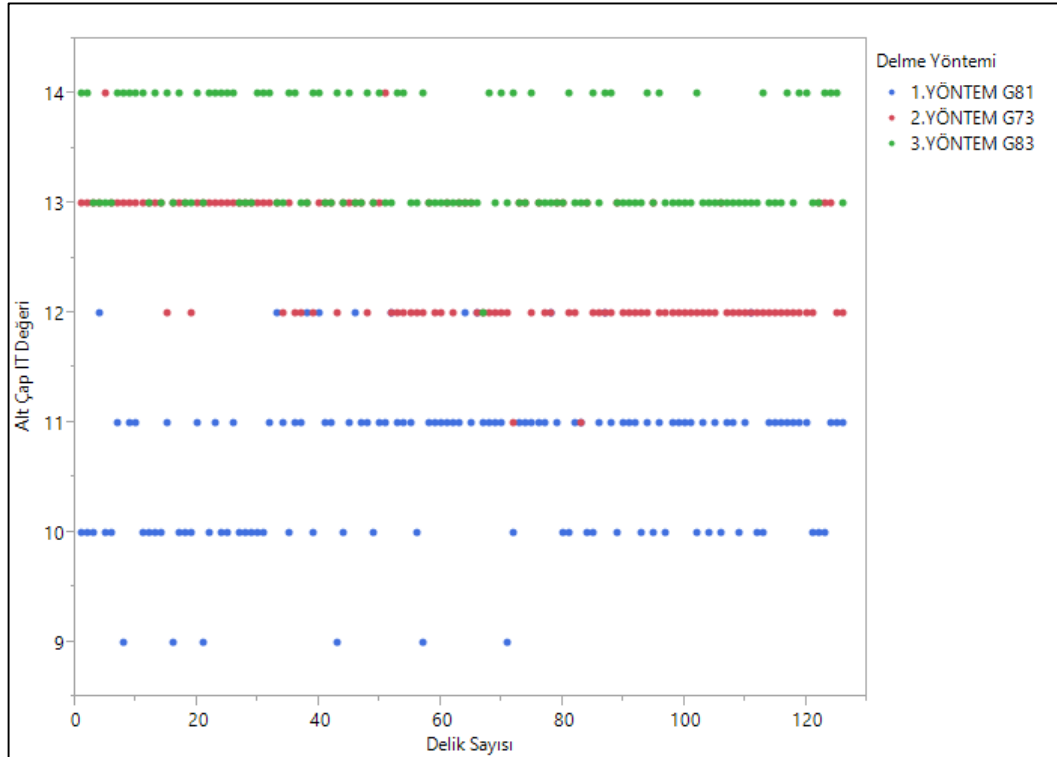


Şekil 5.9. Delik delme yöntemlerine göre delik giriş çaplarının dağılımı

Her iki şekilde (Şekil 5.8 ve Şekil 5.9) incelendiğinde G81 doğrudan delik delme yönteminden alınan çap ölçüleri 8,05 mm civarındadır. Bu değerler tolerans tablosuna bakıldığında (Şekil 3.3) delik çapları IT11 +75 μ m delik toleransına karşılık gelmektedir (Şekil 5.9). G73 talaş kırmalı delik delme yönteminin delik giriş ve çıkış çaplarına bakıldığında, delik çapları 8,13 mm civarındadır. Bu değerler ise tolerans tablosunda IT13 +180 μ m delik toleransına karşılık gelmektedir. G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde ise delik giriş çapları ilk deliklerde oldukça yüksek çıkmış daha sonrasında dengeye gelmiştir. Dengeli ölçümler göz önüne alındığında ortalama 8,23 mm'dir. Bu değerler tolerans tablosunda IT14 +300 μ m değerine karşılık gelmektedir.



a



b

Şekil 5.10. Delik çaplarının karşılık geldiği a) Üst çap, b) Alt çap IT değerleri

Şekil 5.10'daki değerlere göre delik çapında en fazla sapmanın görüldüğü G83 talaş boşaltmalı delik delme yöntemindeki sapmalar 0,15 ile 0,25 mm arasında değişerek delik

anma çapına göre % 2-3 arasında saptığı görülmüştür. Buradaki çap değişimlerini yine yüzey pürüzlülüğünde olduğu gibi yöntemlerdeki matkabın deliğe girip çıkma durumlarına bağlamak mümkündür. Burada asıl dikkati çeken durum talaş boşaltmalı delik delme yönteminde oluşan çap farkının oldukça yüksek toleranslara karşılık gelmesidir. Buradan hassas delik delme uygulamalarında ilk tercih edilecek yöntemin direk delik delme yöntemi olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çaptan sapma değerleri için varyans analizi

Uygulanan delik delme yöntemlerinin kalite karakteristiği olarak belirlenen delik çaplarına bağlı ölçü tamlığına olan etkisini görebilmek için, *delik girişi*nden ölçülen çap verilerine ait ANOVA sonuçları Çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Delik delme yöntemleri için delik girişi çap değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Delik Delme Yöntemi	2	1,4953522	0,747676	889,6582	<,0001
Hata	375	0,3151531	0,000840		
Toplam	377	1,8105053			
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği, P: Anlamlılık değeri					

Çizelge 5.5’teki P değerinin 0,05’den küçük olmasından dolayı delik delme yöntemlerinin delik girişinde çapa önemli etkisi olduğu söylenebilmektedir. Buradan yola çıkılarak en düşük ortalama karelere bakılarak (Çizelge 5.6) delik delme yöntemlerinin etki dereceleri belirlendiğinde en yüksek etkinin G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde ve en düşük çaptan sapmanın G81 doğrudan delik delme yönteminde olduğu doğrulanmıştır.

Çizelge 5.6. Delik delme yöntemlerinin delik girişindeki çapa etki seviyeleri

Delik Delme Yöntemi	Seviye	En Düşük Ortalama Kareler
3.Yöntem G83	A	8,1969762
2.Yöntem G73	B	8,1265397
1.Yöntem G81	C	8,0430952

*Delik çıkışı*ndan ölçülen çap verilerine ait ANOVA sonuçları ise Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Delik delme yöntemleri için delik çıkışı çap değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Delik Delme Yöntemi	2	1,3661403	0,683070	1230,327	<,0001
Hata	375	0,2081978	0,000555		
Toplam	377	1,5743381			
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği, P: Anlamlılık değeri					

Çizelge 5.7’deki P değerinin 0,05’den küçük olmasından dolayı delik delme yöntemlerinin delik çıkışındaki çapa önemli etkisi olduğu söylenebilmektedir. En düşük ortalama karelere bakılarak (Çizelge 5.8) delik delme yöntemlerinin etki dereceleri belirlendiğinde en yüksek etkinin yine G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde ve en düşük çaptan sapmanın G81 doğrudan delik delme yönteminde olduğu doğrulanmıştır.

Çizelge 5.8. Delik delme yöntemlerinin delik çıkışındaki çapa etki seviyeleri

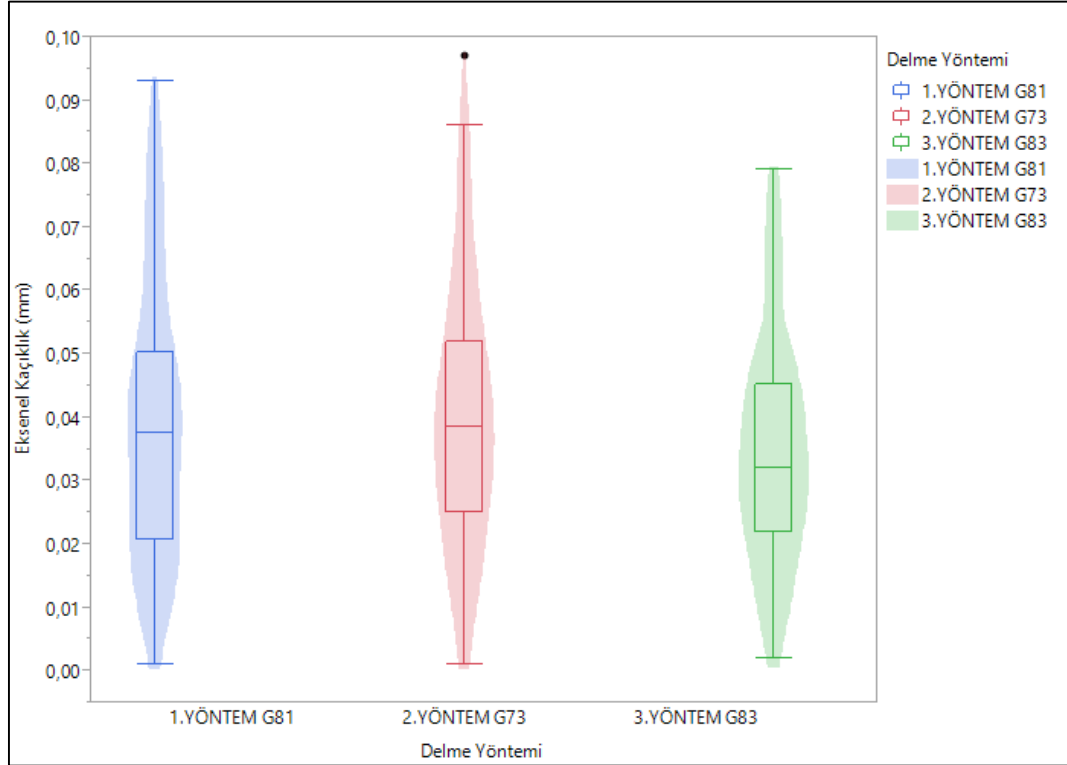
Delik Delme Yöntemi	Seviye	En Düşük Ortalama Kareler
3.Yöntem G83	A	8,21
2.Yöntem G73	B	8,1507698
1.Yöntem G81	C	8,0636270

5.6. Silindiriklikten Sapmanın (Eksenel Kaçıklığın) Değerlendirilmesi

Eksenel kaçıklık ya da silindiriklikten sapma, ilerleme doğrultusundaki eksenden sapmadır (A. Çakır, 2015). Delik boyuna göre deliğin geometrik tamlığını belirlemede önemlidir. Özellikle L/d delik boyu/delik çapı değeri yükseldikçe bu unsurun önemi artmaktadır. Kesme esnasındaki radyal kuvvetler L/d oranı arttıkça eksenden saptmaya sebep olmaktadır. Sonuçta elde edilen deliklerin giriş ve çıkış eksenlerinde farklılık oluşturarak, silindir formda olması gereken delik geometrisini olumsuz etkilemektedir.

Yapılan deneylerde, değişen delme yöntemleriyle deliklerin ilerleme doğrultusundaki eksenden kaçıklığı görebilmek için silindiriklikten saptmalar da incelenmiştir. EK 3’te deliklerin eksenel kaçıklık değerleri delik delme yöntemlerine göre tablo halinde sunulmuştur.

Delme yöntemlerinin eksenel kaçıklığa etkileri Şekil 5.11’deki gibi ayrı ayrı ele alındığında genelde benzer olduğu ve ortalama 0,02-0,05 mm aralığında yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 5.11. Eksenel kaçıklık değerlerinin delik delme yöntemlerine göre dağılımı

Talaş boşaltmalı yöntemde (3. yöntemde) diğer yöntemlere göre eksenel kaçıklığın az çıkmasını, matkabın deliğe birden çok girip çıkmasına ve delik çapını büyütürken eksenel kaçıklığı tolere etmesine bağlamak mümkündür.

Silindirlikten sapma (Eksenel kaçıklık) için varyans analizi

Delik delme yöntemlerinin eksenel kaçıklığa etkisini varyans analizi ile incelediğimizde ise % 95 güven aralığında ($\alpha=0,05$) $p > 0,05$ ($p=0,093$) olduğundan delme yöntemlerinin eksenel kaçıklık üzerindeki etkilerinin farklılık göstermediği ortaya çıkmıştır (Çizelge 5.9). Delik delme yöntemlerinin Tukey testi sonucu Çizelge 5.10’daki eksenel kaçıklığa etki derecelerine bakıldığında ise değerler birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.9. Delik delme yöntemleri için eksenel kaçıklık değerlerine ait ANOVA sonuçları

Kaynak	SD	KT	KO	F	P
Delik Delme Yöntemi	2	0,00192764	0,000964	2,3905	0,0930
Hata	375	0,15119254	0,000403		
Toplam	377	0,15312018			
SD: Serbestlik derecesi, KT: Kareler toplamı, KO: Kareler ortalaması, F: Test istatistiği, P: Anlamlılık değeri					

Çizelge 5.9'daki P değerinin 0,05'den büyük olması delik delme yöntemlerinin deliklerdeki eksenel kaçıklığın değişiminde anlamlı bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu durum Şekil 5.9'da gösterilen grafikteki ortalamaların yakın olduğunu varyans analizi ile doğrulamaktadır. En düşük ortalama karelere bakılacak olursa (Çizelge 5.10) delik delme yöntemlerinin eksenel kaçıklığa etki dereceleri değerlerin birbirine yakın olmasından dolayı seviyelerin aynı olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.10. Delik delme yöntemlerinin eksenel kaçıklığa etki seviyeleri

Delik Delme Yöntemi	Seviye	En Düşük Ortalama Kareler
2.Yöntem G73	A	0,03998413
1.Yöntem G81	A	0,03895238
3.Yöntem G83	A	0,03476190

Sonuçta, üç delik delme yöntemiyle delinen 24 mm plaka AISI 1050 imalat çeliğinin 8 mm çapında HSS matkaplarla delinen deliklerin silindirlilikten sapma (eksenel kaçıklık) değerleri üzerinde uygulanan delik delme yönteminin etkisinin farklı olmadığı anlaşılmıştır.

5.7. Delme Yöntemlerinde Oluşan Maliyetlerin Değerlendirilmesi

Delik delme işlemleri talaşlı imalatın en çok zamanını oluşturan ve bu yüzden de üretim maliyetlerini önemli ölçüde etkileyen talaş kaldırma işlemlerinden biridir. Bu çalışmada, delik delme yöntemleri olan doğrudan delik delme, talaş kırmalı delik delme ve talaş boşaltmalı delik delme yöntemlerinin üretim maliyetleri hesaplanarak kıyaslanmıştır. Bunun için daha önceki bölümlerde bahsedilen formüller ve uygulanan kesme parametreleri ile delik delme sürelerini ve üretim maliyetini hesaplayabilen bir bilgisayar programı tasarlanmıştır. Programda *delik maliyeti*; işçilik maliyeti, tezgâh maliyeti, kesici takım

maliyeti, hazırlık maliyeti ve takım değiştirme maliyeti kullanıcının girdiği değerlere göre dinamik olarak hesaplatılabilmektedir. Programın arayüzü Şekil 5.12'deki gibidir.

Şekil 5.12. Delik delme maliyet programı (DMP) arayüzü

Çizelge 5.11'de delik maliyetini hesaplamada kullanılan değerler ve sabit giderler verilmiştir. Bu değerlerin bazıları kesme parametreleri ve delme yöntemlerinden alınmışken bazıları da güncel piyasa şartlarındaki giderler dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.11. DMP'de maliyet hesaplamak için alınan sabit değer ve giderler

Parametre	Değerler
İlerleme hızı	0,1 mm/dev
Matkap çapı	8 mm
Matkap uç açısı	118 derece
Kesme hızı	20 m/dak
Delik sayısı	126 adet
Delik derinliği	24 mm
Dalma miktarı	5 mm
R nokotası	1 mm
Patlatma miktarı	1 mm
Aylık işçi maliyeti	4000 tl
Tezgah alım fiyatı	100 000 tl
Tezgah hurda fiyatı	10 000 tl
Amortisman süresi	10 yıl
Tezgah gücü	7,5 kW
Enerji fiyatı	0,45 tl / kWh
Aylık bakım ücreti	100 tl
Kesici takım fiyatı	14 tl
Hazırlık süresi	30 dak
Takım değiştirme süresi	2 dak

Maliyet hesaplaması yapılırken deneylerde kullanılan parametreler aynen uygulanarak yapılan delik delme işlemlerinin maliyetleri delik delme yöntemlerine göre gerçeğe yakın olarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Çizelge 5.12. Delik delme yöntemlerine göre 129 adet delik maliyetinin DMP’de hesaplatılması sonucu alınan değerler

Delik Delme Yöntemi	İşleme Süresi (sn)	İşçilik Maliyeti (TL)	Tezgah Maliyeti (TL)	Kesici Takım Maliyeti (TL)	Hazırlık Maliyeti (TL)	Takım Değiştirme Maliyeti (TL)	Bir Deliğin Maliyeti (TL)
1.Yöntem G81	3038,89	14,07	6,85	14	8,33	0,56	0,34
2.Yöntem G73	3812,89	17,65	8,6	14	8,33	0,56	0,38
3.Yöntem G83	4070,89	18,85	9,18	14	8,33	0,56	0,39

Çizelge 5.12’deki sonuçlara bakıldığında, 129 delik için en düşük işleme süresi G81 doğrudan delik delme yönteminde 3038,89 saniye olarak hesaplanmıştır. Daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde 3812,89 saniye olmuştur ve G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde bu değer 4070,89 saniyeye yükselmiştir. Diğer girdiler her bir delik delme yönteminde de aynı alındığı için işleme süresine bağlı olan değişkenler yani işçilik maliyeti ve tezgah maliyeti dışındaki maliyetler aynı kalmıştır. İşçilik maliyeti ve tezgah maliyeti işleme süresine bağlı olarak değişmiştir. Burada ayrıca kesici takım maliyetinin 14 tl olmasının sebebi, yapılan işlem sonucunda takımın köreldiği kabul edilerek hesaplanmasıdır.

Çizelge 5.13. DMP’de hesaplanan 129 adet deliğin delik delme yöntemlerine göre toplam ve bir deliğe düşen delik maliyetleri

Delik Delme Yöntemleri	Toplam Delme Maliyeti (tl)	Bir Deliğin Maliyeti (tl)
1.Yöntem G81	43,81	0,34
2.Yöntem G73	49,14	0,38
3.Yöntem G83	50,92	0,39

Sonuç olarak DMP’den çıktı olarak alınabilen toplam delme maliyetleri ve bir deliğin maliyetleri yöntemlere göre kıyaslandığında (Çizelge 5.13) G81 doğrudan delik delme yöntemi en ekonomik yöntem olmuştur.

Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, istenen delik toleransıdır. Bölüm 5.5'te verilen deney sonuçlarına göre delik delme işleminde istenen tolerans aralıkları dikkate alınarak maliyet hesabı yapılması gerektiği düşünülmektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

AISI 1050 imalat çeliğinin CNC dik işleme merkezinde HSS matkaplar ile delinmesinde ilerleme kuvveti ile moment, takım performansını belirleyen delik kalitesi (yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı ve eksenel kaçıklık) ve bu yöntemlerde oluşan delik delme maliyetlerinin araştırıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Çalışma ile üç delik delme yöntemiyle de (G81 doğrudan delme, G73 talaş kırmalı delme ve G83 talaş boşaltmalı delmede) yapılan deneylerde, meydana gelen kesme ilerleme kuvveti ve moment ayrı ayrı tespit edilmiştir. İlerleme kuvvetlerinde farklılıklar olmasına rağmen moment değerlerinde kayda değer bir fark görülmemiştir.
- Kesme esnasında oluşan ilerleme kuvvetleri en yüksek G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde gözlenmiştir. En düşük ilerleme kuvveti ise G81 doğrudan delik delme yönteminde ortaya çıkmıştır. G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde ise diğer iki yöntem arasında bir ilerleme kuvveti elde edilmiştir.
- Deneylerde, her üç delik delme yöntemiyle gerçek delme şartlarında ortaya çıkan işleme süreleri ayrı ayrı tespit edilmiştir. Süreler esas alındığında, delik delme yöntemlerinden en az sürede delme işlemini tamamlayan yöntem G81 doğrudan delik delme yöntemi olmuştur. Daha sonra G73 talaş kırmalı yöntem ve en çok süreyi alan yöntem ise G83 talaş boşaltmalı yöntem olduğu tespit edilmiştir.
- Delinen numuneler üzerindeki deliklerin kalitesini her üç delik delme yöntemine göre tespit edebilmek için deliklerin Ra pürüzlülük değerleri, delik giriş ve çıkışlarındaki çap ölçümleri ve eksenel kaçıklık değerleri ayrı ayrı ölçülerek değerlendirilmiştir. Ölçümlerde Ra pürüzlülük değerleri genel olarak en yüksek çıkan yöntem G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde çıkmıştır. Daha sonra ise G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde yüksek Ra değerleri olduğu görülmüştür. En düşük Ra değerleri G81 doğrudan delik delme yönteminde gözlenmiştir. Ancak 70. delikten sonra G81 ve G73 yöntemlerindeki değerlerin birbirine yakın olduğu görülmüştür.
- Delinen deliklerin ölçü tamlığı analizlerine göre, deliklerin giriş kısımlarındaki çaptan sapma veya delik genişlemesinin en fazla olduğu yöntem G83 talaş boşaltmalı delik delme yöntemi olmuştur. Daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yöntemi ve en az büyütme yapan yöntem G81 doğrudan delik delme yöntemi olmuştur.

- Deliklerin çıkış kısımlarında da G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde en çok delik büyümesi gözlenmiştir. Daha sonra G73 talaş kırmalı delik delme yönteminde ve en düşük delik büyümesi G81 doğrudan delik delme yönteminde olduğu tespit edilmiştir.
- Delik toleransları dikkate alındığında G81 yönteminde 126. deliğe kadar bile IT 11 tolerans değerleri içinde kalınırken G83 yönteminde ilk deliklerde bile IT 14 tolerans değerleri ortaya çıkmıştır. G73 yönteminde ise IT 13 toleranslarında çap değerleri oluşmuştur.
- Eksenel kaçıklık veya silindiriklikten sapma değerlerine bakıldığında, delik delme yöntemleri arasında net bir ayrımın olmadığı tespit edilmiştir. Alınan değerler yakın olmakla birlikte, G73 talaş kırmalı delik delme yönteminin nispeten daha çok sapmaya sebep olduğu, daha sonra G81 doğrudan delik delme yöntemi ve en iyi diklik değerlerinin G83 talaş boşaltmalı delik delme yönteminde olduğu tespit edilmiştir.
- Delik delme maliyetini, delik delme yöntemlerine göre, bir deliğin maliyeti ve toplam delik maliyeti olarak verebilen, takım ömrünü ve işleme süresini hesaplayan bir bilgisayar programı geliştirilmiştir.
- Programda kullanılan teorik hesaplamalardaki delme süreleri, gerçek delme sürelerine %1-2 dk hassasiyette yakın olduğu tespit edilmiştir.
- Geliştirilen program ile kullanıcının girdiği delme parametreleri ve delik sayına göre toplam maliyetler hesaplanabilmektedir.
- Program ile işçilik, tezgâh, sarf malzemeleri, hazırlık çalışmaları ve takım değiştirme gibi ara işlemler de hesaba katılarak gerçek bir delik delme maliyeti hesaplanabilmektedir.
- Program, her firmada değişiklik arz edebilen veya zamanla değişebilecek girdilere uygun olacak şekilde dinamik olarak tasarlanmıştır.
- Program kullanılarak yapılan delik delme maliyet hesapları sonucunda en ekonomik yöntemin G81 doğrudan delik delme yöntemi olduğu tespit edilmiştir. En yüksek maliyetli olan yöntem ise G83 talaş kırmalı delik delme yöntemi olmuştur.

Bu sonuçlar ışığında aşağıdaki öneriler yapılabilir;

- Farklı matkaplarla veya malzemelerle benzer deneyler yapılabilir,
- Aynı yöntem diğer işleme yöntemlerine de uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- Abu-Mahfouz, I. (2003). Drilling Wear Detection and Classification Using Vibration Signals and Artificial Neural Network. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(03\)00023-3](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(03)00023-3)
- Akkurt, A. (2009). Delik Yüzeylerine Uygulanan Yüzey İyileştirme İşlemlerinin Alüminyum Alaşımı Malzemeler Üzerinde Araştırılması. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, 1–3.
- Akkurt, M. (2004). *Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgâhları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Aldaş, K., Özkul, İ., Taşkesen, A., ve Kayir, Y. (2014). *Investigation of Drilling Parameters on Thrust Force on AZ91 Magnesium Alloy by Genetic Expression Programming*. 2, 475–486.
- Armarego, E. J. A., ve Cheng, C. Y. (1972). Drilling With Flat Rake Face and Conventional Twist Drills-II. Experimental Investigation. *International Journal of Machine Tool Design and Research*. [https://doi.org/10.1016/0020-7357\(72\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0020-7357(72)90010-8)
- Avuncan, G. (1998). *Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar*. İstanbul: Makine Takım Endüstrisi A.Ş.
- Bayrak, M. (2002). *Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi ve Uzman Sistemle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Makine Mühendisliği, Ankara.
- Baysan, S., ve Durmuşoğlu, M. B. (2008). Değişen rekabet koşullarında değişmeyen maliyet muhasebesine yeni bir soluk: yalın maliyet muhasebesi. *Altı Sigma Yalın Konferansları*, 1–5.
- Bilen, A. (1997). *Karar Verme Aracı Olarak Değişken Maliyet Sistemi: Tekstil Sektöründe Bir Uygulama*. Doktora Tezi. Malatya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Bıçakçı, F., ve Tekin, A. (2006). Sanayi İşletmelerinde Faaliyet Tabanlı Maliyet Sistemine Geçiş Çabaları ve Bir Uygulama. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13, 39-56.
- Bıçakçı, N. (2015). *Ti6Al4V Titanyum Alaşımının Delinebilirliğinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Bono, M., ve Ni, J. (2001). The Effects of Thermal Distortions on The Diameter and Cylindricity of Dry Drilled Holes. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(01\)00047-5](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(01)00047-5)
- Burghardt, H. D. (1969). *Tesviyecilik Teknolojisi*. İstanbul: Mesleki ve Etkin Kitaplar.

- Çakır, A. (2009). *Al 7075 ve Al 6013 Alüminyum Malzemelerin Delme Operasyonları Esnasındaki Kesme Parametrelerinin İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çakır, A. (2015). *AA 7075 ve AA 2024 Al Malzemelerine Delik Delinmesinde Soğutma Yöntemlerinin İşleme Performansına Etkilerinin incelenmesi*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çakır, M. C. (2000). *Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri*. Bursa: Vipaş A.Ş.
- Çiftçi, İ., ve Gökçe, H. (2018). Ti6Al4V Titanyum Alaşımının Delinmesinde Delme Yönteminin Aşınmaya Etkisinin İncelenmesi. *Journal of Polytechnic*. <https://doi.org/10.2339/politeknik.450289>
- Coğun, C., ve Özses, B. (2002). Bilgisayar Sayısal Denetimli Takım Tezgahlarında Değişik İşleme Koşullarının Yüzey Pürüzlülüğüne Etkisi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 17, 59–75.
- Demirci, D. (2009). *Değişken Maliyet Sisteminin Yönetim Kararlarına Etkisi ve Şeker Fabrikası Uygulaması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Fernandes, M., ve Cook, C. (2006). Drilling of Carbon Composites Using a One Shot Drill Bit. Part I: Five Stage Representation of Drilling and Factors Affecting Maximum Force and Torque. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2005.03.015>
- Gökçe, H., Yavuz, M., Gökçe, H., ve Şeker, U. (2017). *Orjinal Matkap Geometrisinde Delme Performansının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Doğrulanması*. 3(1), 27–34.
- Gülesin, M., Güllü, A., Avcı, Ö., ve Akdoğan, G. (2010). *CNC Torna ve Freze Tezgahlarının Programlanması*. Asil Yayın Dağıtım.
- Islam, M. N., Rafi, N. H., ve Charoon, P. (2009). An investigation into effect of canned cycles on drilled hole quality. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2009, Vol I*(July 2009), 1895.
- İnternet: Almina Makine Servis Bakım, Yedek Parça. (2019). Retrieved from URL: <http://www.cnctezgahtamiri.com/cnc-kodlari.html> son erişim tarihi: 7 Nisan 2019.
- İnternet: CNC Konya. (2019). Retrieved from URL: <https://cnckonya.wordpress.com> son erişim tarihi: 26 Nisan 2019.
- İnternet: Toleranslar. (2019). Retrieved from URL: <https://docplayer.biz.tr/65929891-Toleranslar-tolerances.html> son erişim tarihi: 5 Mart 2019.
- Kalpakkian, S., ve Schmid, S. R. (2009). Manufacturing engineering and technology. In *Prentice Hall*.

- Kaplan, Y. (2010). *Delik Delmede Farkı Parametrelerin Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kayir, Y. (2014). Optimization of The Cutting Parameters for Drilling Magnesium Alloy AZ 91. *Materialpruefung/Materials Testing*. <https://doi.org/10.3139/120.110523>
- Kayir, Y., ve Suzgunol, M. (2018). *Optimization of Cutting Parameters in Drilling AISI P20 Die Mold Steel with Taguchi and GRA Methods*. 31(3), 898–910.
- Kaynak, Y. (2006). *Matkap İle Delik Delme Esnasında Kesme Parametrelerinin Kesme Kuvveti Ve Sıcaklığın Değişimine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kıvak, T. (2007). *Inconel 718'in Delinebilirliğinin Araştırması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kolahan, F., ve Liang, M. (2000). *Optimization of hole-making operations : a tabu-search approach*. 40, 1735–1753.
- Krar, S., Rapisardo, M., ve Check, A. F. (1997). *Machine Tool And Manufacturing Technology* (1.Edition). Delmar Cengage Learning.
- Kutlu, L. (2008). *Al 2024-T4 Alüminyumun Elmas Benzeri Karbon (DLC) Kaplanmış Matkaplarla Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi ve Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuzu, A. T. (2016). *Kompakt Grafitli Dökme Demirin Delik Delme İşleminin İncelenmesi ve Sıcaklık Modelinin Oluşturulması (İstanbul Teknik Üniversitesi)*. <https://doi.org/10.3929/ethz-b-000238666>
- Luong, L. H. S., ve Spedding, T. (1995). An integrated system for process planning and cost estimation in hole making. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. <https://doi.org/10.1007/BF01179405>
- Mendi, F. (2000). *Takım Tezgahları Teori ve Hesapları*. Gazi Kitapevi.
- Meral, G. (2010). *AISI 1050 Malzemenin Delinmesinde Delme Parametrelerinin Kesme Kuvvetleri ve Delik Kalitesi Üzerindeki Etkisinin Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Nouari, M., List, G., Girot, F., ve Coupard, D. (2003). Experimental analysis and optimisation of tool wear in dry machining of aluminium alloys. [https://doi.org/10.1016/S0043-1648\(03\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0043-1648(03)00105-4)
- Özdemir, Ö., İpek, M., ve Zeytin, S. (1999). Kesici Takım Malzemeleri. *Makine Mühendisleri Odası*.
- Pamukoğlu, U., ve Göloğlu, C. (2004). Delik İşlemleri İçin Maliyet Merkezli Bir Sistem. *Journal of Engineering Sciences*, 10, 31–39.

- Şahin, N. (1999). *Tesviyecilik Meslek Teknolojisi I*. Ankara: Kozan Ofset.
- Sandvik Coromant. (1994). *Modern Metal Cutting*. Sweden: Sandvikens Tryckeri.
- Sandvik Coromant. (2008). *Kesici Takım El Klavuzu*. İsveç.
- Şekerci, K. N. (2012). *AISI 316L Malzemesinin Delinmesinde Kesme Parametrelerinin Kesme Sıcaklığı, Kesme Kuvvetleri ve Delik Kalitesi Üzerindeki Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sharif, S., ve Rahim, E. A. (2007). Performance of coated and uncoated carbide tools when drilling titanium alloy Ti6Al4V. *Journal of Materials Processing Technology*, 185, 72–76.
- Smid, P. (2008). *CNC Programming Handbook* (3rd Edition, Ed.). New York: Industrial Press Inc.
- Soylu, A. (2007). *Bir Delme Dinamometresi Tasarım ve İmalatı İle HSS-1040 Malzeme Çiftinde İlerleme Kuvveti ve Döndürme Momentinin Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Talaşlı İmalat İşlemleri ve Makineleri Tesviyecilik. (2006). *EMO-Makine Market Dergisi*.
- Tonshoff, H. L., Spintig, W., Neises, A., ve Konig, W. (1994). Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy. *Annals of the CIRP*, 43.
- Ülker, Y., ve İskender, H. (2005). Doğru Maliyet Hesaplamada Güvenilir Bir Sistem: Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ve Jhon Deere Örneği. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 8, 189–217.
- Yağmur, S. (2011). *Delik Delme İşlemlerinde Kesme Parametrelerine Bağlı Olarak Oluşan Sıcaklığın Deneysel Olarak İncelenmesi*. Yüksek Lisans, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yagmur, S., Acir, A., Seker, U., ve Gunay, M. (2013). An experimental investigation of effect of cutting parameters on cutting zone temperature in drilling. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1563.7366>
- Yavuz, M. (2017). *Delme İşlemlerinde Takım Geometrisinin Etkilerinin Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması*. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

EKLER

EK-1. Yüzey pürüzlülük ölçüm değerleri

Çizelge 1.1. Deliklerin Ra ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (μm)

Delik No	Ra Pürüzlülük Değerleri (μm)		
	G81	G73	G83
1	3,6590	4,0105	4,4803
3	4,6473	4,7620	5,6158
6	4,0470	6,7703	5,6475
9	4,1488	4,7983	5,3343
12	5,5348	4,8590	4,9760
15	4,2525	5,4265	5,5353
18	4,1630	5,1325	5,3028
21	4,3665	5,0468	5,1938
24	5,0703	5,5260	5,3105
27	5,0593	6,0528	4,7253
30	5,3193	5,3648	5,3460
33	4,9793	5,4420	5,5060
36	5,2953	5,1035	5,0503
39	4,5775	4,9598	5,3908
42	5,2743	5,6700	5,0788
45	4,4305	4,9960	4,6165
48	4,7460	5,5688	5,8318
51	4,8143	5,0510	6,1113
54	5,3825	6,3165	5,2065
57	4,9970	5,6978	6,0080
60	4,8080	5,2103	5,3315
63	5,5000	4,9638	6,6998
66	5,1643	5,3488	5,3588
69	5,0593	4,6540	5,4705
72	5,6918	5,2123	4,9748
75	6,3758	4,9090	5,1143
78	5,0123	4,5383	5,2333
81	5,2690	4,8615	6,2515
84	5,0743	5,5303	6,1825
87	4,7555	5,6365	5,6270
90	5,0428	4,8820	5,1500
93	5,6418	5,4108	6,1760
96	5,3895	5,0228	5,1335
99	6,1335	5,2285	5,1835
102	6,5788	5,8135	5,7780
105	4,7930	5,1880	5,9735
108	5,673	4,8750	5,5798
111	5,164	5,1958	5,9363
114	4,893	5,2840	6,0128
117	5,27	5,2008	5,7710
120	5,033	5,1100	5,7385
123	6,079	5,8238	6,5558
126	5,644	5,3910	5,2893

EK-2. CMM ap ölçüm değerleri

Çizelge 2.1. Deliklerin alt ve st kısımlarının çap değerleri

Delik No	ap Değerleri					
	G81		G73		G83	
	st	Alt	st	Alt	st	Alt
1	8,016	8,041	8,105	8,179	8,283	8,215
2	8,064	8,049	8,113	8,173	8,282	8,228
3	8,081	8,044	8,128	8,152	8,256	8,23
4	8,05	8,044	8,124	8,168	8,278	8,173
5	8,049	8,104	8,145	8,18	8,262	8,193
6	8,043	8,049	8,282	8,248	8,274	8,183
7	8,041	8,042	8,156	8,211	8,268	8,212
8	8,044	8,061	8,277	8,215	8,265	8,248
9	8,035	8,033	8,135	8,173	8,261	8,234
10	8,052	8,089	8,149	8,192	8,233	8,246
11	8,048	8,081	8,138	8,168	8,249	8,246
12	8,03	8,054	8,116	8,179	8,257	8,237
13	8,061	8,039	8,14	8,19	8,25	8,198
14	8,054	8,047	8,164	8,152	8,26	8,224
15	8,042	8,051	8,12	8,198	8,258	8,187
16	8,036	8,071	8,124	8,142	8,265	8,251
17	8,056	8,035	8,135	8,156	8,219	8,195
18	8,031	8,052	8,112	8,163	8,249	8,232
19	8,04	8,056	8,103	8,15	8,254	8,219
20	8,05	8,041	8,162	8,141	8,284	8,213
21	8,03	8,072	8,089	8,172	8,248	8,24
22	8,03	8,03	8,138	8,15	8,25	8,219
23	8,039	8,051	8,129	8,157	8,23	8,224
24	8,054	8,058	8,124	8,151	8,201	8,221
25	8,056	8,045	8,225	8,151	8,218	8,228
26	8,035	8,049	8,133	8,156	8,221	8,227
27	8,03	8,083	8,111	8,16	8,25	8,228
28	8,034	8,057	8,14	8,175	8,229	8,203
29	8,041	8,052	8,136	8,181	8,234	8,189
30	8,1	8,036	8,138	8,174	8,221	8,206
31	8,056	8,054	8,138	8,193	8,243	8,245
32	8,047	8,055	8,142	8,16	8,238	8,228
33	8,048	8,061	8,165	8,193	8,228	8,221
34	8,051	8,097	8,14	8,163	8,234	8,204
35	8,058	8,078	8,136	8,147	8,236	8,216
36	8,066	8,039	8,087	8,164	8,213	8,241
37	8,092	8,071	8,131	8,127	8,233	8,264
38	8,085	8,068	8,138	8,147	8,185	8,213
39	8,042	8,117	8,125	8,164	8,185	8,214
40	8,052	8,056	8,12	8,148	8,225	8,222
41	8,061	8,115	8,159	8,172	8,215	8,226
42	8,049	8,079	8,127	8,172	8,211	8,178
43	8,04	8,059	8,132	8,158	8,212	8,218
44	8,035	8,029	8,069	8,144	8,179	8,221
45	8,057	8,055	8,132	8,182	8,199	8,218
46	8,049	8,062	8,145	8,204	8,204	8,227

EK-2.(devam) CMM ap ölçüm değerleri

Delik No	ap Değerleri					
	G81		G73		G83	
	st	Alt	st	Alt	st	Alt
47	8,054	8,091	8,142	8,192	8,19	8,215
48	8,063	8,083	8,123	8,157	8,173	8,197
49	8,031	8,07	8,126	8,141	8,187	8,22
50	8,032	8,048	8,126	8,193	8,184	8,189
51	8,059	8,067	8,127	8,152	8,17	8,223
52	8,038	8,079	8,166	8,232	8,215	8,218
53	8,057	8,105	8,211	8,142	8,163	8,215
54	8,058	8,065	8,134	8,149	8,179	8,232
55	8,051	8,068	8,111	8,127	8,21	8,228
56	8,031	8,065	8,108	8,136	8,188	8,218
57	8,041	8,046	8,113	8,147	8,192	8,18
58	8,052	8,015	8,126	8,138	8,169	8,227
59	8,046	8,074	8,127	8,151	8,2	8,203
60	8,039	8,07	8,129	8,149	8,178	8,182
61	8,034	8,083	8,121	8,128	8,179	8,173
62	8,043	8,088	8,125	8,169	8,163	8,209
63	8,03	8,072	8,118	8,14	8,209	8,206
64	8,056	8,059	8,148	8,161	8,17	8,182
65	8,034	8,094	8,119	8,192	8,207	8,21
66	8,035	8,073	8,125	8,161	8,184	8,197
67	8,038	8,115	8,138	8,142	8,171	8,196
68	8,044	8,063	8,132	8,138	8,176	8,144
69	8,035	8,06	8,131	8,12	8,165	8,238
70	8,05	8,063	8,093	8,131	8,168	8,19
71	8,043	8,064	8,118	8,117	8,182	8,225
72	8,046	8,029	8,098	8,091	8,158	8,178
73	8,047	8,049	8,057	8,079	8,166	8,223
74	8,05	8,064	8,062	8,151	8,17	8,179
75	8,047	8,078	8,146	8,158	8,14	8,174
76	8,074	8,063	8,109	8,117	8,146	8,231
77	8,052	8,063	8,12	8,162	8,167	8,184
78	8,051	8,078	8,107	8,143	8,146	8,162
79	8,026	8,097	8,118	8,124	8,134	8,17
80	8,043	8,08	8,11	8,169	8,168	8,167
81	8,041	8,055	8,087	8,154	8,144	8,192
82	8,025	8,049	8,117	8,131	8,195	8,253
83	8,053	8,061	8,108	8,138	8,095	8,204
84	8,024	8,071	8,116	8,075	8,162	8,198
85	8,026	8,048	8,139	8,162	8,16	8,158
86	8,034	8,055	8,129	8,133	8,126	8,242
87	8,02	8,06	8,143	8,141	8,19	8,184
88	8,028	8,103	8,137	8,126	8,185	8,236
89	8,047	8,064	8,112	8,142	8,184	8,222
90	8,03	8,055	8,108	8,175	8,164	8,212
91	8,024	8,065	8,109	8,141	8,17	8,167
92	8,052	8,061	8,099	8,134	8,169	8,21
93	8,021	8,071	8,131	8,145	8,167	8,2
94	8,048	8,047	8,111	8,112	8,187	8,191

EK-2.(devam) CMM ap ölçüm değerleri

Delik No	ap Değerleri					
	G81		G73		G83	
	st	Alt	st	Alt	st	Alt
95	8,043	8,061	8,122	8,147	8,19	8,245
96	8,051	8,049	8,131	8,157	8,186	8,2
97	8,053	8,069	8,104	8,118	8,157	8,239
98	8,046	8,045	8,103	8,149	8,187	8,217
99	8,062	8,063	8,12	8,116	8,159	8,194
100	8,026	8,059	8,098	8,131	8,192	8,177
101	8,08	8,075	8,113	8,129	8,188	8,194
102	8,04	8,065	8,154	8,116	8,147	8,202
103	8,033	8,048	8,145	8,134	8,168	8,228
104	8,047	8,083	8,109	8,136	8,188	8,205
105	8,045	8,048	8,112	8,134	8,195	8,197
106	8,04	8,071	8,123	8,129	8,178	8,217
107	8,05	8,036	8,117	8,153	8,204	8,217
108	8,058	8,078	8,107	8,126	8,18	8,216
109	8,021	8,067	8,118	8,146	8,179	8,215
110	8,027	8,055	8,137	8,109	8,193	8,164
111	8,028	8,07	8,106	8,132	8,158	8,172
112	8,015	8,094	8,116	8,131	8,195	8,185
113	8,05	8,057	8,119	8,14	8,165	8,214
114	8,019	8,048	8,11	8,135	8,185	8,232
115	8,032	8,063	8,11	8,142	8,198	8,207
116	8,041	8,086	8,113	8,113	8,178	8,187
117	8,04	8,088	8,111	8,135	8,155	8,208
118	8,038	8,063	8,121	8,106	8,163	8,223
119	8,003	8,079	8,128	8,134	8,178	8,202
120	8,042	8,062	8,127	8,133	8,153	8,223
121	8,019	8,061	8,105	8,137	8,173	8,238
122	8,027	8,05	8,108	8,137	8,18	8,185
123	8,01	8,043	8,112	8,154	8,159	8,185
124	8,019	8,036	8,11	8,169	8,197	8,241
125	8,035	8,079	8,14	8,169	8,189	8,235
126	8,003	8,079	8,12	8,13	8,188	8,267

EK-3. CMM eksenel kaçıklık ölçüm değerleri

Çizelge 3.1. Deliklerin eksenel kaçıklık değerleri

Delik No	Eksenel Kaçıklık (Silindirlikten Sapma)						
	G81	G73	G83				
1	0,045	0,058	0,043	47	0,015	0,029	0,031
2	0,02	0,042	0,022	48	0,093	0,022	0,045
3	0,018	0,035	0,01	49	0,033	0,042	0,031
4	0,049	0,001	0,044	50	0,049	0,027	0,037
5	0,047	0,021	0,04	51	0,018	0,03	0,049
6	0,021	0,06	0,046	52	0,001	0,04	0,009
7	0,063	0,052	0,042	53	0,064	0,035	0,041
8	0,019	0,015	0,036	54	0,039	0,049	0,032
9	0,04	0,032	0,019	55	0,043	0,041	0,037
10	0,084	0,032	0,069	56	0,047	0,044	0,025
11	0,012	0,047	0,041	57	0,076	0,043	0,046
12	0,022	0,045	0,06	58	0,075	0,068	0,035
13	0,037	0,097	0,032	59	0,042	0,038	0,042
14	0,025	0,054	0,064	60	0,038	0,01	0,03
15	0,008	0,086	0,049	61	0,065	0,034	0,025
16	0,01	0,04	0,032	62	0,006	0,057	0,002
17	0,021	0,01	0,064	63	0,054	0,048	0,03
18	0,067	0,04	0,037	64	0,014	0,013	0,015
19	0,044	0,031	0,045	65	0,028	0,025	0,029
20	0,035	0,027	0,068	66	0,029	0,029	0,016
21	0,052	0,039	0,042	67	0,042	0,078	0,022
22	0,028	0,013	0,032	68	0,018	0,053	0,015
23	0,052	0,082	0,034	69	0,072	0,015	0,027
24	0,066	0,018	0,029	70	0,047	0,042	0,01
25	0,064	0,078	0,05	71	0,05	0,086	0,026
26	0,067	0,064	0,016	72	0,013	0,052	0,028
27	0,083	0,033	0,026	73	0,022	0,063	0,029
28	0,062	0,04	0,04	74	0,055	0,085	0,031
29	0,041	0,058	0,037	75	0,025	0,045	0,016
30	0,038	0,025	0,036	76	0,015	0,063	0,013
31	0,059	0,025	0,062	77	0,083	0,06	0,018
32	0,043	0,019	0,068	78	0,015	0,012	0,019
33	0,043	0,022	0,022	79	0,039	0,065	0,019
34	0,021	0,058	0,048	80	0,005	0,054	0,007
35	0,041	0,072	0,028	81	0,025	0,042	0,019
36	0,039	0,03	0,038	82	0,048	0,029	0,062
37	0,085	0,052	0,023	83	0,035	0,029	0,004
38	0,044	0,064	0,043	84	0,029	0,046	0,024
39	0,033	0,038	0,021	85	0,037	0,014	0,06
40	0,04	0,051	0,038	86	0,051	0,045	0,002
41	0,05	0,004	0,03	87	0,033	0,066	0,076
42	0,066	0,036	0,053	88	0,022	0,052	0,043
43	0,087	0,042	0,014	89	0,076	0,02	0,01
44	0,079	0,083	0,035	90	0,021	0,049	0,031
45	0,06	0,036	0,025	91	0,042	0,075	0,076
46	0,08	0,032	0,029	92	0,007	0,021	0,031
				93	0,037	0,036	0,076
				94	0,01	0,015	0,028

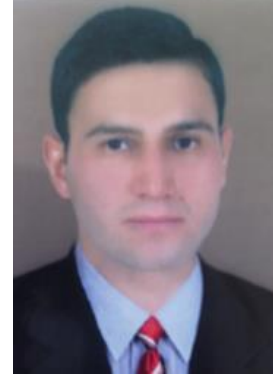
EK-3.(devam) CMM eksenel kaçıklık ölçüm değerleri

Delik No	Eksenel Kaçıklık (Silindiriklikten Sapma)		
	G81	G73	G83
95	0,015	0,059	0,005
96	0,036	0,039	0,022
97	0,011	0,071	0,047
98	0,047	0,004	0,014
99	0,017	0,046	0,024
100	0,035	0,027	0,065
101	0,03	0,023	0,024
102	0,007	0,062	0,043
103	0,014	0,038	0,049
104	0,031	0,045	0,048
105	0,018	0,014	0,037
106	0,028	0,047	0,074
107	0,073	0,049	0,033
108	0,03	0,05	0,009
109	0,028	0,034	0,011
110	0,019	0,031	0,021
111	0,045	0,016	0,043
112	0,012	0,025	0,048
113	0,053	0,018	0,008
114	0,013	0,042	0,047
115	0,039	0,03	0,046
116	0,018	0,023	0,043
117	0,02	0,029	0,074
118	0,078	0,038	0,027
119	0,032	0,081	0,014
120	0,046	0,002	0,035
121	0,018	0,032	0,018
122	0,033	0,023	0,079
123	0,049	0,033	0,025
124	0,018	0,015	0,051
125	0,033	0,003	0,035
126	0,049	0,014	0,05

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ÜSTÜN, Tugay
 Uyuğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 17.08.1989, Ankara
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (544) 503 30 97
 e-mail : tugay.ustun@gazi.edu.tr



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / İmalat Mühendisliği	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstri Mühendisliği	2013
Lise	Kalaba Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görevi
2017	Nergiz Dekorasyon	Üretim Mühendisi
2014- 2017	Üstün Torna	Üretim Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Üstün, T., Turgut, Y. (2019). *Farklı Delik Delme İşlemlerinde Maliyet Hesabı İçin Program Geliştirme*. 1. International Data Science and Engineering Symposium Proceeding Book. Karabük

Hobiler

Yüzme, Müzik, Futbol



GAZİ GELECEKTİR..