

**AISI 1050 MALZEMENİN DELİNMESİNDE DELME
PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETLERİ ve DELİK KALİTESİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Güven MERAL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2010
ANKARA**

Güven MERAL tarafından hazırlanan AISI 1050 MALZEMENİN DELİNMESİNDE DELME PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETLERİ ve DELİK KALİTESİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Tez Danışmanı, Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ulvi ŞEKER

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. İhsan KORKUT

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent BOSTAN

Metal Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Kasım HABALI

Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih 05/07/2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yaptığımı bildiririm.

Güven MERAL

**AISI 1050 MALZEMENİN DELİNMESİNDE DELME
PARAMETRELERİNİN KESME KUVVETLERİ ve DELİK KALİTESİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Güven MERAL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Haziran 2010**

ÖZET

Delme işlemleri Talaşlı imalatta %33'lük bir paya sahiptir. Delik delme işlemi esnasında değişen kesme kuvvetleri, sıcaklık değerleri, matkapta oluşabilecek salgı veya sehim delik kalitesini ve ölçü tamlığını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışmada, delme işlemlerinde önemli yere sahip kesme kuvvetleri, yüzey kalitesi, delik çapındaki değişim, dairesellikten sapma ve silindiriklikten sapma deneysel olarak araştırılmıştır. Deneylerde, endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan ve işlenebilirlik özellikleri iyi bilinen AISI 1050 çelik malzeme referans alınmıştır. Deneylerde 6, 8, 10 mm çaplarında kaplamasız ve PVD methodu ile TiAlN kaplanmış kaplamalı HSS matkaplar kullanılmıştır. Deneyler üç farklı kesme hızı (20, 30, 40 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0.05, 0.1, 0.15 mm/dev) değerinde kuru delme şartlarında CNC dik işleme merkezinde yapılmıştır. Delik uygulama biçimi olarak boydan boya 17 mm uzunlukta delikler delinmiş, deliklerde ölçü tamlığı, delik dairesellikleri, delik giriş ve çıkış ağzı arasındaki aksenal kaçıklık, delik boyunca oluşan yüzey pürüzlülüğü ve talaş kaldırma esnasında oluşan kesme kuvvetleri ölçülerek sonuçlar yorumlanmıştır.

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 gözlenmiştir. Yüzey pürüzlülük değerleri artan kesme hızı değerlerine bağlı olarak azalırken, ilerleme hızındaki artışla artmıştır.

Bilim Kodu : 708.1.094
Anahtar Kelimeler : Delme, HSS Matkap, AISI 1050, İlerleme Kuvveti, Yüzey Kalitesi, Dairesellikten Sapma, Silindiriklikten Sapma
Sayfa Adedi : 95
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK

**AN INVESTIGATION of THE DRILLING PARAMETERS' EFFECT ON
CUTTING FORCES AND HOLE QUALITY IN THE DRILLING of AISI 1050
METERIAL
(M.Sc. Thesis)**

Güven MERAL

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
JUNE 2010**

ABSTRACT

The drilling process have got area of % 33 in the manufacturing. During drilling process, the variable cutting forces, the temperature values, the run out and displacement of drills significantly affects the hole quality and the measurement accuracy. In this study, the cutting forces, surface quality, the variation in the hole diameter, the daviation of cyclicity and the deviation of cylindricity are investigated experimentally in the experiment; AISI 1050 steel meterial has widespread using in the industrial application and well-known machining properties are used. In the drilling tests uncoated and TiAlN coated by PVD method HSS Drills in the diameter of 6, 8, 10 mm are used. The drilling tests are carried out in the three different cutting speed (20, 30, 40 m/min) and in the three different feed speed (0,05; 0,1; 0,15 mm/rev) in the vertical CNC milling machine. The holes are drilled 17 mm length from end to end. The hole diameter accuraly cyclicity, eccentricity, surface roughness of drilling holes and cuttingforces were measured and the test results were discussed.

After the tests, for all the evolmotion criteria, coated drills have exhibited more positive results than uncoated drills. It was observed that feed rate i more effective parameter than cutting speed on thrust forces. The surface roughness

vawes have been decreased by increasing cutting speeds and increased by increasing feed rates.

Science Code : 708.1.094

**Key Words : Drilling, HSS drill, AISI 1050, Feed Force, Surface Roughness,
Circular Deviation, Cylindrical Deviation,**

Page Number : 95

Adviser : Assist. Prof. Dr. Hakan DİLİPAK

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren danıőmanım Yrd. Doç. Dr. Hakan DİLİPAK'a, kıymetli tecrübelerinden faydalandığım değerli hocam Prof. Dr. Ulvi ŞEKER'e, araőtırmanın deneysel çalışmalarında katkı sağlayan Yrd. Doç. Dr. Yakup TURGUT'a, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan ailem ve çok değerli arkadaşlarım Dr.Ulaő MATİK, Murat SARIKAYA, Turgay KIVAK ve Selçuk YAĞMUR'a teőekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER**Sayfa**

ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Sıcaklık ve Kesme Kuvvetlerinin Ölçümüne Yönelik Yapılan Çalışmalar.....	3
2.2. Sayısal Analiz Kullanılarak Yapılan Çalışmalar	6
2.3. Dairesellik ve Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesine Yönelik yapılan Çalışmalar	7
2.4. Takım Aşınmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar	9
2.5. Diğer Çalışmalar	10
2.6. Literatür araştırmasının değerlendirilmesi.....	11
3. DELİK DELME VE DELİK DELME TAKIMLARI.	13
3.1. Delik Delme İşlemini Etkileyen faktörler	14
3.2. Delme Kesme Parametreleri.....	19
3.3. Delme Kesme Kuvvetleri ve Güç	22
3.4. Helisel Matkapla Delik Genişletme	29
3.5. Delik Delme Takımları (Matkaplar)	32
3.6. Matkap Malzemeleri.....	33

3.6.1. Yüksek hız çelikleri (HSS)	35
3.6.2. Yüksek hız çeliğin içerisinde bulunan alaşım elemanlarının çeliğe etkileri.....	36
3.7. Delme İşlemlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar.....	37
3.8. Delik Delme İşlemlerinde Oluşan Sorunlar ve Çözüm Önerileri	45
3.9. İş Parçası Hatalarının Teşhisi ve Düzeltilmesi	47
4. MALZEME VE METOD.....	49
4.1. Deneyselerde Kullanılan Takım Tezgâhı	49
4.2. Deneyselerde Kullanılan Malzeme, Kesici Takım ve Kesme Parametreleri	49
4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi.....	52
4.4. Delik Kalitesinin Ölçülmesi.....	55
5. DENEYSEL SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	58
5.1. Deneysel Çalışma Değerlendirme Esasları.....	58
5.2. Delme Sırasında Oluşan İlerleme Kuvvetlerinin (Fz) Değerlendirilmesi.....	61
5.2.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen ilerleme kuvvetleri.....	61
5.2.2. TiAlN kaplı takımlarla elde edilen ilerleme kuvvetleri	62
5.2.3. İlerleme kuvvetlerinin genel değerlendirilmesi.....	63
5.3. Yüzey Kalitesinin Değerlendirilmesi	70
5.3.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen yüzey kalitesi	70
5.3.3. Kaplamalı takımlarla elde edilen yüzey kalitesi	73
5.4. Ölçü Tamlığı ve Geometrik Saplamaların Değerlendirilmesi	76
5.4.1. Ölçü tamlığı (çaptan sapma)	76
5.4.2. Dairesellikten sapma (ovalite).....	80

5.4.3. Eksenel kaçıklık (silindiriklikten sapma)	83
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	86
KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Delme işlemlerindeki Problemler, Nedenleri ve Çözüm Önerileri.....	45
Çizelge 3.2. Delme işlemlerinde Hataların Teşhisi ve Düzeltilmesi.....	47
Çizelge 4.1. Johnford VMC–550 CNC freze tezgahının özellikleri.....	49
Çizelge 4.2. AISI 1050 çelik malzemenin kimyasal bileşimi.....	51
Çizelge 4.3. Delme işlemlerinde kullanılan kesme parametreleri ve takım özellikleri.....	51
Çizelge 4.4. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri.....	54
Çizelge 4.5. Kistler Type 5070 amplifier teknik özellikleri.....	54
Çizelge 4.6. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri	56
Çizelge 5.1. Delme deneylerinde girdilere bağlı olarak elde edilen sonuçlar.....	58

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. İşlem sayısına göre delme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle Karşılaştırılması.....	1
Şekil 1.2. Talaş Kaldırma Süresine Göre Delme İşleminin Diğer Talaş Kaldırma İşlemleriyle Karşılaştırılması.....	1
Şekil 3.1. Delme İşlem.....	13
Şekil 3.2. Kesme hızı – ilerleme hızı.....	15
Şekil 3.3. Talaş derinliği.....	15
Şekil 3.4. Matkabin kesme açısı.....	16
Şekil 3.5. İlerleme uzunluğu.....	17
Şekil 3.6. Delik işleminde temel faktörler.....	18
Şekil 3.7. Helisel matkapla delik delme (a,b) ve genişletme(c).....	21
Şekil 3.8. Matkapla delmede kesme kuvvetleri.....	23
Şekil 3.9. Delmede kurs boyu.....	28
Şekil 3.10. Matkabin genel kısımları.....	32
Şekil 3.11. Delik delmede minimum salgı.....	38
Şekil 3.12. Tutucuyla ve kesme sıvısı adaptörüyle delik delme.....	39
Şekil 3.13. Gagalayarak delme çevrimi.....	40
Şekil 3.14. 15. 5°' Den Daha Düşük Eğim.....	40
Şekil 3.15. Matkap deliğin içinden çıkarken ilerleme.....	41
Şekil 3.16. 5~10°' lik eğim.....	41
Şekil 3.17. 10°'den daha büyük eğim açısı.....	41
Şekil 3.18. Düzensiz yüzeyler.....	42
Şekil 3.19. İç bükey yüzeyler.....	42

Şekil	Sayfa
Şekil 3.20. Dış bükey yüzeyler.....	43
Şekil 3.21. Çapraz delik delme.....	43
Şekil 3.22. İstif delik delme.....	44
Şekil 4.1. Deney numuneleri.....	50
Şekil 4.2. Makine Takım Endüstri A.Ş. DIN 338 HSS RN 118° Taşlanmış matkap.....	52
Şekil 4.3. Deney düzeneği.....	53
Şekil 5.1. Kaplamasız matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim.....	64
Şekil 5.2. TiAlN kaplı matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim.....	65
Şekil 5.3. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim.....	66
Şekil 5.4. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim.....	68
Şekil 5.5. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim.....	69
Şekil 5.6. Kaplamasız takımlarla kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim	71
Şekil 5.7. Kaplamalı takımlarla kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim	74
Şekil 5.8. Takım çapı, kaplama uygulanması ve kesme parametrelerine bağlı olarak, elde edilen delik çaplarındaki değişim (çaptan sapma).....	78
Şekil 5.9. Takım çapı, kaplama uygulaması, kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak, elde edilen deliklerde dairesellikten sapmanın (ovalitenin) değerlendirilmesi.....	81
Şekil 5.10. Girdi parametrelerine bağlı olarak elde edilen deliklerin silindiriklikten sapmasındaki değişim.....	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

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

Simgeler	Açıklama
P_s	Kesme gücü (Kw)
P_v	İlerleme gücü (Kw)
P_{top}	Toplam güç (Kw)
P_m	Tezgah gücü (Kw)
t_h	Esas işleme zamanı (dak)
L	İşleme kurs boyu (mm)
a	Kesme derinliği (mm)
h	Kaldırılacak talaş derinliği (mm)
h'	Çıkan talaş kalınlığı (mm)
b	Talaş genişliği (mm)
b'	Çıkan talaş genişliği (mm)
A	Talaş kesiti (mm ²)
d	Matkap çapı (mm)
r	Matkap uç yarı çapı (mm)
A_α	Matkap serbest yüzeyi
A_γ	Matkap talaş yüzeyi
A_s	Kesme düzlemi
α	Boşluk açısı (°)
β	Kama açısı (°)
Φ	Kesme açısı (°)
ϵ	Kayma açısı (°)
γ	Talaş Açısı (°)
ψ	Uç açısı (°)
ϕ	Enine kesici kenar açısı (°)
θ	Helis açısı (°)
η	Eğim açısı (°)

α_e	Etken yaklaşma açısı ($^{\circ}$)
V	Kesme hızı (m/dak)
f	İlerleme (mm/dev)
R	Toplam kuvvet (N)
F_a	Eksenel kuvvet (N)
F_{rz}	Radyal kuvvet (N)
F_c	Asıl kesme kuvveti (N)
F_{sz}	Kesme kuvveti (N)
F_{vz}	İlerleme kuvveti (N)
F_s	Kayma düzlemine paralel kuvvet (N)
F_n	F_s 'ye dik kuvvet (N)
k_s	Özgül kesme kuvveti (N/mm ²)
N	Devir sayısı (mm/dev)
d	Matkap çapı (mm)
M_s	Toplam kesme momenti, Nm
Ra	Ortalama yüzey pürüzlülüğü

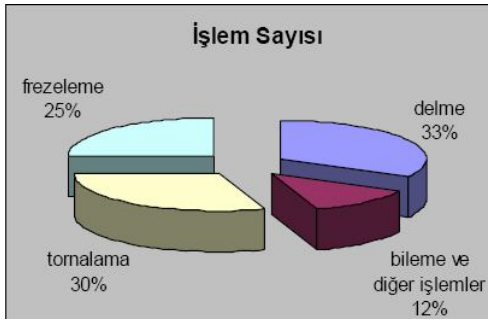
Kısaltmalar	Açıklama
HSS (YHÇ)	High Speed Steel (Yüksek Hız Çeliği)
TS	Türk Standartları
HB	Brinell Hardness (Brinell Sertlik)
CMM	Coordinate Measuring Machine (Koordinat ölçme cihazı)
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı sayısal denetim)
PVD	Physical Vapour Deposition (Fiziksel buhar çökeltme)
SEM	Scanning Electron Microscope (Tarama elektron mikroskobu)
TiAlN	Titanyum Alüminyum Nitrit
TiN	Titanyum Nitrit
Co	Kobalt
DLC	Diamond Like Carbon (Karbon benzeri elmas)
FEM	Finite Element Method (Sonlu elemanlar metodu)
PECVD	Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

CBN	Kübik Bor Nitrür
VC	Vanadyum Karbür
TGÖ	Toplam Gösterge Okuması

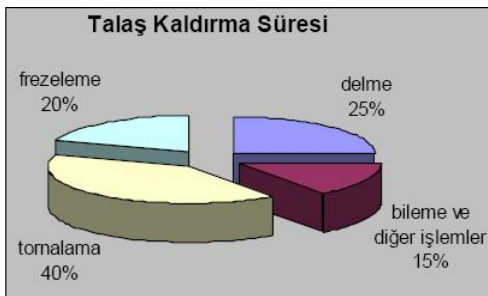
1. GİRİŞ

Talaş kaldırma işlemi; elastik ve plastik şekil değişikliğine dayanım, sürtünme ve ısı oluşumu, talaş oluşumu ve talaş kırılması, iş malzemesi yüzeyinin sertleştirilmesi, kesici takım ucunun aşınması ve kırılması gibi olayların meydana geldiği karmaşık bir fiziksel olaydır [1].

Delik delme en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin yaklaşık %33'ünü içermektedir (Şekil 1.1). Yine kesici takımlarla yapılan talaş kaldırma işlemlerinde harcanan zamanın %25'i delik delme işlemi olarak tezgâhta geçirilmektedir (Şekil 1.2) [2].



Şekil 1.1. İşlem sayısına göre delme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması [2].



Şekil 1.2. Talaş kaldırma süresine göre delme işleminin diğer talaş kaldırma işlemleriyle karşılaştırılması [2].

Delik delme işlemlerinin diğer talaşlı imalat işlemleri arasında bu kadar önemli paya sahip olması delik delme esnasında karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik

atılacak adımların önemini daha da arttırmaktadır. Üretimin hedefi; işleme görevinin teknik ve ekonomik yönden en az maliyet, işçi açısından ise en yüksek emniyetle yerine getirilmesidir [3].

Birçok işletmedeki teknolojik verilerin yetersizliğinden dolayı delik delme uygulamalarında çok çeşitli sıkıntılarla karşılaşılmaktadır. Delik delme işlemi esnasında kesici takımın maruz kaldığı kuvvet değişimleri ve değişen talaş debisi kesici takımın delik içerisinde sıkışmasına neden olabilmektedir. Fener milinin uygun olmaması veya matkabın gereğinden uzun bağlanması dönme esnasında salgı veya sehim meydana getirerek başta dairesellikten sapma olmak üzere delik giriş ve çıkış ağzı arasında aksel kaçıklığa (silindiriklikten sapma) neden olur. Bu gibi sebeplerden dolayı delik kalitesi istenilen tolerans sınırları dışına çıkar. Yüksek kaliteli deliklerin işlenmesinde ölçü tamlığı ve delik kalitesi önemli olduğu için bu gibi delik delme işlemlerinde raybalama gibi ikincil işlemlere ihtiyaç duyulur. Bu da beraberinde zaman ve üretim kaybına neden olup işleme maliyetini yükseltmektedir.

Bu çalışma ile delik delme işlemlerinde yaşanan bu problemler ışığında; kesme hızı ve ilerleme gibi çeşitli kesme parametreleri baz alınarak referans malzeme olarak kullanılan mekanik, kimyasal ve işlenebilirlik özellikleri iyi bilinen AISI 1050 çelik malzemenin kaplamalı ve kaplamasız HSS matkaplar ile delinmesi esnasında oluşan kesme kuvvetleri ile beraber ölçü tamlığı, dairesellik, aksel kaçıklık ve yüzey pürüzlülüğü gibi delik kalitesini yakından ilgilendiren sonuçları incelenerek optimum delme şartlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Elde edilecek sonuçlar ile kesici takımların endüstri alanında optimum kullanımı ve istenilen delik kalitesi sağlanarak, imalatta delme işlemine ihtiyaç duyan imalatçılara kılavuzluk edecek ürün maliyetinin azaltılması hedeflenmektedir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

İmalat sektöründe delik delme uygulamalarında kesme kuvvetlerinin değişmesi, takım aşınması, sıcaklık değişimi, dairesellikten sapma, aksel kaçıklık ve yüzey kalitesinin bozulması gibi bir takım sıkıntılar yaşanmaktadır. Yüksek kaliteli deliklerin işlenmesinde bu gibi sorunlar raybalama gibi ikincil işlemlerin yapılmasını gerektirmektedir. Delik kalitesinin ve ölçü tamlığının ikincil işlemlere gerek duyulmadan istenilen tolerans sınırları içerisinde kalmasını sağlamak zaman ve üretim kaybını önleyerek işleme maliyetini düşürmeye yardımcı olmaktadır. Delik delme işlemlerinde karşılaşılan bu gibi olumsuzlukların önüne geçmek, çözüm üretmek ve daha iyi işleme şartları sağlamak amacı ile çok çeşitli araştırmalar yapılmıştır.

Literatürdeki bu araştırmalar genel olarak incelendiğinde, delik delme ile ilgili problemlere yönelik olarak sınıflandırma ışığında değerlendirilmiştir.

2.1. Sıcaklık ve Kesme Kuvvetlerinin Ölçümüne Yönelik Yapılan Çalışmalar

Dinç C. ve arkadaşları; dikey işlemede kızılötesi görüntüleme yöntemiyle talaş kaldırma ısıdan etkilenen bölgelerin analizini yapmışlardır. Termal deneyler için iki farklı malzeme (AI 7075 ve AISI 1050) kullanılmıştır. Bu malzemeler, eğim açısı 6° ve 8° olan, iki farklı takım geometrisinde, farklı kesme ve tabla ilerleme hızlarında işleme deneylerine tabii tutulmuştur. Termal deneyler için kızılötesi kamera tertibatından yararlanılmıştır. Takım/talaş ara yüzeyindeki maksimum sıcaklığın, artan kesme hızı ve tabla ilerleme hızı değerleriyle birlikte arttığı görülmüştür. Takım eğim açısı ile takım/talaş ara yüzeylerindeki maksimum sıcaklık arasındaki ilişkinin ayırt edici olmadığı belirlenmiştir [4].

Bono M. ve arkadaşları; matkabın kesici ağızları üzerindeki maksimum sıcaklığın yerini belirlemek amacı ile bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışma ile matkabın kesici ağızları boyunca sıcaklık profilini analiz edip ve radyal ağız

üzerindeki sıcaklığın ana kesici kenarlar üzerindeki sıcaklığı nasıl aşabildiğini incelemişlerdir. Deneysel çalışma sonucunda maksimum sıcaklığın radyal ağzın üzerinde meydana geldiği görülmüştür. Bu çalışmada Matkabın radyal ağız kısmının tasarımının maksimum matkap sıcaklığı üzerinde büyük etkilere sahip olduğu göstermiştir [5].

Kaynak Y.; yaptığı çalışmada Al 2024 malzeme kullanarak değişik kesme parametreleri, matkap kaplamaları ve uç açılarının, kesme sıcaklıkları ve kesme kuvvetlerine etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerde, 10 mm çapında (TiAlN, TiN, %5 CO, taşlanmış) kaplamalı matkap uçları kullanmıştır. Deney numunelerini üç farklı kesme hızında (30, 45, 60 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,15; 0,20; 0,25 mm/dev) aralığında işlenmiştir. Deneysel çalışmada, sıcaklık ölçümünü gerçekleştirmek için ısı çifti (thermocouple) yöntemi kullanılmıştır. Isıl çift, iş parçasına açılan bir delikten salınarak kesici takıma 0,2 mm kadar yaklaştırılmıştır. Kesici takımın delme işlemi boyunca sıcaklığının ölçümü, üç farklı noktadan iş parçası içerisine salınan ısı çiftleriyle gerçekleştirilmiştir. Kesme kuvveti ölçümleri için dinamometre kullanılmıştır. Hazırlanan iş parçası dinamometre üzerine sabitlenerek delme esnasında oluşan kuvvet verileri bilgisayara; x, y ve z eksenlerinde grafiksel olarak aktarılmıştır. Deneyler sonucunda, kuru delme şartlarında ölçülen kesme sıcaklığı ve kesme kuvvetlerinin nümerik yaklaşımla elde edilen sonuçlarla yakın değerlerde olduğu tespit edilmiştir [6].

Soylu A.; yaptığı çalışmada delme işlemi esnasında meydana gelen ilerleme (itme) kuvveti ve döndürme momentini ölçebilecek, uzama ölçer esaslı bir dinamometre tasarımı ve imalatı gerçekleştirmiş ve dinamometreden alınan kuvvet, moment sinyalleri sinyal yükselticiler ve veri toplama kartı aracılığı ile bilgisayara transfer etmiştir. Deney numuneleri, farklı matkap uç geometrisi (100°, 118°, 130°) ve helis açısı (20°, 25°, 30°) ile birlikte farklı kesme hızı (18, 22, 28 mm/dak) ve ilerleme (0,1; 0,2; 0,3 mm/dev) parametreleri kullanılarak delinmiştir. Deneylerde çapı 10 mm TS 95/1, HSS %10 Co alaşımlı yüksek hız çeliğinden özel olarak imal edilmiş matkaplar kullanılmıştır. Deney numunesi malzemesi olarak makine imalatında yaygın kullanılan Ç1040 çeliği seçilmiştir. Deneyler sonucunda Ç1040 imalat

çeliğinin delinmesinde optimum takım geometrisi ve kesme parametreleri için helis açısı 30° , uç açısı 118° , kesme hızı 28 m/dak ve ilerleme 0,2 mm/dev olarak tespit edilmiştir [7].

Kim K.W. ve Ahn T.K.; yaptıkları çalışmada, Al 2024 malzemenin delinmesi esnasında oluşan kesme kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Deneysel çalışmada iki ağızlı matkaplar kullanılmıştır. Deneysel çalışmada iki farklı matkap çapı (6.35, 9.5mm), 118° uç açısı ve 55° kesici kenar açısına sahip matkaplar kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda matkap performansını artırmaya yönelik olarak belirlenen delme şartlarının uygun olduğu görülmüştür [8].

Zaquini L.; delme işleminde kaplamasız ve DLC (Elmas benzeri karbon) kaplamalı matkaplar kullanarak %7 Si içeren alüminyum ve pirinç (Cu-Zn38Pb2) malzeme üzerinde delme işlemleri gerçekleştirmiştir. Kesme kuvvetleri Kistler 9271 dinamometre ile ölçülmüştür. Bu çalışmaya göre araştırmacılar DLC kaplamalı takımın aksenel kuvvetlerinin ortalamasının kaplamasız matkaptan ortalama 2.5 kat daha düşük olduğunu gözlemlemiştir [9].

Kelly J.F.; çalışmasında değişik kesme sıvılarını minimum seviyede kullanarak kuru delme deneyleri yapmıştır. Çalışmasında iş parçası olarak Alüminyum alaşım kullanan Kelly, sıcaklık ölçme metodu olarak ise ısı çift yöntemini kullanmıştır. Isıl çifti alüminyum iş parçası malzemesine gömerek, kesici takımın dış çapına yaklaşık 0,2 mm kadar yaklaşmış ve delme esnasında kesici takım dış yüzeyinde oluşan ve sıcaklığı, iş parçası sıcaklığını değerlendirmiştir [10].

Strenkowski J.S.; helisel matkap ile delik delme esnasında oluşan ilerleme (thrust-itme) kuvveti ve torku tahmin etmek için bir analitik sonlu elemanlar tekniği geliştirmiştir. Bu yaklaşım; kesici uçtaki kesme kuvvetlerini, eğik kesme davranışı gösteriyor ve radyal bölgedeki kesme davranışını ise dik kesme davranışı olarak kabul etmektedir. Her iki kısımdaki ilerleme kuvveti ve torkların bileşkesi alınarak ve böylece toplam kuvvet belirlenmeye çalışılmıştır. Tahmin edilen ve deneysel olarak ölçülen, ilerleme kuvveti ve torklar arasındaki fark oldukça azdır. Bu

çalışmanın deneysel kısmında AISI 1020 çeliği değişik çaplarda, değişik kesme hızlarında ve ilerlemelerde delinmiştir. Dik kesmede talaş açısı değerleri; -30° , -15° , 0° , 10° , 20° ve 30° tercih edilmiştir. Tüm takımların kesici ağız boşluk açısı 10° seçilmiştir. Yatay da ise talaş açısı sıfır derece ama eğim açısı ise 5° , 15° , 25° , 35° ve 45° olarak seçilmiştir. Strenkowski'nin çalışmasından elde ettiği veriler incelendiğinde; talaş açısı arttığı zaman, ilerleme kuvveti'nin azaldığı ve matkap çapı arttığı zaman ise delmedeki ilerleme kuvveti'nin arttığı görülmektedir [11].

Armerego E.J.A. ve arkadaşları; daha önceki çalışmalarda kullanılan geleneksel ve modifiye edilmiş farklı ölçülerdeki matkaplara etki eden kuvvet ve momentleri teorik olarak incelemiş ve geometrik benzerlik kurarak kuvvet ve moment tahminini bu çalışmada yaptığı deneylerle doğrulamışlardır. Deneylerde üç farklı çaptaki (1", 1.25" ve 0.75") matkap ile 6S-T6 alüminyum alaşımı olan deney numunesini üç farklı ilerlemeyle (0.005, 0.008 ve 0.012 in/dev) delerek bir dinamometre ile tepki kuvvetlerini ölçmüşlerdir. Geleneksel matkaplar ile modifiye edilmiş matkaplar için kuvvetlerin bir kıyaslamasını yapmış ve elde ettiği verileri istatistiksel metotlar kullanarak yorumlamışlardır. Buna göre modifiye edilmiş matkaplarda kuvvetlerin % 40-42 oranında; momentin ise % 15 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Armerego ve arkadaşları bu çalışmalarında bilinen basit eğik kesme parametrelerinden faydalanarak matkap asıl kesici kenarlarındaki kuvvet ve momentlerin hesaplanabileceğini ortaya koymuştur [12].

2.2. Sayısal Analiz Kullanılarak Yapılan Çalışmalar

Kaynak Y.; daha evvel belirtilen çalışmaların devamı olarak Al 2024 malzeme kullanarak yaptığı deneysel çalışmada elde ettiği sıcaklık değerlerini talaşlı imalatta sıcaklık analizinde kullanılan lagrangian temeline dayanan açık (explicit) sonlu elemanlar yazılımı olan ThirdWave AdvantEdge TM 4.6'nin 3D Delme (drilling) modülü kullanılarak sayısal olarak hesaplanmıştır. Deneyler sonucunda, kuru delme şartlarında ölçülen kesme sıcaklığı ve kesme kuvvetlerinin nümerik yaklaşımla elde edilen sonuçlarla yakın değerlerde olduğunu tespit etmişlerdir [6].

Bono M. ve arkadaşları; daha evvel yaptıkları çalışmaya ek olarak matkabın kesici ağızları üzerindeki maksimum sıcaklığın yerini inceleyerek matkaptaki sıcaklık dağılımını sonlu elemanlar kodu ABAQUS Standardı ile oluşturulan Sonlu Elemanlar Analizi kullanılarak hesaplamışlardır. Deneysel çalışma sonucunda maksimum sıcaklığın radyal ağzın üzerinde meydana geldiği görülmüştür. Matkabın radyal ağız kısmının tasarımının maksimum matkap sıcaklığı üzerinde büyük etkilere sahip olduğunu göstermiştir [5].

Kim K.W. ve Ahn T.K; yaptıkları çalışmada, Al 2024 malzemenin delinmesi esnasında oluşan gerilmeleri sonlu elemanlar metodu kullanılarak hesaplanmıştır. Deneysel çalışmada iki ağızlı matkaplar kullanılmıştır. Gerilme analizi için ticari FEM programı ANSYS kullanılmıştır. Deneysel çalışmada iki farklı matkap çapı (6.35, 9.5mm), 118° uç açısı ve 55° kesici kenar açısına sahip matkaplar kullanılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda matkap performansını artırmaya yönelik olarak belirlenen delme şartlarının uygunluğu yapılan analizlerle pekiştirilmiştir [8].

2.3. Dairesellik ve Yüzey Pürüzlülüğünün Belirlenmesine Yönelik Yapılan Çalışmalar

Canpolat N.; yaptığı çalışmada CYCOM7701, CYCOM7714 ve ISOVAL11 kompozit malzemeler kullanarak delme performansı ve delik kalitesini değişik kesme parametreleri, matkap türleri ve matkap çapları kullanarak değişik takviyeli ve kalınlıkları farklı kompozitlerde uygulamak suretiyle incelemiştir. Delme deneyleri, 5 mm, 10 mm ve 15 mm çapında HSS, TiN ve Karbür matkaplarla üç farklı kesme hızında (125, 250, 315 dev/dak) ve üç farklı ilerleme (0,056; 0,112; 0,16 mm/dev) değerlerinde yapılmıştır. Tüm numunelerin fotoğrafları Elektro mikroskop (SEM) altında çekilmiş ve bu fotoğraflardaki yüzey pürüzlülük durumu incelenmiştir. Yapılan deneyler ve incelemeler sonucunda, devir ve ilerleme hızı arttıkça işlenmiş yüzeydeki yüzey pürüzlülüğünün arttığı tespit edilmiştir. Küçük çaplı matkaplarda yüzey pürüzlülüğü açısından daha iyi sonuçlar alınmış, HSS matkaplarda yüzey pürüzlülüğünün arttığı buna karşın TiN kaplı ve karbür matkaplarda ise azaldığı ve

en iyi islenmiş yüzey kalitesinin karbür matkaplar kullanıldığı zaman elde edildiği tespit edilmiştir [13].

Kıvak T.; yaptığı çalışmada Inconel 718'in delinebilirliği için kuru kesme koşulları altında optimum delme şartlarını tespit etmiştir. Deneysel çalışmalarda, 5 mm çapında kaplamasız, TiN ve TiAlN kaplı karbür matkaplar kullanılarak kuru kesme şartlarında CNC dik işleme merkezinde talaş kaldırılmıştır. Kesme parametreleri olarak dört farklı kesme hızı (10, 12.5, 15, 17.5 m/dak) ve üç farklı ilerleme (0,05; 0,075; 0,1 mm/dev) kullanılmıştır. Kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü, delik çapı ve dairesellikten sapma ölçülmüş ve bu ölçümler ışığında kesici takımlar arasında mukayese yoluyla bir değerlendirme yapılmıştır. Inconel 718'in kuru kesme şartlarında delinmesinde en iyi performans kaplamasız takımlardan alınırken en kötü sonuçlar ise TiAlN kaplı takımlardan alındığı gözlenmiştir. Yüksek kesme hızı ve ilerleme kombinasyonlarında takım performansı ve delik kalitesinin düştüğü görülmüştür [14].

İnçal E.; yaptığı çalışmada HSS matkap uçları ile C45 çelik malzeme üzerine delik genişletme işlemi uygulanmıştır. Delik büyütme işlemi için devir sayısı 550 dev/dak, kesme hızı 22,4 m/dak ve takım ilerlemesi 0,13 mm/dev olarak ayarlanmıştır. Delik büyütme işlemi için universal freze tezgahında iş parçası yüzeyine önce 15 mm aralıklarla 5 mm çapında delikler delinmiş daha sonra 5 mm çapındaki deliklerin 13 mm ye genişletilmesi ile delik büyütme işlemi tamamlanmıştır. Delik büyütme işlemi esnasında oluşan ortalama yüzey pürüzlülük değerleri yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülerek incelenmiştir [15].

Tosun G. ve arkadaşı; yaptıkları bir başka çalışmada ise Al/SiCp takviyeli metal matrisli kompozitlerin delinmesinin yüzey bütünlüğüne etkisini incelemiştir. İş parçası Dört farklı ısıl işlem koşulundaki iş parçası malzemeleri delinmiştir. Deneyler için 5 mm çapında üç farklı uç açısına sahip (90° , 118° , 130°) sahip HSS, TiN kaplamalı HSS ve solid karbür matkaplar kullanılmıştır. Deneyler esnasında iki farklı ilerleme (0,08; 0,16 mm/dev) miktarı ve iki farklı devir sayısı (260, 1330 dev/dak) kullanılarak delme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları

incelendiğinde tüm ısıl işlemler için sertlik ve matkap uç açısı arttığında yüzey pürüzlülüğü azalmıştır. Matkap türleri arasında en iyi yüzey pürüzlülük değerini 130° uç açılı, 0,16 mm/dev ilerleme miktarına sahip solid karbür matkaplar vermiştir [16].

2.4. Takım Aşınmasına Yönelik Yapılan Çalışmalar

İnçal E.; yaptığı çalışmanın devamında HSS matkap uçları ile C45 çelik malzeme üzerine delik büyütme işlemi uygulayarak matkap kesme ağızlarında aşınma oluşturmuştur. Matkap uçlarının makro yapıları taramalı elektron mikroskobu yardımı ile fotoğrafları çekilerek incelenmiştir. Delik genişletme işlemi için tezgah devri 550 dev/dak, kesme hızı 22,4 m/dak ve takım ilerlemesi 0,13 mm/dev olarak ayarlanmıştır. Çalışma sonucunda incelenen matkap uçlarının TiN kaplı olanlarında aşınmanın kaplamasız matkaplara oranla daha az olduğu görülmüştür [15].

Zaquini L.; delme işleminde kaplamasız ve DLC (Elmas benzeri karbon) kaplamalı matkaplar kullanarak %7 Si içeren alüminyum ve pirinç (Cu-Zn38Pb2) malzeme üzerine delme işlemi gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışma sonucunda DLC kaplı takımda malzeme yapışması meydana gelmemiştir, kaplamasız takımda talaş yapışması meydana gelmiştir. DLC kaplamalı takımın aşınması kaplamasızına göre düşük çıkmıştır [9].

Tosun G. ve arkadaşı; yaptıkları çalışmada matkap tiplerinin, matkap uç açılarının ve yaşlanmanın %17 SiC partikülü takviyeli Al 2124 alaşımının delinme verimliliğine etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Deneysel çalışmalar için 5 mm çapında ve üç farklı uç açısına (90° , 118° , 130°) sahip HSS, TiN kaplamalı HSS ve solid karbür matkaplar kullanılmıştır. İş parçası malzemesi dört farklı ısıl işlem koşulunda, iki farklı ilerleme (0.08, 0.16 mm/dev) miktarı, iki farklı devir sayısı (260, 1330 dev/dak) kullanılarak delme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlarında HSS ve TiN kaplamalı HSS matkapların uç açıları arttıkça yüzey altı hasar bölgesi de

artmıştır. Ancak solid sarbür matkabın uç açısı arttıkça hasar bölgesinin azaldığı görülmüştür [16].

Cheung F.Y. ve arkadaşları; yaptıkları çalışmada kesme kenarının HSS takımlarda takım ömrü ve takım aşınması üzerindeki etkilerini incelemişler. Deneysel çalışma için Böhler M238 (DIN 40CrMnNiMo8-6-4) kalıp çeliği malzeme kullanılmıştır. Moment ve bileşke kuvvet ölçümü için Kistler 9124A dinamometre CNC dik işleme merkezine bağlanarak ölçümler yapılmıştır. Deneysel işlemler 1200 dev/dak devir sayısı ve farklı ilerleme hızları (120, 140, 150, 160, 170, 180 mm/dak) değerleri kullanılarak yapılmıştır. SEM ve polimetreden elde edilen gözlemler kaplamalı HSS matkaplar için değişik boyutlarda kesme kenarı radyüsü oluşturabildiğini göstermiştir. Deneyler sonucunda kesme koşulları için en iyi takım ömrünü 24 ve 27µm arasındaki kenar radyüsü vermiştir [17].

2.5. Diğer Çalışmalar

Zolgharni M. ve arkadaşları; yaptıkları çalışmada DLC (Elmas benzeri karbon) kaplamalı matkaplar kullanarak kuru delme işlemlerinde enerji verimini arttırmaya yönelik çalışmalar yapmışlardır. Deneysel çalışma için standart helis geometrisine sahip 5 mm çaplı ve 135° açılı % 8 Co (kobalt) içeren yüksek hız çeliği (HSS), sağ yönlü matkap uçlarına PECVD (Plazma Destekli Kimyasal Buhar Biriktirme) yöntemiyle kendinden yağlayıcı DLC film kaplaması yapılmıştır. Delme deneyleri CNC freze tezgâhında (Sherline 5410 Deluxe Mill) gerçekleştirilmiştir. Malzeme olarak BS1474 HE30 (BSEN 754-5 608 2T6) alüminyum alaşımı kullanılmıştır. Delme işlemi için 2600 dev/dak devir sayısı ve 0.012 mm/dev ilerleme hızı belirlenmiştir. DLC kaplama sayesinde matkabın deldiği delik boyunca talaş kaldırma ve uzaklaştırma kabiliyetinin arttığı, yeterince düşük bir sürtünme sağlandığı ve kalkan malzemenin kesici takıma yapışmasının engellenmiş olduğu görülmüştür. Metal atıklarının takıma yapışmasının azaltılması kesilen yüzeylerde kalitenin iyileşmesi sonucunu doğurmuştur [18].

Lauderbaugh L.K.; Al 2024 -T351 ve Al 7075 – T6 malzemeler üzerinde yapmış olduğu çalışmada işleme parametrelerinin çapak oluşumu üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Deneysel çalışmada iki farklı ilerleme hızı (0,101; 0,254 mm/dev) ve iki farklı devir sayısı (900, 1500 dev/dak) kullanılmıştır. Deneysel çalışma için iki farklı çap (3,175; 4,762 mm) ve helis açısına (30°, 45°) sahip matkaplar kullanmıştır. Deney sonuçları incelendiğinde ilerleme hızı arttıkça çapak yüksekliğinin de arttığı gözlenmiş ve kullanıcının uygun işleme parametrelerini seçerek çapak yüksekliğini kontrol edebileceği sonucuna varılmıştır [19].

Haggerity W.A., yaptığı çalışmada ani-durdurma tekniği kullanarak A-151, B-1112 çelik malzemeyi 118° uç açısı ve 0,001 ile 0,006'in arasında değişen kenar yüksekliğinde, 0,007 in/dev ilerleme ve 520 dev/dak kesme hızı kullanarak, relatif kenar yüksekliği farkını her iki matkap türü için karşılaştırmıştır. Deney sonucunda her iki tür matkap için kenar yükseklik farkı delme işleminde kayma, ölçülerde büyümeye ve düzgün olmayan talaş çıkışına sebep olduğunu görülmüştür. Kiriş eksantrikliğinin, her iki tür matkap gurubu için, delik ölçülerinde büyüme, talaş çıkışında matkap rijitliğine ve takım ömrüne olumsuz etki ettiği gözlemlenmiştir [20].

2.6. Literatür Araştırmasının Değerlendirilmesi

Literatürdeki çalışmalar değerlendirildiğinde;

- Delik delme sürecinde işleme performansına etki eden faktörlerden kesici takım türü ve uç geometrisi, iş parçası malzemesi, delik çapı, tezgah rijitliği, soğutma sıvısı, kesme hızı ve ilerleme gibi kesme parametreleri ile ilgili çeşitli araştırmaların yapıldığı görülmektedir.
- Takım ömrü ve matkap uç geometrisi (matkap uç geometrisinin kesme kuvvetleri üzerindeki etkileri ve optimum kesme şartlarına ulaşabilmek için matkap uç geometrisinde değişikliklerin yapılması gibi) üzerine yapılan çalışmaların çokluğu dikkat çekmektedir. Yapılan bazı çalışmalarda özellikle uç geometrisine

bağlı olarak kesme kuvveti ve momentlerle ilgili çeşitli matematiksel modeller geliştirilmiştir.

- Takım ömrünü belirleyen aşınma ve aşınmaya sebep olan kesme kuvvetleri ve momentleri ile ilgili yapılan çalışmalarda, uç geometrisi haricinde kesme hızı, ilerleme, delik çapı, tezgah rijitliği gibi faktörlerin etkileri de çeşitli teorik ve deneysel çalışmalarda incelenmiştir.
- Farklı malzemelerle, malzemenin mikro yapısı ve sertliğinin, malzemeye uygulanan ısı işlemlerin delme işlemine etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

Literatürdeki çalışmaların değerlendirilmesi ışığında, hedeflenen bu çalışma ile endüstride geniş uygulama alanına sahip AISI 1050 malzemenin delinmesi sırasında karşılaşılan problemlerin elimine edilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla; delmedeki kesme parametreleri ve takımın kaplama olup olmasının kesme kuvvetleri ve delik kalitesi (Çap, dairesellikten sapma, silindiriklikten sapma, yüzey kalitesi, ölçü tamlığı) üzerindeki etkileri bir arada değerlendirilmiştir.

3. DELİK DELME VE DELİK DELME TAKIMLARI

Delik delme, iş parçasından talaş kaldıran bir takımla silindirik delik açma metotlarının tamamına verilen bir addır. Dönen ve aksenel bir hareketle iki ağza sahip bir kesiciye iş parçası üzerinde silindirik boşluklar elde etmek üzere yapılan işleme delme denir (Şekil 3.1) [21].



Şekil 3.1. Delme işlemi [21]

Delme terimi kısa ve derin delik delme işlemleri için olduğu kadar bunu takip eden broşlama, raybalama, havşa açma işlemleri ve ovalama (veya parlatma) gibi çeşitli son işlemler için de kullanılır [22]. Bütün bu işlemlerin ortak noktası, takımın kendi eksenini etrafında dönme hareketi ile eksenini yönünde ilerleyerek yapılan bir talaş kaldırma işlemi olmasıdır [23].

Delme işlemi en önemli talaş kaldırma işlemlerinden biridir ve talaş kaldırma işlemlerinin %33'ünü içermektedir. Delme işlemi çoğunlukla talaş kaldırma işlemlerinin sonucusudur. Tornalama ve frezeleme işlemleri ile delme işlemleri karşılaştırıldığında, işlemlerin kinematik ve dinamik yapısının benzer olup talaş akışı ve kesme sıcaklığı dağılımının aynı şekilde olduğu görülür. Diğer taraftan delme işleminde olumsuz durumlar da oluşmaktadır. Talaş oluşumu kapalı alanda oluşur ve görülemez. Talaş akışını sınırlandıran sadece matkapta oluşan talaş kalınlığıdır. Takım ve iş parçası arasındaki sürtünme önemlidir; yüzeyden akan sıcaklığın yetersiz olması ve dönme ekseninde kesici ağız boyunca kesme hızı değerinin sıfır olması ana problemdir. Bu yüzden matkap ve işlem tezgaha ve iş parçasına özgü adapte edilmeli, delik kalitesi sağlanmalı ve gerekli yöntem doğruluğu oluşturulmalıdır. Bu nedenlerden dolayı birçok takım geometrisi ve takım malzemesi geliştirilmiştir [2].

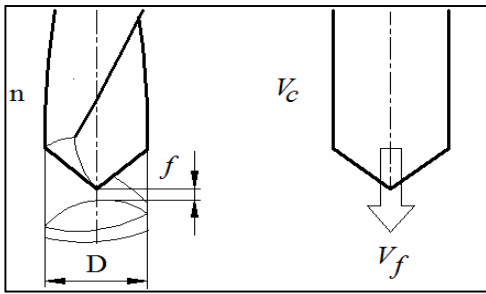
Delik delme ve işleme işlemi birçok değişik iş parçasına ve malzemeye uygulanabilir. Bazen cıvata, vida ve diğer bileşenler için delinmesi gereken delikte yüksek derecede tolerans doğruluğuna gerek olmayabilir. Fakat aynı zamanda, kama yuvası veya kalıp pimleri gibi hassas deliklerde ise tolerans tamlığı büyük önem arz etmektedir [24].

3.1. Delik Delme İşlemini Etkileyen Faktörler

Delme işlemlerinde ana hareket takım veya iş parçası tarafından yapılan dönme hareketidir. Ana hareketi oluşturan ana mil hızı (n) dakikada yapılan devir sayısı olarak tanımlanır.

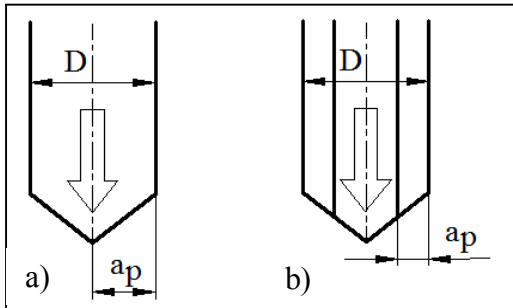
Delme işlemi için kesme hızı (V_c), Çevresel hızdan yararlanılarak belirlenir, bu hız dakikadaki devir sayısı bilindiğinde kolaylıkla hesaplanabilir. Takım çapı (D) olmak kaydıyla matkap bir dönüşte, çevresi $\pi \cdot D$ olan bir daire çizer.

İlerleme hızı veya parçaya temas hızı (V_f - mm/dak) birim zamanda alınan yol olarak tanımlanan, takımın iş parçasına göre veya alternatif olarak iş parçasının takıma göre ilerlemesidir. Bu aynı zamanda, tezgâhın veya tablanın ilerleme hızı olarak da bilinir. Devir başına ilerleme ise (f - mm/dev) ilerleme hızını hesaplamak için kullanılan bir büyüklük olup takım veya iş parçasının bir devirdeki ilerlemesidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Kesme hızı – ilerleme hızı [23].

Talaş derinliği veya radyal talaş derinliği (a_p - mm), takımın temasta olduğu iş parçası yüzeyidir ve tornalamada olduğu gibi yarıçap cinsinden ifade edilir (Şekil 3.3.).



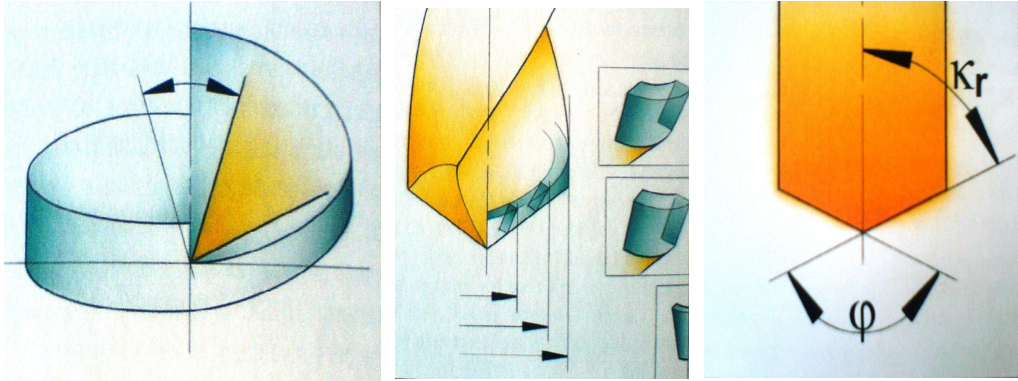
Şekil 3.3. Talaş derinliği, a_p a) Doluya delik delmede b) Delik büyütme işleminde [23].

Takımda birden fazla kesici kenar olduğundan (z ; kesici kenar sayısı) talaş kesit alanının (A - mm²) tanımında kenar başına ilerleme (f_z - mm/z) değeri kullanılır. Bu alan bir kenar tarafından kaldırılan malzemenin alanıdır ve radyal talaş derinliği ile kesici kenar başına ilerlemenin çarpımlarına eşittir. Bu tanımlardan bazıları

kullanılarak talaş debisi ($V - \text{mm}^3/\text{dak}$) veya birim zamanda kaldırılan talaş hacmi hesaplanabilir.

Talaş oluşumu, iş parçası malzemesi, takım geometrisi, kesme hızı, ilerleme ve kesme sıvısı gibi faktörler tarafından etkilenir. Genellikle, arttırılan ilerleme ve/veya azaltılan kesme hızı daha kısa talaşlar üretir. Talaşlar güvenilir bir şekilde atılabilirse, talaş uzunluğu ve şeklinin kabul edilir olduğu söylenebilir.

Matkabın eğim açısı (Şekil 3.4.) kesme kenarı boyunca farklılık gösterir ve matkabın çevresinden merkezine doğru azalır [23].

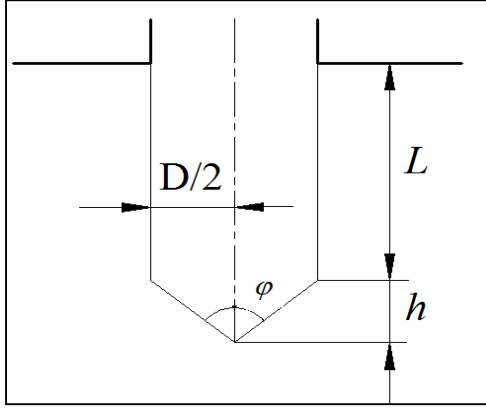


Şekil 3.4. Matkabın kesme açısı [25].

Kesme hızı da çevreden merkeze doğru düştüğü için kesme kenarı matkabın ucunda etkin bir şekilde çalışmayacaktır. Matkabın ucu malzemeyi kesmek yerine malzemeye basınç uygular ve ona sürtünürse kesme açısının negatif ve kesme hızının düşük olduğu yerde plastik deformasyon eğilimi olur. Tezgâh, açılması gereken deliğin kuvvetine göre zayıfsa, tezgâhın fener mili ekseninden sapabilir veya sonuç olarak oval delikler oluşabilir. Matkap çapının, boyuna göre çok küçük olması durumunda, burkulma tesiriyle matkap kırılabilir.

İlerleme uzunluğunun ($L + h - \text{mm}$) ilerleme hızına bölünmesi sonucunda ($T - \text{dak}$) efektif işleme zamanı elde edilir. Delinmiş olan veya başka bir ifadeyle takımın

ilerlediği uzunluk delik derinliği ile matkap ucu yüksekliğinin toplamına eşittir (Şekil 3.5.).

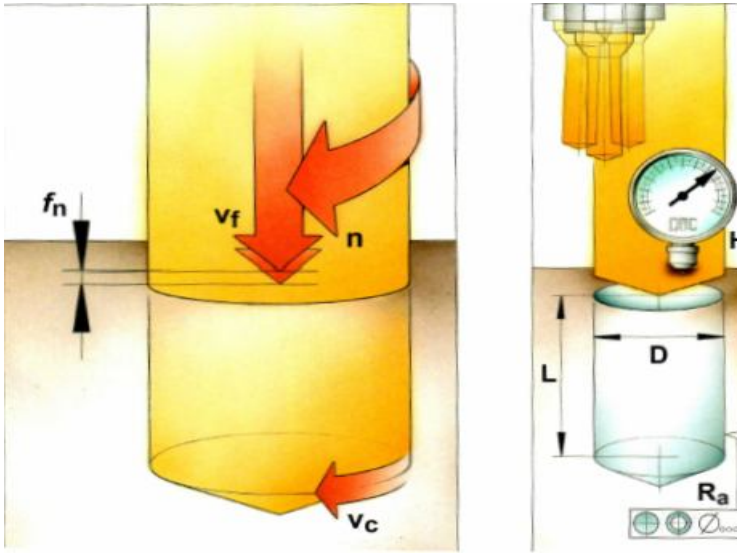


Şekil 3.5. İlerleme uzunluğu [23].

Delik delme için kesme hızı veya yüzey hızı, (V_c m/min) çevre hızıyla belirtilir ve fener mili hızından hesaplanır. Fener mili hızı, dakikadaki devir sayısı olarak ifade edilir (n). Bir devir boyunca matkabın çevresi, " $\pi \cdot D_c$ " olan bir çemberi tanımlar. Buradaki D_c ifadesi takım çapını belirtir. Kesme hızı, kesme kenarının hangi matkap yüzeyi boyunca çalışacağına bağlı olarak da değişir. Delik delme takımları için işlemedeki zorluk, matkabın çevresinden merkezine doğru kesme hızının düşmesi ve merkezde sıfır olmasıdır. Tavsiye edilen kesme hızları çevredeki en yüksek hız içindir. Devir başına ilerleme bir devir süresince takımın yaptığı aksel hareketi belirtir. Bu ifade giriş oranını hesaplamada kullanılır ve matkabın ilerleme kapasitesini belirler. Giriş oranı veya ilerleme hızı (V_f mm/min) birim zamandaki uzunluk cinsinden takımın iş parçasına bağlı olarak ilerlemesidir. Bu ifade tezgâh ilerlemesi veya tabla ilerlemesi olarak da bilinir. Devir başına ilerleme ve fener mili hızının çarpımları matkabın iş parçasına giriş hızını verir. Delik delme işlemi hesaplamalarında radyal kesme derinliği (a_p) ve dış başına ilerleme (f_z) kadar delik derinliği (L) de önemli bir faktördür.

Delikler ya boş olarak üretilir ya da işlenerek son hali verilir. Birçok iş parçasının en az bir deliği vardır ve bu delik, fonksiyonuna bağlı olarak çeşitli kısıtlamalarla işleme gerektirir. Bir deliği işleme açısından tanımlayan temel faktörler (Şekil 3.6);

- Çap,
- Derinlik,
- Kalite,
- Malzeme,
- İşleme Şartları,
- Güvenilirlik,
- Verimlilik [23].



Şekil 3.6. Delik delmede temel faktörler [25].

Kesme hızının etkileri

Takım ömrünün saptanmasında temel faktördür ve güç tüketimini etkiler.

Yüksek kesme hızı;

- Matkap üzerinde hızlı serbest yüzey aşınmasına,
- Kesme kenarlarında plastik deformasyona,
- Düşük delik kalitesine,
- Tolerans dışı sonuçlara.

Yol açabilir.

Çok düşük kesme hızı ise;

- Matkap üzerinde talaş yığılması oluşumuna,
 - Talaş tahliyesinin olumsuz etkilenmesine,
 - Düşük verimlilik/delik başına yüksek maliyete.
- sebeplerdir.

İlerleme hızının etkileri

Talaş oluşumu için belirleyici faktördür ve kesme hızında olduğu gibi güç tüketimini etkiler mekanik ve termal gerilmelere katkıda bulunur. Yüksek ilerleme miktarları;

- İyi talaş kontrolü,
- Daha düşük kesme süresi,
- Daha düşük takım aşınması,

sağlarken;

- Daha yüksek matkap kırılması riskine,
- Delik kalitesinin kötüleşmesine.

sebeplerdir.

Düşük ilerleme hızı ise;

- Daha uzun talaşlar,
- Kalitede iyileşme,
- Takım aşınmasında daha hızlı artış,
- Daha uzun kesme süresi/delik başına daha yüksek maliyet.

anlamı taşır [25].

3.2. Delme İşlemlerinde Kesme Parametreleri

Kesme Hızı

Matkapla talaş kaldırmada kesme hareketi, matkabın dönme hareketine bağlı olduğundan kesme hızı:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad \text{m/dak} \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilir (Şekil 3.7).

Bu eşitlikte;

d: matkabın çapı (mm),

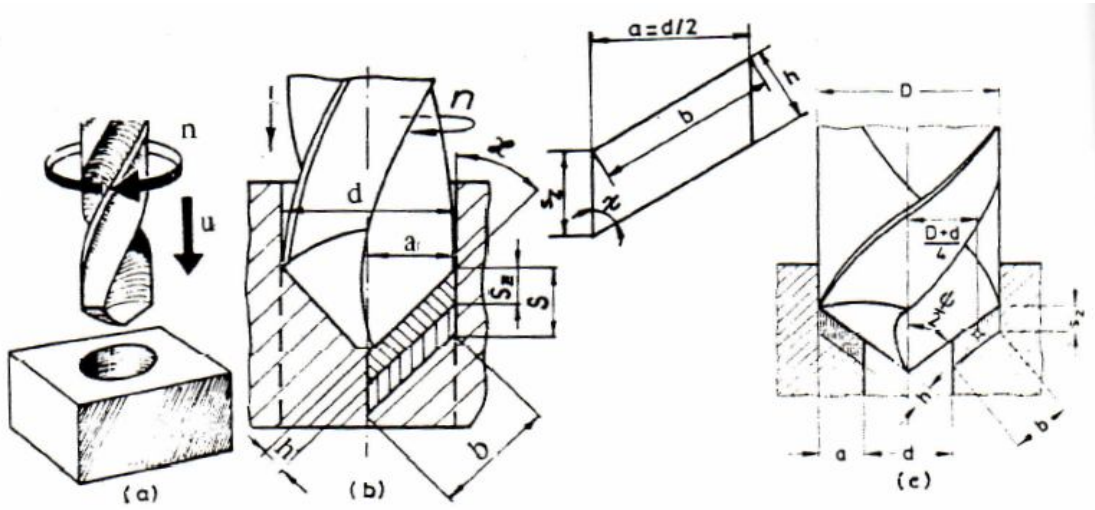
n: dönme hızıdır (dev/dak).

Kesme ağzının çapına bağlı olarak, kesme hızı ağız boyunca değişecek matkabın çevresinde maksimum, merkezinde ise sıfır olacaktır. Bu olay, talaş kaldırma olayını ağırlaştırıran bir etkidir. Kesme hızının değişken olmasına rağmen pratikte "d" çapına karşılık gelen hız, kesme hızı olarak kabul edilir.

Kesme hızı direkt cetvellerden seçilir veya teknik veya ekonomik koşullara göre tayin edilir. Kesme hızı tayin edildikten sonra

$$N = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (3.2)$$

bağıntısından matkabın dönme hızı hesaplanır ve tezgâhın hız kademelerinden, bu hıza en yakın değer seçilerek ayarlanır.



Şekil 3.7. Helisel matkapla delik delme (a,b) ve delik büyütme (c) [28]

İlerleme

İlerleme $s = z.s_z$ bağıntısı ile tayin edilir, matkabın bir devirde aksenal yönde kat ettiği mesafedir. Matkap iki ağızlı bir takımdır; genel olarak ağız sayısı z ile ifade edilirse, bir ağza karşılık gelen ilerleme

$$s_z = S / z = s / 2 \text{ mm/devve ilerleme hızı} \quad (3.3)$$

$$u = s.n = z.s_z.n = 2.s_z.n \text{ (mm/min) şeklinde yazılır.} \quad (3.4)$$

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

ve

$a = d / 2$ olduğu göz önünde tutulursa

$$b = \frac{a}{\sin \chi} = d / 2 \cdot \sin \chi \text{ olarak yazılır.} \quad (3.6)$$

Bu durumda bir ağza karşılık gelen talaş kesiti,

$$s_z = s/2 \text{ değeri ile } A_{sz} = b.h = s_z \cdot \sin \chi \cdot \frac{a}{\sin \chi} = s_z \cdot a = \frac{S_{zd}}{2} = \frac{S_d}{4} \quad (3.7)$$

ve toplam talaş kesiti

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

olarak bulunur [26].

3.3. Delme İşlemlerinde Kesme Kuvvetleri ve Güç

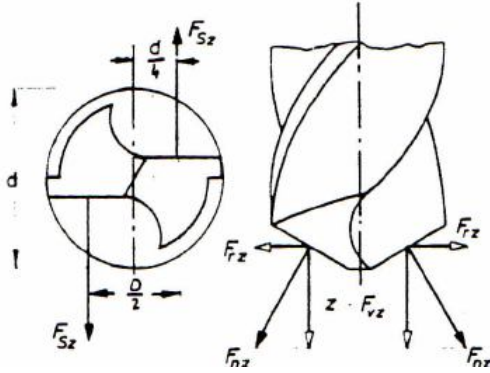
Delme sırasında bir ağza karşılık gelen talaş kaldırma kuvvetlerinin bileşenleri, yani kesme kuvveti (F_{sz}), ilerleme kuvveti (F_{vz}) ve radyal kuvveti (F_{rz}) Şekil 3.8.'de gösterilmiştir. Şekil 3.8'den görüldüğü gibi ağzların konumu itibariyle her ağızda oluşan radyal kuvvetler birbirini dengelemektedir. Dolayısıyla delme işleminde sadece F_s ve F_v kuvvetleri etki göstermektedir. Bir ağza karşılık gelen 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

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

şeklinde ifade edilir.



Şekil 3.8. Matkapla delmede kesme kuvvetleri [26]

Burada özgül kesme kuvveti

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

veya

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

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

bağıntısı ile hesaplanabilir.

"1, 2" değeri matkapla talaş kaldırma işleminin özelliklerini yansıtan bir düzeltme faktörüdür [26].

Kesme kuvvetine bağlı, bir ağza tekabül eden kesme momenti

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

ve iki ağza karşılık gelen toplam kesme momenti,

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

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

veya

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

şeklinde yazılır. Burada d (mm), s (mm/devir); k, (N/mm²) olarak konulur ve M_s (Nm) olarak bulunur. Bu bağıntıdan verilen bir M_s (Nm) değerinde delinebilecek delik çapı

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

olarak bulunur. İlerleme $s = z s_s$ bağıntısı ile tayin edilir.

Toplam ilerleme kuvveti ise;

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

bağıntısı ile tayin edilir.

İlerleme kuvveti F_v aksenal kuvvet niteliğindedir. Delik açmada, ana kesme ağızlarında meydana gelen bu kuvvetin yanı sıra, radyal kesme ağızında da, aksenal nitelikte F_1 ilerleme kuvveti oluşmaktadır. Bu durumda, delik açma sırasında matkabı etkileyen ve yenilmesi gereken aksenal kuvvet;

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

olacaktır. Yapılan deneylere göre aksel kuvvetinin % 40'ı F_v ; % 57'si F_1 ve geri kalanı (%3) sürtünme kuvvetidir. Aksel kuvvet F_a ilerlemeyi sağlayan elemanları ve özellikle yatakları (rulmanları) zorlamaktadır. Tezgâhın konstrüksiyonu sırasında bu elemanlar, belirli bir aksel kuvvete ($F_{a\max}$) göre hesaplanır. Çalışma sırasında $F_a > F_{a\max}$ olursa, ilerlemeyi sağlayan elemanlar ve özellikle rulmanlar çabuk bozulur. Ayrıca F_a kuvveti takımı burkulmaya zorlar. $F_{a\max}$ 'in değeri ilgili tezgâhın katalogunda verilir.

Kesme Gücü ve Tezgâh Gücü

Delme sırasında harcanan güç, kesme ve ilerleme için gereken güçtür. Kesme gücü, $\omega = \pi.n/30$ olmak üzere $M = P/\omega$ bağıntısından hareket edilirse;

$$P_s = M_s . \omega = \frac{\pi}{30} . M_s . n = \frac{M_s . n}{9550} \quad [\text{Kw}] \quad (3.21)$$

şeklinde yazılır. İlerleme gücü

$$P_v = F_v . u = \frac{F_v . s . n}{60.1000.1000} \quad [\text{Kw}] \quad (3.22)$$

olur. Toplam güç

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

şeklinde yazılır. Bu hususta yapılan incelemelere göre, ilerleme gücü toplam gücün % 0,5 ile % 1,5 arasındadır. Dolayısıyla pratik bakımından bu güç ihmal edilebilir ve delme için gereken güç kesme gücü bağıntısı ile hesaplanabilir.

Tezgâh Gücü ($M_s - N.m$)

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

veya

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

$$P_s = \frac{M_s \cdot n}{9550 \cdot \eta_m} \text{ [KW]} \quad (3.26)$$

bağıntısı ile tayin edilir. Burada η_m Tezgâhın verimidir.

$$P_m = \frac{d^2 \cdot s \cdot k_s \cdot n}{8 \cdot 10^3 \cdot 9550 \cdot \eta_m} = \frac{d^2 \cdot s \cdot k_s \cdot n}{764 \cdot 10^5 \cdot \eta_m} \quad (3.27)$$

şeklinde yazılabilir ve buradan verilen bir P_m için delinebilecek maksimum delik çapı

$$d = \sqrt{\frac{764 \cdot 10^5 \cdot P_m \cdot \eta_m}{s \cdot k_s \cdot n}} \quad (3.28)$$

eşitliğiyle bulunur [26].

Burada:

P_m (KW),

s (mm/dev),

K_s (N/mm²),

n (dev/min) konular ve d (mm) olarak elde edilir.

Kesme Parametrelerinin Tayini

Kesme hızı (v) ve ilerleme doğrudan ilgili tablolardan seçilebilir veya rasyonel ve optimizasyon ilkelerine göre tayin edilebilir. Değerler delme derinliği " l " $< 3d$ için geçerlidir. Delme derinliği " $l \geq 3d$ " olduğu durumda,

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

bağıntısı ile tayin edilir. Burada v_{cet} ve u_{cet} kesme hızı ve ilerleme değerleridir.

Rasyonel yöntemle göre kesme hızının ve ilerlemenin değerleri, Taylor veya genişletilmiş Taylor bağıntısına dayanarak tayin edilir. Delik delmede Taylor bağıntısı;

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

şeklinde yazılabilir.

Burada; yüksek hız çeliği takımları için parça malzemesine bağlı olarak;

- ✓ Çelik için $n = 0,2$ - ($k=5$),
- ✓ Dökme demir için $n = 0,125$ - ($k=8$);
- ✓ Sert metal takımlar için $n = 0,2$ - ($k=5$) alınabilir [26].

Delmede paso kalınlığı $a = d/2$ olduğu dikkate alınır, rasyonel yöntemde d değeri hesaplanır ve belirli bir ömür için kesme hızı V tayin edilir. Optimizasyon ilkelerine göre T_{opt} değeri elde edilir ve V_{opt} değeri hesaplanır.

Esas İşleme Zamanı matkapla delik açma ve genişletmede esas işleme zamanı,

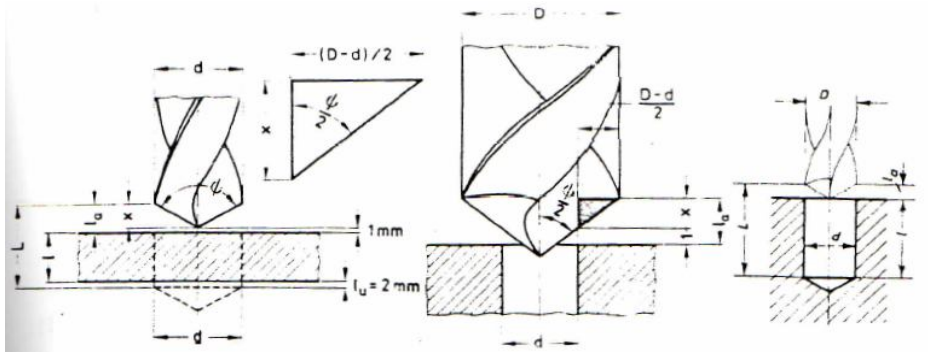
$$t_h = L / sn \quad (3.31)$$

bağıntısı ile tayin edilir. Burada L-işleme stroku (mm), s-ilerleme (mm/dev), n-dönme hızı (dev/dak)'dır.

Parçaya giriş ve çıkış-strokları göz önüne alınır, L stroku (Şekil 3.10).

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

şeklinde yazılır. Parçaya giriş stroku l_a , matkabin koni kısmının x yüksekliğine bağlı olarak tayin edilir (genellikle 1 mm lik emniyet payı bırakılarak) (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Delmede kurs boyu [28]

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

bağıntısı ile tayin edilir. Çıkış kurs boyu l_u için kesin değerler olmamakla birlikte $l_u = 2$ mm olarak alınması tavsiye edilir. Uç açısı $\psi = 118^\circ$ olan helisel matkaplar için toplam kurs boyu

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

şeklinde yazılır. Kör deliklerde , $l_u = 0$ 'dır.

3.4. Helisel Matkapla Delik Büyütme

Matkapla delik büyütmede, kesme ağzının sadece çevreye yakın kısmı talaş kaldırmaktadır. Böylece radyal kesme ağzının bulunduğu çekirdek, işlenen yüzeye temas etmemektedir. Bu şekilde bu ağzı olumsuz etkileyen unsur ortadan kalkmakta ve talaş kaldırma işlemi daha hafif koşullarda yapılmaktadır [26].

Delik genişletme ile delik açma arasındaki fark a : kesme derinliğinin değerinden ileri gelmektedir. Delik genişletmede a :

$$a = \frac{D - d}{2} \quad (3.35)$$

olur. Dolayısıyla bu değerlere bağlı kalarak:

Talaş derinliği,

$$b = a \cdot \sin \chi = \frac{D - d}{2 \cdot \sin \chi} \quad (3.36)$$

Talaş kalınlığı;

$$h = s_z \cdot \sin \chi = \frac{s}{2} \cdot \sin \chi \quad (3.37)$$

Talaş kesiti;

$$A_{sz} = b \cdot h = a \cdot s_z = \frac{(D - d) \cdot S_z}{2} = \frac{(D - d) \cdot s}{4} \quad (3.38)$$

Toplam talaş kesiti;

$$A_s = A_{sz} \cdot k_s = \frac{(D-d) \cdot S_z}{2} \cdot k_s = \frac{(D-d) \cdot s}{4} \cdot k_s \quad (3.39)$$

Kesme kuvveti;

$$F_{sz} = A_{sz} \cdot k_s = \frac{(D-d) \cdot S_z}{2} \cdot k_s = \frac{(D-d) \cdot s}{4} \cdot k_s \quad (3.40)$$

Toplam kesme kuvveti;

$$F_s = 2 \cdot F_{sz} = \frac{(D-d) \cdot s}{2} \cdot k_s \quad (3.41)$$

Toplam kesme momenti;

$$M_s = 2 \cdot F_{sz} \cdot \frac{(D+d)}{4} = F_s \cdot \frac{(D+d)}{4} \quad (3.42)$$

veya

$$M_s = \frac{(D^2 - d^2) \cdot s \cdot k_s}{8 \cdot 10^3} \quad [\text{Nm}] \quad (3.43)$$

İlerleme kuvveti;

$$F_v = F_s \cdot \sin \chi \quad (3.44)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Burada da M_s ve d verildiği durumda genişletilebilecek delik çapı

$$D = \sqrt{\frac{8 \cdot 10^3 \cdot M_s}{s \cdot k_s} + d^2} \quad [\text{mm}] \quad (3.45)$$

şeklinde bulunur.

Kesme gücü ve Tezgâh gücü;

$$P_m = \frac{(D^2 - d^2) \cdot s \cdot k_s \cdot n}{8 \cdot 10^3 \cdot 9550 \cdot \eta_m} = \frac{(D^2 - d^2) \cdot s \cdot k_s \cdot n}{764 \cdot 10^5 \cdot \eta_m} \quad (3.46)$$

şeklinde yazılır ve buradan

$$D = \sqrt{\frac{764 \cdot 10^5 \cdot P_m \cdot \eta_m}{s \cdot k_s \cdot n} + d^2} \quad [\text{mm}] \quad (3.47)$$

bulunur.

Burada:

M_s : (Nm),

P_m : (kW),

s : (mm/dev),

k_s : (N/mm²),

n : (dev/dak),

d : (mm), olarak bulunur

ve D : (mm) olarak elde edilir.

Esas işleme zamanı;

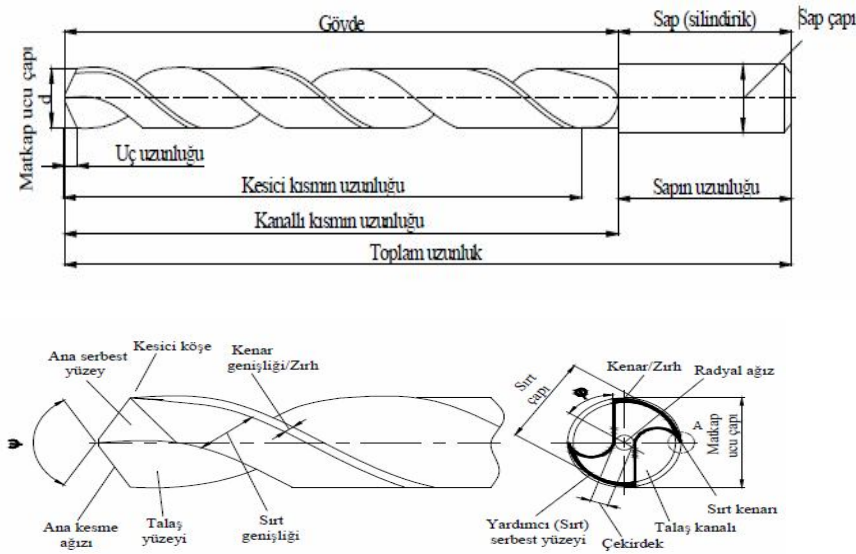
$$l_a = x + 1 = \frac{D - d}{2 \cdot \tan(\psi / 2)} + 1 \quad (3.48)$$

bağıntısı ile tayin edilir [26].

3.5. Delik Delme Takımları (Matkaplar)

Delme işlemlerinde kullanılan kesici takımlara genel olarak matkap adı verilir. Matkaplar talaşlı üretimde en çok kullanılan kesici takım gruplarından biridir. Bir matkap kendi eksenini etrafında dönerek ve aynı zamanda eksenini doğrultusunda ilerleyerek iki kesici ağzı ile kesme yapar. Metallerin işlenmesinde çeşitli matkaplar kullanılır. Her matkap türü bir ihtiyaçtan ortaya çıkmıştır [27].

Matkaplar genel olarak gövde ve sap olmak üzere iki kısımdan meydana gelir. Tutturma için kullanılan sap kısmı konik veya silindirik biçimlidir. Kanallı kısım sap ile yekpare ya da kaynakla birleştirilerek üretilmektedir. Her matkap türünde olmasa da sap ile kanal arasında boyun denilen bir kısım vardır [28].



Şekil 3.10. Matkapın genel kısımları [28]

Matkapta asıl kesme olayı matkap ucunda gerçekleşir. Bu kısımda matkabın ağız sayısına göre iki yada üç ana kesici kenar ve her ağzın birer talaş yüzeyi ve serbest yüzeyi mevcuttur. Ana ağızların oluşturduğu koni tam sivri değildir. Aralarında çekirdek denilen yassı bir kısım mevcuttur. Çekirdeğin uç genişliği enine kesici kenarı oluşturur. Serbest yüzey, uç kısmındaki konik alandır. Matkabın kanallı kısmında iki kanal arasında kalan yüzey sırt denilen kısımdır. Sırt üzerinde matkap kanalı boyunca helisel olarak uzana yüzeye zırh adı verilir ve zırh yüzeyinin kanal tarafındaki kenarı yardımcı kesici kenar olarak adlandırılır (Şekil 3.10) [28].

3.6. Matkap Malzemeleri

Kesici takımlar, iş parçalarının şekillendirilmelerinde kullanılan yüksek kaliteli, yüksek boyut hassasiyetli ve çoğu ileri teknoloji ürünü olan malzemelerden üretilirler. İşlenecek parçanın özellikleri, kullanılacak kesici takım malzemelerine sınıflandırmalar getirdiği gibi, takımın kullanım şartları da takım malzemesinin seçimini büyük çapta etkiler. Kesici takım malzemelerinde istenen ortak özellik ise sertlik ve sıcak sertlik, aşınma direnci, tokluk ve ekonomiktir. Uygun takım malzemesinin seçimi ile kesici takım-iş parçası malzemeleri arasında sürtünme sonucu oluşan yüksek sıcaklık aşınma mekanizmalarının (difüzyon, oksidasyon vb.) bertaraf edilmesi ile yüksek kesme hızlarına ulaşır. Genel olarak takım malzemeleri üç ana grupta toplanabilir: Metal esaslı, karbür esaslı ve seramik esaslı takım malzemeleri. Günümüzde yaygın olarak kullanılan matkap malzemeleri ise yüksek hız çelikleri, kobaltlı yüksek hız çelikleri ve sement karbürlerdir. Yüzey kalitesinin iyileştirilmesi ve takım ömrünün artırılmasına yönelik çalışmalar sonucunda, kübik bor nitrür (CBN) ve elmas kaplanmış takımlar da kullanılmaya başlanmıştır [29].

Metal işleme sanayinde kesme bütün operasyonların kalbi niteliğindedir. Yapılacak operasyona, işlenecek malzemenin cinsine ve istenilen hassasiyete göre, metal kesiciler farklıdır. Talaşlı imalattaki gelişmeler, kesme ve ilerleme hızlarını da gün geçtikçe arttırması, üretimde değişik malzemelerin kullanılması, talaşlı üretim tezgahlarının gelişimi, kesici takımların gelişimini de zorunlu kılmaktadır. Yapılacak

operasyona göre, uygun tezgah seçimi de göz önüne alınacak olursa, kesici takımlardan istenen özellikler;

- Uzun ömürlü olması
- İstenilen işleme kalitesini ve ölçüsünü sağlaması
- Parça başı takım maliyetinin uygun olması
- Kolay temin edilebilir olması

şeklinde sıralanabilir.

Değişik kesme kuvvet ve zorlamalara maruz kalan kesici takım malzemeleri aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır;

- Yüksek sertlik ve basınç mukavemeti
- Eğilme mukavemeti süreklilik
- Kenar mukavemeti
- İç yapısal mukavemet
- Isı mukavemeti
- Oksitlenmeye karşı koyabilme
- Difüzyon yayılma eğiliminin az olması
- Sürtünmeye karşı dayanıklı olması

Ayrıca ısı iletim katsayısı ve genleşme, kullanım alanlarına göre, uygun olmalıdır [23].

Sementit karbür uçlar

HSS matkaplardan daha yüksek devirlerde ve daha sert malzemelerde kullanılabilirler. Sementit karbürler yüksek hız gerektiren işlemlerde, kesici ağzının çabuk aşınması, ilaveten yüksek sıcaklıklara karşı oldukça dirençli olmaları sebebi ile, imalatta daha geniş kullanım alanına sahiptirler. Aşınma direncinin yüksek olması ve termal dayanımının yüksek olması gibi özelliklerinden dolayı karbür uçlar oldukça geniş kullanım alanına sahiptir.

Karbür kesici takımların bazı avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Daha uzun takım ömrü: (iki ile on kat daha fazla takım ömrü),
- Yüksek üretkenlik: (kesme hızları %25 ile %90 arasında artırılabilir),
- İş parçası kalitesinde artış: (takımlar düşük sıcaklıklarda işleme yaparak daha iyi yüzey kalitesi elde ederler),
- İmalat fiyatının azalması: (daha az takım değiştirilerek, tezgah daha az süre meşgul edilir),
- Harcanan tezgah gücünün azalması: (güç miktarı %15 daha az alınır),
- HSS matkaba göre daha iyi kaplanabilme özelliği,
- Daha keskin kenarlar [30, 31].

3.6.1. Yüksek hız çelikleri (HSS)

Konvensiyonel ergitme yöntemi ile üretilen yüksek hız çelikleri değişik kompozisyonlarda olabilir. Genelde yeterli oranda karbon ve yüksek oranda alaşım elementlerinden oluşmaktadır. Bu alaşım elementlerinden büyük bir çoğunluğu karbür halinde malzeme bünyesinde dağılmış durumdadır. Bu karbürlerin bir kısmı yüksek sıcaklıkta çözünmezler. Çalışma sıcaklıklarında sertliklerini kaybetmezler.

Yüksek hız çelikleri, takım çeliklerine göre yüksek ısıya dayanabilme (600°C) ve daha yüksek sertliğe ulaşabilme (62/67 HRC) özelliklerine sahiptir. Bu özellikler ana yapıdaki karbürlerin sayısına ve dağılımına bağlıdır.

Yüksek hız çelikleri üç ana grupta toplanabilir.

- i) Wolfram içeren yüksek hız çelikleri
- ii) Molibden içeren yüksek hız çelikleri
- iii) Wolfram ve Molibden içeren yüksek hız çelikleri

Yüksek Hız Çeliklerini kobalt içeren veya içermeyen diye de ikiye ayırmak mümkündür. Yüksek Karbon ve Vanadyum içeren hız çelikleri süper hız çelikleri sınıfına girerler.

3.6.2. Yüksek hız çeliğin içerisinde bulunan alaşım elemanlarının çeliğe etkileri

Karbon

Yüksek hız çeliklerinde karbon miktarı genelde %0,7–1,6 arasında değişebilir. Hız çeliklerinin karbon oranına bağlı olarak sertlikleri de artar. Karbon karbür oluşumunda önemli rol oynar. Karbon oranının artması darbe mukavemetini düşürür, ancak kesme özelliğini ve aşınma direncini artırır.

Wolfram

Yüksek hız çeliğinin ana alaşım elemanıdır. % 20'ye kadar ilave edilebilir. Yüksek hız çeliklerinin temperleme direncini artırır, sıcak sertliğin artması ince taneli bir içyapının oluşturması nedeniyle önemli bir alaşım elemanıdır.

Molibden:

Yüksek hız çeliklerde wolfram yerine kullanılan bir elementtir. Hız çeliklerine etkisi wolframın etkisi gibidir. % 1.6-2.0 wolframın yerine % 1.0 Molibden ilave edilir. Molibdenin ergime sıcaklığı wolframın ergime sıcaklığından daha düşük olduğundan Molibden içerikli hız çelikleri, wolfram içerikli olanlara nazaran daha düşük sıcaklıkta sertleştirilmelidir.

Krom

Hız çeliklerinin her çeşidinde % 3-4 arasında bulunur. Sertlik ve kesme verimini artırır. Yüksek hız çeliklerine diğer bir etkisi de oksidasyonu önler.

Vanadyum

Yüksek hız çeliklerinin kesme verimini arttırır. Çelik üretim esnasında curufların çelik bünyesinden ayrılmasını ve bünyedeki azot gazının giderilmesi için, önemli rol

oyunur. Çelik içerisinde vanadyum oranına bağlı olarak, karbon oranının yükseltilmesi gerekir. Vanadyum çelik bünyesindeki karbonu kendisine bağlar, diğer metal karbürlerin oluşmasını azaltır. Vanadyum karbürler (VC) yüksek hız çeliklerinin en sert karbürleridir. Oksitlenme esnasında en az çözünen karbürlerdir.

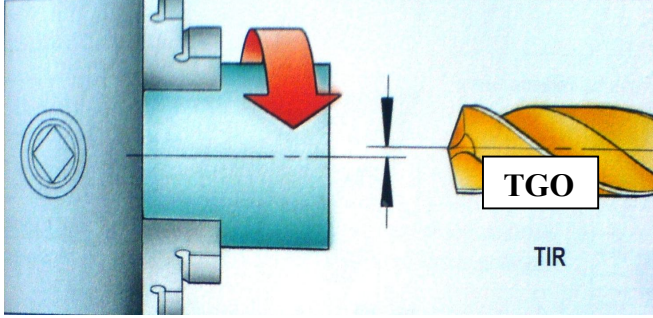
Kobalt:

Kobaltın yüksek hız çeliklerine en büyük etkisi sıcak sertliğini arttırmasıdır. Bu nedenle kesici takımın kesme verimini artırır. Büyük paso ile çalışan takımlarda Cr-Ni alaşımlı çeliklerin işlenmesinde uygun sonuç verir. Sertleşme esnasında % 95 oranında çözünenek içyapıyı güçlendirir [23].

3.7. Delme İşlemlerinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Fener mili, takım tutucu ve matkap sisteminin tamamında maksimum rijitlik esastır. Rijitliğin olmaması tüm takım sisteminin rijitliğinin üzerinde ağır bir yük oluşturmaktadır. Yekpare karbür mevcut en sert takımdır ve bu sebeple, tüm diğer matkap tiplerine oranla, daha yüksek kalitedeki delikleri yüksek hızla üretme kapasitesine sahiptir. Bununla birlikte, işleme koşulları rijit olmadığında veya takımda tokluk ihtiyacı olması halinde önlem alınmalı veya alternatif düşünölmelidir. Titreşim çok düşük frekansta olsa bile (kesme kenarlarında serbest yüzey aşınması yerine tanecik kopması oluşabileceğinden) takım ömrü ve üretim güvenliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Bu durum kötü yüzey kalitesi ve çabuk kırılmaya sebep olur. Yüksek kalitede tork iletimi ve kesme sıvısı temini de delme işleminin başarısı için önemli faktörlerdir. Dönen bir matkap uygulaması tercih edilmelidir. Ancak, tornalamada olduğu gibi sabit bir matkap kullanılacaksa, matkap merkezinin fener mili merkezi ile hizalandığından emin olmak için gerekli kontroller yapılmalıdır. Özel amaçlı tezgâhlardaki uygulamalarda kovanların kullanılması tavsiye edilmez. Delik delmede minimum salğı esastır. Yekpare karbür matkapların kullanımında en önemli şartlardan biri en düşük salğıyı sağlamaktır. IT8 aralığına kadar düşebilen toleranslar ve en iyi takım ömrü elde edebilmek maksadıyla matkap ve pens için 20 mikronluk TGO (Toplam Gösterge Okuması) değerlerinin aşılması tavsiye edilir

(Şekil 3.11). Matkabın sapa göre anma salgısı, matkabın toplam uzunluğu için 0.015 mm' yi geçmemelidir.



Şekil 3.11. Delik delmede minimum salgı [25].

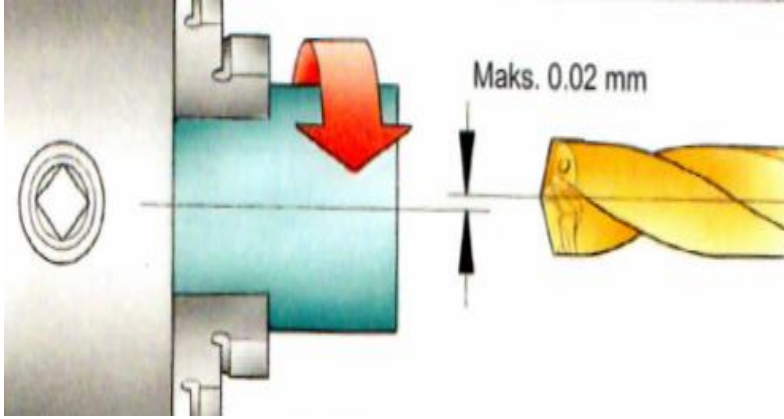
Başarılı bir delik delme işlemi için temel tavsiyeler;

- Tezgâh düzenlemesinin rijitliği takım tutmanın ve bağlamanın kalitesi kontrol edilir,
- Güç, ilerleme kuvveti ve tezgâh fener milinde oluşturacağı tork kontrol edilmeli,
- Kesme sıvısı basıncı ve mevcut akış hızları kontrol edilmeli,
- İşlem için doğru takımı seçilmeli, doğru uygulayın ve optimizasyon yapılmalı,
- İyi talaş tahliyesi için kesme hızı ve ilerleme hızı optimize edilmeli,
- Takımların düzenli olarak bakımı yapılmalı, varsa – matkap üzerindeki kesici uç bağlama vidası arada bir değil sıklıkla değiştirilmeli,

Şeklinde sıralanabilir.

Ayar Tavsiyeleri

Sabit bir matkap kullanırken işlem için bahsedilen toleransın sağlanabilmesi için matkabın merkez çizgisi ile iş parçasının merkez çizgisi arasındaki salgı 0,02 mm' yi aşmamalıdır (Şekil 3.12).

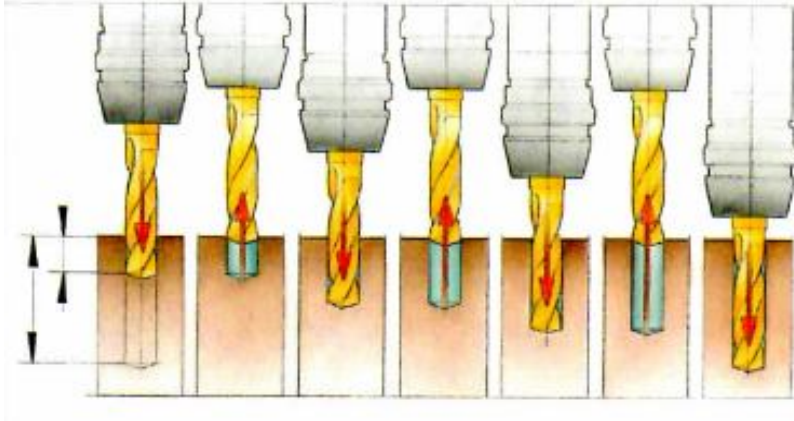


Şekil 3.12. Tutucuyla ve kesme sıvısı adaptörünüyle delik delme [25].

Kesme sıvısı adaptörüne sahip bir tutucu kullanırken yatağın dönmesini önleyecek bir döner durdurma stopu kullanılmalıdır. Rulman sararsa, yatak dönecektir ve temin borusu ciddi bir kazaya yol açabilecek şekilde yatakla birlikte bükülebilir. Tutucu uzun bir zamandır kullanılmadıysa, tezgâh fener mili çalışmaya başlamadan tutucunun yatakta döndüğü kontrol edilmelidir.

Limitler

Düz olmayan yüzeylerde veya çapraz delikli iş parçalarında delik delme, ilerleme tavsiye edilen değerlerin $1/3 - 1/4$ 'üne indirilirse mümkündür. Genellikle delik delme tek bir adımda yapılabilir, ancak harici kesme sıvısı teminiyle, derin ($3xD$ 'den daha uzun) delik delinecekse, bu işlem delk derinliğinin üçte biri sürekli delme, ardından gagalayarak delme çevrimiyle yapılabilir. Derin deliklerin gagalayarak delinmesi sadece sorun çözücü olarak uygulanmalıdır. Gagalayarak delme çevriminde, derinliğin üçte biri delindikten sonra, talaş tahliyesi ve derinliğin temizlenmesi için matkap yeterli miktarda geri alınır ve ardından delik delme çevrimiyle işlem tekrarlanır (Şekil 3.13).

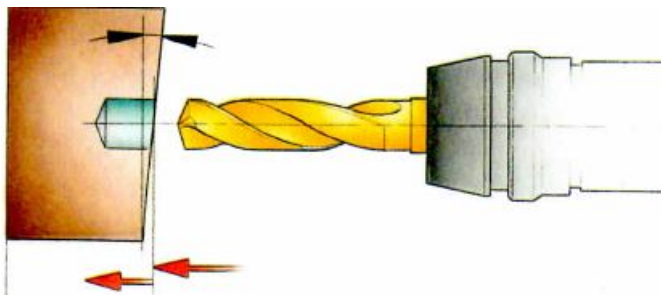


Şekil 3.13. Gagalayarak delme çevrimi [25].

Maksimum 10° lik eğime kadar eğik yüzeylere sahip parça yüzeylerine doğrudan delik delinmesi kabul edilebilir bir uygulamadır. Ancak, girişte matkabin kaymasına engel olmak ve çıkışta silindirik yüzey üzerindeki aşınmaya ve matkabin kırılmasına engel olmak için, ilerlemenin düşürülmesi esastır.

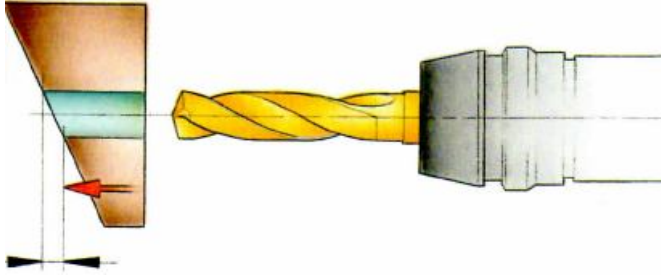
5°'den Daha Düşük Eğim

Kesme işlemi zordur. Tam kesme çapına kadar ilerleme normal ilerleme hızının $1/3'$ üne düşürülmelidir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. 5°' Den daha düşük eğim [25].

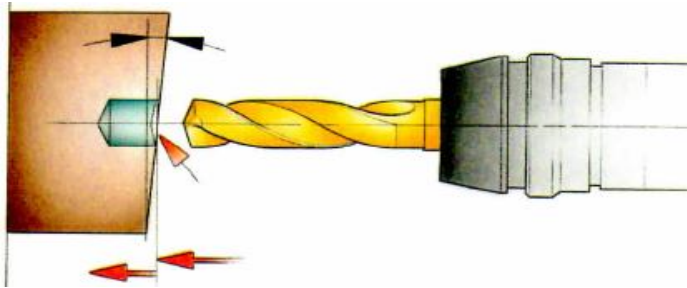
Matkap deliğin içinden çıkarken de ilerleme, normal ilerleme hızının $1/3'$ üne düşürülmelidir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Matkap deliğin içinden çıkarken ilerleme [25].

5~10° lik eğim

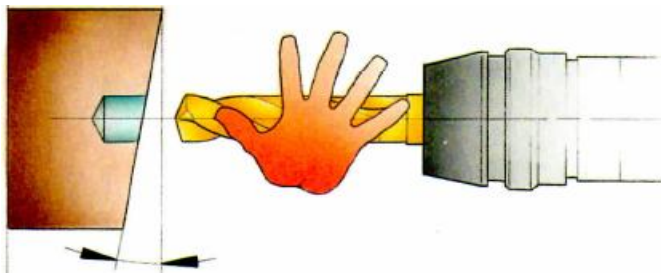
Aynı uç açısına sahip kısa bir matkapla merkezleme işlemi yaparak işleme başlamalıdır. Alternatif olarak küçük bir düzlük frezelenebilir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. 5~10° lik eğim [25].

10° den daha büyük eğim açısı

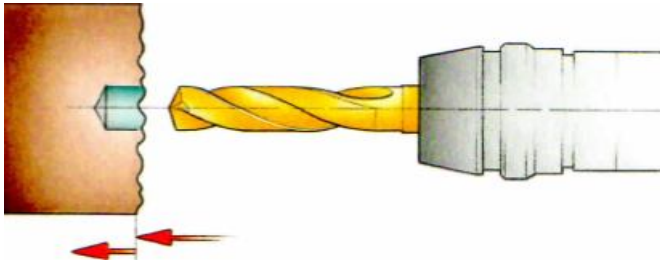
Giriş yüzeyi hazırlamadıkça delik delmek mümkün değildir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. 10° den daha büyük eğim açısı [25].

Düzensiz yüzeyler

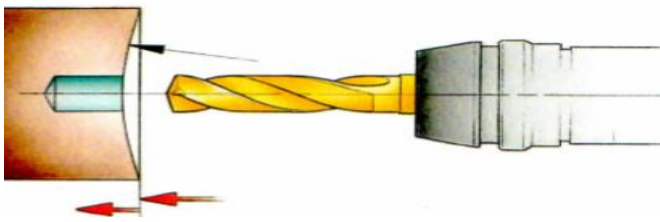
Tanecik kopmasına engel olmak için, girişte ilerleme normal ilerleme hızının $1/4'$ üne kadar düşürülmelidir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Düzensiz yüzeyler [25].

İç bükey yüzeyler

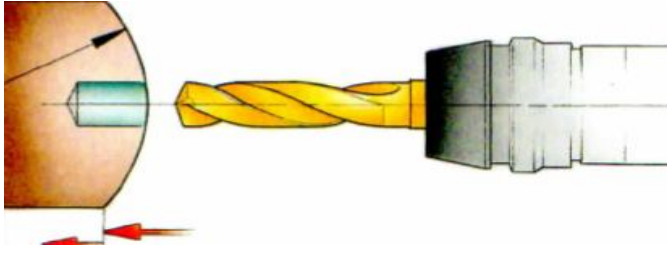
İş parçası yarıçapı, matkap çapının 15 katından daha büyükse bu yüzeylerde delik delmek mümkündür. Girişteki ilerleme hızı, normal ilerleme hızının $1/3'$ üne düşürülmelidir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. İç bükey yüzeyler [25].

Dış bükey yüzeyler

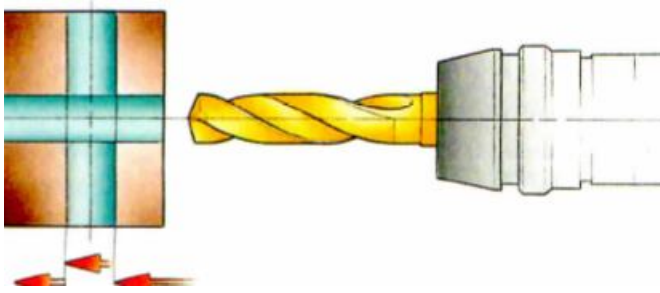
İş parçası yarıçapı, matkap çapının dört katından daha büyükse ve delik yarıçapa dik ise delik delmek mümkündür. Girişteki ilerleme, normal ilerleme hızının yarısına düşürülmelidir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Dış bükey yüzeyler [25].

Çapraz delik delme

İlerleme çapraz geçilen deliğe girişte ve çıkışta normal ilerlemenin 1/4' üne kadar düşürülmelidir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Çapraz delik delme [25].

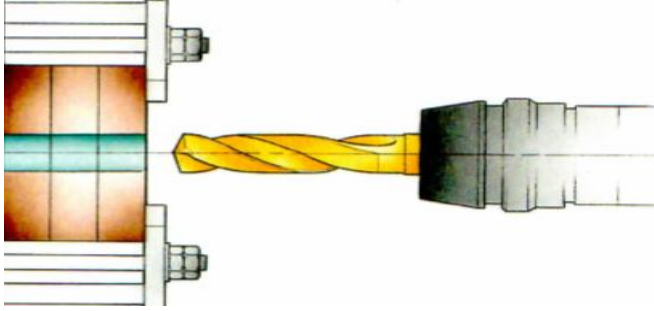
İstif delik delme

Birden fazla iş parçası levhasının hep beraber delinmesi tam ilerlemeyle yapılabilir. Ancak aşağıdaki önlemlerin alınması gereklidir.

Levhaların iyi bağlanması gereklidir, özellikle de levhalar genellikle mükemmel bir şekilde düz olmadığı hallerde bu hususta daha da dikkatli olunmalıdır. Yaygın uygulama levhaların arasına endüstriyel kağıt (yaklaşık 0,5-1 mm kalınlığında) konulmasıdır. Bu işlem düzensizlikleri dengeler ve titreşimleri azaltır.

Daha da önemlisi, bu kağıdın talaşları yerinde tutması ve aynı zamanda matkabı her levhanın çıkışında oluşan son disklerin yaratacağı hasarlara karşı korumasıdır. Eğer

mümkünse, levhalar delik delme işlemi başlamadan önce, aynı zamanda eş merkezli sağlamlaştırılmalı ve bağlanmalıdır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. İstif delik delme [25].

Kesici Uç Aşınması

Matkabın kesme kenarlarında tanecik kopmasının pek çok sebebi vardır.

Bunlar;

- Matkap delik merkezinden kaçık,
- Aşırı kullanma boyu, ilerleme hızı veya matkap uzunluğu nedeniyle matkabın eksenden sapmış,
- Kesici ucun matkap yuvasına hatalı oturması veya yuvanın ve vidaların hasar görmesinden dolayı kesici uç rijitliği yetersiz,
- Hatalı takım tutma nedeniyle matkap rijitliği, fener mili veya taret durumu ve hizalandırılması zayıf,
- Tezgâh ve iş parçasının rijitliği yetersiz,
- Kesme sıvısı temini yetersiz,
- Hatalı kesici uç seçimiyle kalite, geometri merkezi ve çevresel kesme kenarları uygun olmayabilir.

Şeklinde sıralanabilir.

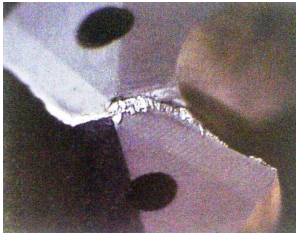
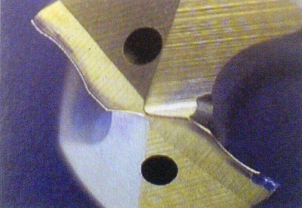
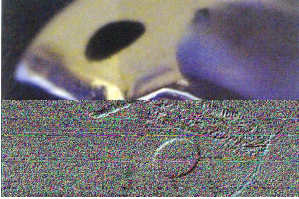
Matkaba 0,5-4,0 mm x (20° - 45°) köşe pahları ilave edilerek performans arttırılabilir. ISO H malzemelerinde, aşınma oranını düşürmek için ayrıca köşe radyüsü ilave edilebilir. Bu radyüs;

$r_c = 0,2 - D_c / 10$ mm olmalıdır [25].

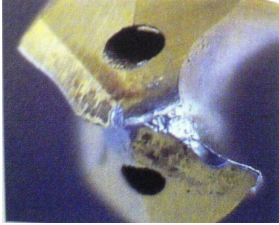
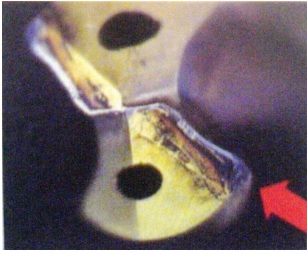
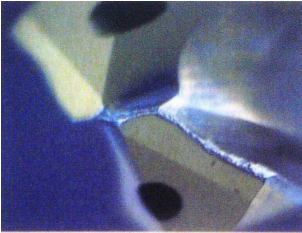

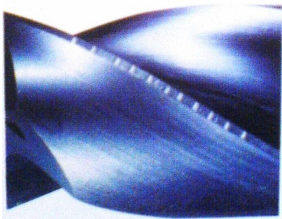
3.8. Delik Delme İşlemlerinde Oluşan Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Delik delme işlemlerinde yaygın olarak karşılaşılan problemler, bunların nedenleri ve engellenmesi için alınabilecek tedbirler Çizelge 3.1.'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1. Delme işlemlerindeki problemler, nedenleri ve çözüm önerileri [25].

Problem	Sebeup	Çözüm
Talaş Yığılması 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Çok düşük kesme hızı ve kenar sıcaklığı 2. Çok büyük negatif yüzey 3. Kaplama yok 4. Kesme sıvısında yağ oranı çok düşük 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızını arttıran veya harici kesme sıvısı kullanın. 2. Daha keskin kesme kenarı. 3. Kenar kaplaması. 4. Kesme sıvısındaki yağ miktarını arttırın.
Kesme kenarı köşesinde tanecik kopması 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rijit olmayan bağlama 2. TGO çok büyük 3. Darbeli kesim 4. Yetersiz kesme sıvısı temini 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bağlantıyı kontrol edin. 2. Radyal salgıyı kontrol edin 3. İlerlemeyi düşürün. 4. Uygun kesme sıvısı temini olup olmadığını kontrol edin
Kesme kenarında büyük aşınma 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızı çok yüksek 2. İlerleme çok düşük 3. Kalite çok yumuşak 4. Yetersiz kesme sıvısı temini 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızını azaltın. 2. İlerlemeyi arttırın. 3. Daha sert bir kaliteyle değiştirin. 4. Uygun kesme sıvısı olup olmadığını kontrol edin.

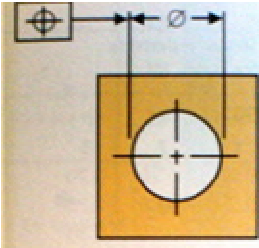
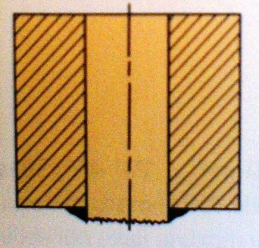
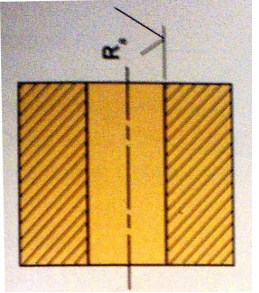
Çizelge 3.1. (Devam) Delme işlemlerindeki problemler, nedenleri ve çözüm önerileri [25].

<p>Kesme kenarında tanecik kopması</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rijit olmayan koşullar 2. Maksimum izin verilen aşınma aşılmış 3. Kalite çok sert 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kurulumu kontrol edin. 2. Matkabı daha kısa zaman da değiştirin. 3. Daha yumuşak bir kaliteye geçin.
<p>Dairesel yüzeylerde aşınma</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. TGO çok büyük 2. Kesme hızı çok yüksek 3. Kesme hızı çok yüksek 4. Aşındırıcı malzeme 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Radyal salgıyı kontrol edin. 2. Katıksız yağ veya daha güçlü emülsiyon kullanın. 3. Kesme hızını düşürün. 4. Daha sert bir kaliteyle değiştirin.
<p>Kesme kenarında aşınma</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızı çok düşük 2. İlerleme çok yüksek 3. Kesme kenarı çok küçük 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızını artırın. 2. İlerlemeyi düşürün. 3. Ölçüleri kontrol edin.
<p>Matkabın kırılması</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızı ve/veya ilerleme çok yüksek 2. Yetersiz kesme sıvısı temini 3. Uygun olmayan matkap / kalite 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme hızını ve/veya ilerlemeyi düşürün. 2. Kesme sıvısı basıncını ve hacmini artırın. 3. Daha sert bir kalite kullanın.
<p>Termal çatlaklar (çentikler)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Düzensiz kesme sıvısı temini 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kesme sıvısı teminini kontrol edin 2. Kesme sıvısı tankını doldurun.

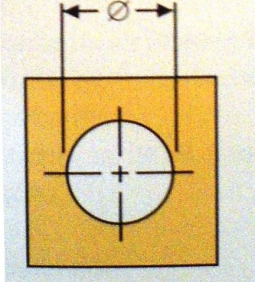
3.9. İş Parçası Hatalarının Teşhisi ve Düzeltilmesi

Çizelge 3.2.'de delme işlemlerindeki Hataların Teşhisi ve Düzeltilmesiyle ilgili sebep/çözüm ilişkileri verilmiştir.

Çizelge 3.2. Delme işlemlerinde hatalar ve düzeltilmesi [25].

Problem	SebeP	Çözüm
<p>Merkezden kaçık olması</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Değişken matkap/iş parçası koşulları 2. TGO çok büyük 3. Eğimli yüzeylere delik delmek 4. Simetrik olmayan (yeniden bilenmiş kenarlar) 5. İlerleme çok yüksek 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İş parçası bağlamasını iyileştirin. 2. TGO'ı iyileştirin. 3. Delinecek yüzeyi önce frezeyle düzleyin. 4. Yeniden bileme geometrisini kontrol edin. 5. İlerleme hızını azaltın.
<p>Çıkışta çapak oluşumu</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İlerleme çok yüksek 2. Matkap aşınmış 3. Kesme kenarındaki – (negatif) yüzey çok geniş 4. Dış çap köşesi çok keskin 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İlerlemeyi azaltın. 2. Matkabı daha sık değiştirin. 3. Daha düşük – (negatif) yüzey genişliği. 4. Köşesi pahlı veya radyüslü matkap kullanın.
<p>Kötü yüzey kalitesi</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rijit olmayan koşullar 2. Çok büyük TGO 3. Yetersiz veya zayıf Kesme sıvısı temini (hacim veya basınç) 4. Talaş sıkışması 5. İlerleme çok yüksek 	<ol style="list-style-type: none"> 1. İş parçası/matkabın bağlanmasını iyileştirin. 2. TGO'ı iyileştirin. 3. Kesme sıvısı teminini kontrol edin. 4. Kesme değerlerini /kesme sıvı teminini ayarlayın. 5. İlerlemeyi düşürün.

Çizelge 3.2. (Devam) Delme işlemlerinde hatalar ve düzeltilmesi [25].

<p>Delğin büyük çıkması</p> 	<ol style="list-style-type: none">1. Uygun olmayan kesme koşulları2. Zayıf iş parçası bağlaması ve zayıf matkap tutuşu3. Simetrik olmayan geometri4. Çok büyük TGO	<ol style="list-style-type: none">1. Hızı arttırın, ilerlemeyi azaltın.2. Takım tutuşu ve iş parçası bağlamasını kontrol edin.3. Yeniden bilemeyi kontrol edin.4. TGO' ı iyileştirin.
--	---	--

4. MALZEME VE METOD

Bu çalışma ile farklı kesme parametrelerine bağlı olarak AISI 1050'nin delinebilmesi için gerekli olan optimum delme şartlarının bulunması ve işlemleri sırasında oluşan kesme kuvvetlerinin ölçülmesi ile delik kalitelerinin iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Deneylerde kullanılan malzeme, donanım, işleme parametreleri, takım tezgâhı vb. özellikler aşağıda ele alınmıştır.

4.1. Deneylerde Kullanılan Takım Tezgâhı

Deneyler Gazi Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makina Eğitimi Bölümü, Talaşlı Üretim Anabilim Dalı, CNC Atelyesinde mevcut JOHNFORD VMC-550 CNC freze tezgâhı kullanılmıştır. CNC tezgâhı; üç eksenli lineer ve dairesel enterpolasyon yapabilen, metrik ve inç birimlerinde ISO formatlı programlanabilir FANUC kontrol ünitesi ile bir Dik İşleme Merkezidir. Bu tezgâhın teknik özellikleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Johnford VMC-550 CNC Dik İşleme Merkezi özellikleri.

Tezgâh gücü	5 KW
Maksimum devir sayısı	8000 rpm/min
Sırasıyla x, y, z ekseni	600, 500, 600 mm
Ölçü hassasiyeti	0,001 mm
İşletim sistemi	Fanuc

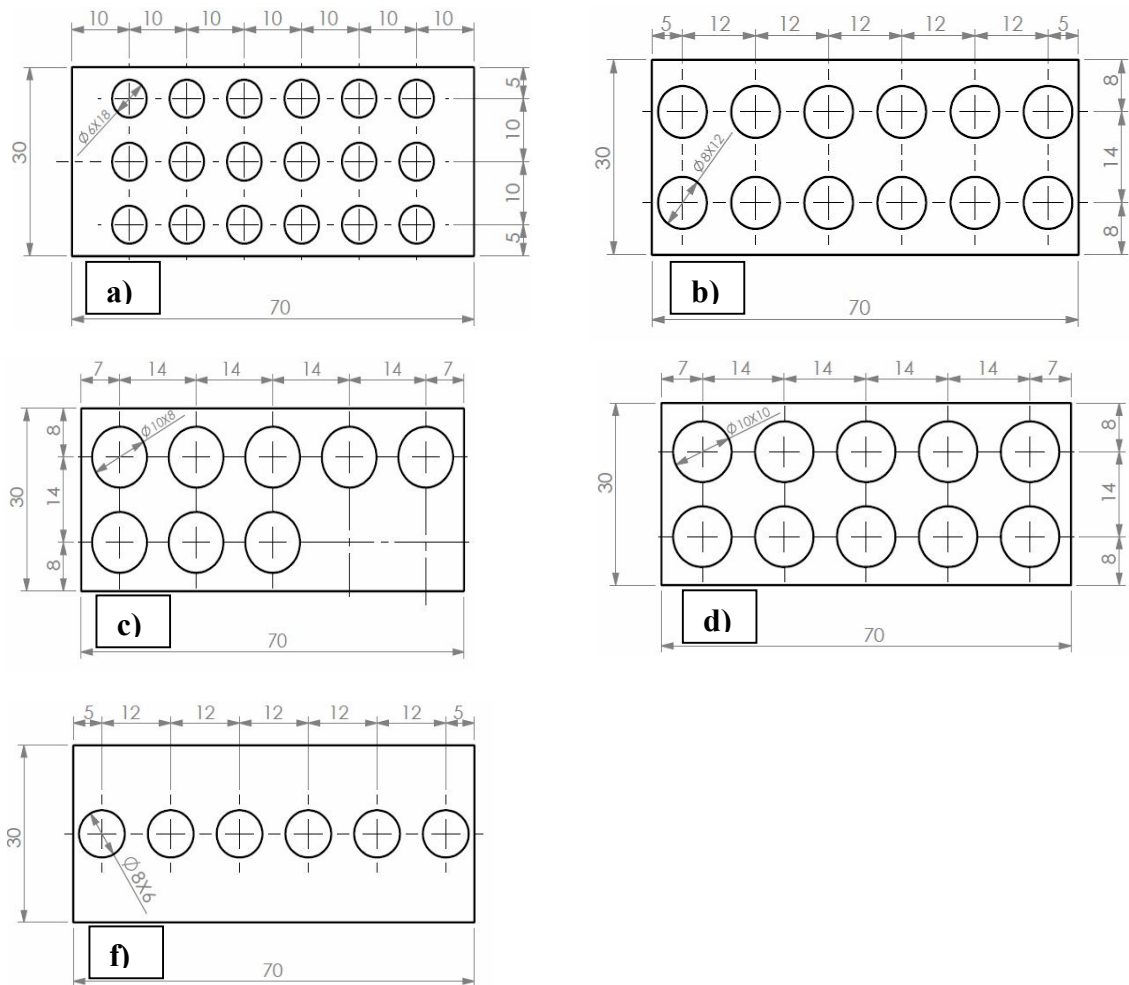
4.2. Deneylerde Kullanılan Malzeme, Kesici Takım ve Kesme Parametreleri

Yapılan bu çalışma ile kesme parametrelerinden kesme hızı ve ilerlemenin farklı kombinasyonlarının, endüstride önemli kullanım alanına sahip olan AISI 1050 çelik malzemenin kaplamalı ve kaplamasız HSS matkaplarla delinmesinde kesme parametreleri, kesme kuvvetleri, yüzey pürüzlülüğü ve dairesellik değerleri üzerindeki etkisi incelenerek birçok ortamda deneme yanılma ve tecrübe değerlerine

göre yapılan girdiler bilimsel bir yapıya kavuşturulmuş ve optimum delme şartları belirlenmeye çalışılmıştır. Deneylede kullanılan AISI 1050 çelik malzemenin kimsayal bileşimi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Deney numunesi planı

Delme işleminde optimum sonuçlar elde etmek amacıyla delme boyu, delik çapının üç katı yada üç katından daha düşük olması şartına uymak amacı ile 17 mm olarak seçilmiştir [32]. Her deney için yeni bir uç kullanılarak toplam 54 adet deney yapılmıştır. Bu deneylerden 27’si $\phi 6$, $\phi 8$, $\phi 10$ kaplamasız matkaplar ile 27’si de $\phi 6$, $\phi 8$, $\phi 10$ TiAlN kaplamalı matkaplar ile yapılmıştır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Deney numuneleri a) $\phi 6$ mm b) $\phi 8$ mm c) $\phi 10$ mm d) $\phi 10$ mm f) $\phi 8$ mm

Çizelge 4.2. AISI 1050 çelik malzemenin kimyasal bileşimi

SAE/AISI	C	MN	SI	P	S
1050	0,45-0,54	0,60-0,90	0,10-0,30	0,040 en çok	0,050 en çok

Bu araştırmada Makina Takım Endüstri A.Ş. tarafından imal edilmiş (DIN 338) kaplamalı ve kaplamasız HSS matkaplar kullanılmıştır (Resim 4.1). Kaplamalar PVD (Fiziksel Buharlaştırma Methodu) ile DIN 338 HSS RN 118° taşlanmış matkap üzerine TiAlN malzeme kullanılarak yapılmıştır. DIN 338 HSS RN 118° taşlanmış matkap komple taşlanarak üretildiği için geometrik dengeleri ve hassas uç bilemesi sayesinde ölçüde tamlık sağladığı için deneysel çalışmada tercih edilmiştir. Delme işlemlerinde kullanılan kesme parametreleri ve takım özellikleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. 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	Ø6-8-10 mm, uç açısı 118°, helis açısı 30°
Kesme Hızları	20, 30, 40 m/dak
İlerleme Miktarları	0,05; 0,1; 0,15 mm/dev

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, AISI 1050 çelik malzemenin delinmesinde matkap uç açısının 118° ve helis açısının 30° olması tavsiye edilmektedir. Literatür ışığında delme esnasında istenilen rijitliğin de sağlanması amacı ile DIN 338 standardına uygun sağ kesme yönlü 118° uç açılı ve 30° helis açılı taşlanmış HSS matkap kullanılmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Makine Takım Endüstri A.Ş. DIN 338 HSS RN 118° Taşlanmış matkap

Kesme Parametrelerinin tayini için kesici takım kataloğunda tavsiye edilen değerler göz önünde bulundurularak ön deney çalışmaları neticesinde belirlenmiştir. Kesme hızı 40 m/dak ve ilerleme miktarı 0.15 mm/dev'i aştığı zaman matkap ucunda aşırı ısınma ile özellik kaybı tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kesme hızı ve ilerleme değerleri Çizelge 4.3'de verildiği gibi alınmıştır.

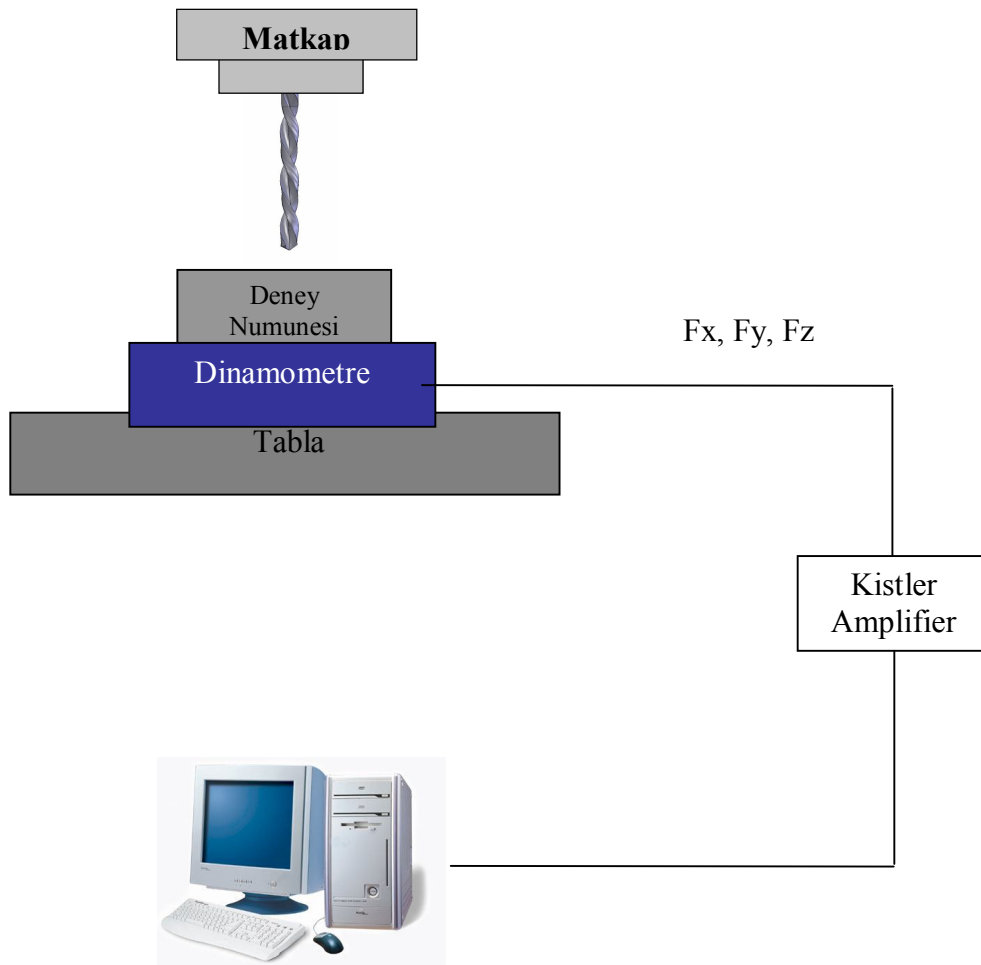
4.3. Kesme Kuvvetlerinin Ölçülmesi

Üretimde en önemli maliyet faktörlerinden birini enerji sarfiyatı oluşturmaktadır. Talaş kaldırma sırasında harcanan güç enerji sarfiyatını belirleyen unsurdur. Delik delme işlemi için gerekli olan güç (P_c), KW cinsinden malzeme faktörüne ilave olarak çap, ilerleme miktarı ve kesme hızına bağlıdır. Malzemenin özgül kesme direncine bağlı olarak diğer faktörlerin de devreye girmesiyle, talaş kaldırma sırasında ihtiyaç duyulan asıl kesme kuvveti (F_c), talaş kaldırmak için harcanan gücü ve dolayısıyla enerji maliyetini belirleyen en önemli parametredir.

Delme işlemlerinde, performans açısından önemli bir diğer parametre ise ilerleme kuvvetidir (F_t). Bu kuvvet, matkap malzeme üzerinde talaş kaldırırken uygulanan aksel kuvvettir. Yüksek ilerleme kuvvetleri delik kalitesini ve takım güvenilirliğini olumsuz etkilerken, gereğinden düşük (yetersiz) kuvvetleri ise verimi olumsuz etkiler. İlerleme kuvveti de çap, ilerleme miktarı ve delinen malzemeyle ilişkilidir. Dolayısıyla giriş parametrelerine bağlı olarak doğru ilerleme kuvvetlerinin tayini, işleme performansı açısından büyük önem taşır.

Matkabın kesici kenarlarında oluşan teğetsel kuvvetlerin yarı çapa bağlı olarak oluşturduğu burulma momenti (tork, M_c) büyük çaplı delik delme işlemleri ile delik

büyütme işlemlerinde önemli olan bir başka çıktıdır. Takımın işleme esnasında oluşan kuvvetlere ve bu kuvvetler etkisiyle oluşan tork ve burkulma (flambaj) etkisine dayanması gerekir. Bu amaçla, kesme parametrelerine bağlı olarak oluşan F_c ve F_t 'nin deneysel olarak belirlenmesi ve optimum değerlerin ortaya konması bu çalışmanın temel amaçlarından birini oluşturmaktadır. Şematik olarak deney düzeneği Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3. Deney düzeneği

Kesme kuvvetlerinin ve momentin deneysel olarak belirlenmesi için Talaşlı Üretim Anabilim Dalı' da varolan kuartz kristal esasıyla çalışan **KISTLER 9257-B** tipi dinamometre ve **Kistler Type 5070 amplifier** kullanılmıştır. Bu dinamometrenin teknik özellikleri Çizelge 4.4'de, Amplifier'in Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Kistler 9257B dinamometrenin teknik özellikleri

Kuvvet aralığı (kN) (Fx, Fy, Fz)	-5...10
Tepki verme (N)	<0.01
Hassasiyet (pC/N) Fx, Fy	-7.5
Fz	-3.5
Doğrusallık	%1 FSO
Histerezis	%0.5 FSO
Doğal frekans fo(x,y,z) (kHz)	3.5
Çalışma sıcaklığı (oC)	0...70
Kapasitans (pF)	220
20 oC'daki yalıtım direnci (Ω)	> 1013
Topraklama sınıfı (Ω)	> 108
Koruma sınıfı	IP 67
Ağırlık (kg)	7.3

Çizelge 4.5. Kistler Type 5070 amplifier teknik özellikleri

Kanal sayısı	8
Bağlantı	BNC neg.
Ölçme aralığı (pC)	$\pm 200 \dots 200000$ $\pm 600 \dots 600000$ (optional)
Frekans aralığı (kHz)	$\approx 0 \dots > 45$
Çıkış sinyali (V)	± 10
Kapasitans (V)	100 ... 240
Arayüz	RS-232C and IEEE-488

4.4. Delik Kalitesinin Ölçülmesi

Günümüzde gelişen teknolojiye paralel olarak üretimden yüksek hassasiyet beklentileri artmıştır. Üretilecek bir ürün üzerindeki delik ihtiva eden unsurlar için de aynı yüksek hassasiyet beklentileri söz konusudur. Delik kalitesini belirleyen en önemli özellikler;

- Ölçü tamlığı (toleranslar dahilinde),
- Dairesellik,
- Eksenden sapma (silindiriklik) ve
- Delinmiş yüzeylerin kalitesidir.

Deliklerde bu özellikleri sağlamak için ikincil bir işlem olarak “raybalama” işleminin uygulanması yaygındır. Ancak günümüzde modern takım tezgahları ve modern delme takımları ile, ilave bir işlem ve önemli bir maliyet getiren bu uygulama yapılmadan da arzu edilen delik kalitesinin elde edilmesi mümkün olabilmektedir. Doğru seçilmiş kesme parametreleri arzu edilen delik kalitesinin elde edilmesi için en önemli etkidir.

Bu çalışmada kesme parametrelerinin delik kalitesi üzerindeki etkilerinin ve uygun parametrelerin tespiti esas alınmıştır. Bu amaçla, girdi parametrelerine bağlı olarak deneysel çalışmalar sonucu elde edilecek deliklerin delik kalitesini belirlemek amacıyla;

- Delik çapı ölçümleri
- Dairesellikten sapma (ovalite ve silindiriklik) ölçümleri ve
- İşlenen yüzeylerin ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) ölçümleri yapılmıştır.

Gerekli çaptan daha büyük çaplı veya daha küçük çaplı delikler üretiliyorsa, bunun nedeni genellikle matkabın merkezden sapmış olmasıdır. Diğer nedenler; tezgâh fener milinin uygun olmaması, ilerleme oranının çok yüksek olması veya bağlama

rijitliğinin yetersiz olması şeklinde sıralanabilir. Delik simetrik değil ise problemin kaynağı çoğunlukla tezgâhtaki veya bağlamadaki yetersiz rijitliktir. Kesme değerlerinin işlenen malzeme için hatalı olması durumu da mümkündür. Yetersiz yüzey kalitesi genellikle, tezgâhı bağlamadaki zayıf rijitlikten dolayı ortaya çıkan titreşimlerin sonucudur. Matkap aşırı uzun, düşük kalitede bir takım tutucuya bağlanmış veya kötü takım pozisyonuna sahip olabilir. Kesme değerleri uygulama için doğru olmayabilir veya başlangıç girişi kalitesiz yüzeylere yapılmış olabilir. Kesme sıvısı temini yetersiz olabilir veya talaş tahliyesinin düzensiz olduğu durumlarda talaş kontrolü yeterince iyi olmayabilir.

Tüm bu olumsuzlukları giderecek tedbirler alınarak yapılacak deneylerden sonra elde edilen deliklerde, delik çapı ve dairesellikten sapma ölçümleri için koordinat ölçüm cihazı (CMM) kullanılmıştır.

Yüzey kalitesini belirlemek amacıyla, işlenmiş yüzeylerde ortalama yüzey pürüzlülük (Ra) değerlerini ölçmek için yine portatif bir yüzey pürüzlülük cihazı olan *Mahr Perthometer M1* cihazı kullanılmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Delik çaplarının çok küçük olması sebebi ile, yüzey pürüzlülüğü ölçümleri için numuneler delik eksenleri boyunca SODICK EX21 model tel erozyon tezgahında kesilmiş ve ölçümler her iki yarım üzerinde yapılarak ortalamaları alınmıştır.

Çizelge 4.6. Mahr Perthometer M1 yüzey pürüzlülüğü ölçüm cihazının teknik özellikleri

Model	M1
Tarama hızı	0,5 m/sn
Tarama	0,75 mN
İğne uç yarı	2 μ m
Ölçüm	100-150 μ m
Profil	12 mm
Filtre	Gaussian
Örnekleme	0,25 – 0,8 – 2,5 (mm)
Ölçme	1,75 – 5,6 – 17,5 (mm)
Ölçülebilen	Ra, Rz, Rmax

Sözü edilen malzeme ve yöntem ışığında yapılan deneysel çalışmalarla elde edilen bulgular grafiklere aktarılarak değerlendirilmiştir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

5.1. Deneysel Çalışma Değerlendirme Esasları

Delme işlemlerinde matkap çapı, kaplama uygulanması ve kesme parametrelerinin delme sırasında oluşan kesme kuvvetleri ve delik kalitesi üzerindeki etkilerinin AISI 1050 imalat çeliği üzerinde yapılan delme deneyleriyle araştırıldığı bu çalışmada, kesme parametreleri üç farklı kesme hızı (20, 30 ve 40 m/dak) ve üç farklı ilerleme miktarı (0,05; 0,1 ve 0,15 mm/dev) olarak belirlenmiştir. Deneylerde; kaplamasız ve TiAlN Kaplamalı olmak üzere iki farklı tipte ve üç değişik çapta ($\varnothing 6$, $\varnothing 8$ ve $\varnothing 10$) HSS helisel matkap kullanılmıştır. Takım geometrisi çelik malzemeler için tavsiye edildiği şekilde seçilmiş olup uç açısı 118° 'dir [28].

Bu girdiler baz alınarak ve her deney için yeni bir matkap kullanmak suretiyle toplam 54 (elli dört) adet deney yapılmıştır. Matkap tipi, çapı ve kesme parametrelerinin “girdi” olarak değerlendirildiği deneysel çalışmalar neticesinde “çıkıtı” olarak; ölçülen kesme kuvvetleri içerisinde delme sırasında büyük öneme haiz olan ilerleme kuvveti (itme-thrust kuvvet) [3, 39] ve delik kalitesinin belirlenmesi için ise delik ölçüsünün tamlığı (çaptan sapma), elde edilen deliğin daireselliği (ovalite veya dairesellikten sapma), matkap giriş ve çıkış eksenlerindeki ölçü farkı (eksenel kaçıklık veya silindiriklikten sapma) ile işlenen deliğin yüzey kalitesi (ortalama yüzey pürüzlülüğü, Ra) değerlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalarda esas alınan girdiler ile deneyler sonucunda elde edilen çıktılar, Çizelge 5.1’de toplu halde verilmiştir. Elde edilen bulgular, Çizelge 5.1’deki değerlerin grafiklere aktarılması suretiyle, aşağıdaki bölümlerde ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.1. Delme deneylerinde girdilere bağlı olarak elde edilen sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	İlerleme		Kesme Hızı (m/dak)	Ortalama İlerleme Kuvveti, Fz (N)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μ m)	Çap'tan Sapma (mm)	Dairesellikten Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)
		(mm/dev)	(mm/dak)						
1	Kaplama Ø 6 118°	0.05	53.5	20	548	1,876	0,098	0,0356	0,06025
2			79.6	30	429	1,814	0,10635	0,0796	0,0854
3			106.1	40	518	1,722	0,11545	0,1184	0,10875
4		0.1	106.1	20	706	2,07	0,10675	0,0424	0,0217
5			159.1	30	884	1,962	0,10945	0,0613	0,0328
6			212.2	40	823	1,927	0,1185	0,0763	0,0388
7		0.15	159.1	20	1116	2,177	0,1127	0,0651	0,03715
8			238.6	30	1029	2,032	0,14575	0,1192	0,0624
9			318.3	40	1391	1,944	0,15335	0,128	0,064
10	Kaplama Ø 6 118°	0.05	53.5	20	329	1,745	0,03645	0,0265	0,0278
11			79.6	30	343	1,704	0,03835	0,0453	0,0362
12			106.1	40	457	1,686	0,06525	0,0923	0,0467
13		0.1	106.1	20	612	1,862	0,03945	0,0698	0,03715
14			159.1	30	512	1,824	0,04175	0,0825	0,04168
15			212.2	40	773	1,738	0,0947	0,1137	0,0629
16		0.15	159.1	20	837	2,02	0,0496	0,0829	0,0493
17			238.6	30	975	1,893	0,0926	0,0986	0,0555
18			318.3	40	889	1,822	0,1148	0,1215	0,0652

Çizelge 5.1. (Devam) Delme deneylerinde girdilere bağlı olarak elde edilen sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	İlerleme		Hızı Kesme (m/dak)	Ortalama İlerleme Kuvveti, Fz (N)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (μm)	Çap'tan Sapma (mm)	Dairesellikten Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)
		(mm/dev)	(mm/dak)						
19	Kaplama-sız $\varnothing 8$ 118°	0.05	39.8	20	671	2,126	0,10305	0,0467	0,0625
20			59.7	30	847	1,938	0,12437	0,0652	0,0933
21			79.6	40	786	1,912	0,16233	0,0921	0,10312
22		0.1	79.6	20	1118	2,243	0,11534	0,0674	0,0484
23			119.4	30	1084	2,145	0,14022	0,0843	0,04965
24			159.2	40	1198	1,955	0,18105	0,10645	0,06304
25		0.15	119.4	20	1342	2,284	0,11744	0,0678	0,0567
26			179.1	30	1350	2,192	0,17423	0,10486	0,08374
27			238.8	40	1584	1,977	0,1922	0,11345	0,0898
28	Kaplama-lı $\varnothing 8$ 118°	0.05	39.8	20	724	1,852	0,0454	0,0346	0,0479
29			59.7	30	737	1,758	0,0723	0,0527	0,0524
30			79.6	40	509	1,704	0,0945	0,0712	0,0595
31		0.1	79.6	20	905	1,924	0,0486	0,046	0,03944
32			119.4	30	749	1,872	0,0537	0,063	0,0446
33			159.2	40	788	1,826	0,0976	0,0885	0,06102
34		0.15	119.4	20	1100	1,968	0,0638	0,0544	0,05105
35			179.1	30	1070	1,914	0,0842	0,08505	0,0587
36			238.8	40	1178	1,866	0,1126	0,10104	0,0719
37	Kaplama-sız $\varnothing 10$ 118°	0.05	31.9	20	810	2,245	0,1122	0,0515	0,07585
38			47.8	30	943	2,188	0,1575	0,0802	0,07495
39			63.7	40	1002	2,023	0,1992	0,1413	0,07946
40		0.1	63.7	20	1398	2,324	0,10805	0,0712	0,0425
41			95.5	30	1382	2,231	0,1481	0,1011	0,0572
42			127.3	40	1566	2,104	0,1902	0,1384	0,0706
43		0.15	95.5	20	1770	2,358	0,10475	0,09025	0,0642
44			143	30	1890	2,257	0,15365	0,1169	0,0852
45			191	40	2118	2,186	0,2032	0,1515	0,0861

Çizelge 5.1. (Devam) Delme deneylerinde girdilere bağlı olarak elde edilen sonuçlar

Deney No	Kesici Takım	İlerleme		Kesme Hızı (m/dak)	Ortalama İlerleme Kuvveti, Fz (N)	Ortalama Yüzey Pürüzlülüğü Ra (µm)	Çap'tan Sapma (mm)	Dairesellikten Sapma (mm)	Silindiriklikten Sapma (mm)
		(mm/dev)	(mm/dak)						
46	Kaplama Ø 10 118°	0.05	31.9	20	816	2,127	0,0656	0,04732	0,06942
47			47.8	30	857	1,972	0,09225	0,07572	0,07061
48			63.7	40	579	1,936	0,1008	0,1332	0,07101
49		0.1	63.7	20	1084	2,218	0,0515	0,0522	0,0402
50			95.5	30	874	2,156	0,0672	0,08213	0,0495
51			127.3	40	1083	1,963	0,0953	0,1102	0,05541
52		0.15	95.5	20	1548	2,289	0,05184	0,0722	0,0582
53			143	30	1304	2,178	0,10472	0,0975	0,0763
54			191	40	1305	1,967	0,1519	0,1228	0,07282

5.2. Delme Sırasında Oluşan İlerleme Kuvvetlerinin (Fz) Değerlendirilmesi

Delme sırasında oluşan ilerleme kuvvetleri kaplamasız ve kaplamalı takımlar için ayrı ayrı değerlendirildikten sonra karşılaştırmalı olarak birlikte değerlendirilmiştir.

5.2.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen ilerleme kuvvetleri

Kaplamasız HSS matkaplarla 27 adet deney yapılmıştır. Şekil 5.1'deki grafiklerde kaplamasız matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim verilmiştir. Grafiklerden üç farklı çaptaki matkapta da sabit kesme hızında ilerleme hızı arttıkça ilerleme kuvvetlerinde artışın olduğu açık bir şekilde görülmektedir. İlerleme hızındaki artışa bağlı olarak, ilerleme kuvvetlerindeki bu artış miktarının, matkap çapının büyümesi ile daha da büyük olduğu söylenebilir. Şekil 5.1.a'da 6 mm çapındaki matkapta, 20 m/dak kesme hızı ve 0,05 mm/dev ilerleme hızında 548 N olan ilerleme kuvveti ilerleme hızı %100 arttırılarak 0,1 mm/dev olduğunda 706 N olmuş ve %28 'lik bir kuvvet artışı

meydana gelmiştir. Aynı kesme parametrelerinde matkap çapı 8 mm olduğunda ilerleme kuvveti değeri 671 N'dan 1118 N'a çıkarak % 66'lık kuvvet artışı olmuştur. Bütün kesme parametrelerinde olmamakla beraber genel olarak çapa bağlı kuvvetin büyüdüğünü söylemek mümkündür. Çaptaki artışla kaldırılan talaş hacminin artması sonucu aynı kesme ve ilerleme hızı kombinasyonlarında ilerleme kuvvetleri artmıştır. 6 mm çapındaki matkapta ilerleme kuvvetleri 400-1100 N arasında değişirken 8 mm çapındaki matkapta 600-1500 N ve 10 mm çapındaki matkapta 800-2000 N arasında değişim göstermiştir. Kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişime bakıldığında ise 6 mm çapındaki matkapta ilerleme kuvvetlerinde çok fazla değişim olmamakla birlikte 8 ve 10 mm çapındaki matkaplarda ilerleme kuvvetlerinde bir miktar artış olmuştur.

5.2.2. TiAlN kaplı takımlarla elde edilen ilerleme kuvvetleri

Kaplamasız matkaplarda olduğu gibi üç farklı çaptaki TiAlN kaplı HSS matkaplarla da 27 adet deney yapılmıştır. Şekil 5.2'deki grafiklerde TiAlN kaplı matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim verilmiştir. Üç farklı çaptaki matkaplarda da ilerleme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerinde artış meydana gelmiştir (Şekil 5.2). Aynı ilerleme değerlerinde, çaptaki artış ilerleme kuvvetlerinin artmasına sebep olmuştur. İlerleme kuvvetlerinin ortalaması düşünüldüğünde $\phi 6$ 'dan $\phi 8$ 'e doğru bir artış söz konusudur. Üç farklı çaptaki matkap arasında en düşük ilerleme kuvveti değeri 329 N olup, 20 m/dak kesme hızı ve 0,5 mm/dev ilerleme hızında 6 mm çapındaki matkapla elde edilmiştir. En yüksek ilerleme kuvveti değeri ise 1548 N olup, yine aynı kesme parametrelerinde, 10 mm çapındaki matkapla elde edilmiştir. Şekil 5.2.a'daki grafikte 6 mm çapında matkaplarla yapılan delme deneylerinde kesme hızının artması ile ilerleme kuvvetlerinde çok fazla bir değişimin olmadığı görülmektedir. Ancak 8 ve 10 mm çapındaki matkaplarla yapılan delme deneylerinden elde edilen ilerleme kuvveti değerlerinin, kesme hızının artması ile bir miktar azalma eğiliminde olduğu söylenebilir. Kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerinde meydana gelen bu düşüşe, kısmen takım talaş temas alanındaki azalma, kısmen de kesme hızındaki

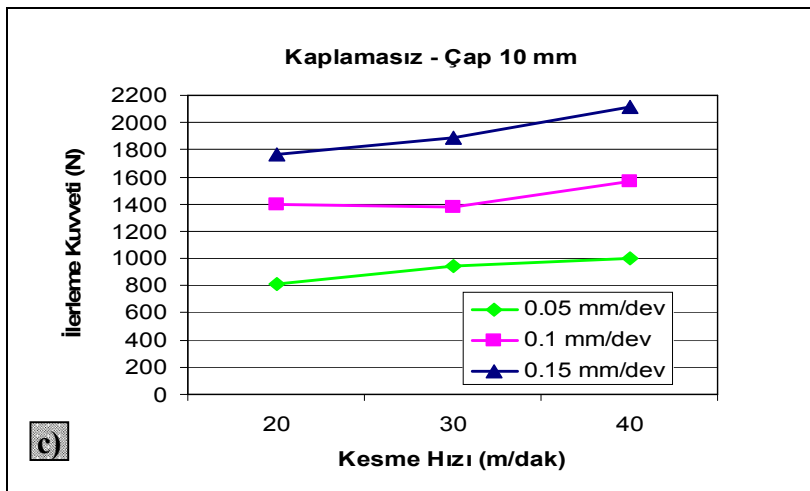
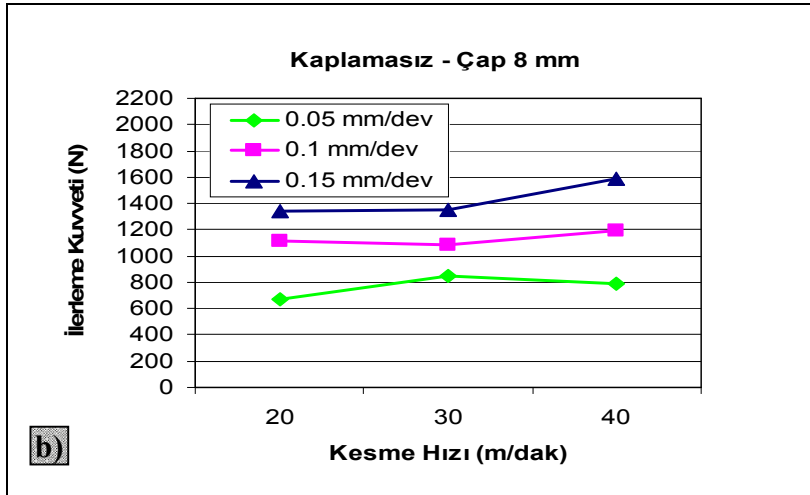
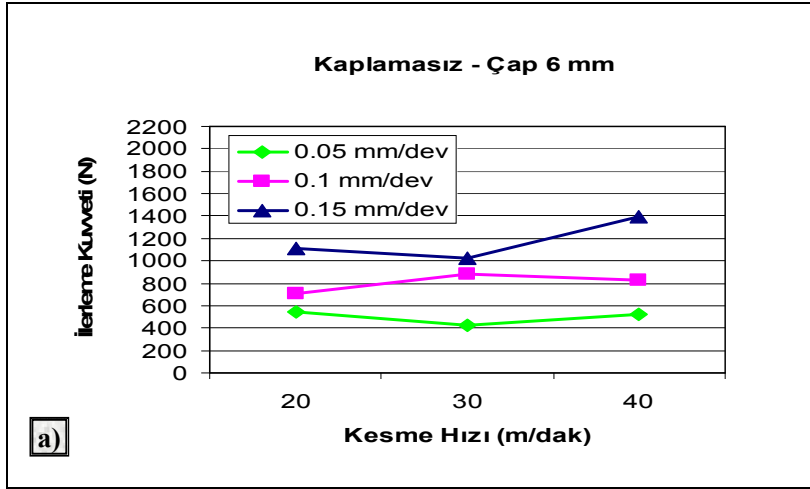
artışla birlikte sıcaklıktaki artışın malzemenin akma mukavemetini düşürmesiyle açıklanabilir [33].

6 mm çapındaki matkapta, ilerleme kuvveti değişimlerinde ilerleme hızı kesme hızından daha etkili olurken 8 ve 10 mm çapındaki matkaplarda kesme ve ilerleme hızının ilerleme kuvveti değişimlerinde benzer etkiye sahip olduğu görülmüştür. Şekil 5.2.b ve Şekil 5.2.c’de, özellikle yüksek ilerleme hızlarında (0,1 ve 0,15 mm/dak), 30 m/dak kesme hızına kadar ilerleme kuvvetleri düşmüş ancak bu kesme hızından sonra bir miktar artış göstermiştir. İlerleme kuvvetlerindeki bu artışın sebebi ise yüksek kesme ve ilerleme hızı kombinasyonlarında kesici takım üzerine gelen yüklerin artması ve kaplama tabakasının kalkması sonucu meydana gelen aşınmalara atfedilmiştir [34]. Özellikle deneylerin kuru kesme şartlarında yapıldığı düşünülürse kesici takımlar üzerine gelen yüklerin önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

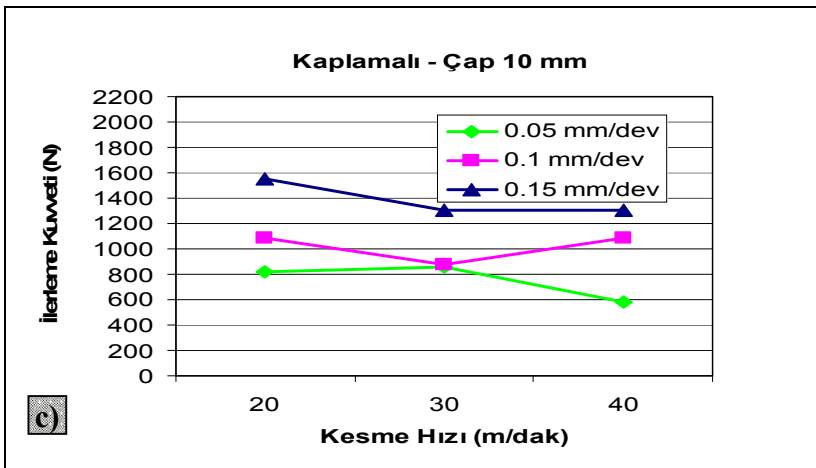
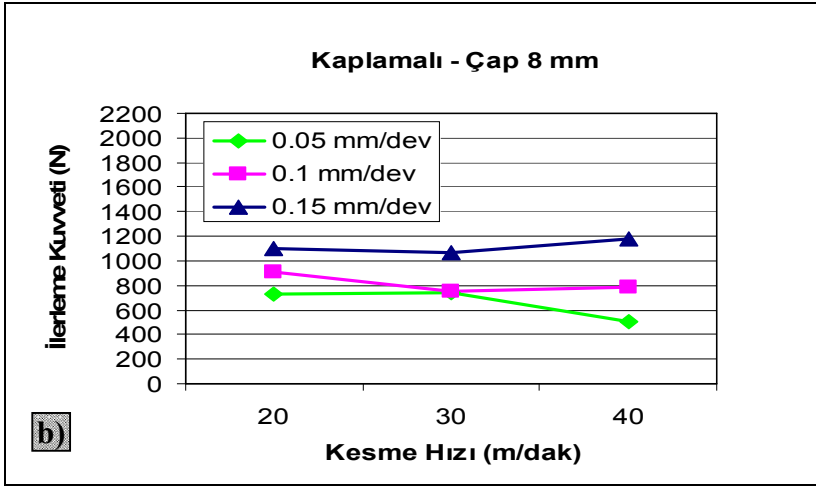
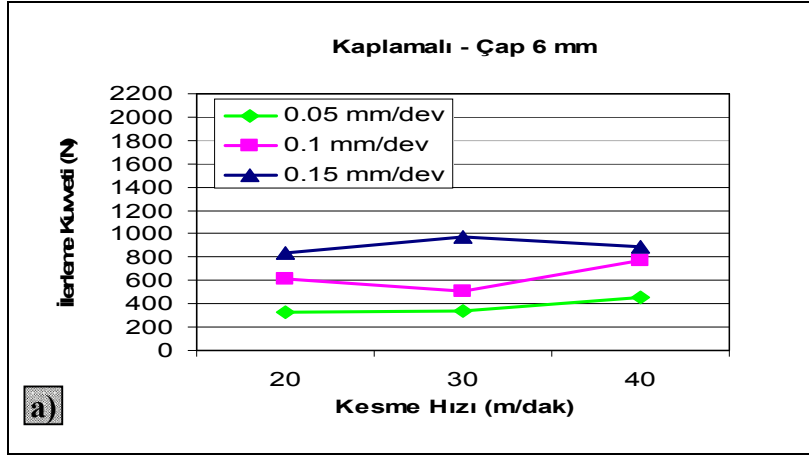
5.2.3. İlerleme kuvvetlerinin genel değerlendirilmesi

Bölüm 5.1.1-Bölüm 5.1.2’te kaplamasız ve TiAlN kaplı matkaplarla yapılan delme işlemi sırasında elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kendi içinde ayrı ayrı değerlendirilmiş olup bu bölümde birbiri ile mukayese edilmiştir.

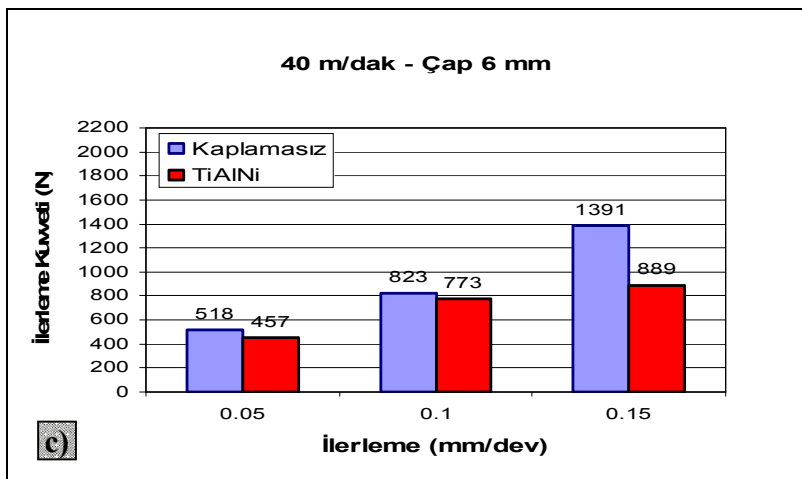
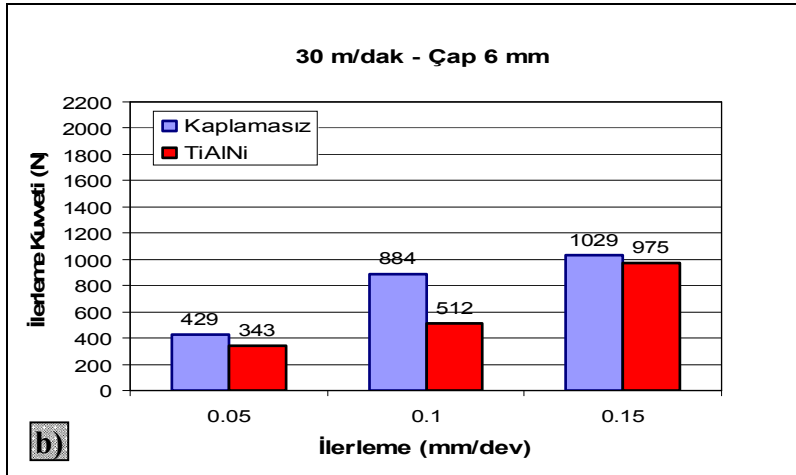
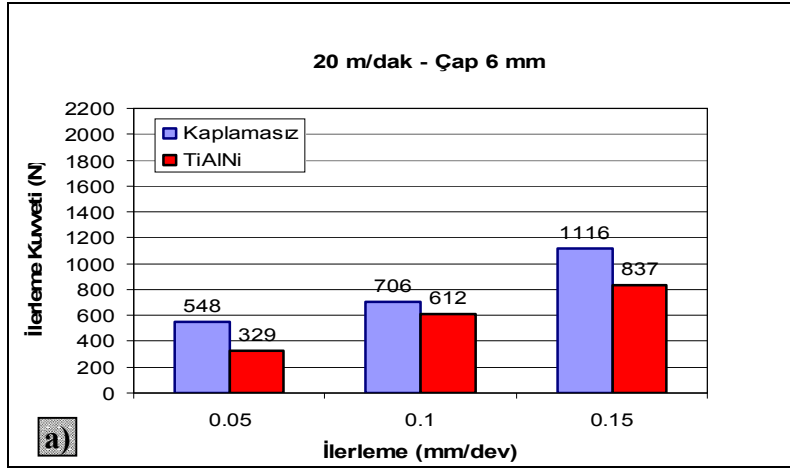
Şekil 5.3’te 6 mm çapındaki matkapta, kaplama malzemesi ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim görülmektedir. Kaplamasız ve TiAlN kaplı takımların her ikisinde de kesme ve ilerleme hızına göre ilerleme kuvveti değişim eğrileri paralellik arz etmektedir. Bütün kesme parametreleri kombinasyonlarında TiAlN kaplı takımlardan elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kaplamasız takımlarla elde edilenlerden daha düşük olmuştur. TiAlN kaplamanın yüksek sertlik düşük sürtünme katsayısına sahip olması kesme esnasında talaş oluşumunu kolaylaştırması sürtünme katsayısını düşürmesi sonucu ilerleme kuvvetlerinin düştüğü düşünülmektedir. Kaplamalı takımlarla elde edilen en düşük ilerleme kuvveti 329 N olup 20 m/dak kesme hızı ve 0.05 mm/dev ilerleme hızında elde edilmiştir.



Şekil 5.1. Kaplamasız matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim a) $\varnothing 6$ mm, b) $\varnothing 8$ mm, c) $\varnothing 10$ mm



Şekil 5.2. TiAlN kaplı matkaplar ile kesme ve ilerleme hızına bağlı olarak çaptaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim a) $\varnothing 6$ mm, b) $\varnothing 8$ mm, c) $\varnothing 10$ mm

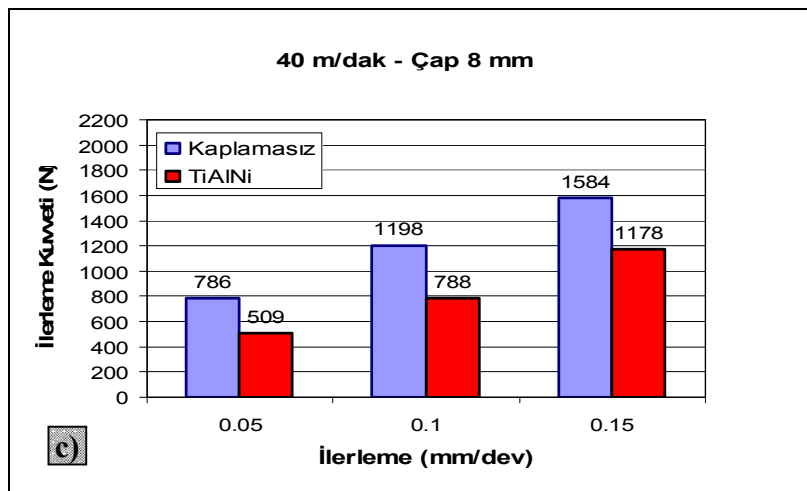
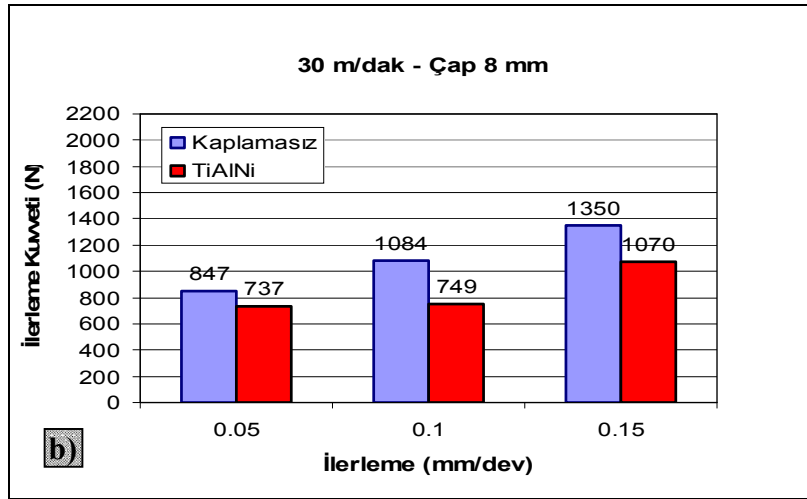
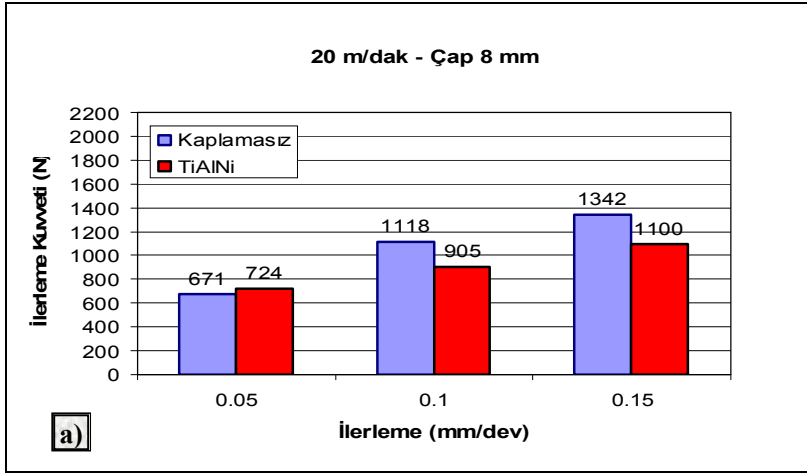


Şekil 5.3. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme Hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim
a) V=20 m/dak, b) V=30 m/dak, c) V=40 m/dak

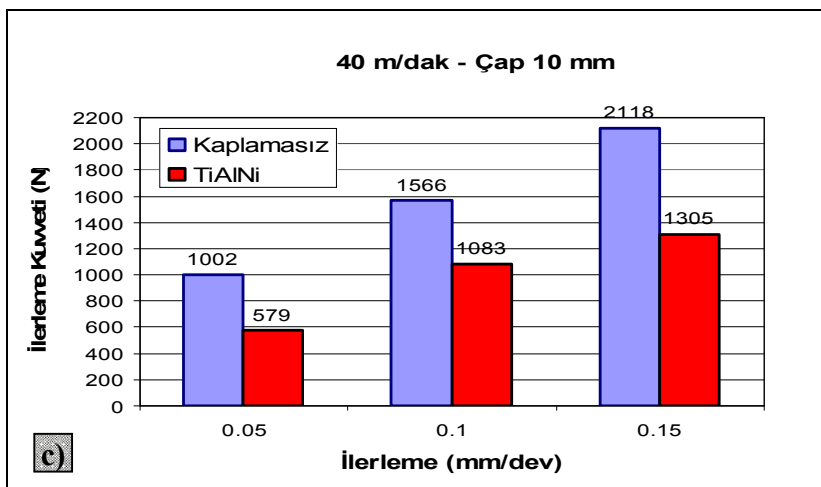
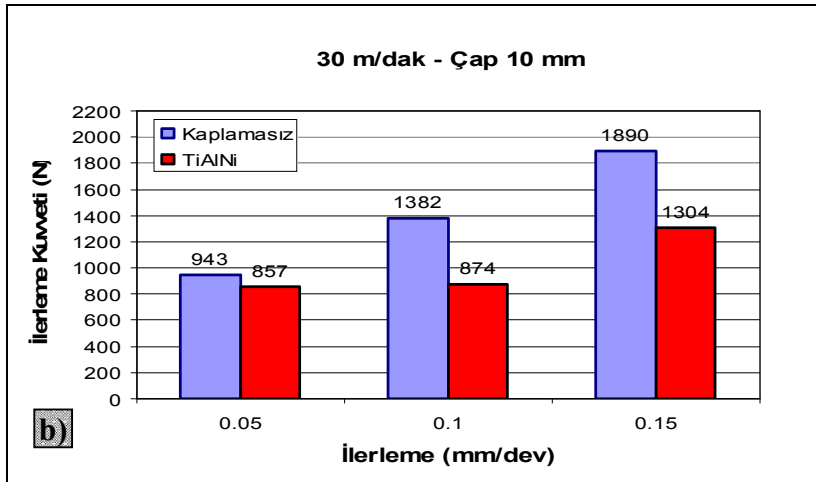
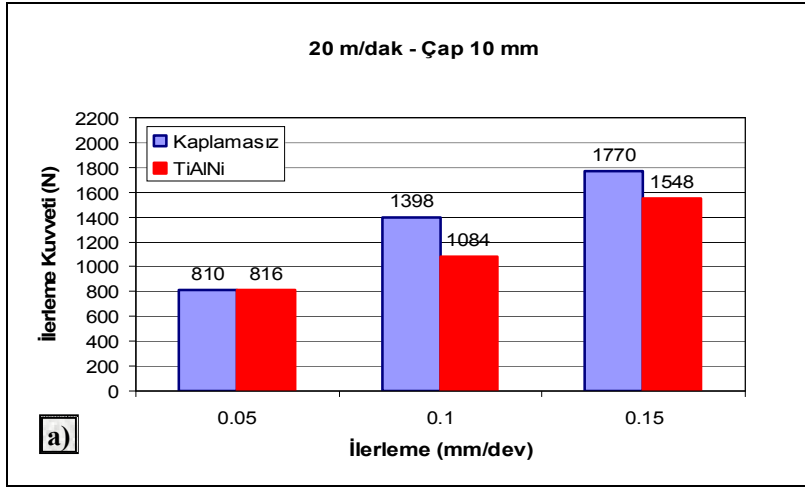
Kesme parametrelerine göre değişmekle beraber, kaplamalı takımlarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kaplamasız takımlarla elde edilenlere göre ortalama %10-%60 daha düşük çıkmıştır. Kaplamalı takımla kaplamasız takım arasında kuvvet farkının en fazla olduğu kesme parametreleri 30 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme hızıdır. İlerleme kuvveti değeri 1029 N'dan 512 N'a düşerek yaklaşık %100'lük bir düşüş elde edilmiştir.

8 mm çapındaki kaplamalı ve kaplamasız matkaplarla elde edilen kesme kuvvetlerinde değişim Şekil 5.4'te görülmektedir. 6 mm çapındaki matkaplardan farklı olarak bu çapta TiAlN kaplı matkaplarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri, 20 m/dak kesme hızı ve 0.05 mm/dev ilerleme hızı hariç diğer bütün kesme parametrelerinde kaplamasız matkaplarla elde edilen ilerleme kuvveti değerlerinden daha düşük olmuştur. Genellemenin yapılacağı olursa kaplama malzemesinin ilerleme kuvvetlerinde meydana getirdiği düşüş, 8 mm çapındaki matkaplarda 6 mm çapındaki matkaplara göre daha fazladır. 6 mm çapındaki matkaplarda kaplama malzemesine göre kuvvet değişimlerinde bir dalgalanma söz konusu iken 8 mm çapındaki matkaplarda daha istikrarlı bir değişim elde edilmiştir. 6 mm çapındaki matkaplardan farklı olarak bu çapta kaplamalı takımla en düşük kuvvet değeri (509 N) yüksek kesme hızı düşük ilerleme hızında (40 m/dak, 0,05 mm/dev) elde edilmiştir. Ayrıca kaplamalı ve kaplamasız takımlarda kuvvet değişim eğrileri benzer eğilimler göstermiştir.

Şekil 5.5'te çapı 10 mm olan matkaplarla, kaplama malzemesine ve kesme parametrelerine bağlı olarak meydana gelen kuvvet değişimleri görülmektedir. Genel itibariyle birkaç kesme parametresi hariç çap büyüdükçe kaplamalı takımlarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kaplamasız takımlarla elde edilenlere göre daha düşük olmuştur. 8 mm çapındaki matkaplarda olduğu gibi bu çapta da kaplamalı takımlar içinde en düşük ilerleme kuvveti değeri yüksek kesme hızı düşük ilerleme kombinasyonunda elde edilmiş olup 579 N'dur. İlerleme hızının ilerleme kuvvetleri üzerindeki etkisinin kesme hızına göre daha yüksek olduğu düşünülürse düşük ilerleme hızlarında düşük ilerleme kuvveti değerlerinin elde edilmesi beklenen bir durumdur.



Şekil 5.4. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim
a) $V=20$ m/dak, b) $V=30$ m/dak, c) $V=40$ m/dak



Şekil 5.5. Matkap kaplama malzemesine ve ilerleme hızına bağlı olarak kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişim
a) $V=20$ m/dak, b) $V=30$ m/dak, c) $V=40$ m/dak

Sabit ilerleme hızında ise kesme hızında meydana gelecek artışın talaş oluşumunu kolaylaştırması sonucu ilerleme kuvvetlerinde düşüşler meydana gelmektedir [22]. Dolayısıyla yüksek kesme hızı ve düşük ilerleme hızı sonucu en düşük ilerleme kuvvet, değerleri elde edilmektedir.

Sonuç olarak üç farklı çaptaki kesici takım arasında bir değerlendirme yapılacak olursa üç takım da ilerleme kuvvetleri üzerinde ilerleme hızının kesme hızından daha etkili olduğu söylenebilir. Matkap çapının büyümesi ile ilerleme kuvvetleri büyümektedir. Ayrıca kaplama malzemesinin ilerleme kuvvetleri üzerindeki etkisi matkap çapı arttıkça artmaktadır. AISI 1050 malzemesinin kuru kesme şartlarında HSS matkaplarla delinmesinde özellikle büyük çaplı matkaplarda ilerleme kuvvetleri ve takım performansı açısından TiAlN kaplı takımların tercih edilmesi önerilebilir.

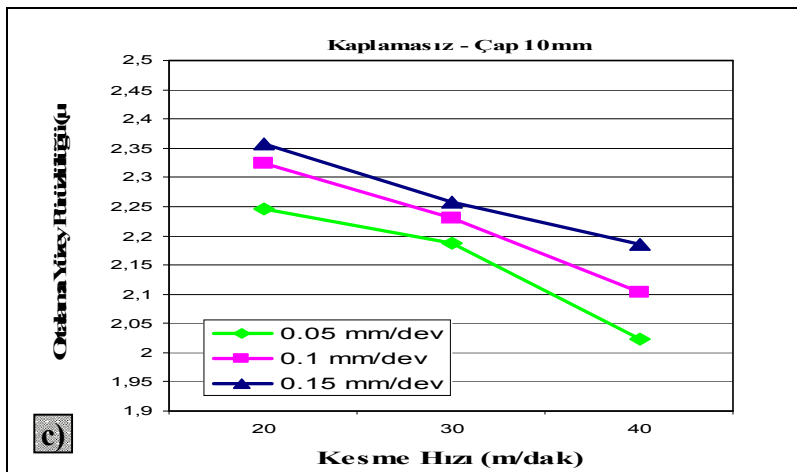
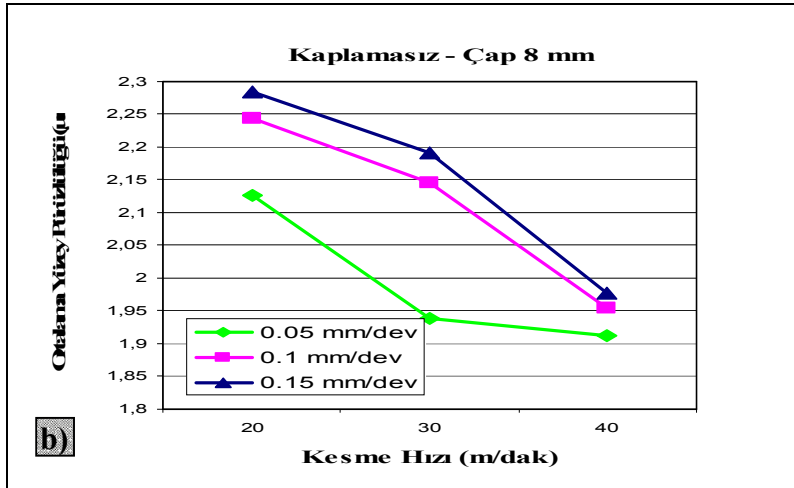
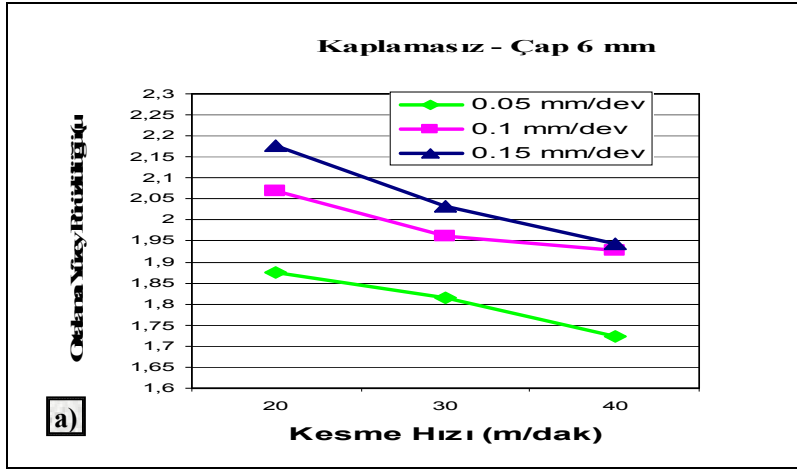
5.3. Yüzey Kalitesinin Değerlendirilmesi

Ortalama yüzey pürüzlülük değerleri (Ra) baz alınarak kaplamasız ve kaplamalı matkaplarla elde edilen deliklerin yüzey kalitesinin değerlendirilmesi aşağıda ayrı başlıklar halinde ele alınmıştır.

5.3.1. Kaplamasız takımlarla elde edilen yüzey kalitesi

Kaplamasız $\varnothing 6$, $\varnothing 8$ ve $\varnothing 10$ mm matkaplarda delinmiş delik yüzeylerinde yapılan ölçümlerde elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin (Ra) kesme parametrelerine bağlı olarak değişimi Şekil 5.6'daki grafiklerde verilmiştir.

Şekil 5.6'daki grafikler incelendiğinde her üç çap için de, elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin artan kesme hızı ile azaldığı, artan ilerleme değerlerine bağlı olarak ise arttığı görülmektedir. Bu durum, geleneksel talaş kaldırma işlemlerinde beklenen tarzda gelişmiştir. Artan kesme hızı ile artan enerji tüketiminin kesme esnasında ısı enerjisine dönüşmesi sonucu artan sıcaklık plastik deformasyonu ve talaş akışını kolaylaştırmakta, buna bağlı olarak da yüzey kalitesinde bir iyileşme gözlenmektedir [35, 36].



Şekil 5.6. Kaplamasız takımlarla kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim a) $\varnothing 6$ mm b) $\varnothing 8$ mm c) $\varnothing 10$ mm

Delme işlemlerinde en önemli problem olan delme boyuna bağlı olarak zorlaşan talaş tahliyesi, talaşın delik içerisinde sıkışmasına ve dolayısıyla da yüzey kalitesinin bozulmasına, hatta takımın kırılmasına sebep olmaktadır [34, 25]. Malzeme çifti (iş parçası-kesici takım malzemeleri) için önerilen değerler çok aşılmamak kaydıyla, kesme hızındaki artışla kolaylaşan deformasyon, talaş tahliyesinin de daha rahat gerçekleşmesine sebep olacaktır. Deneysel çalışmalarda elde edilen veriler bunu doğrular niteliktedir. Seçilen kesme hızı değerleri, imalatçı firma verileri ve literatür ışığında seçilmiş olup, artan kesme hızı ile birlikte yüzey kalitesinde önemli bir gelişme gözlenmiştir.

Artan ilerleme değerleri, birim zamanda kaldırılan talaş hacminin artmasına ve buna bağlı olarak da kesme kuvvetlerinin büyümesine sebep olacaktır [34, 39]. Takım üzerinde artan bu yüklerin yüzey kalitesini olumsuz etkilediği Şekil 5.6'daki grafiklerde görülmektedir. Her üç çap için de, artan ilerleme değerleri ile ortalama yüzey pürüzlülüğü değerleri artmıştır. Özellikle $\varnothing 6$ ve $\varnothing 8$ için 0,1 ve 0,15 mm/dev ilerleme değerlerinde, en düşük ilerleme değeri olan 0,05 mm/dev ilerlemeye göre bariz bir kötüleşme söz konusudur. Ancak, kaplamasız takımlarla yapılan bütün deneyler için elde edilen pürüzlülük değerlerinin 1,722 μm ile 2,358 μm arasında değiştiği dikkate alınacak olursa, tüm değerlerin delmede beklenen sınırlar arasında kaldığı görülmektedir [38]. İşleme ekonomisi açısından düşük ilerleme değerlerinin oluşturacağı olumsuzluk dikkate alındığında, 0,1 ve 0,15 mm/dev ilerlemenin tercih edilmesi tavsiye edilebilir. Ayrıca talaş kaldırma sırasında çok düşük ilerlemelerin talaşın delik içerisinde daha uzun kalmasına sebep olarak takımın kırılma riski yaratabileceği, takıma talaş sıvanması olayının olabileceği de unutulmamalıdır. Yapılan deneylerde, delme boyunun 17 mm ile sınırlı tutulması, böyle bir problem yaşanmasını engellemiş ve en düşük ilerlemede en iyi yüzey kalitesinin elde edilmesiyle neticelenmiştir.

Kaplamasız $\varnothing 6$ ve $\varnothing 8$ mm'lik matkaplarda delinen deliklerde, en iyi sonuçlar en yüksek kesme hızı olan 40 m/dak'da elde edilmiştir. Bu hızda özellikle 0,1 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerlemeyle elde edilen yüzey kalitesi değerlerinin birbirine çok

yakın olması (sırasıyla 1,927 μm ve 1,977 μm) sebebiyle işleme ekonomisi açısından bu çaplar için 0,15 mm/dev ilerlemenim kullanılması tavsiye edilebilir.

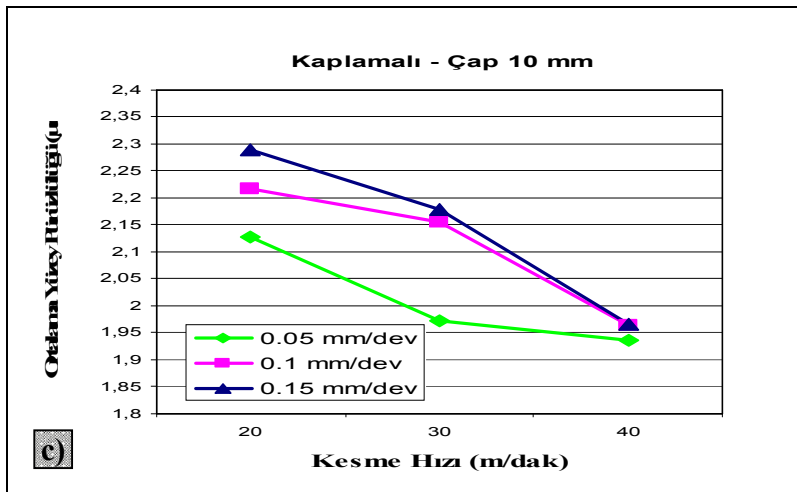
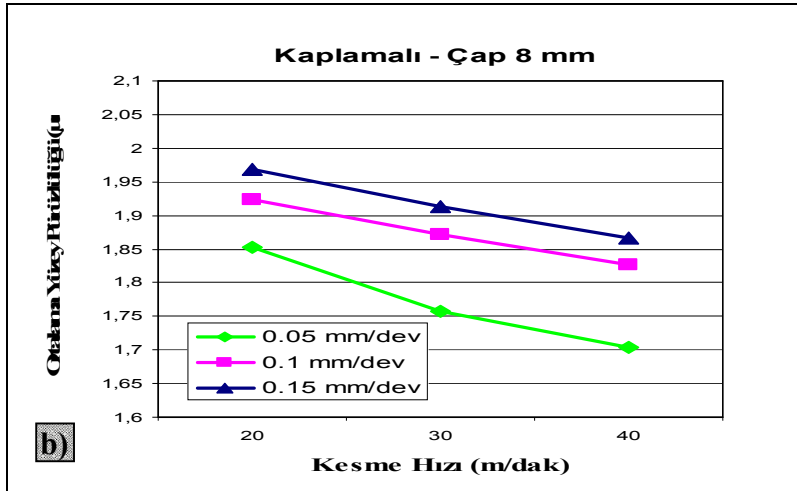
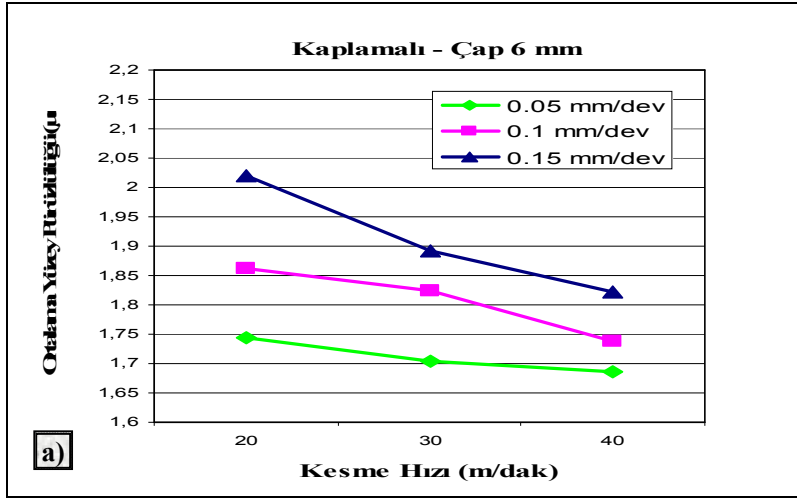
10 mm çapındaki kaplamasız takımla elde edilen yüzey kaliteleri değerlendirildiğinde (Çizelge 5.1 ve Şekil 5.6), her üç ilerleme değeri için birbirine çok yakın çıkan yüzey kalitesinin elde edildiği 30 m/dak'lık kesme hızı göze çarpmaktadır. Bu hızda en yüksek ilerlemenin kullanılması verimliliği arttıracaktır. Kesme hızının 40 m/dak'a çıkmasıyla ilerlemedeki artış yüzey kalitesini yine olumsuz etkilemiştir. Bu hız için karar, istenen yüzey kalitesi/verimlilik performansına göre verilmelidir.

Kaplamasız takımlar için genel olarak, kesme hızındaki yüzey kalitesini olumlu etkilerken ilerlemedeki artışın olumsuz etkilediği söylenebilir. Aynı şekilde çaptaki artışla beraber yüzey pürüzlülüğü de artmıştır. Bu durum, ilerlemedi artışla yaşanan olumsuzlukta olduğu gibi, çok daha belirgin şekilde artan talaş yüküne atfedilebilir.

5.3.2. Kaplamalı takımlarla elde edilen yüzey kalitesi

TiAlN kaplanmış takımlarda yapılan deneyler sonucu elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin kesme parametreleri ve çapa bağlı olarak değişimleri Şekil 5.7'deki grafiklerde verilmiştir.

Şekil 5.7'deki grafikler incelendiğinde, Şekil 5.6'da kaplamasız takımlarla elde edilen sonuçlara benzer şekilde, artan kesme hızı ile birlikte yüzey kalitesinde bir iyileşme gözlenirken, artan ilerleme ve artan çap değerleri yüzey kalitesini olumsuz yönde etkilemiş ve yüzey pürüzlülüğü artmıştır. Kesme hızına bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki azalma ile ilerleme ve çapa bağlı olarak artma eğilimleri Bölüm 5.3.1'de açıklanan sebeplerle izah etmek mümkündür.



Şekil 5.7. Kaplamalı takımlarla kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak yüzey pürüzlülüğündeki değişim a) $\varnothing 6$ mm b) $\varnothing 8$ mm c) $\varnothing 10$ mm

Kaplamasız takımlardan farklı olarak, özellikle $\varnothing 6$ ve $\varnothing 8$ mm takımlar için, yüzey pürüzlülüğünün ilerlemeye bağlı değişimi daha düzenli ve belirgin hale gelmiştir. Grafiklerdeki yüzey pürüzlülüğünün kesme hızına bağlı azalma ve ilerlemeye bağlı artma eğilimleri paralellik sergilemektedir.

10 mm çapındaki kaplamalı takımlarda yapılan deneylerde, 30 m/dak ve 40 m/dak kesme hızı değerleri için 0,1 mm/dev ve 0,15 mm/dev ilerlemeyle elde edilen yüzey kaliteleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Dolayısıyla bu hızlarda yüksek ilerlemenin kullanılması verimliliği artıracaktır. Özellikle 40 m/dak kesme hızında, her üç ilerleme değeri için de en düşük yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiştir. Bu durum, büyük çaplı matkaplarda yüzey kalitesi açısından, yüksek hız/yüksek ilerleme kombinasyonlarının kullanılabilirliğine işaret etmektedir.

Kaplamalı takımlar için söylenebilecek en önemli sonuç, kaplamasız takımlarla kıyaslandığında, daha iyi yüzey kalitelerinin elde edilmesidir. Bu durum, kaplama malzemesinin takımın aşınma direncine sağladığı katkının yanında, yüzey kalitesine de olumlu etki yaptığını göstermektedir. Bunun sebebi kaplama malzemesinin düşük sürtünme katsayısının [34], talaş akışını kolaylaştırarak yüzey kalitesini olumlu yönde etkilemesine atfedilebilir.

Genel olarak; kaplamasız ve kaplamalı takımlarla yapılan deneyler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin 1,686 μm ile 2,358 μm arasında kaldığı görülmektedir. Matkapla delik delmede elde edilebilecek yüzey pürüzlülük değerlerinin 1,6 (N7) ve 3,2 (N8) arasında değiştiği [38] dikkate alınacak olursa; yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar bunu doğrular niteliktedir. Kaplamalı takımlarla yüksek hız/orta ilerleme kombinasyonlarıyla orta-ince yüzey kalitesini elde edilirken, düşük hız/yüksek ilerleme kombinasyonları yüzey kalitesi orta-kaba değerlere doğru çekmektedir.

5.4. Ölçü Tamlığı ve Geometrik Saplamaların Değerlendirilmesi

Talaşlı imalatta, delme işlemlerinde arzu edilen delik kalitesinin elde edilmesi en önemli hususlardan birisidir. Matkap ile doğrudan delinmiş bir delikte, delik çapının istenen toleranslar dâhilinde ölçü tamlığını ve geometrik olarak daireselliğini garanti altına almak oldukça güçtür. Aynı şekilde delik boyuna bağlı olarak, aksenal ve radyal kuvvetlerin etkisiyle, aksenal sapmalar da söz konusu olmaktadır. Bu problemlerin önüne geçmek maksadıyla genellikle delik büyütme ve raybalama gibi ikincil işlemlerin uygulanması yaygındır [25]. Ancak ikinci işlemler, işleme maliyetini arttırarak ürün maliyeti üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir.

Bu amaçla deliğin istenilen ölçü tamlığı, dairesellik ve eş aksenli olarak bir defada üretilmesi son derece önemlidir. Bu bölümde, bu özelliklerin girdi parametrelerine bağlı olarak nasıl değiştiğini belirlemek amacıyla bir değerlendirme yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen deliklerin çapları (çaptan sapma), ovalitesi (daireellikten sapma) ve silindirikliği (aksenal sapma) CMM tezgahında hassas bir şekilde ölçülerek elde edilen veriler (Çizelge 5.1) ışığında aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

5.4.1. Ölçü tamlığı (çaptan sapma)

Matkapla delik delme işlemlerinde belli toleranslar dahilinde arzu edilen çapta bir delik unsurunun elde edilmesi temel amaçtır. Matkapla delinen deliklerde elde edilen çap, genellikle anma çapından büyük olmaktadır. Bu farkın kabul edilebilir sınırlar içerisinde son derece önemlidir. Delme işleminde; uygulama biçimi (dönen matkap-sabit iş parçası veya sabit matkap-dönen iş parçası), kullanılan bağlama araçlarının kararlılığı, rijitlik, takım tezgahının genel durumu ve özellikle de takımın kesici ağızlarının durumu (doğru takım geometrisinin temini) elde edilen deliğin ölçü tamlığını etkiler [25, 28, 39,]. Ayrıca; ilerleme ve kesme hızı gibi parametrelerin doğru seçilmiş olması da önemlidir. Bu çalışmada deneyler, ilk sayılan dış etkenler tüm deneylerde aynı şartlarda kalmak koşuluyla yapıldığından, özellikle matkap çapı, kaplamanın mevcudiyeti, kesme hızı ve ilerleme gibi parametrelerin elde edilen

deliklerin ölçü tamlığını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu parametrelere bağlı olarak deneysel çalışmalardan elde edilen deliklerin çaplarındaki değişmeler (Çizelge 5.1) Şekil 5.8'deki grafiklerde toplu halde gösterilmiştir.

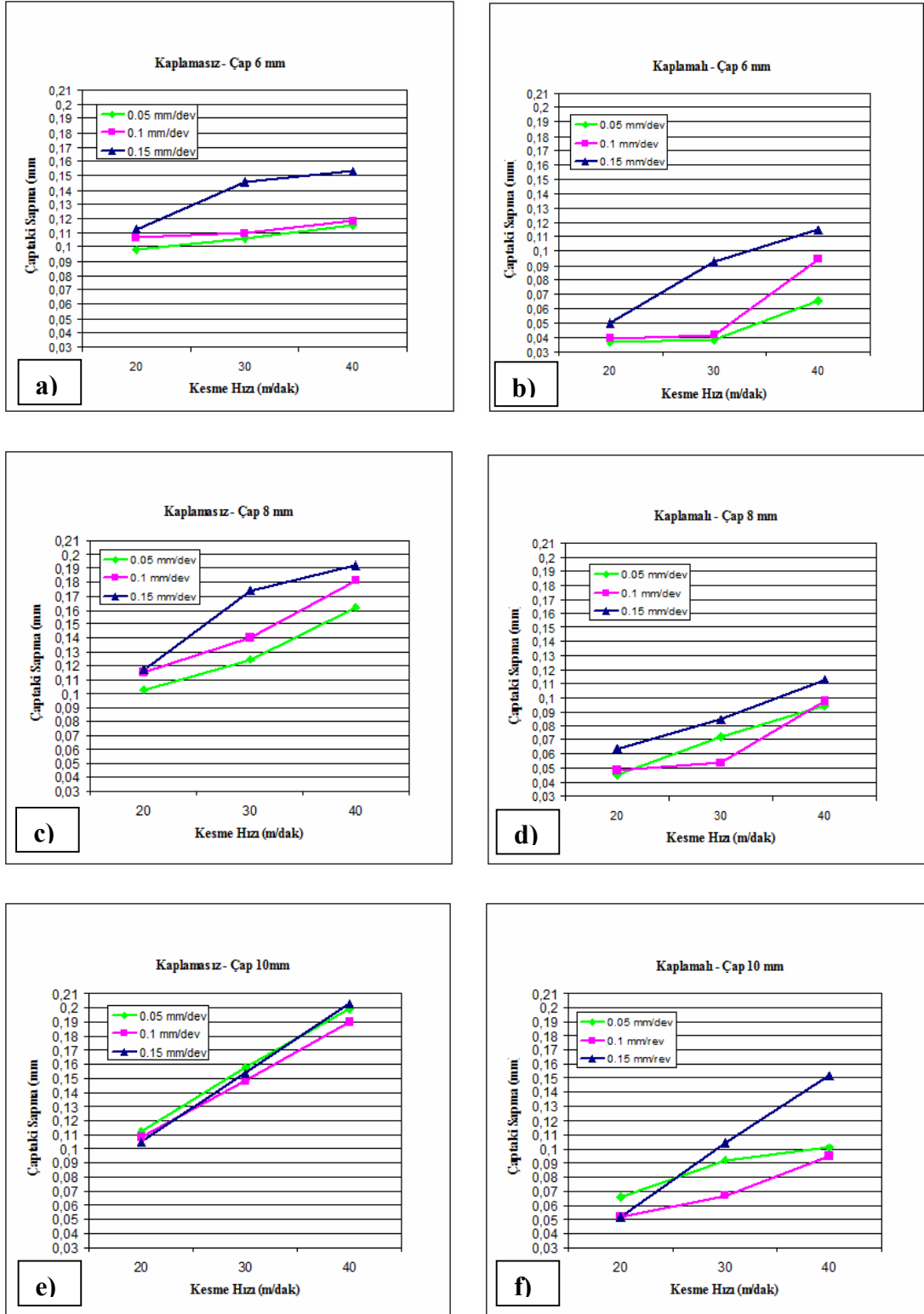
Şekil 5.8'deki grafiklere bakıldığında, ilk görülen husus, bütün şartlarda delik çapının anma çapından büyük elde edildiği ve anma çapından sapmanın genel anlamda;

- i) matkap çapı arttıkça,
- ii) kesme hızı arttıkça ve
- iii) ilerleme arttıkça ($\phi 10$ mm hariç)

arttığı, bunun tersi olarak da kaplama uygulanmasıyla birlikte, kaplamasız takımlarla aynı şartlarda elde edilen deliklere göre, azaldığı görülmektedir.

Şekil 5.8'de sol tarafta yer alan kaplamasız takımlara ait grafikler (Şekil 5.8. a, c ve e) sağ tarafta yer alan kaplamalı takımlara ait grafiklerle (Şekil 5.8. b, d ve f) kıyaslandığında, takımlara (matkaplara) kaplama uygulanmasının ilerleme kuvveti ve yüzey kalitesinde olduğu gibi, arzu edilen delik çapının elde edilmesinde de olumlu etki yaptığı görülmektedir. Bu durum takımın artan aşınma direnci ile beraber kesici ağızlardaki düşük aşınmaya ve düşük sürtünme katsayısı sebebiyle kolaylaşan talaş tahliyesine atfedilebilir.

Kaplamasız takımlarla elde edilen delik çaplarının anma çapından, $\phi 6$ mm için 0,098 ila 0,153 mm, $\phi 8$ mm için 0,103 ila 0,192 mm, $\phi 10$ için ise 0,112 ila 0,203 mm (Çizelge 5.1. ve Şekil 5.8. a, c, e) daha büyük çıktığı görülmüştür. Bir genelleme yapılacak olursa kaplamasız takımlarda delik çapının 0,1 ~ 0,2 mm daha büyük elde edildiği söylenebilir. Aynı durum TiAlN kaplanmış takımlarla elde edilen delik çapları için değerlendirilecek olursa, $\phi 6$ mm için 0,036 ila 0,114 mm, $\phi 8$ mm için 0,045 ila 0,112 mm, $\phi 10$ mm için ise 0,065 ila 0,1228 mm (Çizelge 5.1. ve Şekil 5.8. b, d, f) daha büyük deliklerin elde edildiği görülmektedir. Yine bir genelleme yapılacak olursa, kaplamalı takımlarla delik çapının 0,03~0,12 mm daha büyük elde



Şekil 5.8. Takım çapı, kaplama uygulanması ve kesme parametrelerine bağlı olarak, elde edilen delik çaplarındaki değişim (çaptan sapma). a) ø6 mm kaplamasız b) ø6 mm kaplamalı c) ø8 mm kaplamasız d) ø8 mm kaplamalı e) ø10 mm kaplamasız f) ø10 mm kaplamalı

edildiği sonucuna varılabilir. Kaplamasız takımlarla elde edilen delik çapları, matkap çapına göre % 1,6 ~ %2 kadar, kaplamalı takımlarla elde edilen delik çapları, matkap çapına göre % 0,5 ~ % 1,2 kadar daha büyük olmuştur.

Bu değerlendirme ışığında; kaplamalı takımlarla elde edilen çaptaki sapma değerlerinin kaplamasız takımlara göre % 30 ~ % 60 (3 ~ 6) kat daha düştük olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre, anma çapı açısından, lt tamlığının daha sıkı toleranslarda elde edilmesinde, kaplamalı takım kullanılması tavsiye edilir.

Matkap çapındaki artışla çaptaki sapmanın artması, özellikle 40 m/dak olarak seçilen en yüksek kesme hızında daha belirgin hale gelmiştir. Takım çapındaki artışla çaptaki sapmada görülen bu artış, çapa bağlı artan talaş yüküne atfedilebilir.

Aynı şekilde kesme hızındaki artış da, çaptan sapma üzerinde olumsuz etki yaparak, tüm diğer parametreler için belirgin bir şekilde, çaptan sapma miktarını artırmıştır. Bu durum, artan hıza bağlı olarak, tezgah/takım titreşimlerinden kaynaklanan takımın aksenal kaçıklığının artmasına atfedilebilir.

İlerlemenin çaptan sapma üzerindeki etkisine bakılacak olursa, artan ilerleme miktarı da, istisnai durumlar hariç, çaptan sapma miktarının artmasına sebep olmuştur. Ancak bu artış diğer parametrelerde olduğu kadar yüksek olmamıştır. Özellikle kaplamasız 10 mm çapındaki matkaplarla elde edilen deliklerde, bu değişim ihmal edilebilecek kadar kk olmuş, hatta düşük ilerlemeler, zorlaşan talaş tahliyesi sebebiyle, diğer ilerleme miktarlarına göre daha büyük çap sapmalarına sebep olmuşur.

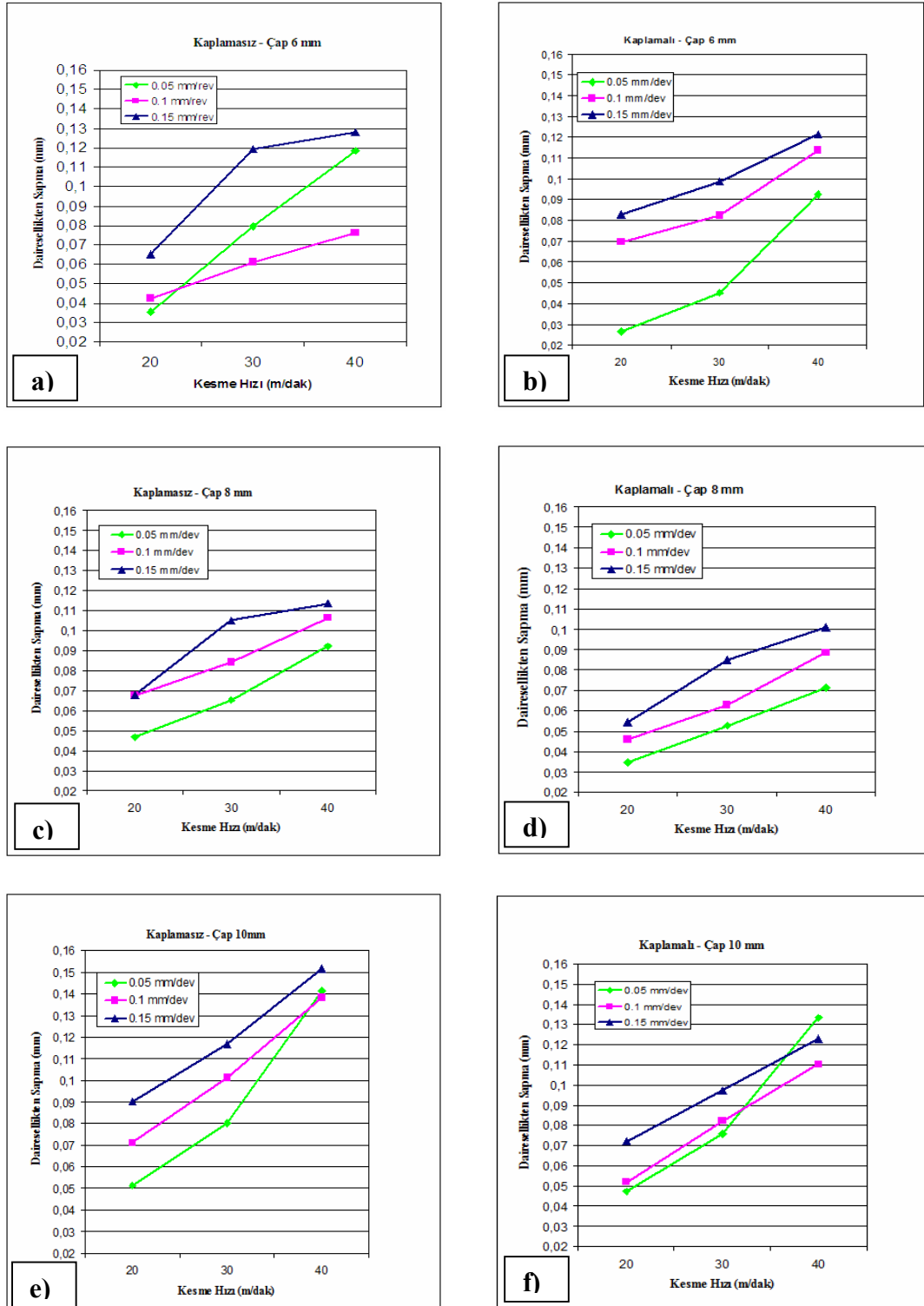
Bu değerlendirmeler ışığında; elde edilen delik çaplarında anma çapına bağlı lt tamlığı için, önerilen sınırlar içinde, daha düşük kesme hızları, orta ilerleme değerleri ve takıma kaplama uygulanması (kaplamalı takım kullanılması) tavsiye edilir.

5.4.2. Dairesellikten sapma (ovalite)

Matkapla delinen deliklerin doğrudan kullanılmasının önündeki en büyük engellerden bir tanesi de, tam dairesel deliklerin elde edilememesidir. Geometrik olarak daireselliğin önemli olduğu uygulamalarda, matkapla elde edilmiş deliklere raybalama gibi ikincil işlemlerin uygulanması kaçınılmazdır [26, 28]. Bu durum, matkaplarla delik delmede, oldukça büyük talaş hacminin (talaş yükünün) iki kesici ağza yüklenmesine bağlıdır. Oysaki raybalamada, çok daha küçük bir talaş hacmi (raybalama payının çok küçük tutulması), çevreye farklı açılarda dağıtılmış çok sayıdaki kesici ağza yüklenmektedir. Farklı açılarda etki eden kesici ağızlar, birbirinin izlerini takip etmediğinden, raybalama sonucu elde edilen yüzey kalitesi iyileşirken, çok küçük talaş hacmi sebebiyle de, ölçü tamlığı ve dairesellik garanti altına alınmaktadır. Ancak bu gibi ikincil işlemler, daha evvel de belirtildiği gibi, işleme maliyetlerini olumsuz etkileyerek ürün maliyetinin artmasına sebep olmaktadır.

Matkapla delinmiş deliklerin dairesellikten sapmasında (ovalite) etkili olan parametrelerin belirlenmesi amacıyla, deneysel çalışmalarda girdi parametrelerine bağlı olarak elde edilmiş deliklerde yapılan ovalite ölçümleri (Çizelge 5.1.) ışığında ovalitenin takım çapı, kaplama uygulanması, kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak değişimini gösteren grafikler Şekil 5.9’da toplu halde verilmiştir.

Şekil 5.9’daki grafikler değerlendirildiğinde, matkapla delinmiş deliklerin dairesellikten sapması üzerinde en etkili parametrenin “kesme hızı” olduğunu göstermektedir. Çaptaki artış, ovalite artışı üzerinde çok etkili bir parametre olarak görülmezken, kaplama uygulanmış takımlarla elde edilen ovalite değerleri, kaplamasız takımlarla elde edilen ovalite değerlerinden bir miktar daha düşük çıkmıştır. Bu değişim, kaplama uygulamasının ilerleme kuvveti, yüzey kalitesi ve çaptaki değişim üzerindeki etkisi kadar baskın olmamakla beraber, ovalite üzerinde az da olsa gözlenen bu olumlu etki, kaplama uygulamasının delme işlemlerinde olumlu neticeler verdiğinin bir başka göstergesidir.



Şekil 5.9. Takım çapı, kaplama uygulaması, kesme hızı ve ilerlemeye bağlı olarak, elde edilen deliklerde dairesellikten sapmanın değerlendirilmesi a) ø6 mm kaplamasız b) ø6 mm kaplamalı c) ø8 mm kaplamasız d) ø8 mm kaplamalı e) ø10 mm kaplamasız f) ø10 mm kaplamalı

Şekil 5.9'daki grafikler, ovalite üzerinde kaplama ve çaptan ziyade, kesme parametrelerinin daha etkili olduğunu göstermektedir. Artan kesme hızı ve ilerleme değerleri ile beraber ovalite de artmıştır. Kesme hızının 20 m/dak'dan % 100 artışla 40 m/dak'ya çıkmasıyla, ovalitede % 100'ün üzerinde bir artış sergilenmiştir. Bu durum, takım ömrü üzerinde en etkili parametre olan kesme hızının [33, 39], matkapla delinmiş deliklerin ovalitesi üzerinde de en önemli parametre olduğunu göstermektedir.

Ovalite üzerinde ilerlemenin etkisi değerlendirilecek olursa, genel olarak ilerlemedeki artışla ovalitenin arttığı söylenebilir. İlerlemenin ovalite üzerindeki etkisi, kesme hızının etkisi kadar yüksek olmamakla beraber ilerlemedeki %100 artışa karşılık ovalite % 30 ~ % 50 kadar artmıştır.

En düşük ovalite, kaplamalı 6 mm çapındaki matkapla, en düşük kesme hızı (20 m/dak) ve en düşük ilerleme değerinde 0,0265 olarak ölçülürken, en yüksek ovalite, kaplamasız 10 mm çapındaki matkapla, en yüksek kesme hızı (40 m/dak) ve en yüksek ilerleme miktarında (0,15 mm/dev) 0,1515 olarak belirlenmiştir.

Özellikle 10 mm çapındaki matkapla elde edilen ovalite grafikleri incelendiğinde (Şekil 5.9. e ve f) en düşük ilerleme değeri için (0,05 mm/dev) en yüksek kesme hızı değeri olan 40 m/dak'da bazı sapmalar görülmektedir. Bu durum, delmede düşük ilerlemelerle çalışmanın riskini ortaya koymaktadır. 10 mm çapta artan talaş hacmi için bu ilerleme değerinin düşük kaldığı ve talaş tahliyesini güçleştirerek ovalite üzerinde olumsuz etki yaptığı düşünülmektedir.

Bu bulgular ve değerlendirmeler ışığında matkapla elde edilen deliklerin geometrik tamlığı üzerinde, kaplama uygulaması ve çapa göre, kesme hızı ve ilerlemenin daha etkili parametreler olduğu söylenebilir. Daireselliğin önemli olduğu uygulamalarda kesme hızı ve ilerlemenin, önerilen aralık içerisinde, daha düşük değerlerde seçilmesi tavsiye edilebilir.

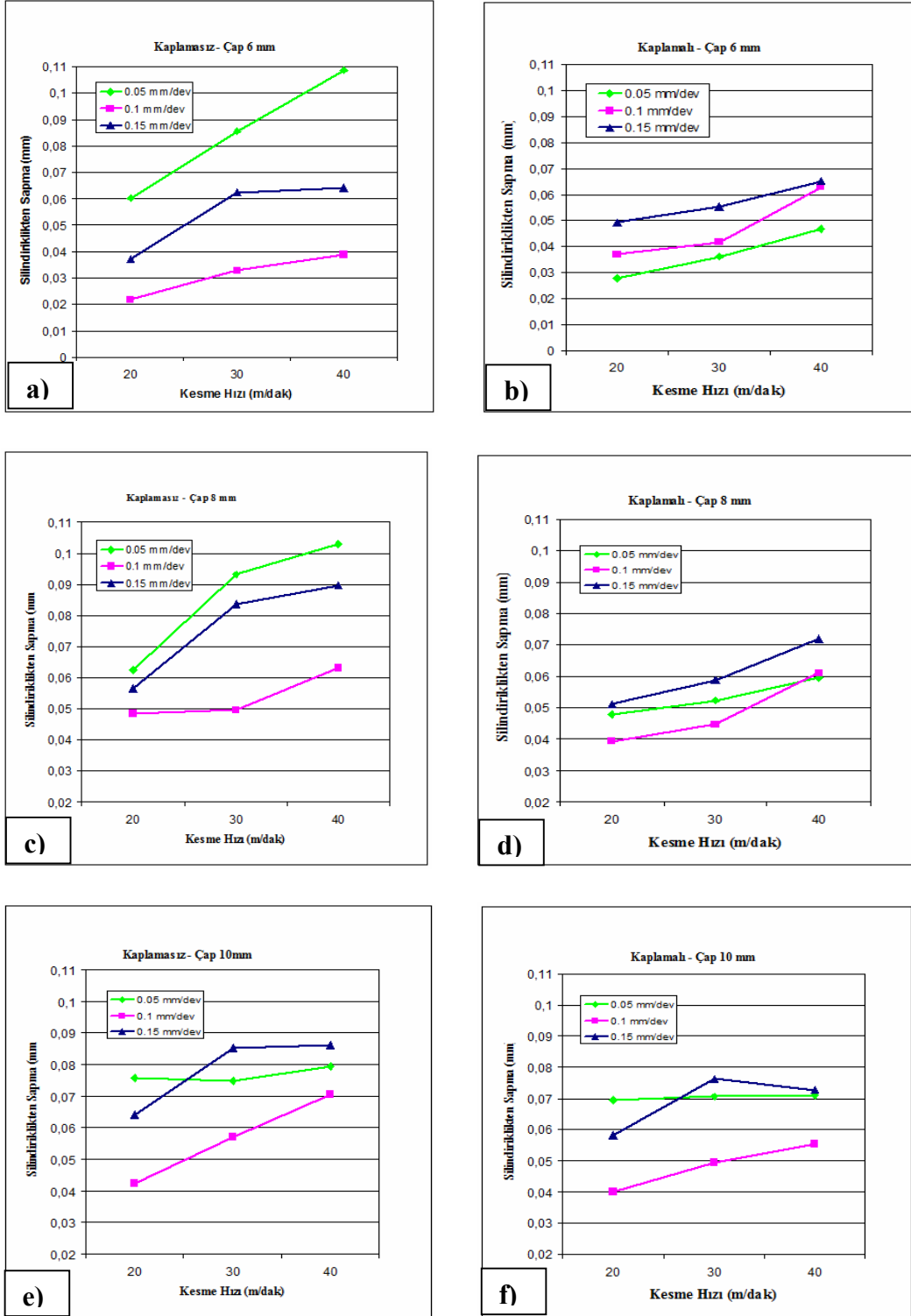
5.4.3. Eksenel kaçıklık (silindiriklikten sapma)

Bir deliğin geometrik tamlığı değerlendirilirken toleransları içinde ölçü tamlığı ve daireselliğin yanı sıra, delinen boyda gözlenen eksenel kaçıklık veya diğer bir deyişle silindiriklikten sapma da önem taşımaktadır. Özellikle delik boyu / delik çapı (L / d) oranının büyük olduğu uygulamalarda, bu kriter daha da önemli olmaktadır. Delme takımlarının boy / çap oranı dikkate alındığında, delme sırasında oluşan kuvvet bileşenleri ve özellikle de radyal yönde etki eden kuvvet bileşeni, matkabın delme ekseninden sapmasına sebep olmaktadır. Bu eksenden sapma, elde edilme deliğin giriş ve çıkış eksenlerinde bir fark yaratarak, silindirik formda elde edilmesi gereken deliğin geometrik tamlığını olumsuz etkilemektedir.

Deneysel çalışmalarda, delme boyu 17 mm seçilerek, " $L / D < 3$ " (kısa delik) olması temin edilmiştir. Kısa delik uygulamalarında beklenen eksenel kaçıklık daha düşük olmakla beraber, bu çalışmada kullanılan parametrelerin silindiriklikten sapma üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla, matkabın giriş eksenini ile çıkış eksenini arasındaki farklar CMM ile ölçülerek elde edilen veriler (Çizelge 5.1.) Şekil 5.10'daki grafiklere aktarılarak değerlendirilmiştir.

Şekil 5.10'daki grafikler birlikte değerlendirildiğinde, matkap çapının silindiriklikten sapma üzerinde etkili bir parametre olduğu görülmektedir. Özellikle kaplamasız matkaplarla delinen deliklerde, bu durum daha da belirgin olmuştur. 17 mm sabit delme boyu için L / D oranı, $\phi 6$ mm'de 2,83, $\phi 8$ mm'de 2,125 ve $\phi 10$ mm için 1,7 olarak gerçekleştiğinden, takım ucunda oluşan radyal kesme kuvveti artan moment kolu sebebi ile, sehimin artmasına, dolayısıyla da eksenel kaçıklığın büyümesine sebep olmuştur. Elde edilen değerler, çok küçük değerler olduğundan, birbirinden çok farklı değilmiş gibi gözükse de, matkap çapıyla ilişkilendirildiğinde daha belirgin hale gelmektedir.

Kaplama uygulanması, tüm diğer çıktılarda olduğu gibi, silindiriklikten sapma üzerinde, az da olsa olumlu bir etki yaratmıştır. Düşük sürtünme katsayısı sebebiyle



Şekil 5.10. Girdi parametrelerine bağlı olarak elde edilen deliklerin silindiriklikten sapmasındaki değişim a) $\varnothing 6$ mm kaplamasız b) $\varnothing 6$ mm kaplamalı c) $\varnothing 8$ mm kaplamasız d) $\varnothing 8$ mm kaplamalı e) $\varnothing 10$ mm kaplamasız f) $\varnothing 10$ mm kaplamalı

kolaylaşan talaş tahliyesi talaş sıkışmasını ve radyal kuvvetin büyümesini engellemiştir.

Artan kesme hızı değerleri iler silindiriklikten sapma değerlerinde artmış ancak bu artış lineer olmamıştır. Kaplamasız takımlarla 20 m/dak'dan 30 m/dak'ya çıkıldığında silindiriklikten sapmadaki artış daha fazla olmuş, kesme hızının 30 m/dak'dan 40 m/dak'ya çıkmasıyla silindiriklikten sapmadaki artış azalmıştır. Kaplamalı takımlarda ise, özellikle $\varnothing 6$ mm ve $\varnothing 8$ mm için, kaplamasız takımların tam tersi biçiminde, kesme hızından 30 m/dak'dan 40 m/dak'ya çıkılmasıyla silindiriklikten sapmada gözlenen artış, 20 m/dak'dan 30 m/dak'ya çıkılmasında görülen silindiriklikten sapma artışından daha yüksek olmuştur. Bu durum yüksek hızda takımın kesme ağızlarında kaplama kalkmasına atfedilmiştir.

İlerlemedeki artış, silindiriklikten sapmayı kesme hızındaki artıştan farklı bir şekilde etkilemiştir. Özellikle kaplamasız takımlarda düşük ilerlemede gözlenen olumsuz sonuçlar, düşük ilerlemede delik içerisinde bekleyen talaşın yarattığı ilave radyal yüklere atfedilebilir. Kaplamasız takımlarda tüm çaplar için en iyi sonuçlar 0,1 mm/dev (orta ilerleme) ilerleme değeri ile elde edilirken aynı şekilde $\varnothing 8$ ve $\varnothing 10$ mm kaplamalı takımlarda da bu ilerleme değeriyle en iyi sonuçlar alınmıştır. Sadece 6 mm çapta, kaplamalı takımlar için en düşük ilerleme değeri olan 0,05 mm/dev'de, 0,1 mm/dev 'den daha iyi silindiriklikten sapma verileri elde edilmiştir. 0,15 mm/dev ilerleme ile 0,1 mm/dev ilerlemeden daha kötü sonuçların edilmesi ise, artan talaş yüküne paralel olarak artan radyal kuvvetlere atfedilmiştir.

Şekil 5.10'daki bulgular ışığında, aksenal kaçıklığın matkap çapının azalmasıyla arttığı, kaplama uygulanmasıyla ise azaldığı yönünde bir genelleme yapmak mümkün iken silindiriklikten sapmayı engellemek için daha düşük kesme hızlarında orta ilerleme değerleriyle çalışılması tavsiye edilebilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

AISI 1050 imalat çeliği malzeme üzerinde yapılan delme deneyleri ile matkap çapı, kesici takım kaplaması, kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve delik kalitesi (yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı, dairesellikten sapma ve aksenal kaçıklık) üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmayla elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Ölçülen kesme kuvveti bileşenleri içerisinde delme sırasında büyük öneme haiz olan ilerleme kuvveti baz alınarak yapılan değerlendirmeler sonucunda kaplamasız ve kaplamalı takımlarla yapılan deneylerin tamamında sabit kesme hızında ilerleme hızı arttıkça ilerleme kuvvetlerinde de bir artış görülmüştür. Bu artış miktarı matkap çapının büyümesiyle daha da belirgin hale gelmiştir.
- Genel olarak çaptaki artışla birlikte kaldırılan talaş hacminin artması sonucu aynı kesme ve ilerleme hızı kombinasyonlarında ilerleme kuvvetleri de artmıştır.
- Kesme hızındaki artışla ilerleme kuvvetlerindeki değişime bakıldığında ise, özellikle 8 ve 10 mm çapındaki matkaplarda, ilerleme kuvvetinde bir artış olduğu gözlenmiştir.
- İlerleme hızının, ilerleme kuvvetleri üzerindeki etkisinin kesme hızına göre daha yüksek olması sebebiyle, düşük ilerleme hızlarında düşük ilerleme kuvveti değerleri elde edilmiştir.
- Kaplamasız ve TiAlN kaplı takımların her ikisinde de ilerleme hızına göre ilerleme kuvvetindeki değişim verileri paralellik arz etmektedir. Bütün kesme parametreleri kombinasyonlarında TiAlN kaplı takımlardan elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kaplamasız takımlarla elde edilenlerden daha düşük olmuştur. TiAlN kaplamanın yüksek sertlik, düşük sürtünme katsayısına sahip olması, kesme esnasında talaş oluşumunu kolaylaştırmasıyla sürtünme katsayısını düşürmesi sonucu ilerleme kuvvetlerinin düştüğü düşünülmektedir.
- Değişmekle beraber, kaplamalı takımlarla elde edilen ilerleme kuvveti değerleri kaplamasız takımlarla elde edilenlere göre ortalama %10-%60 daha düşük

çıkmıştır. Kaplamalı takım ile kaplamasız takım arasında kuvvet farkının en fazla olduğu kesme parametreleri 30 m/dak kesme hızı ve 0,1 mm/dev ilerleme hızıdır.

- Üç farklı çaptaki kesici takım arasında bir değerlendirme yapılacak olursa üç takım da ilerleme kuvvetleri üzerinde ilerleme hızının kesme hızından daha etkili olduğu söylenebilir. Matkap çapının büyümesi ile ilerleme kuvvetleri büyümüştür. Ayrıca kaplama malzemesinin ilerleme kuvvetleri üzerindeki etkisi matkap çapı arttıkça artmaktadır. AISI 1050 malzemesinin kuru kesme şartlarında HSS matkaplarla delinmesinde özellikle büyük çaplı matkaplarda ilerleme kuvvetleri ve takım performansı açısından TiAlN kaplı takımların tercih edilmesi önerilebilir.
- Her üç çap için de, elde edilen ortalama yüzey pürüzlülük değerlerinin artan kesme hızı ile azaldığı, artan ilerleme değerlerine bağlı olarak ise arttığı görülmüştür. Bu durum, geleneksel talaş kaldırma işlemlerinde beklenen tarzda gelişmiştir.
- Kaplamasız takımlarda, özellikle $\varnothing 6$ ve $\varnothing 8$ için, 0,1 ve 0,15 mm/dev ilerleme değerlerinde, en düşük ilerleme değeri olan 0,05 mm/dev ilerlemeye göre yüzey kalitesinde bariz bir kötüleşme söz konusudur. Ancak, kaplamasız takımlarla yapılan bütün deneyler için elde edilen pürüzlülük değerlerinin 1,722 μm ile 2,358 μm arasında değiştiği dikkate alınacak olursa, tüm değerler delmede beklenen sınırlar arasında kalmıştır. İşleme ekonomisi açısından düşük ilerleme değerlerinin oluşturacağı olumsuzluk dikkate alındığında, 0,1 ve 0,15 mm/dev ilerlemenin tercih edilmesi tavsiye edilebilir.
- Kaplamasız takımlar için genel olarak, kesme hızındaki artış yüzey kalitesini olumlu etkilerken ilerlemedeki artışın olumsuz etkilediği söylenebilir. Aynı şekilde çaptaki artışla beraber yüzey pürüzlülüğü de artmıştır. Bu durum, ilerlemedi artışla yaşanan olumsuzlukta olduğu gibi, çok daha belirgin şekilde artan talaş yüküne atfedilebilir.
- Kaplamalı takımlar için söylenebilecek en önemli sonuç, kaplamasız takımlarla kıyaslandığında, daha iyi yüzey kalitelerinin elde edilmesidir. Bu durum, kaplama malzemesinin takımın aşınma direncine sağladığı katkının yanında, yüzey kalitesine de olumlu etki yaptığını göstermektedir. Bunun sebebi kaplama

malzemesinin düşük sürtünme katsayısının talaş akışını kolaylaştırarak yüzey kalitesini olumlu yönde etkilemesine atfedilmiştir.

- Genel olarak; kaplamasız ve kaplamalı takımlarla yapılan deneyler sonucunda elde edilen yüzey pürüzlülük değerlerinin 1,686 μm ile 2,358 μm arasında kaldığı görülmüştür. Matkapla delik delmede elde edilebilecek yüzey pürüzlülük değerlerinin 1,6 (N7) ve 3,2 (N8) arasında değiştiği dikkate alınacak olursa; yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlar bunu doğrular niteliktedir.
- Kaplamalı takımlarla yüksek hız/orta ilerleme kombinasyonlarıyla orta-ince yüzey kalitesini elde edilirken, düşük hız/yüksek ilerleme kombinasyonları yüzey kalitesini orta-kaba değerlere doğru çekmektedir.
- Ölçüden sapma değerlerine bakıldığında, bütün şartlarda delik çapının anma çapından büyük elde edildiği ve anma çapından sapmanın genel anlamda; matkap çapı arttıkça, kesme hızı arttıkça ve ilerleme arttıkça arttığı, bunun tersi olarak da kaplama uygulanmasıyla birlikte, kaplamasız takımlarla aynı şartlarda elde edilen deliklere göre, azaldığı görülmektedir.
- Bir genelleme yapılacak olursa kaplamasız takımlarda delik çapının 0,1~0,2 mm, kaplamalı takımlarla ise delik çapının 0,03~0,12 mm daha büyük elde edildiği söylenebilir. Kaplamasız takımlarla elde edilen delik çapları, matkap çapına göre % 1,6 ~ %2 kadar, kaplamalı takımlarla elde edilen delik çapları, matkap çapına göre % 0,5 ~ % 1,2 kadar daha büyük olmuştur.
- Kaplamalı takımlarla elde edilen çaptaki sapma değerlerinin kaplamasız takımlara göre % 30 ~ % 60 (3 ~ 6) kat daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre, anma çapı açısından, ölçü tamlığının sağlanmasında kaplamalı takım kullanılması tavsiye edilir.
- Matkap çapındaki artışla çaptaki sapmanın artması, özellikle 40 m/dak olarak seçilen en yüksek kesme hızında daha belirgin hale gelmiştir. Takım çapındaki artışla çaptaki sapmada görülen bu artış, çapa bağlı artan talaş yüküne atfedilmiştir.
- Kesme hızındaki artış da, çaptan sapma üzerinde olumsuz etki yaparak, tüm diğer parametreler için belirgin bir şekilde, çaptan sapma miktarını artırmıştır.

- İlerlemenin çaptan sapma üzerindeki etkisine bakılacak olursa, artan ilerleme miktarı da, istisnai durumlar hariç, çaptan sapma miktarının artmasına sebep olmuştur. Ancak bu artış diğer parametrelerde olduğu kadar yüksek olmamıştır.
- 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 edilir.
- Matkapla delinmiş deliklerin dairesellikten sapması üzerinde en etkili parametrenin “kesme hızı” olduğu görülmüştür. Çaptaki artış, ovalite artışı üzerinde çok etkili bir parametre olarak görülmezken, kaplama uygulanmış takımlarla elde edilen ovalite değerleri, kaplamasız takımlarla elde edilen ovalite değerlerinden bir miktar daha düşük çıkmıştır. Bu değişim, kaplama uygulamasının ilerleme kuvveti, yüzey kalitesi ve çaptaki değişim üzerindeki etkisi kadar baskın olmamakla beraber, ovalite üzerinde az da olsa gözlenen bu olumlu etki, kaplama uygulamasının delme işlemlerinde olumlu neticeler verdiğinin bir başka göstergesidir.
- Dairesellikten sapma (ovalite) üzerinde, kaplama ve çaptan ziyade, kesme parametrelerinin daha etkili olduğu belirlenmiştir. Artan kesme hızı ve ilerleme değerleri ile beraber ovalite de artmıştır. Kesme hızının 20 m/dak’dan % 100 artışla 40 m/dak’ya çıkmasıyla, ovalitede % 100’ün üzerinde bir artış sergilenmiştir.
- Ovalite üzerinde ilerlemenin etkisi değerlendirilecek olursa, genel olarak ilerlemedeki artışla ovalitenin arttığı söylenebilir. İlerlemenin ovalite üzerindeki etkisi, kesme hızının etkisi kadar yüksek olmamakla beraber ilerlemedeki %100 artışa karşılık ovalite % 30 ~ % 50 kadar artmıştır.
- Matkapla elde edilen deliklerin geometrik tamlığı üzerinde, kaplama uygulaması ve çapa göre, kesme hızı ve ilerlemenin daha etkili parametreler olduğu söylenebilir ve daireselliğin önemli olduğu uygulamalarda kesme hızı ve ilerlemenin, önerilen aralık içerisinde daha düşük değerlerde seçilmesi tavsiye edilir.

- Silindiriklikten sapma veya aksel kaçıklık üzerinde matkap çapının en etkili parametre olduğu görülmüştür. Özellikle kaplamasız matkaplarla delinen deliklerde, bu durum daha da belirgin hale gelmiştir.
- Kaplama uygulanması, tüm diğer çıktılarda olduğu gibi, silindiriklikten sapma üzerinde, az da olsa olumlu bir etki yaratmıştır. Düşük sürtünme katsayısı sebebiyle kolaylaşan talaş tahliyesi talaş sıkışmasını ve radyal kuvvetin büyümesini engellemiştir.
- Artan kesme hızı değerleri iler silindiriklikten sapma değerleri artmış ancak bu artış lineer olmamıştır. İlerlemedeki artış ise silindiriklikten sapmayı kesme hızındaki artıştan farklı bir şekilde etkilemiştir. Özellikle kaplamasız takımlarda düşük ilerlemede gözlenen olumsuz sonuçlar, düşük ilerlemede delik içerisinde bekleyen talaşın yarattığı ilave radyal yüklere atfedilmiştir.
- Aksel kaçıklığın (silindiriklikten sapmanın) matkap çapının azalmasıyla arttığı, kaplama uygulanmasıyla ise azaldığı yönünde bir genelleme yapmak mümkün iken silindiriklikten sapmayı engellemek için daha düşük kesme hızlarında orta ilerleme değerleriyle çalışılması tavsiye edilebilir.

Bu çalışmadan elde edilen yukarıdaki bulgular ışığında bundan sonra yapılabilecek çalışmalara yön vermek amacıyla aşağıdaki öneriler getirilebilir:

- Matkap çapı, takıma kaplama uygulanması, kesme hızı ve ilerlemenin kesme kuvvetleri ve delik kalitesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada iş parçası malzemesi olarak AISI 1050 çelik malzeme kullanılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen bulguların doğruluğunu sınamak için aynı şartlarda farklı iş parçası malzemeleri kullanılarak bir çalışma yapılabilir.
- Bu çalışmada kaplamasız takımla beraber tek bir kaplama uygulaması ele alınmış olup deneyler üç farklı çap için gerçekleştirilmiştir. Kaplamanın çıktılar üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu gözlemlendiğinden, farklı kaplama uygulamalarının etkileri karşılaştırmalı olarak araştırılabilir. Seçilen matkap çapı sayısı artırılarak çalışma zenginleştirilebilir.

- Bu çalışmada boydan boya kısa delik uygulaması yapılmış olup diğer uygulama tipleri olan “kör delik ve matkapla delik büyütme” uygulamaları için de benzer girdi parametrelerinin kesme kuvvetleri ve delik kalitesi üzerindeki etkileri araştırılabilir.
- Bu çalışmada “sabit iş parçası / dönen matkap” uygulaması yapılmış olup benzer bir çalışma “sabit matkap / dönen iş parçası (torna tezgahında delme uygulamaları gibi) uygulaması için de yapılarak yöntemler karşılaştırılabilir.
- Bu çalışmada delik kalitesinin değerlendirilmesi için yüzey pürüzlülüğü, ölçü tamlığı, ovalite ve aksenal kaçıklık parametreleri dikkate alınmış olup özellikle boydan boya deliklerde önemli bir parametre olan delik çıkışında çapak oluşumu da değerlendirmelere dahil edilebilir.
- Bu çalışmada L / D oranı 3’ten küçük tutularak kısa delik uygulaması gerçekleştirilmiştir. Farklı L / D oranlarında, özellikle de daha problemliler olan uzun delik uygulamaları için, benzer çalışmalar yapılabilir.
- Takımın tutucuda bağlama uzunluğunun etkileri (özellikle aksenal kaçıklık üzerindeki etkileri), farklı bağlama uzunlukları kullanılarak araştırılabilir.
- Delme sırasında oluşan sıcaklığın ölçülmesi ve çıktılara olan etkisinin belirlenmesi için sıcaklık ölçümünün dahil edildiği çalışmalar yapılabilir.
- Yukarıda sözü edilen tarzlarda, benzer çalışmalar hiç kullanılmamış (yeni) matkaplar ile bilenmiş matkaplar arasında (bileme sayısı ve kalitesi de dikkate alınarak) performans açısından karşılaştırmalı olarak araştırılabilir.
- Bu çalışmadan ve önerilen çalışmalardan elde edilen deneysel veriler ışığında sayısal analiz ve modelleme çalışmaları yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Yalçın, B., "Yüksek Hız Çeliği kesici Takım Üzerine Yapılan Titanyum Nitrür Kaplamının Kesici Takım performansına etkilerinin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, (2002).
2. Tonshoff, H.L., Spintig, W., Konig, W., Neises, A., "Machining of Holes Developments in Drilling Techonolgy", *Annals of the CIRP*, 43 (2): 551-560 (1994).
3. Seker, U., "Talaş kaldırma Prensipleri Ders Notları", *Ankara*, (2006).
4. Dinç, C., Lazoglu, I., Serpenguzel, A., "Analysis Of Thermal Fields İn Orthogonal Machining With İnfrared İmaging", *Journal of Materials Processing Technology*, 198: 147-154 (2008).
5. Bono, M., "The Location Of The Maximum Temperature On The Cutting Edges Of A Drill", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 46: 901-907 (2006).
6. Kaynak, Y., "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, (2006).
7. Soylu, A., "Bir Delme Dinamometresi Tasarım ve İmalatı İle HSS-1040 Malzeme Çiftinde İlerleme Kuvveti ve Döndürme Momentinden Analiz", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, (2007).
8. Kim, K.W., Ahn, T.K., "Force Prediction and Stress Analysis of a Twist Drill from Tool Geometry and Cutting Conditions", *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 6 (1) (2005).
9. Zaquini, L., "Expert System for The Definition of The Cutting Parameters and Machining Strategies", *Caravelcut*, Switzerland, (2006).
10. Kelly, J.F., Cotterell, M.G., "Minimal Lubrication Machining of Aluminium Alloys", *Journal of Materials Processing Technology*, 120: 327-334 (2002).
11. Strenkowski, J.S., "An Analytical Finite Element Technique for Predicting Thrust Force and Torque in Drilling", *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44:1413-1421, (2004).

12. Armerago, E.J.A., Cheng, O.Y., "Drilling With Flat Face and Conventional Twist Drill-II. Experimental Investigation", *Int. J. Mach. Tool Des. Res.*, 12:37- 54 (1972).
13. Canpolat, N., "Değişik Takviyeli Kompozit Malzemenin Matkapla Delinebilirliğinin ve Yüzey Pürüzlülüğünün Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, (2008).
14. Kıvak, T., "Inconel 718'in Delinebilirliğinin Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
15. İnçal, E., "Pvd Yöntemi İle Kaplanan HSS Takım Çeliklerinin Karakterizasyonu ve Aşınma Dayanımının İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).
16. Tosun, G., "The Drilling of An Al/SiCp Metal-Matrix Composites. Part I: Microstructure", *Composites Science and Technology*, 64: 299–308 (2004).
17. Cheung, F.Y., Zhou, Z.F., Gedam, A., Li, K.Y., "Cutting Edge Preparation Using Magnetic Polishing And Its Influence On The Performance Of High-Speed Steel Drills", *Journal of Materials Processing Technology*, 208: 196-204 (2008).
18. Zolgharni, M., "Energy Efficiency Improvements in Dry Drilling with Optimised Diamond-like Carbon Coatings", *Diamond and Related Materials*, 17: 1733-1737 (2008).
19. Lauderbaugh, L.K., "Analysis Of The Effects Of Process Parameters On Exit Burrs İn Drilling Using A Combined Simulation And Experimental Approach", *Journal of Materials Processing Technology*, 209: 1909-1919 (2009).
20. Haggerty, W.A., "Effect of Point Geometry and Dimensional Symmetry on Drill Performance", *Int. J. Mach. Tool Des. Res.*, 1:41-58 (1961).
21. Talaşlı İmalat İşlemleri ve Makineleri Tesviyecilik, *EMO-Makine Market Dergisi*, (2006).
22. Çakır, M.C. "Modern Talaşlı İmalat Yöntemleri", *Vipaş A.Ş.* , Bursa, 49-410 (2000).
23. Avuncan, G. "Talaş Kaldırma Ekonomisi ve Kesici Takımlar", *Makine Takım Endüstrisi A.Ş.*, İstanbul, (1998).
24. Krar, F.S., Rapisarda, M., Check, F.A., "Machine Tool and Manufacturing Technology" *Delmar Publishers* , U.S.A, (1998).

25. Sandvik Coromant Kesici Takım El Klavuzu, İsveç, (2008).
26. Mendi, F., “Takım Tezgahları Teori ve Hesapları”, **ISBN 975-96008**, Ankara, 5- 40 (1996).
27. Şahin,N. ”Tesviyecilik Meslek Teknolojisi I”, **Bayt Ltd. Şti**, Ankara, (2001)
28. Akkurt, M., “Talaş Kaldırma Yöntemleri ve Takım Tezgahları”, **Birsen Yayınevi**, İstanbul, 23-90 (1998).
29. Özdemir, Ö., İpek,M., Zeytin, S., “Kesici Takım Malzemeleri” **Makine Mühendisleri Odası**, (1999).
30. Krar, F.S; Rapisarda,M; Check, F.A. ”Machine Tool and Manufacturing Technology” **Delmar Publishers** , U.S.A, (1998).
31. internet: www.precisiontwistdrill.com
32. Michael, F., Kahles, J.F., Koster W.P., ASM Handbook: “Surface finish and surface integrity”, **American Society for Metals**, 3: 468-475 (1989).
33. Özçatalbaş Y., “Talaş Kaldırmanın Esasları Ders Notları”, Ankara, (2006).
34. Seker, U., “Takım Tasarımı Ders Notları”, Ankara, (2006).
35. Pul, M., “Al Matrisli MgO Takviyeli Kompozitlerin İnfiltrasyon Yöntemi ile Üretilmesi ve İşlenebilirliğinin değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2010)
36. Günay, M., “Toz metalurjisi Yöntemiyle Üretilmiş Al-Si/SiC_p Kompozitlerin Mekanik ve İşlenebilirlik Özelliklerinin Araştırılması ”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2009).
37. Trent, E.M., “Metal Cutting”, **Butterworths Pres**, London, 1-171 (1989).
38. Demir, K., “Yüzey Pürüzlülüğü ve Pürüzlülüğün Ölçülmesi”, Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Talaşlı Üretim Öğretmenliği**, Ankara, (2002).
39. Sandvik Coromant, “Modern Metal Cutting”, Sweden, 2-61, (1994)
40. Küçük, Y., “Delik İşlemede Takımlama Sisteminin Delik Kalitesi Üzerine Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : MERAL, Güven
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 08.08.1983 Trabzon
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (554) 866 26 06
Faks :
e-mail : guven113@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Makine Bölümü	2006
Lise	Ulusoy Anadolu Meslek Lisesi	2001

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2006-2007	Nirvana Hidrolik	Proje Şef Yrd.
2007-	Gazi Üniversitesi Atatürk Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Resim, Futbol, Bilgisayar Teknolojileri, Basketbol